

Белорусский государственный университет

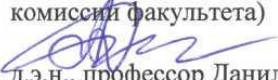
(наименование учреждения высшего образования)

Факультет Международных отношений

Кафедра Международных экономических отношений


СОГЛАСОВАНО

Заведующий (начальник) кафедрой
(председатель методической
комиссии факультета)


д.э.н., профессор Данильченко А.В.
_____ 2012 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан (начальник) факультета


д.и.н., профессор Шадурский В.Г.
_____ 2012 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Производственные технологии

(название учебной дисциплины)

для специальности 1-25 01 03 Мировая экономика

Составитель: к.тех.н., доцент Бахмат Владимир Афанасьевич

Рассмотрено и утверждено
на заседании совета
протокол № 6

26.06. 2012 г.,

УД-8618 от 10.12.12

Учебно-методический комплекс по курсу «Производственные технологии»

Электронный учебно-методический комплекс (УМК) по учебной дисциплине **«Производственные технологии»** создан в соответствии с требованиями Положения об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования и предназначен для студентов специальности «Мировая экономика». Содержание разделов УМК соответствует образовательным стандартам данной специальности, структуре и тематике учебной программы по дисциплине **«Производственные технологии»**.

Главная цель УМК – оказание методической помощи студентам в систематизации учебного материала в процессе подготовки к итоговой аттестации по курсу **«Производственные технологии»**. Отличительной особенностью данного комплекса является его профильная направленность, учитывающая особенности специальности «Мировая экономика».

Структура УМК включает:

1. Учебно-программные материалы (разделы: организационно-методический, содержание учебного материала), включающие примерный тематический план дисциплины, содержание рабочей программы по курсу **«Производственные технологии»**, планы семинарских занятий для самостоятельной подготовки студентов.
2. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (конспект лекций по вопросам курса **«Производственные технологии»**, вопросы для подготовки к зачету по дисциплине, задания, тесты, вопросы для самоконтроля, тематика рефератов и докладов, список литературы). Материал может быть использован для самостоятельной подготовки студентов к лекциям и практическим занятиям.
3. Учебно-практические указания по самостоятельной работе студентов, подготовке к семинарским занятиям, выполнению контрольных заданий, тестов, подготовке рефератов и докладов.
4. Форма контроля по дисциплине **«Производственные технологии»** (система контроля и оценки знаний студентов).
5. Справочные материалы, включающие отдельные положения нормативно-правовых актов Республики Беларусь, регулирующих экономические процессы, программно-планирующую документацию воспитательной работы БГУ.

Содержание и структура УМК рассмотрена и одобрена на заседании кафедры международных экономических отношений ФМО (протокол № 10 от 22.05.12 г.)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа курса «Производственные технологии» предназначена для технологической подготовки экономистов широкого профиля.

Целью преподавания дисциплины является формирование у студентов технологического мышления, обобщающего представления о технологиях как об объектах, обладающих общими закономерностями возникновения, функционирования и развития и определяющих эффективность производства и конкурентоспособность продукции в условиях рыночной экономики.

Задачами изучения дисциплины является: ознакомление студентов с прогрессивными направлениями развития технологических процессов и их систем, с базовыми технологиями производственных процессов, с общими закономерностями формирования, функционирования и развития технологических процессов и их систем, с основными направлениями научно-технического прогресса; выработка навыков оценки и анализа технико-экономической эффективности технологических процессов и новой техники, выполнения элементарных и технико-экономических расчетов с учетом ресурсо- и энергосбережения, правильного решения технологических, экономических, экологических и социальных вопросов.

В результате изучения дисциплины студент должен

знать:

- место технологии как базового звена производства в современном обществе и ее роль в развитии экономики;
- общие закономерности формирования, функционирования и развития технологических процессов и их систем;
- технологические основы важнейших производств, в том числе для Республики Беларусь;

уметь:

- использовать категории курса, технологическую терминологию и понятия, теорию технологического развития производства в своей практической деятельности;
- проводить технико-экономическую оценку технологических процессов;
- рассчитывать показатели производительности труда, уровня технологии, технологической вооруженности и использовать их для оценки качества производства.

Дисциплина изучается студентами на 1 курсе. Для ее усвоения необходимо достаточно хорошее знание дисциплин программы средней школы, особенно физики, химии и математики.

Распределение часов согласно стандарту и учебному плану для дисциплины «Производственные технологии» специальности 1-25 01 03 «Мировая экономика»

№ п/п	Название дисциплины	Распределение по семестрам			Количество часов				
					Всего ауд.	Лекции	Семинар.	Лабор.	КСР
		экз.	зач.	к/р					
	Производственные технологии	1			68	34	8	24	2

**РАЗДЕЛ 1.
ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ
ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН**

№ п/п	Наименование разделов, тем	Количество часов				Самост. работа
		Аудиторные				
		Лекции	Практич., семинар.	Лаб. занят.	КСР	
	Раздел 1. Технологические процессы и закономерности их развития	12	2	2		
	Тема 1.1. Введение в производственные технологии	4				
	Тема 1.2. Общая характеристика и анализ технологических процессов	2				
	Тема 1.3. Закономерности развития технологических процессов и их систем	2				
	Тема 1.4. Технологическая и экономическая эффективность производства	4	2	2		
	Раздел 2. Важнейшие технологические системы производства	22	6	22	1	
	Тема 2.1. Сырьевая и энергетическая база производства	4		4		
	Тема 2.2. Металлы и сплавы в машиностроении	2	2	2		
	Тема 2.3. Основы технологии металлургического производства	4	2	4		
	Тема 2.4. Основы технологии машиностроительного производства	4	2	6		
	Тема 2.5. Основы технологии химических производств	4		4		
	Тема 2.6. Основы технологии строительного производства	4		2		
	Тема 2.7. Основы технологии легкой промышленности				0,5	

	Тема 2.8. Основы технологии пищевой промышленности				0,5	
	Раздел 3. Прогрессивные технологии в современном производстве				1	
	Тема 3.1. Прогрессивные технологии автоматизации производства				0,5	
	Тема 3.2. Прогрессивные технологии производства и обработки новых конструкционных материалов и изделий				0,5	

РАЗДЕЛ 2.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Технологические процессы и закономерности их развития

Тема 1.1. Введение в производственные технологии

1. Роль технологии в современном производстве.
2. Понятие технологии и отрасли промышленности, их взаимосвязь.
3. Классификация отраслей промышленности по основным признакам.
4. Отраслевая структура промышленности Республики Беларусь.
5. Характеристика промышленного комплекса РБ. Перспективные направления развития отраслей промышленности РБ.

Тема 1.2. Общая характеристика и анализ технологических процессов

1. Типы производства, их основные признаки, характеристика и эффективность.
2. Понятие о производственном и технологическом процессах. Структура производственного процесса. Значение и назначение технологических процессов.
3. Виды технологической документации.
4. Структура технологического процесса и характеристика его элементов.

5. Классификация технологических процессов. Их характеристика, оценка эффективности, области применения.

6. Основные параметры технологических процессов, их роль для сравнительной характеристики ТП.

Тема 1.3. Закономерности развития технологических процессов и их систем

1. Варианты динамики удельных трудовых затрат при реализации технологических процессов. Их влияние на эффективность технологических процессов.
2. Оптимальное соотношение трудозатрат. Технологическая вооруженность.
3. Основные направления развития технологических процессов. Способы интенсификации вспомогательных действий при реализации эволюционного пути развития. Технические решения революционного типа.

Тема 1.4. Технологическая и экономическая эффективность производства

1. Типизация технологических процессов многоотраслевого промышленного производства.
2. Научно-технический прогресс, его основные формы и направления.
3. Важнейшие технико-экономические показатели производства. Виды и структура себестоимости продукции, пути ее снижения. Качество продукции, его основные показатели.
4. Новая техника и технология. Основные признаки и классификация. Показатели технического уровня и эффективности новой техники и технологии.

Раздел 2. Важнейшие технологические системы производства

Тема 2.1. Сырьевая и энергетическая база производства

1. Классификация и виды промышленного сырья. Основные виды минерального сырья, области его применения.
2. Горючее сырье, его классификация и основные показатели. Условное топливо.
3. Методы технологической подготовки промышленного сырья.
4. Основные тенденции в решении сырьевой проблемы. Роль малоотходных и безотходных технологий, комплексное использование сырья.
5. Вода в промышленности. Показатели качества воды. Промышленная водоподготовка
6. Основные источники и виды энергии, применяемые в народном хозяйстве. Рациональное использование энергии.

Тема 2.2. Металлы и сплавы в машиностроении

1. Свойства конструкционных материалов, методы их оценки.
2. Классификация металлов и сплавов.
3. Характеристика и маркировка чугуна, стали и сплавов цветных металлов
4. Коррозия металлов и сплавов.

Тема 2.3. Основы технологии металлургического производства

Производство чугуна.

1. Исходные материалы и их подготовка. Устройство и работа доменной печи.
2. Продукты доменной плавки, их использование.
3. Способы интенсификации доменного процесса.
4. Техничко-экономические показатели доменной плавки.
5. Способы прямого получения железа из руд.

Производство стали

1. Кислородно-конвертный процесс. Интенсификация кислородно-конвертного процесса.
2. Конвертные процессы с донным дутьем.
3. Мартеновское производство стали.
4. Выплавка стали в электропечах.
5. Техничко-экономические показатели различных способов производства стали.
6. Металлургические методы повышения качества стали.

Металлургия цветных металлов.

1. Производство меди. Обогащение медных руд, выплавка черновой меди и ее рафинирование.
2. Свойства и применение меди.
3. Производство алюминия. Сырье и полуфабрикаты. Технология производства алюминия методом электролиза расплава глинозема в криолите.
4. Способы рафинирования, свойства и применение алюминия.

Тема 2.4. Основы технологии машиностроительного производства

1. Технология литейного производства. Сравнительная эффективность способов литья.
2. Технология порошковой металлургии. Ее эффективность.

3. Технология обработки металлов давлением. Способы обработки металлов давлением, их характеристика и сравнительная технико-экономическая эффективность.

4. Технология получения неразъемных и разъемных соединений. Классификация, основы технологии и применение способов сварки плавлением и давлением. Их эффективность.

5. Технология обработки материалов резанием. Характеристика процесса. Показатели качества и точности механической обработки. Технология основных способов обработки материалов резанием.

6. Термическая и химико-термическая обработка металлических изделий; технологические разновидности, назначение, применение, технико-экономическая оценка.

Тема 2.5. Основы технологии химических производств

1. Роль химической технологии в промышленном производстве. Виды химической продукции.

2. Химико-технологические процессы и их классификация.

3. Основные направления интенсификации химико-технологических процессов.

4. Свойства, применение и технология получения серной кислоты, аммиака и азотной кислоты.

5. Роль, классификация и технологические основы производства минеральных удобрений, их технико-экономическая оценка и особенности применения.

6. Основы технологии переработки топлив.

7. Технология производства полимерных материалов и изделий из них. Технико-экономическая эффективность их производства и применения

8. Прогрессивные химико-технологические процессы

Биохимические процессы в промышленности.

Процессы брожения, микробиологического синтеза, биологическая очистка сточных вод.

Тема 2.6. Основы технологии строительного производства

1. Классификация и свойства строительных материалов и изделий. Природные каменные материалы.

2. Классификация и основные показатели вяжущих веществ.

3. Производство портландцемента мокрым и сухим способом, их сравнительная эффективность.

4. Новые технологии производства портландцемента. Его применение и разновидности.

5. Характеристика и применение строительных материалов и изделий на основе портландцемента.

6. Технология и организация производства сборных изделий на основе портландцемента.

7.Технология производства строительной извести и гипса, материалов и изделий на их основе.

8.Изготовление асбестоцементных изделий.

9.Керамические строительные материалы. Классификация, технология и технико-экономическая оценка.

10.Производство строительных изделий из стекла.

Тема 2.7. Основы технологии легкой промышленности

Тема 2.8.Основы технологии пищевой промышленности

Раздел 3. Прогрессивные технологии в современном производстве

Тема 3.1. Прогрессивные технологии автоматизации производства.

Тема 3.2. Прогрессивные технологии производства и обработки новых конструкционных материалов и изделий.

Перечень расчетно-аналитических лабораторных работ

1. Расчетные технико-экономические показатели технического уровня и эффективности новой техники и технологии.

2. Влияние технологической подготовки различных видов промышленного сырья на повышение эффективности и уровня безотходности технологических процессов. Расчетная оценка эффективности обогащения сырья.

3. Методики оценки механических, физических, технологических и эксплуатационных свойств конструкционных материалов.

4. Основы нормирования расхода металла в заготовительном производстве и технико-экономическое обоснование выбора заготовки в машиностроении.

5. Технико-экономическое обоснование выбора способа производства отливок.

6. Расчетная оценка и анализ уровня технологии механообрабатывающего производства.

7. Расчет эффективности химической переработки сырья.

РАЗДЕЛ 3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1. ВВЕДЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

1.1. Роль технологии в современном производстве

В условиях рыночной экономики большое значение имеет конкурентоспособность продукции и эффективность производства. Здесь главную роль играет технология производства, которая рассматривает все способы и приёмы переработки сырья для получения максимального количества и качества продукции при минимальных затратах.

Технология как наука о способах и методах переработки сырья в готовое изделие (продукт или полупродукт) возникла в связи с развитием промышленного производства продукции в больших объёмах. В настоящее время технология промышленного производства является самостоятельной отраслью знаний с накопленным обширным теоретическим и опытным материалом. Из описательной она превратилась в точную науку, использующую основные положения физики, химии, механики, теплотехники, кибернетики, экономики, организации и планирования производства, а также крупнейшие открытия, изобретения и передовой мировой опыт.

Широкое использование научных достижений в технологии промышленного производства и внедрение достижений научно-технического прогресса позволяет создавать наиболее рациональные производственные процессы и совершенствовать организацию производства. Это обеспечивает сокращение затрат тяжёлого труда и повышение его производительности. Поэтому высокий уровень технологии производства обеспечивает высокое качество и низкую себестоимость продукции при достаточно большом объеме ее выпуска, что в конечном итоге оказывает решающее влияние на высокую конкурентоспособность и рентабельность продукции и производства. Технология промышленного производства играет также особо важную роль в ускорении научно-технического прогресса.

Таким образом, технология промышленного производства является основой эффективности производства, что предопределяет эффективность экономики в целом. Следовательно, уровень технологии промышленного производства определяет уровень экономики. Уровень экономики страны в свою очередь определяет международный статус государства. Знание основ технологии

промышленного производства даёт экономистам ключ к более полному анализу и повышению эффективности хозяйственной деятельности предприятий, отраслей и всей промышленности в целом.

1.2. Понятие технологии и отрасли промышленности

В переводе с греческого «техно» – мастерство, искусство; «логос» – наука, учение. Следовательно, дословно «технология» – наука о мастерстве. **Технология** – это совокупность знаний о способах и средствах проведения производственных процессов с целью переработки продуктов природы в готовую продукцию (предметов потребления и средств производства).

Технология раскрывает также последовательность процесса изменения состояния, свойств и формы предмета труда при изготовлении продукции.

Поэтому можно сказать, что технология – это логика производства, которая раскрывает суть, способы и последовательность получения из исходного сырья материалов, полуфабрикатов и изделий с заданными свойствами и параметрами.

Разнообразие производств обуславливает и разнообразие видов технологии. Разработка технологии осуществляется в основном по отраслям производства (технология машиностроения, приборостроения, строительного производства, химических производств и т.д.). Поэтому технология промышленного производства определяется особенностями отраслей промышленности.

Основным и обязательным признаком промышленной отрасли является применение в основном производстве единых типовых методов обработки исходного сырья и материалов.

Отрасль промышленности представляет собой совокупность предприятий, характеризующихся сходством перерабатываемого сырья, технологических процессов, экономического назначения производимой продукции и общностью и профессиональных кадров. Обычно отрасль включает головной научно-исследовательский институт, несколько проектно-конструкторских организаций и десятки производственных предприятий и объединений. Объединение нескольких специализированных отраслей промышленности представляет собой комплексную отрасль или межотраслевой комплекс (машиностроение, черная металлургия, электро- и теплоэнергетика и т.д.).

Каждая отрасль имеет свои специфические особенности производства, организации и экономики.

1.3. Классификация отраслей промышленности

В экономике все отрасли подразделяются по следующим основным признакам:

1. По экономическому назначению выпускаемой продукции:

а) группа А, включающая отрасли, изготавливающие средства производства (ведущие отрасли тяжелой промышленности – металлургия, машиностроение и др.);

б) группа Б, включающая отрасли, производящие предметы потребления (лёгкая, пищевая, текстильная, обувная и др.).

В Республике Беларусь доля производства средств производства (группа А) составляет около 56 %.

2. По характеру воздействия на предмет труда:

а) добывающие;

б) обрабатывающие.

Первые заняты добычей и заготовкой природного сырья. Это угольная, торфяная, лесозаготовительная, нефтедобывающая и др. отрасли, где не происходят изменения свойств предметов труда (процесс добычи и заготовки ограничивается лишь извлечением сырья из природной среды).

Обрабатывающие отрасли промышленности заняты переработкой этого сырья и сельскохозяйственной продукции. При этом предмет труда (сырой материал) изменяет свои свойства или форму

3. По функциональному назначению продукции:

а) отрасли, производящие промежуточную продукцию (полуфабрикаты, служащие в дальнейшем предметом труда);

б) отрасли, производящие конечную продукцию (предметы потребления и средства труда).

Доля промежуточной продукции в РБ составляет около 60% от общего объёма продукции. Это отрицательно сказывается на развитии экономики страны, т.к. валовой внутренний продукт определяется по количеству конечной продукции.

1.4. Отраслевая структура экономики Республики Беларусь

Отраслевая структура – это соотношение между отдельными отраслями народного хозяйства страны. Основным её количественным показателем является доля производства отрасли в объёме валового внутреннего продукта (ВВП – это количество конечной продукции в денежном выражении, выпущенной страной за год).

В нашей стране основная доля в производстве ВВП принадлежит промышленности – 27,4%. На долю сельского хозяйства приходится 3,2%, на долю строительства – 6,0%, на долю транспорта и связи – 11,1%; на другие отрасли материальной сферы – 16,0%, на производство услуг – 26,3%. Для сравнения в США на долю промышленности в ВВП приходится 24 %, сельского хозяйства – 2%, строительства – 5%, транспорта и связи – 6%, торговли – 16% и сферы услуг – 47 %.

Таким образом, в отраслевой структуре экономики республики наибольший удельный вес принадлежит промышленности. Кроме того, эта отрасль практически определяет и весь внешнеторговый оборот республики, так как доля промышленности во внешней торговле составляет более 90 %.

Промышленность производит также орудия труда для всех отраслей народного хозяйства и определяет поэтому технический уровень всех отраслей и эффективность их производства.

Промышленный комплекс Республики Беларусь включает более 150 отраслей, насчитывающих около 1,6 тыс. объединений и предприятий.

По удельному весу отдельных отраслевых комплексов структура промышленности Республики Беларусь следующая:

- 1.Машиностроение и металлообработка – 20,3 %;
- 2.Пищевая –21,7 %;
- 3.Химическая и нефтехимическая – 15,6 %;
- 4.Электроэнергетика – 15 %;
- 5.Топливная – 6,9 %;
- 6.Лёгкая – 6,1 %;
- 7.Строительных материалов – 4,2 %;
- 8.Лесная, деревообрабатывающая, целлюлозно-бумажная – 4%;
- 9.Чёрная металлургия – 2,7 %.

Необходимо отметить, что многие отрасли промышленности республики зависят от внешних поставок сырья и материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов.

В перспективе ожидается, что структура промышленности изменится в пользу пищевых отраслей, электроэнергетики и топливной промышленности. В несколько уменьшенных размерах (20 % против 32-35 %) сохранится доля продукции машиностроения, главным образом за счет экспортных и импортозамещающих производств. Увеличится примерно до 17 % в общем объеме промышленного производства доля продукции химической и нефтехимической промышленности. В легкой промышленности ожидается сокращение, так как необходимо перейти на производство продукции главным образом из местного сельскохозяйственного и химического сырья.

В республике выявлены запасы металлических руд, что позволит развивать добывающие отрасли и ослабить зависимость от внешних поставок сырья. Большое значение имеет быстрее конверсия предприятий ВПК, перевод их на выпуск товаров народного потребления. Необходимо расширить количество предприятий по выпуску наукоемкой продукции, переходить на новые энерго- и ресурсосберегающие технологии.

1.5. Типы производств

В зависимости от объёма выпуска и номенклатуры изделий, регулярности и стабильности производства различают 3 типа производств: единичное, серийное, массовое.

Единичное производство имеет широкую номенклатуру изготавливаемых изделий с малым объёмом их выпуска. Здесь применяется универсальное оборудование, универсальные приспособления и измерительные средства, стандартный режущий инструмент. Для единичного производства требуются рабочие высокой квалификации и широкой

специализации. Оборудование располагается по типовым группам (токарные, фрезерные и т.д.). В единичном производстве относительно низкая производительность труда, а себестоимость продукции относительно высокая.

Серийное производство имеет ограниченную номенклатуру изделий, изготавливаемых периодически повторяющимися партиями со сравнительно большим объёмом их выпуска. В зависимости от количества изделий в серии (партии) различают мелко-, средне- и крупносерийное производство. Для серийного производства характерна периодичность выполнения операций технологического процесса по отдельным сериям изделий, то есть технологическая и временная цикличность производства. Здесь используются заготовки, близкие по форме и размерам к изготавливаемым деталям (отливки, поковки, штамповки, сортовой и специальный прокат), что позволяет выпускать продукцию с меньшими затратами, чем при единичном производстве. Детали обрабатывают на универсальных и специализированных станках с использованием специальных приспособлений. Технологический процесс расчленяется на ряд операций, выполняемых обычно на различных станках. Серийное производство не требует высокой квалификации рабочих, так как ограниченная номенклатура изделий и их повторяемость способствуют быстрому приобретению трудовых навыков.

Массовое производство отличается узкой номенклатурой и большим объёмом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых в течение продолжительного времени. Здесь применяется высокопроизводительное специальное оборудование, специальная оснастка и инструмент. Оборудование расставляется последовательно в соответствии с технологическим процессом и имеет автоматический цикл. На каждом рабочем месте выполняется одна операция. Широко используется автоматизация процессов, что обеспечивает высокую производительность труда, высокое качество и низкую себестоимость продукции. Рабочие высокой квалификации требуются только для наладки специальных станков и приспособлений.

2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

2.1. Понятие о производственном и технологическом процессах

Производственный процесс – это совокупность действий, в результате которых исходные материалы превращаются в готовую продукцию.

Производственный процесс включает основные (технологические) и вспомогательные процессы. С помощью основных процессов сырьё и материалы перерабатываются в готовую продукцию. К вспомогательным процессам относятся производство энергии для собственных нужд, изготовление инструментов, оснастки, запасных частей для ремонта

собственного оборудования, транспортировка сырья и изделий, эксплуатация зданий и др.

Технологический процесс – это основная часть производственного процесса, непосредственно связанная с последовательным превращением исходного материала в продукт производства (полуфабрикат, готовое изделие, сборочную единицу). Он представляет собой совокупность последовательных операций по добыче или переработке сырья в полуфабрикаты или готовую продукцию.

При проектировании новых и реконструкции действующих предприятий разработанный технологический процесс является основой всего проекта. С его помощью определяется потребность производственных площадей, оборудования, рабочей силы, исходных материалов, капитальных вложений и т.д.

Технологический процесс должен обеспечивать выполнение всех требований по изготовлению деталей и сборке изделий, указанных в чертежах, стандартах и технических условиях. При этом он должен обеспечивать наименьшую стоимость изготовления продукции. От качества разработки и точности соблюдения технологических процессов существенно зависят производительность труда, качество и себестоимость продукции, а в итоге – рентабельность производства. Поэтому на действующих предприятиях имеются технологические службы, которые контролируют выполнение технологических процессов и при необходимости вносят в них коррективы.

Для организации выпуска продукции необходима технологическая подготовка производства. Она включает разработку технологических процессов, проектирование и изготовление технологической оснастки, приспособлений и инструмента, разработку методики контроля и изготовление специальных контрольных и испытательных устройств, разработку и выпуск необходимой технологической документации.

Технологический процесс осуществляется в соответствии с разработанной технологической документацией, которая разрабатывается на основе действующих стандартов в соответствии с Единой Системой Технологической Документации (ЕСТД).

К технологической документации относятся: технологический проект, технологические и маршрутные карты, операционные карты, технологические инструкции, чертежи и др.

Технологическая карта – один из основных документов технологического процесса. В ней отражён весь процесс изготовления изделия: указаны все операции и их составные части, основные и вспомогательные материалы, оборудование, инструмент и приспособления; режимы, необходимые для изготовления изделия.

Маршрутная карта составляется в зависимости от типа и характера производства. В ней указана лишь последовательность обработки детали (маршрут) с основными данными об оборудовании, приспособлениях и инструменте. Применяется в основном в единичном и мелкосерийном

производстве; в массовом производстве она составляется как предварительный документ, предшествующий детальной разработке технологического процесса.

Операционная карта содержит описание технологической операции, расчленённой на переходы; режимы обработки, оборудование и средства оснащения.

Технологические инструкции содержат дополнительные сведения по выполнению операций и приготовлению различных вспомогательных материалов.

2.2. Структура технологического процесса

Каждый сложный технологический процесс состоит из более простых технологических процессов. Например, сложный процесс сборки автомобиля включает более простые процессы сборки двигателя, коробки передач, заднего моста и т.д. Простые процессы также расчленяются на более мелкие составные части. Например, сборка двигателя включает сборку кривошипно-шатунного механизма и т.д. Таким образом, любой сложный технологический процесс можно последовательно разделить на более простые и далее на элементарные.

Элементарным технологическим процессом, то есть простейшим процессом, дальнейшее упрощение которого приводит к потере характерных признаков технологического процесса, является технологическая операция.

Технологическая операция – законченная элементарная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте непрерывно над одной заготовкой или сборочной единицей (или несколькими одновременно обрабатываемыми заготовками или сборочными единицами).

Технологическая операция состоит из технологического и вспомогательных переходов.

Технологический переход – законченная часть технологической операции, которая сопровождается обработкой и характеризуется постоянством предмета труда (заготовки), средства труда (инструмента) и орудия труда (оборудования).

Вспомогательный переход – законченная часть технологической операции, которая не сопровождается обработкой, но необходима для выполнения технологического перехода.

Например, технологическая операция сверления отверстия заготовки состоит из следующих действий: а) установка заготовки в станке, закрепление режущего инструмента, включение станка, составляющих первый вспомогательный переход; б) подвод сверла к заготовке, снятие стружки с образованием отверстия по мере перемещения сверла и отвод сверла, составляющие технологический переход; в) выключение станка, снятие

обрабатываемой детали со станка и замена инструмента (при необходимости), составляющие второй вспомогательный переход.

Технологический переход состоит из рабочего и вспомогательных ходов.

Вспомогательный ход – законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, но не сопровождаемая изменением состояния предмета труда и необходимая для выполнения рабочего хода. В данном примере вспомогательными ходами являются подвод инструмента к заготовке и отвод инструмента.

Рабочий ход – это законченная часть технологического перехода, непосредственно связанная с изменением формы, размеров, структуры, свойств, состояния или положения в пространстве предмета труда в соответствии с целью технологического процесса. В данном примере рабочим ходом является снятие стружки с образованием отверстия по мере перемещения сверла. Таким образом, рабочий ход – это основная часть технологической операции.

Структуру технологического процесса целесообразно представлять в виде схемы (рис. 2.1).

Расчленение технологического процесса на составляющие позволяет проанализировать затраты труда на рабочий ход и на вспомогательные действия для выявления путей повышения эффективности технологического процесса.

В зависимости от вида технологического процесса соотношение между рабочими и вспомогательными действиями может значительно колебаться, а для некоторых технологий они могут совмещаться во времени. Например, непрерывные процессы обычно не имеют резко выраженного чередования во времени рабочих и вспомогательных ходов. В них всегда можно выделить группу вспомогательных ходов, которые реализуются одновременно с рабочим, и вспомогательные ходы, которые периодически повторяются во времени в зависимости от результатов рабочего хода. Преимущества непрерывных технологических процессов перед дискретными процессами основаны на более выгодном соотношении доли рабочего и вспомогательных ходов в технологической операции.

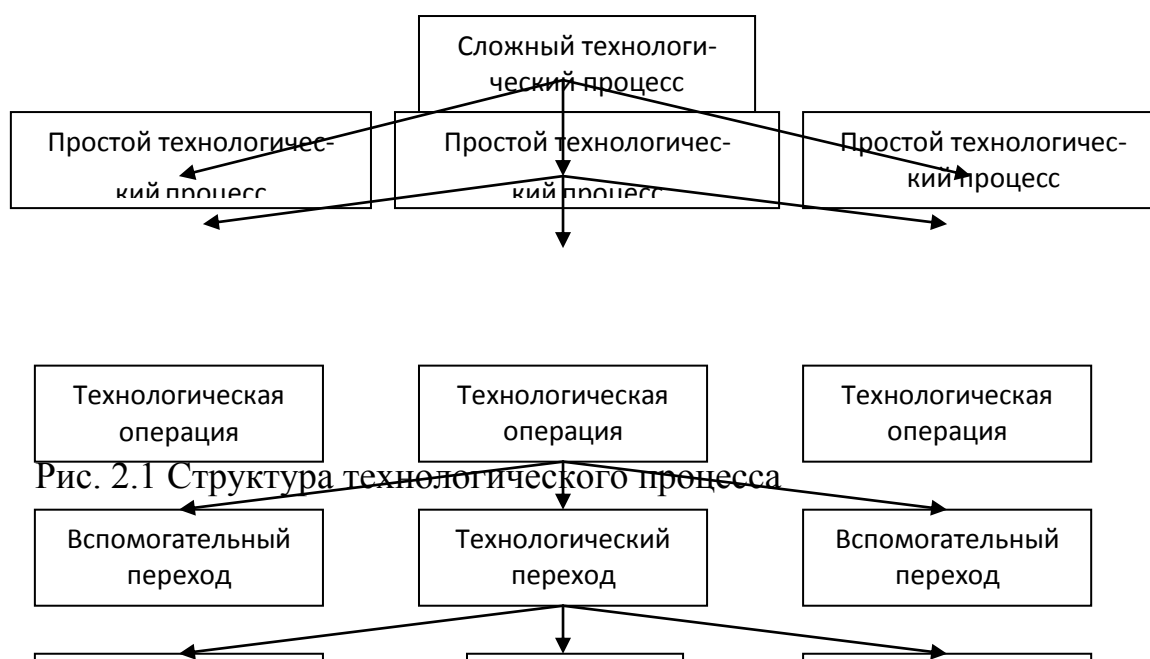


Рис. 2.1 Структура технологического процесса

2.3. Классификация технологических процессов

Классификация основных технологических процессов производства может быть произведена на основе следующих основных признаков: способ организации технологических процессов, кратность и способ обработки материала, вид используемого сырья.

1. По способу организации технологические процессы делятся на периодические (дискретные), непрерывные и комбинированные.

Дискретные процессы характеризуются тем, что технологическое оборудование загружается материалами через определённые промежутки времени. После их обработки полученный продукт выгружается также периодически (литьё в форму, плавка и термообработка в печах периодического действия). Все этапы процесса выполняются поочередно через определённые промежутки (периоды) времени.

Недостатки такого процесса: простой оборудования на этапах загрузки сырья и выгрузки продукта, приводящий к снижению производительности; непостоянство технологического режима в начале и конце процесса, что приводит к снижению качества продукта; сложность автоматизации и обслуживания процесса, что затрудняет соблюдение заданного режима обработки; потери тепла.

Непрерывные процессы осуществляются при непрерывном поступлении сырья и непрерывной выгрузке конечного продукта. При этом все стадии процесса протекают одновременно (параллельно) либо в различных частях аппарата (термообработка в печах непрерывного действия, перегонка нефти), либо в различных аппаратах, составляющих данную установку в виде последовательной цепочки (производство цемента).

Непрерывные процессы не имеют недостатков периодических. Они легко автоматизируются, что обеспечивает стабильность технологического режима и качества продукции, высокую производительность труда; требуют меньшие капитальные затраты ввиду большей компактности оборудования; имеют меньшие потери тепла и расходы на эксплуатацию, ремонт, обслуживание при меньшей потребности в рабочей силе. Поэтому при массовом и крупносерийном производстве экономически целесообразно использование непрерывных технологических процессов.

Периодические процессы сохраняют своё значение в производствах небольшого масштаба: мелкосерийных, единичных, опытных с разнообразным ассортиментом продукции. Здесь применение периодических процессов позволяет достичь большой гибкости в использовании оборудования при меньших затратах.

Комбинированные процессы являются сочетанием стадий периодических и непрерывных процессов.

2. По кратности обработки сырья различают процессы:

а) с разомкнутой (открытой) схемой – сырьё или материал превращается в готовый продукт за один цикл обработки (получение стали в конвертере);

б) с замкнутой (закрытой) схемой – сырьё или вспомогательные материалы неоднократно возвращаются в реактор для повторной обработки, использования или регенерации (производство аммиака).

Процессы с замкнутой схемой более компактны, требуют меньшего расхода сырья, вспомогательных материалов и энергии. Они являются основой создания безотходных, энергосберегающих производств.

в) комбинированные схемы являются сочетанием открытых и закрытых схем (утилизация тепла отходящих газов в доменном и мартеновском процессах).

3. По способу обработки сырья различают физические, механические и химические.

Физические и механические процессы характеризуются изменением внешней формы и физических свойств при неизменном составе вещества. К физическим процессам относятся термообработка, литье; к механическим относятся процессы переработки материалов в изделия (пластическая деформация, резание, сварка).

Химические процессы характеризуются изменением не только физических свойств, но и химического состава и строения вещества. Например, переработка природного газа в водород, этилен, ацетилен и другие продукты; гидролиз древесины с получением скипидара, дёгтя, камфары, спирта, канифоли и т.д. Химико-технологические процессы являются основой многих промышленных производств: строительных материалов, металлов, пищевых продуктов и т.д.

Деление процессов переработки сырья на физические, механические и химические является иногда условным из-за невозможности проведения чёткой границы между ними. Однако такое деление способствует типизации процессов промышленного производства и облегчает выбор наиболее эффективного способа переработки сырья.

4. По виду используемого сырья различают технологические процессы производства изделий из металлов, полимеров, стекла, керамики, дерева и др.

2.4. Основные параметры технологических процессов

Для характеристики и анализа технологических процессов используют различные параметры, которые можно объединить в 3 группы: частные, единичные и обобщённые.

Частные параметры характеризуют индивидуальные особенности конкретного технологического процесса и дают возможность выделить его из ряда однотипных. Например, температура, давление процесса, состав сырья, технические характеристики оборудования и т.д. С помощью частных параметров можно сравнить эффективность процессов по выпуску одной и той же продукции по одинаковой технологии. При этом можно проанализировать, например, эффективность использования оборудования в этих процессах. Однако частные параметры не дают возможность проследить динамику развития технологического процесса под действием различных факторов.

Единичные параметры позволяют сравнивать эффективность процессов, производящих одну и ту же продукцию, но по разной технологии. Например, производство стали конвертерным и мартеновским способами. К единичным параметрам, характеризующим технологический процесс, относятся материалоемкость и энергоёмкость (удельный расход материалов и энергии на единицу продукции), фондоёмкость и производительность труда, себестоимость и качество выпускаемой продукции, капитальные затраты и т.д. Однако эти параметры не позволяют выявить динамику развития технологических процессов.

Обобщённые параметры могут быть использованы для сравнения и для выявления динамики развития абсолютно разных технологических процессов. Например, процесс сборки автомобиля и процесс изготовления конфет. Такими параметрами являются затраты живого и прошлого труда. Лучшим является тот технологический процесс, у которого суммарные затраты меньше.

Живой труд – это затраты труда человека в данном технологическом процессе для получения продукции.

Прошлый труд включает все затраты труда, связанные с получением исходного для данной технологии предмета труда (полуфабрикат, заготовка), а также затраты на орудия труда, используемые в данном технологическом процессе.

Суммарные затраты труда на производство любого вида продукции представляют собой совокупность прошлого и живого труда. Такие затраты являются обобщёнными технологическими параметрами: с их помощью можно проводить наиболее общий экономический анализ технологических процессов.

3. ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

3.1. Динамика трудовых затрат при реализации технологических процессов

Производство любого вида продукции всегда связано с определёнными затратами труда. Общие затраты труда на производство продукции состоят из затрат живого и прошлого (овеществлённого) труда. Поэтому совершенствование любого технологического процесса осуществляется за счёт большего использования прошлого труда и снижения затрат живого труда.

Целью экономической деятельности предприятия является уменьшение общих трудовых затрат на производство продукции. При этом уменьшение затрат живого труда достигается в основном заменой его прошлым трудом за счёт механизации и автоматизации производства, повышения технической вооружённости труда.

Для характеристики технологического процесса служит соотношение величин удельных затрат живого и прошлого труда. Именно этот показатель определяет эффективность применяемой технологии. Поэтому, анализируя

изменения величин удельных затрат живого и прошлого труда во времени, можно определить динамику и закономерности развития любого конкретного технологического процесса. Удельными затратами труда живого и прошлого являются затраты труда в денежном выражении, приходящиеся на единицу продукции.

Развитие технологических процессов возможно по следующим вариантам динамики трудовых затрат:

- а) одновременное снижение удельных затрат живого и прошлого труда;
- б) одновременное повышение удельных затрат живого и прошлого труда;
- в) повышение удельных затрат живого труда и снижение удельных затрат прошлого труда;
- г) снижение удельных затрат живого труда и повышение удельных затрат прошлого труда.

Для эффективного развития технологических процессов должны соблюдаться следующие условия:

1. Постоянное сокращение удельных затрат суммарного труда для обеспечения роста рентабельности производства. Поэтому сумма удельных затрат живого и прошлого труда в любом технологическом процессе с течением времени должна уменьшаться.
2. Постоянное снижение удельных затрат живого труда для роста производительности труда.
3. В случае повышения удельных затрат прошлого труда темп этого повышения должен быть меньше темпа снижения удельных затрат живого труда для обеспечения снижения затрат суммарного труда.

Анализ возможных вариантов развития с учётом перечисленных условий показывает, что абсолютно неприемлемо развитие по варианту б), так как здесь постоянно возрастают удельные затраты как суммарного труда, так и живого труда. Это тупиковый путь развития.

Вариант в) предполагает первоначальное уменьшение суммарного труда при уменьшении прошлого и увеличении живого труда. Здесь рост удельных затрат живого труда свидетельствует о постепенном снижении производительности труда, что не отвечает условиям прогрессивного направления технического развития. Это тупиковый путь развития. Такой вариант встречается при организации ремонтных и других работ при преобладающем использовании рабочей силы и низкой технической вооружённости труда.

Самым эффективным является вариант а), так как обеспечивает снижение удельных затрат как суммарного, так и живого и прошлого труда. Этот вариант допускает неограниченное развитие технологических процессов.

По варианту г) налицо снижение удельных затрат живого труда, что свидетельствует о постепенном росте производительности труда. Здесь развитие процесса сопровождается заменой действий человека действиями машины. Однако увеличение механизации и автоматизации процесса определяет постепенный рост удельных затрат прошлого труда. Поэтому на первом этапе до определённого времени удельные затраты суммарного труда

уменьшаются, а затем могут возрасти. Рост удельных затрат суммарного труда на втором временном этапе развития может произойти в случае превышения темпа роста удельных затрат прошлого труда над темпом снижения удельных затрат живого труда. Это вариант ограниченного развития.

Поэтому в варианте г) важно определить тот предел, когда дальнейшее увеличение удельных затрат прошлого труда может привести к увеличению затрат суммарного труда. Для обеспечения постоянного снижения удельных затрат суммарного труда в этом варианте необходимо, чтобы темп снижения удельных затрат живого труда превышал темп роста удельных затрат прошлого труда.

Одним из относительных показателей соотношения затрат живого и прошлого труда в конкретном технологическом процессе является технологическая вооружённость, то есть доля технологических фондов, приходящаяся на одного работающего в данном технологическом процессе. Технологические фонды – это годовые затраты прошлого труда в технологическом процессе (или сумма годовых амортизационных отчислений от стоимости оборудования, занятого в технологическом процессе, и всех годовых технологических затрат в этом процессе, за исключением затрат на предмет труда).

3.2. Основные направления развития технологических процессов

Исходя из структуры технологического процесса выделяют два основных направления совершенствования технологических процессов:

1. Совершенствование вспомогательных ходов и переходов.
2. Совершенствование рабочего хода.

В дискретном технологическом процессе значительная часть рабочего времени обычно тратится на вспомогательные действия. Например, на подвод и отвод инструмента, на закрепление и снятие заготовки и т.д. При этом действия человека можно заменить действиями механизмов и автоматов, что обеспечивает ускорение вспомогательных действий и приводит к повышению производительности труда. Здесь суть рабочего хода не меняется. Это путь эволюционного развития.

Таким образом, при эволюционном развитии технологических процессов рост производительности труда в большинстве случаев происходит за счёт механизации и автоматизации вспомогательных ходов и переходов при увеличении удельных затрат прошлого труда. Этот путь принципиально ограничен.

Совершенно другой принцип развития технологических процессов реализуется при совершенствовании рабочего хода. Для этого необходимо внедрить в производство совершенно новые технологии, нетрадиционные способы переработки сырья и обработки материалов на основе последних достижений науки и техники. Например, применение лазерного излучения

для обработки металлов взамен резания, переход от некаталитических процессов к каталитическим и т. д.

Революционным называется путь технического развития технологических процессов, в котором рост производительности труда происходит за счёт замены рабочего хода при снижении удельных затрат прошлого труда. Этот путь принципиально не ограничен.

Совершенствование технологических процессов возможно попеременно по эволюционному и революционному путям. Если будет преобладать эволюционный путь, совершенствование технологического процесса будет иметь ограниченное развитие; при преобладании технических решений революционного типа будет иметь место неограниченное развитие.

3.3. Научно-технический прогресс и его основные направления

Научно-технический прогресс (НТП) – это постоянный процесс открытия новых знаний и применения их в производстве. Он представляет собой непрерывное развитие и совершенствование орудий труда, технологических процессов и методов управления производством, создание и применение новых видов сырья и энергии, систематический рост технической оснащённости труда занятых в производстве работников.

Протекает НТП в двух формах – эволюционной и революционной.

Эволюционная форма – это постепенное, медленное усовершенствование технических средств труда и технологий без их коренного изменения. При этом происходит замена устаревшей техники аналогичной новой, внедрение механизации для замены ручного труда машинным. Всё это приводит к росту производительности труда.

Революционная форма связана с качественными изменениями техники, с использованием открытий и изобретений, которые вызывают резкое изменение в средствах труда, видах энергии и технологических процессах производства. Поэтому научно-техническая революция характеризуется крупнейшими скачками в развитии производства (переходом на новые источники энергии и сырьевые материалы, к автоматизации, автоматизированным поточным линиям, промышленным роботам). Она приводит к резкому повышению производительности труда. К революционным формам НТП относятся применение вычислительной техники, появление ЭВМ, кибернетических машин, развитие и промышленное использование атомной энергии и т.д.

Основные направления научно-технического прогресса:

1. Электрификация производства – широкое применение электроэнергии в радиоэлектронике и ЭВМ технологических процессах и в средствах управления производством.

2. Химизация производства – внедрение в различные отрасли промышленности новейших видов сырья, материалов, а также химических методов их обработки. Химические процессы характеризуются более высокой степенью непрерывности, чем механические. Химизация

производства даёт возможность сократить длительность производственного цикла и создавать безотходные технологии.

3.Механизация и автоматизация производства дает возможность осуществлять производственные процессы без физических усилий человека, а лишь под его контролем.

Различают несколько ступеней автоматизации: частичная, комплексная и полная.

Частичная автоматизация предполагает автоматизацию управления технологическими параметрами на отдельных станках.

Комплексная автоматизация обеспечивает управление как основными, так и вспомогательными процессами, начиная с поступления сырья и кончая выходом продукции. Например, цех-автомат с системой общего электронного управления, которая осуществляет контроль за ходом всех производственных процессов. В этом случае рабочий выполняет функцию контролера и регулятора производственного процесса.

Полная автоматизация обеспечивает автоматическое функционирование всех участков производства от проектирования до выпуска готовой продукции.

4.Применение новых видов энергии в качестве движущей силы и технологического компонента при обработке предметов труда.

НТП должен снижать затраты живого и прошлого труда. Однако технический прогресс требует создания и применения дорогостоящих средств производств, поэтому при выборе вариантов новой техники и технологии требуется тщательный экономический анализ.

4.ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА

4.1.Типизация технологических процессов

Для современной промышленности наряду с быстрым ростом числа производств и видов продукции характерна всё возрастающая типизация технологических процессов. В результате в различных отраслях промышленности используются однотипные технологические процессы.

Например, высокотемпературные процессы производства металлов, строительных материалов и различных химических веществ основаны на однотипных химических реакциях и происходят в типовой аппаратуре - печах различной конструкции. Электрохимические процессы применяются в металлургии для производства многих цветных металлов, в химической промышленности для производства щелочей, хлора, органических веществ и в машиностроении для электрохимической обработки металлов, для нанесения защитных покрытий и т.д.

Современное многоотраслевое промышленное производство характеризуется также использованием типовых методов переработки сырья. Например, дробление и сортировка, сушка, термическая обработка, химическое взаимодействие, формообразование и т.д. Эти и другие

технологические процессы к настоящему времени стали типовыми для многих производств и отраслей промышленности. Например, процесс придания изделиям круглого сечения при продавливании сырья через отверстие используется при формировании химических волокон, пластмассовых прутков, резиновых нитей, макаронных изделий, колбас из фарша и др.

На производстве для группы сходных типов изделий разрабатывают типовой или групповой технологический процесс. Это ускоряет и удешевляет работу по подготовке производства, снижая затраты прошлого труда; улучшает систему организации производства и позволяет повысить производительность труда.

Однако и типовые технологические процессы имеют множество различий в параметрах в зависимости от вида производства. Даже в одной и той же отрасли типовые процессы имеют некоторые параметрические отличия, существенно влияющие на качество продукции.

4.2. Важнейшие технико-экономические показатели производства

Важнейшими технико-экономическими показателями предприятия являются себестоимость и качество продукции. Поэтому основной задачей производства является выпуск продукции возможно более высокого качества с наименьшими затратами.

4.2.1. Виды и структура себестоимости продукции

Различают два основных вида себестоимости:

1. Полная себестоимость – это совокупность материальных и трудовых затрат предприятия в денежном выражении для изготовления и реализации единицы продукции.

2. Фабрично-заводская себестоимость – это затраты предприятия, связанные непосредственно с производством продукции.

Структурой себестоимости продукции называется соотношение между различными видами затрат, составляющих себестоимость. Все затраты, необходимые для изготовления продукции, можно разделить на 4 основные группы:

1. На приобретение сырья, полуфабрикатов, вспомогательных материалов, топлива, воды, электроэнергии.

2. На заработную плату всего числа работников.

3. На амортизацию, то есть отчисления на возмещение износа основных производственных фондов (оборудования, сооружений, зданий и т.д.).

4. Прочие денежные затраты (на технику безопасности, оплата за аренду помещений, оплата процентов банку, расходы на содержание и ремонт оборудования, зданий и др.).

Соотношение затрат по различным статьям себестоимости зависит от вида технологического процесса. Например, для химических процессов

важнейшей статьёй себестоимости в большинстве случаев являются затраты на сырьё, в электрохимических и электротермических процессах производства металлов и многих химических веществ – затраты на энергию. Так, в среднем по химической промышленности 60 – 70 % себестоимости составляют затраты на сырьё, а в производстве алюминия 50 % себестоимости составляют затраты на энергию.

Доля заработной платы колеблется от 4 до 35 %. Она тем ниже, чем выше степень механизации и автоматизации технологических процессов.

Амортизация составляет 3 – 4 % себестоимости. При внедрении новой технологии зачастую приходится применять дорогостоящее оборудование (автоматические поточные линии, станки с ЧПУ, роботы – манипуляторы, САПР, плазмотроны и др.). Однако при чёткой организации работ предприятия, при отсутствии простоев и высокой производительности работы оборудования можно избежать повышения затрат на амортизацию основных производственных фондов.

Анализ структуры себестоимости необходим для выявления резервов производства, интенсификации технологических процессов, поиска путей снижения себестоимости. Главными резервами снижения себестоимости при сохранении высокого качества продукции и хороших условий труда являются рациональное и экономное использование сырья, материалов, топлива, энергии и внедрение высокопроизводительного оборудования.

Новая техника и технология, вводимые в производство, должны быть эффективнее прежних.

4.2.2. Качество продукции и его основные показатели

Качество продукции - это совокупность свойств и характеристик продукции, обуславливающих её пригодность удовлетворять определённые потребности в соответствии с её назначением. Качество продукции отражает степень соответствия её свойств предъявляемым требованиям.

Повышение качества продукции в экономическом отношении эквивалентно дополнительному объёму её выпуска.

Качество продукции зависит от уровня технологии, её соблюдения и определяется рядом таких факторов, как механизация и автоматизация технологических процессов, их непрерывность и стабильность, качество исходных материалов, энерговооружённость и научная организация труда и т.д.

Для количественной оценки качества продукции используется система показателей, которая состоит из следующих групп показателей качества:

1. Показатели назначения характеризуют пригодность изделий для использования по назначению и обуславливают область их применения. К показателям назначения можно отнести: мощность двигателя, скорость, производительность станка, грузоподъёмность и т.д.

2. Показатели надёжности характеризуют способность изделия сохранять технические параметры в заданных пределах при определённых условиях

эксплуатации. К этой группе показателей относятся безотказность, долговечность, сохраняемость и ремонтпригодность.

3. Показатели технологичности характеризуют эффективность конструктивно-технологических решений для обеспечения высокой производительности труда при изготовлении и ремонте продукции (показатели трудоёмкости, материалоёмкости, энергоёмкости и др.).

4. Показатели стандартизации и унификации характеризуют степень использования в продукции стандартизованных изделий и уровень их унификации (взаимозаменяемости).

5. Эргономические показатели характеризуют систему «человек-изделие-среда» и учитывают комплекс гигиенических, антропометрических, физиологических и психологических свойств человека. Они позволяют определить степень удобства и конструктивной безопасности изделий (степень освещённости, влажности, задымленности, вибрации, шума, удобство расположения сидений и органов управления, рациональность интерьера и рабочего места и т.д.). С их помощью измеряются параметры продукции, влияющие на работоспособность человека при её эксплуатации.

6. Показатели безопасности характеризуют уровень безопасности изделий в процессе их эксплуатации, использования и применения.

Например: наличие в изделиях вредных выделяющихся компонентов, попадающих на кожу и внутрь организма человека, радиационных и ионизирующих излучений, чрезмерных световых и тепловых воздействий, и т. д.

7. Эстетические показатели характеризуют выразительность и оригинальность продукции, соответствие среде, стилю, моде и т.д.

8. Показатели патентной защиты и патентной чистоты продукции. Они характеризуют удельный вес отечественных изобретений в данном изделии и возможность беспрепятственной реализации продукции в своей стране и за рубежом.

Основные показатели качества продукции отражены в государственных стандартах и технических условиях на продукцию.

4.3. Понятие новой техники и технологии

Научно-технический прогресс постоянно приводит к внедрению новой техники и технологии. Только новая техника и современная технология оказывают значительное влияние на экономическую эффективность производства. Однако перед предпринимателем часто возникает вопрос, какому технику и технологию можно относить к новой.

Мировая практика выработала следующие требования к новой технике:

- *многофункциональность* машин и оборудования, то есть её способность к переналадке на выполнение различных операций при изменении номенклатуры выпускаемой продукции;
- *изменение характера воздействия* на предмет труда за счёт применения последних достижений науки и техники;

- *многократный рост (единичной) мощности оборудования;*
- *оснащенность современными приборами, (которые дают возможность автоматического контроля и саморегулирования машин и оборудования;*
- *более высокая экономичность.*

Для анализа новую технику и технологию подразделяют на три категории:

1. Принципиально новая техника, которая не имеет аналогов в мировой практике. Такая техника появляется в результате научно-технической революции. Для ее создания требуется значительное время, большие финансовые затраты. Внедрение такой техники позволяет совершить технологический рывок, значительно повысить производительность труда, улучшить качество продукции. Все это приводит к резкому повышению эффективности производства. Затраты на такую технику велики, но окупаются быстро.

2. Новая техника и технология современного научно-технического уровня, но имеющая аналоги. Как правило, такая техника заимствуется из других отраслей, на ее разработку и внедрение требуются меньшие затраты и более короткий срок. Сейчас, когда происходит конверсия предприятий военно-промышленного комплекса, многие ранее секретные разработки внедряются в различные отрасли народного хозяйства.

3. Новая техника как результат модернизации и рационализаторской работы, которая требует для разработки и внедрения относительно небольших затрат и очень короткого времени.

Для каждого конкретного предприятия новой техникой и технологией является такая техника, с помощью которой можно значительно повысить производительность труда и качество выпускаемой продукции.

4.4. Показатели технического уровня и эффективности новой техники и технологии

В практике экономического анализа новой техники и технологии применяются самые различные и многочисленные показатели, которые дают возможность анализировать технический уровень производства, экономичность новой техники и технологии, эффективность использования и т.д. Все эти показатели классифицируют по разным признакам. Рассмотрим основные.

Группа показателей характеризует воздействие орудий труда на техническую оснащенность. Приобретение новой и выбытие устаревшей техники характеризуют коэффициент обновления и коэффициент выбытия.

Коэффициент обновления определяется как отношение стоимости новой техники, введенной за год, к стоимости активной части основных производственных фондов на конец года:

$$K_{обн.} = \frac{\Phi_n}{\Phi_{а.к.}} \cdot 100\%,$$

где Φ_n - стоимость новой техники, введенной за год на предприятии, руб.;
 $\Phi_{а.к.}$ - стоимость активной части основных производственных фондов на конец года, руб.

Коэффициент обновления показывает, как идет процесс внедрения новой техники на предприятии. К сожалению, на многих предприятиях нашей страны он составляет 2-3 процента, то есть техника обновляется в среднем за 30-50 лет. На ведущих предприятиях Японии коэффициент обновления доходит до 18 процентов,

Коэффициент выбытия определяется как отношение стоимости техники, выбывшей за год, к стоимости активной части основных производственных фондов на начало года:

$$K_{выб.} = \frac{\Phi_c}{\Phi_{а.н.}} \cdot 100\%,$$

где Φ_c - стоимость старой техники, выбывшей за год, руб.,
 $\Phi_{а.н.}$ - стоимость активной части основных производственных фондов на начало года, руб.

Показатели обновления и выбытия всегда необходимо анализировать вместе, так как раздельное их применение не позволяет дать правильную оценку проводимой предприятием технической политики. Если коэффициент обновления высокий, но в то же время коэффициент выбытия низкий, то это свидетельствует, что происходит накопление устаревшей техники, что может привести к неконкурентоспособности предприятия.

Фондоотдача определяется как отношение стоимости конечной продукции, произведенной предприятием за год, к стоимости активной части основных производственных фондов.

В наиболее общем виде показатель фондоотдачи может отражать количество продукции (национального дохода) на один рубль основных производственных фондов.

Техническая вооруженность труда определяется отношением среднегодовой стоимости активной части основных производственных фондов к среднегодовой численности рабочих.

Материалоемкость и энергоёмкость единицы выпускаемой продукции определяются отношением стоимости сырья или энергии к стоимости выпущенной продукции:

$$M = \frac{P}{Q} 100\% ,$$

где M - материалоемкость, %;

P - стоимость использованного сырья, топлива, энергии, материалов и полуфабрикатов, руб.;

Q - стоимость выпущенной продукции, руб.

В мировой практике используется также такой показатель, как **расход условного топлива на вырабатываемый 1 кВт/ч электроэнергии.**

Обобщающими показателями результата внедрения новой технологии является **рост производительности труда, снижение энергоемкости выпуска единицы продукции, экономия сырья и материалов.**

При определении экономической эффективности новой техники и технологии применяют два обобщающих показателя - экономический эффект и экономическая эффективность.

Экономический эффект - это конечный, результативный показатель внедрения новой техники и технологии, который измеряется величинами - прибыль, снижение затрат, рост объема продукции и т.д. за определенный период использования инновации. Обычно рассчитывают **годовой экономический эффект.** Экономический эффект может быть рассчитан:

На основе разницы в цене на произведенный и реализованный товар:

$$\mathcal{E} = (C_n - C_c)Q,$$

где C_n - новая цена за единицу товара более высокого качества, руб.;

C_c - старая цена за единицу товара, руб.;

Q - объем реализации за год, ед.

2) На основе издержек производства:

$$\mathcal{E} = (C_c - C_n)Q,$$

где C_c и C_n - себестоимость единицы товара до и после внедрения новой технологии, руб.

Экономическая эффективность показывает соотношение годового экономического эффекта и вложенных затрат, чаще всего соотношение (сравнение) прибыли и произведенных капитальных вложений.

Например, срок окупаемости капитальных затрат определяется отношением стоимости новой техники и технологии (капитальных затрат) к величине годового экономического эффекта от их внедрения.

5. СЫРЬЕВАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БАЗА ПРОИЗВОДСТВА

5.1. Классификация промышленного сырья. Виды минерального сырья

По агрегатному состоянию сырье делится на твердое, жидкое и газообразное. По происхождению: ископаемое, растительное и животное; естественное и искусственное.

По составу: минеральное и органическое.

Сырье, подвергшееся предварительной промышленной обработке, называют полуфабрикатом.

Минеральное сырье делят на рудное и нерудное.

Рудным сырьем называют горные породы, содержащие металлы, которые могут быть экономически выгодно извлечены в технически чистом виде. По числу содержащихся металлов, целесообразных для извлечения, руды делятся на монометаллические, биметаллические и полиметаллические. Металлы в рудах находятся либо в виде химических соединений (оксидов, сульфидов и т.д.), либо в виде сплава с другими металлами, либо в чистом виде.

Нерудное сырье служит источником получения неметаллов. К нему относятся самородная сера, апатиты, природные соли (калийные, поваренная, сода и др.), редкие минералы (графит, алмаз) и горные породы, не содержащие металлы. Горные породы делятся на изверженные (гранит, базальт, пемза и др.), осадочные (гипс, известняк, мел, глина и др.) и метаморфические или видоизмененные (мрамор, кварцит и др.). По химическому составу большинство изверженных пород состоит из кремнезёма (SiO_2) и глинозёма (Al_2O_3). Осадочные породы помимо этих оксидов содержат карбонаты кальция (известняк), магнезия (доломит), сульфат кальция (гипс) и т.д. По распространенности в земной коре первое место занимает кремнезём, второе глинозём. Нерудные горные породы могут применяться самостоятельно в виде естественных строительных материалов (мрамор, гранит, гравий, глина, известняк, гипс) и в качестве исходного сырья для получения искусственных строительных материалов (цемента, бетона, кирпича, керамики и др.) и для производства химических веществ.

5.2. Топливо

Топливо подразделяется:

- а) по агрегатному состоянию на твердое, жидкое и газообразное;
- б) по происхождению на естественное и искусственное. К естественным относятся: уголь, нефть, природный газ. К искусственным относятся: кокс (получаемый нагревом каменных углей до температуры 1000°C без доступа воздуха и обладающий большей прочностью, теплотой сгорания и чистотой от примесей серы), бензин, керосин, мазут, генераторный, доменный и коксовый газы.

Основной показатель топлива – его **удельная теплота сгорания**, то есть количество теплоты, выделяемое при полном сгорании единицы массы или объема топлива (Дж/кг и Дж/м^3). Теплота сгорания тем выше, чем больше

содержание горючей массы (углерода и водорода) и меньше содержание негорючей массы (кислорода, азота, золы и влаги). Например, удельная теплота сгорания (кДж/кг) нефти – 42000, антрацита – 33000, каменного угля ~ 29300, бурого угля – от 15000 до 21000. Для сравнительного анализа топлив введено понятие «условное топливо» с теплотой сгорания 29300 кДж/кг. При пересчете оказывается, что одна тонна бурого угля эквивалентна по теплосодержанию 0,5 т условного топлива, 1 т каменного угля эквивалентна 1 т условного топлива, 1 т нефти эквивалентна 1,4 т условного топлива.

5.3. Основные технологические методы подготовки сырья

Подготовка сырья необходима для повышения производительности и эффективности производства.

Основные методы подготовки:

1. Дробление и измельчение;
2. Сортировка;
3. Обогащение;
4. Укрупнение.

Дробление сырья может быть основной или подготовительной операцией. Основной операцией оно является тогда, когда дробленое сырье непосредственно используется в технологическом процессе. В качестве подготовительной операции дробление применяют перед обогащением или укрупнением материала. Дробление осуществляют в дробилках, а измельчение - в мельницах. Целесообразно сырье дробить до нужных размеров с многократной промежуточной сортировкой для отделения готовых по размеру кусков, чтобы не подвергать их дальнейшему дроблению. Это обеспечивает экономию энергии, уменьшение износа оборудования, увеличение производительности и выхода годного продукта.

Сортировка дробленых и измельченных материалов по классам крупности материалов производится при помощи механических решеток или сит. Разделение в воде или в воздухе с использованием разности скоростей осаждения частиц различной величины называют классификацией (гидравлической или воздушной).

Обогащение сырья производят с целью повышения относительного содержания в нем полезных компонентов. Это обеспечивает более эффективное и рациональное использование оборудования, экономию транспортных средств и улучшение качества готовой продукции. Суть обогащения заключается в частичном отделении и удалении из сырья ненужных в данном технологическом процессе компонентов (пустой породы). Целевым продуктом обогащения являются концентраты, то есть фракции с повышенным относительным содержанием полезных компонентов.

Методы обогащения сырья зависят от его агрегатного состояния и свойств основных компонентов. Они основаны на различии свойств (плотность, магнитная проницаемость, смачиваемость и т.д.) полезных компонентов и

пустой породы. Виды обогащения подразделяют на механические (гравитационное разделение, электромагнитная сепарация и др.), физико-химические (флотация, адсорбция, абсорбция, выпаривание) и химические.

Укрупнение сырья производится для превращения мелких материалов в кусковые заданных размеров. Это повышает степень использования сырья и безотходность производства, обеспечивает и улучшает технологические показатели перерабатывающего оборудования. Различают три основных способа укрупнения сырья: 1) брикетирование – изготовление брикетов определенных размеров и формы под избыточным давлением, 2) агломерация – спекание измельченного материала в слое смеси с измельчённым углем,

3) производство окатышей путем окомкования измельченного сырья с добавками связующих веществ с последующим обжигом их.

5.4. Основные тенденции в решении сырьевой проблемы

На долю сырья в себестоимости продукции приходится значительная часть (до 70 %). Поэтому важен правильный выбор сырья и экономически эффективное его использование. Это достигается следующим:

1. Применение более дешевых видов сырья, в том числе замена привозного сырья местным с учетом высокой стоимости транспортировки;

2. Применение концентрированного (обогащенного) сырья;

3. Комплексное использование сырья, т.е. максимальное извлечение и использование всех ценных компонентов, содержащихся в сырье. Например, из одной горной породы возможно получение различных металлов и неметаллов, солей и строительных материалов. При этом повышается экономическая эффективность производства и снижается себестоимость основных продуктов;

4. Использование отходов производства в качестве сырья;

5. Замена пищевого и растительного сырья минеральным.

6. Снижение материалоемкости продукции.

5.5. Вода в промышленности

Для промышленных и бытовых нужд применяется только пресная вода, составляющая около 3 % ее мировых запасов. Поэтому в промышленности широко используется повторное (оборотное) водоснабжение по замкнутому циклу.

Для промышленных вод основными показателями являются: жесткость, солесодержание, количество растворенных газов и механических примесей.

Жесткость воды обусловлена наличием в ней солей кальция и магния. Различают три вида жесткости воды: 1) временную, устраняемую кипячением;

2) постоянную, обусловленную наличием в воде более прочных соединений кальция и магния, которые при кипячении не удаляются; 3) общую (сумма временной и постоянной).

Вода с содержанием солей более 1 г/кг относится к соленой. Наличие в воде солей и механических примесей приводит к образованию накипи, ухудшающей работу теплообменных устройств из-за уменьшения теплопроводности и проходного сечения.

Растворенные в воде газы вызывают коррозию труб.

Подготовка промышленной воды включает:

1) отстаивание с использованием коагулянтов для ускорения образования коллоидного осадка;

2) фильтрацию в основном через песчаные фильтры;

3) обеззараживание: хлорирование, озонирование, кипячение, обработка ультразвуковыми волнами и ультрафиолетовым облучением;

4) умягчение (удаление солей кальция и магния добавками соды, гашёной извести, едкого натра, кипячением, дистилляцией) и обессоливание (удаление всех солей).

5.6. Энергия в технологических процессах

Все технологические процессы являются потребителями энергии. В промышленности наиболее широко применяются электрическая, ядерная, тепловая и химическая энергии.

Электрическая энергия применяется для получения механической энергии, для осуществления различных физических и механических процессов, для нагревания, электрохимических, электростатических и др. процессов. Источником электрической энергии служат энергия воды рек, ядерные реакции и тепловая энергия, получаемая при сгорании топлива.

Ядерная энергия образуется при расщеплении урана. При распаде 1 кг урана выделяется количество теплоты, эквивалентное сгоранию 300 т каменного угля. Мировые запасы ядерного горючего обладают потенциальной энергией, превосходящей в десятки раз энергию разведанных запасов угля, нефти и природного газа вместе взятых. Атомные электростанции обладают высоким коэффициентом полезного действия и являются эффективными поставщиками электроэнергии.

Тепловая энергия выделяется при сжигании топлива и применяется для отопления, проведения многих высокотемпературных технологических процессов (нагревание, плавление, сушка, перегонка и т.д.) и для преобразования в электрическую.

Химическая энергия, выделяющаяся при экзотермических химических реакциях, служит источником теплоты для проведения эндотермических химических процессов. Она также применяется в гальванических элементах и аккумуляторах для преобразования в электрическую энергию. Эти источники энергии характеризуются высоким к.п.д.

К числу возобновляемых источников энергии относятся энергия ветра и Солнца, световая, геотермальная и энергия морских приливов.

6. ПРОИЗВОДСТВО МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

6.1. Свойства металлов и сплавов

Различают механические, физические, технологические и эксплуатационные свойства материалов.

Механические свойства включают прочность, пластичность и твердость.

Прочность характеризует способность материала сопротивляться разрушению под действием нагрузок. Она оценивается отношением максимальной нагрузки до разрушения образца к площади его поперечного сечения. Различают предел прочности при растяжении, при изгибе и при сжатии (при статической нагрузке), а также ударную вязкость (при динамической нагрузке).

Пластичность характеризует способность материала деформироваться под действием статической нагрузки без разрушения. Она оценивается относительным удлинением и сужением образца при растяжении и относительным его укорочением при сжатии и выражается в процентах.

Твердость характеризует способность материала сопротивляться вдавливанию в него другого более твердого тела (стальной закаленный шарик, алмазный конус, алмазная пирамида). Оценивается отношением приложенной нагрузки (на шарик, конус, пирамиду) к площади полученного отпечатка. Широко применяют методы оценки твердости по Бринеллю (для чугунов, цветных сплавов и мягких сталей), по Роквеллу (для мягких и закаленных сталей), по Виккерсу (для твердых сплавов). Существуют и другие методы оценки твердости (метод Шора, метод царапания и т.д.).

Физические свойства: *плотность* (отношение массы вещества к его объему), *температура плавления*, *электро- и теплопроводность*, *коэффициенты линейного и объемного расширения* (при изменении температуры материала на 1⁰С).

Технологические свойства: а) обрабатываемость давлением в холодном и горячем состояниях (ковкой, штамповкой), б) обрабатываемость резанием (оценивается скоростью затупления резца), в) свариваемость (способность образовывать сварные соединения с требуемыми механическими свойствами), г) литейные свойства – оцениваются совокупностью показателей: жидкотекучесть, усадка, газопоглощение, ликвация (неравномерность распределения компонентов сплава по его объему) и др., д) упрочняемость – способность материала приобретать более высокую прочность после термической и механической обработки.

Эксплуатационные свойства: жаропрочность (сохранение прочности при нагреве), жаростойкость (сопротивление окислению поверхности при нагреве), термостойкость (способность выдерживать определенное число

циклов «нагрев-охлаждение»), коррозионная стойкость (в различных агрессивных средах), износостойкость (сопротивление поверхностному разрушению при трении) и др.

6.2. Классификация металлов и сплавов

Все металлы можно разделить на две большие группы: черные и цветные. К черным относят железо и его сплавы, а также марганец и хром.

Все остальные металлы цветные:

- легкие (алюминий, магний, титан);
- тяжелые (медь, свинец, цинк, олово, никель);
- благородные (золото, серебро, платина);
- редкоземельные (лантан, церий);
- радиоактивные (уран, радий).

К сплавам на основе железа относятся сталь (содержание углерода до 2,14 %) и чугун (более 2,14 % углерода).

Стали классифицируют:

- 1) по способу производства - мартеновская, кислородноконвертерная, электросталь и т.д.;
- 2) по назначению – конструкционные (детали машин и станков, металлоконструкции мостов и др.), инструментальные (резцы, фрезы, штампы, измерительный инструмент), специального назначения (нержавеющая, кислотоупорная, трансформаторная и др.);
- 3) по качеству - сталь обыкновенного качества (с содержанием серы и фосфора до 0,06 %), качественная (до 0,04 % серы и фосфора), высококачественная (до 0,03 % серы и фосфора);
- 4) по химическому составу – углеродистые (низкоуглеродистые – до 0,25 % углерода, углеродистые – от 0,26 до 0,6 % углерода, высокоуглеродистые – от 0,6 до 1,5 % углерода) и легированные (низколегированные – до 2,5 % легирующих элементов, среднелегированные – от 2,5 до 10 % легирующих элементов и высоколегированные – более 10 % легирующих элементов);
- 5) по степени раскисленности и характеру затвердевания – спокойные, полуспокойные и кипящие.

Чугуны вследствие повышенного содержания углерода отличаются от стали наличием в структуре включений графита (продукт кристаллизации избыточного углерода). Включения графита ослабляют металлическую основу, что обуславливает пониженную прочность чугуна по сравнению со сталью. В зависимости от формы графитных включений различают следующие виды чугунов:

- 1) серый (СЧ) – с пластинчатыми включениями графита;
- 2) ковкий (КЧ) – с более компактными хлопьевидными включениями графита, что определяет его повышенную прочность;
- 3) высокопрочный (ВЧ) – с шаровидными включениями графита и высокой прочностью, приближающейся к прочности стали.

Из числа **цветных сплавов** наибольшее применение имеют медные, алюминиевые и магниевые сплавы.

К медным промышленным сплавам относятся: латуни (Cu + Zn) , бронзы оловянные (Cu + Sn) и безоловянные (Cu + Fe, Al, Mn и др.), мельхиоры (Cu + Ni). Обладают хорошими литейными, механическими, антифрикционными и антикоррозионными свойствами.

Алюминиевые и магниевые сплавы имеют достаточно высокие механические свойства и низкую плотность, что обуславливает их широкое применение в авиационной промышленности.

6.3. Производство чугуна

6.3.1. Технология производства чугуна

Исходными материалами служат: железные руды, кокс и флюсы. В рудах железо находится в виде оксидов. Содержание железа в рудах - от 40 до 70 %. Пустая порода состоит из оксидов кремния, кальция и других элементов. Руды содержат также примеси полезные (Mn, Ti, Ni, Cu, Cr) и вредные (S, P, Zn, Pb, As). Кокс служит топливом процесса. Флюсы – известняк (CaCO₃) и доломит (CaCO₃·MgCO₃) – применяют для перевода пустой породы и золы топлива в шлак и для десульфурации.

Заранее рассчитанную смесь компонентов (руда, топливо, флюсы) в определенном соотношении называют шихтой. Ее загружают в доменную печь сверху. Печь представляет собой вертикальную шахту со стенками из огнеупорного кирпича. В нижней части печи происходит горение кокса. При химическом взаимодействии углерода кокса с кислородом вдуваемого воздуха выделяется большое количество тепла. Для экономии кокса воздух подогревают до 1000 – 1200⁰С. Образующиеся продукты горения кокса, содержащие около 30 % CO, поднимаются вверх навстречу опускающейся сверху шихте. Шихта постепенно нагревается и расплавляется. Одновременно в результате химического взаимодействия CO с железной рудой происходит восстановление железа из его оксидов (основной составляющей железной руды). Восстановленное железо насыщается углеродом из кокса, а также поглощает часть восстановленного кремния и марганца. В результате образуется жидкий чугун, который стекает по кускам раскаленного кокса, скапливается в нижней части печи и затем выпускается через специальное отверстие по желобу. Жидкий шлак выпускается через отверстие, расположенное несколько выше.

В доменной печи получают чугун переделный (около 90 %), предназначенный для дальнейшего передела в сталь, и литейный, используемый в качестве компонента при выплавке марочных чугунов в литейных цехах на машиностроительных заводах.

Шлак обычно подвергают грануляции и используют для производства строительных материалов.

Доменный газ, выходящий из печи, имеет относительно высокую теплоту сгорания (около 4000 кДж/м^3) и используется для нагрева подаваемого в печь воздуха, коксовых батарей, стальных слитков, для отопления котлов и др.

6.3.2. Техничко-экономические показатели и интенсификация доменного процесса

Основные показатели доменной плавки:

- 1) Среднесуточная производительность. Для сравнительной оценки производительности печей разного объема применяют коэффициент использования полезного объема печи: $K.И.П.О. = V/P$, где V – полезный объем печи в м^3 , P – суточная производительность печи в т/сутки.
- 2) Удельный расход кокса: отношение суточного расхода кокса к полезному объему печи или расход кокса в кг на 1 т чугуна (360 – 400 кг/т).
- 3) Расход руды (уменьшается при ее обогащении) и вынос пыли.
- 4) Себестоимость выплавляемого чугуна.

Способы интенсификации процесса:

- 1) Обогащение воздушного дутья кислородом (до 25 – 30 %) повышает производительность на 50 % и снижает расход кокса на 15 %.
- 2) Повышение давления газов в печи увеличивает производительность на 9 %, снижает расход кокса на 6-7 % и уменьшает вынос пыли.
- 3) Комбинированное дутье (воздух + природный газ + угольная пыль) обеспечивает прирост производительности печи и экономию кокса до 30 %.

6.4. Производство

стали

6.4.1. Производство стали в конвертерах

Суть процесса заключается в удалении из жидкого чугуна избыточного углерода путем его окисления при продувке воздухом или кислородом.

При бессемеровском процессе осуществляют продувку жидкого чугуна воздухом через отверстия в днище конвертера, который представляет собой сосуд грушевидной формы со стенками из огнеупорного кирпича с преобладанием кремнезема – SiO_2 (кислая футеровка). Кислая футеровка обуславливает наличие кислого шлака, который не способствует удалению вредных примесей серы и фосфора из расплава.

Томасовский конвертер имеет футеровку из основного огнеупорного кирпича с преобладанием CaO . Это позволяет использовать основной шлак, способствующий удалению серы и фосфора. В обоих процессах происходит насыщение расплава азотом, что приводит к повышению хрупкости стали. Ввиду указанных недостатков бессемеровский и томасовский процессы не находят широкого применения, но послужили прототипом кислородно-конвертерного процесса, который в настоящее время обеспечивает более половины всей выплавляемой в мире стали.

Кислородный конвертер имеет основную футеровку, что обеспечивает проведение процесса под основным шлаком с активным удалением серы и фосфора из металла в шлак. В конвертер загружают скрап (стальной лом) и заливают чугун, затем конвертер поворачивают в вертикальное рабочее положение и опускают в него фурму (специальную трубу), через которую подают кислород. В процессе продувки интенсивно окисляются компоненты чугуна (железо, углерод, кремний, марганец) с выделением тепла, что способствует повышению температуры расплава с 1250 до 1650°C. Выделяющиеся пузырьки СО обеспечивают удаление из металла азота и водорода и интенсивное перемешивание металла и шлака. Это способствует улучшению дефосфорации с образованием стойкого соединения $(\text{CaO})_4\text{P}_2\text{O}_5$ и десульфурации с образованием и удалением в шлак CaS . Длительность продувки 16 – 45 мин. в зависимости от заданного содержания углерода и емкости конвертера (до 500 т). Затем металл выпускают в ковш (путем наклона конвертера). Под струю металла подают раскислители (сплавы марганца, кремния и алюминия) для восстановления закиси железа FeO , снижающей прочность и пластичность стали. По степени раскисления различают кипящую, полуспокойную и спокойную сталь. Чем полнее раскислена сталь, тем спокойнее она кристаллизуется (без газовых включений).

Кислородно-конвертерный процесс отличается высокой производительностью (до 500 т/ч), сравнительно небольшими капитальными затратами и низкой себестоимостью стали достаточно высокого качества. В себестоимости выплавляемой стали 80 – 86 % приходится на стоимость металлической шихты, 3,5 % - на добавочные материалы и 10 –19 % на расходы по переделу (чугуна в сталь). Стоимость стального лома ниже стоимости жидкого чугуна, поэтому целесообразно увеличение его доли в шихте.

6.4.2. Мартеновское производство стали

Этим способом получают 20 – 25 % стали. В мартеновских печах можно переплавлять чугун и скрап любого состава в любой пропорции, в том числе использовать полностью твердую шихту или в сочетании с жидким чугуном. Емкость печей до 900 т.

Процесс ведут на поду пламенной отражательной печи снабженной регенераторами. Загруженная в печь шихта под действием факела сжигаемого топлива расплавляется. Для интенсификации процесса подаваемые в печь воздух и газ предварительно подогревают в регенераторах до 1000 – 1200 °С. Подаваемый для образования факела воздух в определенном избытке способствует окислению примесей чугуна и переделу его в сталь. В результате окисления углерода выделяются пузырьки СО и происходит «кипение» ванны. Это вызывает перемешивание расплава, что способствует выравниванию температуры и состава металла по высоте ванны и удалению неметаллических включений. Готовую сталь выпускают через

лётку в ковш и разливают в изложницы. При необходимости сталь раскисляют добавками ферромарганца, ферросилиция и алюминия.

Недостатки процесса:

- а) большая продолжительность (4 – 12 ч);
- б) относительно низкая производительность (в несколько раз ниже, чем в кислородном конвертере);
- в) себестоимость мартеновской стали на 3 – 5 % выше кислородно-конвертерной;
- г) капитальные затраты на 20 – 30% больше.

Поэтому выплавку в мартеновских печах постепенно сокращают. Новые печи не строят. Старые печи либо заменяют конвертерами, либо переделывают на двухванные под одним сводом. Это снижает капитальные затраты и повышает производительность печи.

6.4.3. Производство стали в электрических печах

Этим способом выплавляется около 25 % стали. В электропечах можно легко обеспечить быстрый подъем и точное регулирование температуры металла, создавать любую атмосферу (окислительную, восстановительную, нейтральную или вакуум), осуществлять любые металлургические процессы, выплавлять сталь и сплавы любого состава с низким содержанием серы и фосфора. Поэтому все стали ответственного назначения (нержавеющие, жаростойкие и др. высоколегированные) выплавляют в основном в электрических печах. К недостаткам электроплавки относится невысокая производительность печей, большой расход электроэнергии и высокая себестоимость стали.

Для электроплавки применяют преимущественно два типа печей: дуговые и индукционные электропечи.

В электродуговых печах источником тепла служат электрические дуги, возникающие между металлом и графитовыми электродами при прохождении по ним трехфазного электрического тока. Температура дуги достигает более 5000⁰С. Это позволяет производить переплав тугоплавких легирующих компонентов, но вызывает угар железа и других элементов. Производительность электродуговых печей повышается при подаче в металл кислорода и при организации электромагнитного перемешивания металла с помощью статоров, установленных под днищем печей.

В индукционных электропечах источником тепла служат вихревые токи, возникающие в металле под действием переменных электромагнитных полей, образующихся вокруг индуктора при прохождении по нему переменного электрического тока. Особенностью индукционной плавки является интенсивная циркуляция металла в печи, что ускоряет плавление и выравнивает температуру и состав металла по объему. Однако образование выпуклого мениска на поверхности ванны вызывает стекание шлака к стенкам тигля и насыщение открытой части зеркала металла газами из окружающей атмосферы.

6.5.Производство меди

Сырьем для получения меди служат медные руды. Медь в рудах находится в виде сульфидов, оксидов и других соединений. Медные руды содержат 1–3 % меди. Поэтому их обогащают методом флотации с получением медного концентрата, содержащего до 35 % меди. Затем концентраты обжигают в окислительной среде для удаления серы (около 50%).

Медь выплавляют в основном пирометаллургическим способом. Основу процесса составляет плавка концентратов в печах, при которой расплавленная масса разделяется на два жидких слоя: 1) штейн – сплав сульфидов меди и железа и 2) шлак – сплав окислов (SiO_2 , Al_2O_3 и др.). Штейн содержит до 55 % меди. Его переливают из печи в конвертер с боковым дутьем и продувают воздухом для окисления сернистого железа с переводом оксида железа в шлак и получения черновой меди.

Черновая медь содержит до 2 % примесей. Поэтому ее подвергают рафинированию: сначала огневому путем окисления примесей при продувке воздуха через расплав черновой меди (содержание меди достигает 99,7 %), затем электролитическому. При этом аноды (+) делают из меди после огневого рафинирования, а катоды (-) – из тонких листов чистой меди. Электролитом служит раствор серноокислой меди. При пропускании постоянного тока анод растворяется, медь переходит в раствор в виде ионов и осаждается на катодах прочным слоем. Чистота меди достигает 99,99 % и отделяются благородные и другие металлы.

6.6.Производство алюминия

По общему производству металлов алюминий занимает второе место после железа. Содержание алюминия в земной коре составляет 7,5 %, т.е. занимает третье место после кислорода и кремния. Вследствие высокого сродства к кислороду алюминий в природе не встречается в чистом виде, а только в виде соединений. Число минералов, содержащих алюминий, насчитывает около 250.

К алюминиевым рудам относятся бокситы, нефелины, алуниты, каолины, сирициты. Наибольшее промышленное значение имеют бокситы. Содержание глинозема в них достигает 70 % (в нефелинах – 30 %, в алунитах – 22 %, в каолинах и сирицитах – до 39 %).

Производство алюминия включает три основные операции:

- 1.Получение глинозема (Al_2O_3) путем переработки бокситов, глины, каолина;
- 2.Получение криолита – двойной соли фтористого натрия и фтористого алюминия (Na_3AlF_6);
- 3.Получение металлического алюминия методом электролиза глинозема, растворенного в криолите.

Глинозем получают путем выщелачивания из бокситов с образованием раствора алюмината натрия. Затем раствор алюмината натрия разлагают с

выделением в осадок гидроокиси алюминия, которую обезвоживают нагревом до температуры 1200°C . Продуктом является глинозем. После охлаждения его подают на электролиз. На производство одной тонны глинозема расходуется около 2 – 2,5 т боксита.

Сырьем для получения криолита служит плавиковый шпат (CaF_2). Его нагревают в смеси с серной кислотой до температуры 200°C с образованием фтористого водорода, который растворяют в воде для получения плавиковой кислоты (HF). Из плавиковой кислоты получают ее соли с выпадением в осадок криолита.

Затем в угольной ванне расплавляют криолит, растворяют в нем около 10% глинозема и опускают в полученный расплав (электролит) угольный анод. Оптимальная температура расплава $950 - 970^{\circ}\text{C}$. Катодом служит сама ванна. При прохождении тока через электролит выделяется тепло и происходит разложение глинозема с выделением жидкого алюминия на катоде (на стенках и дне ванны). Он накапливается на дне ванны под слоем электролита и извлекается периодически (через 3–4 суток) при помощи вакуумного ковша или сифона. Для очистки полученного алюминия от примесей применяют продувку расплава инертными газами. Чистота алюминия достигает 99,85 %. Более высокая степень очистки достигается электролитическим рафинированием (99,996 % Al) и зонной плавкой (99,9999 % Al).

Для производства 1 т алюминия требуется около 2 т глинозема, 0,1 т криолита, 0,7 т анодной массы и 15 – 18 МВтч электроэнергии. Расход электроэнергии составляет около 30 % себестоимости алюминия, а на сырье и основные материалы приходится около 50 %.

7. ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

7.1. Технология литейного производства

7.1.1. Суть и характеристика процесса литья

2) обладает универсальностью, т.е. позволяет получать изделия различной конфигурации, размеров и массы (от нескольких граммов до сотен тонн) из сплавов любого состава;

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

Мировой объем выпуска фасонных отливок около 75 млн т/год. Литейные формы могут быть разового и многократного применения. Большую часть отливок (около 60 %) получают. Суть процесса литья заключается в том, что расплав заданного химического состава заливается в литейную форму, полость которой соответствует геометрии будущей отливки. Затвердевшую отливку затем извлекают из формы.

Литье - наиболее простой и дешевый способ изготовления заготовок. Из всех известных способов формообразования (обработка резанием и давлением, сварка, порошковая металлургия) литейная технология наиболее эффективна, так как:

1) позволяет получать изделия необходимой формы непосредственно из расплава при сравнительно небольших затратах энергии, материалов и труда; методом литья в разовые песчано-глинистые формы, особенно крупные и средние по массе отливки.

7.1.2. Литье в песчано-глинистые формы

Процесс состоит из следующих основных операций: 1) изготовление модельной оснастки, 2) приготовление формовочных и стержневых смесей, 3) изготовление полуформ и песчаных стержней, 4) сушка стержней (и при необходимости полуформ), 5) сборка формы, 6) приготовление жидкого сплава и заливка его в форму, 7) удаление затвердевшей отливки из формы, 8) отделение литниковой системы от отливки, 9) удаление из отливки песчаных стержней, 10) очистка и при необходимости термообработка (закалка и др.) отливок, 11) контроль качества на всех этапах процесса.

Модельная оснастка включает: а) модель будущей отливки (из дерева, металла, пластмассы) для получения в песчаной форме отпечатка, соответствующего по конфигурации отливке, б) подмодельную плиту, к которой крепится модель, в) опоку – металлическую раму, которая устанавливается на подмодельную плиту и заполняется формовочной смесью с последующим уплотнением, г) стержневые ящики для изготовления песчаных стержней, применяемых для образования внутренних полостей и отверстий в отливке.

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

Изготовление полуформ и стержней производится вручную и на машинах. Машинная формовка повышает производительность и облегчает условия труда. При изготовлении полуформ одновременно выполняют формовку литниковой системы, служащей для заливки жидкого металла в полость формы. Форму собирают из двух полуформ. При этом в нижнюю полуформу устанавливают песчаные стержни и накрывают её верхней полуформой. Стержни служат для образования внутренних полостей в отливках. При сборке формы обеспечивается точность совмещения полуформ и скрепление их во избежание подъема верхней полуформы под давлением металла при заливке.

Жидкий сплав получают в плавильных печах. При необходимости сплав модифицируют и рафинируют. Удаляют шлак и заливают расплав в формы с помощью разливочных ковшей.

После охлаждения отливки формы разрушают на виброрешетках. Литниковую систему отделяют от отливки ленточными и дисковыми пилами, с помощью газовой и электродуговой резки. Удаление стержней из отливок производят на вибрационных машинах и под давлением струи воды.

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

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

7.1.3. Специальные способы литья

Специальные способы обеспечивают повышенную точность размеров, чистоту поверхности, мелкозернистую структуру отливок, более высокую производительность и другие преимущества по сравнению с литьём в песчано-глинистые формы.

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

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

Для получения **оболочек** используют смесь мелкого кварцевого песка с горячтетвердеющей смолой. Формирование оболочки происходит на нагретой металлической модели (до 250 °С). Толщина оболочки составляет 6 – 10 мм. Две оболочковые полуформы скрепляют струбцинами или клеем, форму устанавливают в опоку с песком для увеличения её жесткости. Металл заливают в форму через литниковую систему, после его охлаждения форму разрушают. Расход формовочной смеси снижается примерно в 10 раз, повышенная точность отливок резко уменьшает затраты на механическую обработку. Метод легко механизуется и автоматизируется, обеспечивая высокую производительность. Недостаток – высокая токсичность выделяющихся газов при горении смолы.

Литьё по выплавляемым моделям производится в неразъемную оболочковую форму, которая формируется вокруг разовой модели из легкоплавкого материала (парафин, стеарин, воск). Модель окунают в огнеупорную суспензию, обсыпают мелким песком и сушат. Процесс повторяют, пока толщина оболочки не достигнет нескольких миллиметров. Затем модель расплавляется и вытекает из формы. Форму прокаливают, устанавливают в опоку с песком и заливают металлом. Метод обеспечивает высокую размерную точность и чистоту поверхности сложных отливок, но отличается высокой трудоёмкостью и себестоимостью отливок. Рентабельность обеспечивается в массовом и крупносерийном производстве особо сложных отливок из трудно обрабатываемых сплавов.

Литьё по выжигаемым моделям в принципе сходно с литьём по выплавляемым моделям. Однако здесь модель, изготовленную из полистирола, не извлекают из формы перед заливкой металла. Модель выжигается (заливаемым металлом), освобождая полость для отливки. При этом возникает опасность насыщения металла выделяющимися газами.

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

Кокиль – металлическая литейная форма (из чугуна, стали, цветных сплавов) многократного использования (около 1000 раз при заливке стали, 5000 – при заливке чугуна, 20000 – при заливке цветных сплавов). Стержни используются металлические или из стержневой смеси. Перед заливкой кокиль подогревают до 200 – 300 °С и покрывают огнеупорной краской для предохранения кокиля от термических ударов и для предотвращения чрезмерного переохлаждения расплава при заливке. Преимущества – более высокая точность и чистота поверхности отливок, мелкозернистая структура металла, более низкая стоимость отливок, более высокая производительность и улучшение условий труда. Недостатки – высокая стоимость кокилей, низкая податливость формы.

Литьё под высоким давлением осуществляется на специальных машинах. Стальная пресс-форма из двух полуформ с полированной рабочей поверхностью заполняется расплавом под давлением поршня. Обеспечивается высокая точность и чистота поверхности отливок, что резко снижает объем механической обработки и трудоёмкость (примерно в десять раз); очень высокая производительность и улучшение условий труда. Недостатки – высокая стоимость пресс-форм и газовая пористость отливок. Метод целесообразен при массовом и крупносерийном производстве.

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

Центробежное литьё осуществляется заливкой расплава во вращающуюся форму, который под действием центробежных сил прижимается к внутренней поверхности формы, растекается по ней и затвердевает. Обеспечивается плотная мелкозернистая структура, высокая производительность, хорошие условия труда, но возможна ликвация по удельному весу. Применяется в основном для изготовления отливок цилиндрической формы, реже для фасонных отливок.

Непрерывное литьё используют для получения протяжённых отливок постоянного поперечного сечения путём непрерывной подачи расплава из металлоприёмника в водоохлаждаемый кристаллизатор и вытягивания из него затвердевшей части отливки. Обеспечивается очень высокая плотность отливок. Недостаток – ограниченность номенклатуры.

7.2. Технология порошковой металлургии

Процесс производства изделий из металлических порошков состоит из следующих операций:

1) *Получение металлических порошков*. Их получают механическими и физико-химическими методами. При механическом измельчении металлов используют различные мельницы, ультразвук и метод гранулирования, при котором капли металла, попадая в воду, застывают в виде мелких частиц. Химические и физико-химические методы основаны на восстановлении или электролизе оксидов металла. Методы восстановления наиболее экономичные и распространенные.

2) *Формование изделий* из металлических порошков в холодном состоянии под избыточным давлением: а) методом одностороннего и двухстороннего сжатия в прессформах, б) мундштучным прессованием – выдавливанием через сужающийся канал смеси порошка с пластификатором, в) прокаткой металлических порошков с получением спрессованной ленты, г) гидростатическим методом – обжатием металлического порошка, находящегося в эластичной оболочке, жидкостью со всех сторон.

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

4) *Отделка* полученных изделий.

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

Порошковая металлургия отличается высокой технико-экономической эффективностью за счет низких отходов металла (2-5 %), относительно небольшой трудоемкости и себестоимости изготовления изделий и возможности более полного использования отходов металлообрабатывающего производства.

7.3. Технология обработки металлов давлением (ОМД)

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

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

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

Прокатка – наиболее распространённый и экономичный способ ОМД. Заготовка деформируется путём обжатия её между вращающимися валками прокатного стана. Продольную прокатку применяют для получения листового и сортового проката, поперечную прокатку – для получения зубчатых колёс, поперечно-винтовую прокатку – для получения бесшовных труб, шаров, осей.

Волочение осуществляют протягиванием (в т.ч. многократным) металлической заготовки в холодном состоянии через отверстие волочильной доски. Получают проволоку, прутки различного профиля, трубы с уменьшенным диаметром. Обеспечивается точность размеров и качество поверхности. Наклёп (повышенная твердость и хрупкость поверхностного слоя) снимается отжигом для восстановления пластичности заготовки.

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

Ковка – свободная пластическая деформация нагретого металла при многократном воздействии ударного инструмента. Исходным материалом служат слитки, прокат. Машинную ковку осуществляют на молотах и прессах. Основные операции машиннойковки: осадка (уменьшение высоты заготовки), протяжка (удлинение заготовки за счёт уменьшения её толщины), прошивка отверстий и полостей, сварка, скручивание, отрубка, раскатка. Применяется в мелкосерийном и единичном производстве.

Штамповка – деформация металла в штампе, т.е. в стальной форме, состоящей из двух частей (нижней и верхней). Заготовка приобретает форму и размеры, соответствующие внутренней полости штампа. Для объёмной штамповки исходным материалом служат прутки или штучные заготовки, для листовой штамповки – плоские листовые заготовки. Метод обеспечивает и более высокую производительность, точность и чистоту поверхности, чем при свободной ковке. Образование облоя приводит к потерям металла до 25% и требует дополнительной операции обрезки. Штампы – дорогой инструмент, поэтому метод экономически целесообразно применять в серийном и массовом производстве.

7.4. Технология неразъёмных соединений

7.4.1. Технология сварки плавлением

К сварке плавлением относятся электродуговая и газовая сварка.

Электродуговая сварка имеет наибольшее распространение. Для плавления кромок заготовок используется электрическая дуга, имеющая высокую температуру (до 6000 °С). Электрическая дуга возникает между электродом и заготовками. Для питания дуги используются переменный (экономичнее) или постоянный (устойчивее дуга) ток. Сварка может выполняться плавящимся (расходуемым) или неплавящимся электродом. При сварке неплавящимся электродом (графитовым, вольфрамовым) в зону дуги подают присадочный материал (при необходимости) в виде проволоки определённого состава в соответствии с составом свариваемых сплавов. Повышение качества сварного соединения обеспечивается защитой дуги и жидкого металла от кислорода и азота воздуха применением флюсов и нейтральных газов. В состав флюсов входят раскислители и легирующие элементы, улучшающие структуру и свойства сварного шва. Жидкий флюс покрывает шов, а после остывания его корка легко удаляется. В качестве защитных газов используют углекислый газ, аргон, гелий, водород. Их подают в зону горения дуги.

При газовой сварке для расплавления кромок заготовок используется теплота, выделяемая при сгорании газа (ацетилен, водород, пропан, природный газ и др.) в кислороде. Наибольшее применение находит ацетилен, имеющий высокую теплоту сгорания и дающий наибольшую температуру пламени (3150 °С). Для смешения газа с кислородом в заданном соотношении и получения устойчивого пламени применяют газовые горелки. Различают 3 вида газовой сварки: 1) нормальным пламенем (соотношение кислорода и ацетилена примерно равно) – для большинства сталей, 2) науглероживающим пламенем (с избытком ацетилена) – для чугуна (выгорающий при сварке углерод компенсируется за счёт углерода ацетилена), 3) окислительным пламенем (с избытком кислорода) – для латуней (образующаяся оксидная плёнка препятствует испарению цинка). Газовая сварка имеет значительно меньшее распространение, чем электродуговая так как: 1) трудно поддаётся автоматизации и имеет меньшую производительность, 2) наличие кислорода в пламени ухудшает механические свойства и качество сварного шва.

7.4.2. Технология сварки давлением

Основным видом сварки давлением является электрическая контактная сварка. Она основана на местном разогреве свариваемых заготовок электрическим током и сжатии их. Эти методом получают более 30 % сварных соединений, что уступает лишь электродуговой сварке. Обеспечивается высокое качество и надёжность сварного соединения,

механизация и автоматизация процесса, что обуславливает высокую производительность. Различают три вида электроконтактной сварки: точечную, шовную, стыковую, газопрессовую.

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

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

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

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

7.5.Технология обработки резанием

7.5.1.Характеристика процесса обработки металлов резанием

Обработка резанием обеспечивает высокую точность размеров и малую шероховатость поверхности деталей. При этом большая часть металла уходит в стружку (до 90 %). Процесс резания состоит из главного рабочего движения (движение резания) и второстепенного (движение подачи). Основные режимные параметры, определяющие производительность и себестоимость обработки: скорость резания, величина подачи, и глубина резания.

Слой материала, подлежащий срезанию с поверхности заготовки для получения заданного размера, называют припуском на обработку. Завышенные припуски увеличивают затраты, а заниженные могут привести к появлению брака. Поэтому правильный выбор размера припуска имеет большое технико-экономическое значение.

К основным методам механической обработки относятся: точение (обтачивание, растачивание, подрезание, разрезание), сверление (расверливание, зенкерование, развертывание и др.), протягивание, фрезерование, строгание и долбление, шлифование, отделочные (полирование, притирка, хонингование, суперфиниш и др.). Видам обработки соответствуют и виды металлорежущих станков.

Точность размерной обработки оценивается полем допуска – интервалом значений между верхним и нижним отклонениями размеров

деталей от номинальных (основных). Классы точности называют качествами. Их всего 19 (01; 0; 1; 2 ... 17), номер возрастает с увеличением поля допуска. Качество обработки поверхности оценивается её шероховатостью в пределах 14 классов (чем меньше шероховатость, тем выше класс).

7.5.2. Обработка наружных поверхностей тел вращения

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

Шлифование обеспечивает повышение точности до 6 качества. Выполняется на круглошлифовальных станках; вращаются шлифовальный круг и заготовка.

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

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

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

7.5.3. Обработка внутренних цилиндрических поверхностей

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

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

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

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

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

7.5.4. Обработка плоских поверхностей

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

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

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

8. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

8.1. Химико-технологические процессы и их классификация

Химико-технологический процесс (ХТП) – это разновидность производственного процесса, включающего стадию химического превращения веществ. ХТП классифицируются по следующим основным признакам:

1) По способу организации процесса – периодические, непрерывные и комбинированные. В **периодических** сырьё вводится в реактор дискретно определёнными порциями и так же дискретно из реактора извлекается целевой продукт после завершения цикла. В **непрерывных** процессах сырьё непрерывно подаётся в реактор, а целевой продукт так же непрерывно

выводится из реактора. **Комбинированные** процессы могут иметь различные варианты: непрерывное поступление сырья с периодическим отводом продукта, периодическое поступление сырья с непрерывным отводом продукта, периодическое поступление одного из исходных видов сырья и непрерывное поступление другого вида сырья и т.д.

2) По кратности обработки сырья: с открытой (разомкнутой), закрытой (замкнутой) и комбинированной схемой. В процессах с открытой схемой сырьё полностью превращается в целевой продукт за один цикл пребывания в реакторе; в процессах с закрытой схемой - за много циклов пребывания в реакторе. В комбинированных процессах основное сырьё может превращаться в продукт за один цикл, а вспомогательные материалы использоваться многократно.

3) По виду протекающих реакций: ХТП простые и сложные, обратимые и необратимые, гомогенные и гетерогенные, экзо- и эндотермические.

4) По условиям протекания реакций: высокотемпературные (при температуре более 500°C), электрохимические (под действием электрического тока), фотохимические (под действием света), радиационнохимические (под действием ионизирующих излучений), каталитические (с участием катализатора).

8.2. Основные направления интенсификации ХТП

1. Повышение температуры вызывает увеличение скорости движения взаимодействующих частиц и ускорение любых простых необратимых процессов. Для обратимой экзотермической реакции превышение оптимальной температуры ведёт к снижению выхода продукта, а для обратимой эндотермической выход продукта растёт постоянно с повышением температуры.

2. Увеличение концентрации взаимодействующих веществ за счёт повышения давления реагирующих газов или вывода из реактора образующихся продуктов.

3. Использование катализаторов позволяет увеличить скорость реакций иногда в несколько тысяч раз (пассивные молекулы в присутствии катализатора активизируются) и снижать температуру процессов.

4. Гомогенизация (повышение однородности смеси реагирующих веществ) способствует увеличению скорости любой реакции и особенно сильно влияет на протекание гетерогенных процессов. Для достижения высокой однородности смесей используются их интенсивное перемешивание (механическое, пневматическое, электромагнитное), вибрацию, ультразвуковую обработку и т.д.

8.3. Производство минеральных кислот и удобрений

8.3.1. Производство и применение серной кислоты

90 % серной кислоты (H_2SO_4) производят контактным способом. Он обеспечивает высокую концентрацию и чистоту продукта. Этот способ включает 4 стадии:

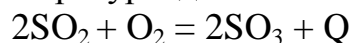
1) Получение сернистого ангидрида – диоксида серы SO_2 в процессе обжига при 1000°C измельченного серного колчедана FeS_2 в печах (эффективнее во взвешенном слое с продувкой горячим воздухом).



Образующийся огарок Fe_2O_3 содержит до 50 % железа и направляется для производства чугуна.

2) Очистка полученного сернистого ангидрида SO_2 от пыли в циклонах и электрофильтрах.

3) Получение серного ангидрида – триоксида серы SO_3 : нагретый до 450°C газ SO_2 пропускают через контактный аппарат, на решётчатых полках которого расположена контактная масса с катализаторами (окись ванадия, оксиды щелочных металлов, высокопористые алюмосиликаты). При прохождении SO_2 через контактную массу происходит его окисление до SO_3 с повышением температуры до 600°C :



Полученный газ охлаждают до 60°C .

4) Абсорбция серного ангидрида SO_3 концентрированной серной кислотой с получением олеума (пересыщенного раствора серной кислоты) с последующим его разбавлением водой до заданной концентрации.

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

8.3.2. Роль связанного азота и производство аммиака

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

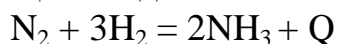
выгоден аммиачный метод. Поэтому в производстве азотных соединений свыше 90 % приходится на аммиак.

Производство аммиака состоит из трёх стадий:

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

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

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



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

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

8.3.3.Производство азотной кислоты

Азотная кислота HNO_3 является сильнейшим окислителем. Её производство основано на процессах окисления аммиака кислородом воздуха и последующей переработке полученных оксидов азота. Окисление аммиака происходит в смеси с воздухом в две стадии: $\text{NH}_3 - \text{NO} - \text{NO}_2$. Процесс ведут с применением катализаторов (сетки из платиновой проволоки) при температуре около 800 °С. Увеличение давления ускоряет реакцию окисления в сотни раз. Затем оксид азота NO_2 абсорбируется водой с образованием азотной кислоты:



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

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

8.3.4. Роль и классификация минеральных удобрений

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

Минеральные удобрения классифицируют по следующим основным признакам:

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

2) По видам питательных элементов – азотные, фосфорные, калийные и микроудобрения.

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

4) По содержанию питательных веществ – ординарные (менее 30%) и концентрированные (более 30 %).

5) По агрегатному состоянию – твёрдые и жидкие.

8.3.5. Производство азотных удобрений

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

2) Карбамид (мочевина) содержит до 46 % азота. Получают из жидкого аммиака и газообразного CO_2 при повышенном давлении и температуре $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ с упариванием раствора до плава с последующим его гранулированием. Менее гигроскопичен, невзрывоопасен.

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

Себестоимость карбамида несколько выше, чем селитры. Себестоимость жидких азотных удобрений на 20 % ниже, чем селитры.

8.3.6.Производство фосфорных удобрений

Сырьём служат природные апатиты и фосфориты. В них соединения азота входят в нерастворимой форме. Основной задачей производства является перевод нерастворимых фосфорных солей природных фосфатов в водорастворимые соли путём их разложения кислотами, щелочами, нагревом. 90 % фосфорных удобрений получают разложением кислотами. Продуктом разложения природных фосфатов серной кислотой является суперфосфат простой и двойной. Себестоимость двойного на 12 % выше, чем простого, но это компенсируется снижением расходов на транспортировку и внесение в почву. Гранулированный дороже порошкообразного, но его свойства и качество лучше.

8.3.7.Производство калийных удобрений

К ним относятся соли калия: хлориды (около 90%), сульфаты, карбонаты. Хлорид калия получают обогащением сильвинитовой руды флотацией. Получаемый концентрат содержит 92 – 95 % KCl. Другой способ - растворение сильвинита с последующей отдельной кристаллизацией компонентов раствора - требует значительных энергетических затрат и вызывает коррозию аппаратуры.

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

8.3.8.Производство комплексных удобрений

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

Из сложных удобрений чаще применяют нитрофос, нитрофоску и др. Применение комплексных удобрений снижает затраты на транспортирование, хранение и внесение в почву. Растения более полно усваивают питательные вещества в комплексе, чем в виде отдельных элементов. Себестоимость единицы питательных веществ в составе комплексных удобрений ниже, чем в простых. Наиболее дешёвы сложные удобрения, получаемые на основе концентратов природных фосфатов и аммиака.

8.4.Технология переработки нефти

8.4.1. Фракционная перегонка нефти

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

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

8.4.2.Крекинг нефтепродуктов

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

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

8.4.3.Классификация и свойства нефтепродуктов

Нефтепродукты делятся на три большие группы:

1) Топлива: газовое, бензин, керосин (для двигателей), дизельное, котельное.

2) Масла: моторные, промышленные, трансмиссионные, консистентные, специальные.

3) Прочие: растворители, осветительный керосин, парафин, церезин, вазелин, битумы, электродный кокс и сажа, специальные продукты (пенообразователи, крепители, смягчители и др.).

Свойства и основные показатели качества нефтепродуктов регламентированы стандартами.

Для бензина наиболее важными показателями являются его антидетонационные свойства, определяемые октановым числом, его испаряемость и теплота сгорания.

Для дизельного топлива основными показателями служат воспламеняемость, испаряемость, вязкость, температура воспламенения и застывания.

Топлива для реактивных двигателей должны иметь хорошую испаряемость, высокую теплоту сгорания, пламя без копоти и вязкость мало зависящую от температуры.

Котельное топливо должно иметь высокую теплоту сгорания и низкую вязкость (для хорошего распыления форсункой).

Для смазочных материалов основным свойством является их способность образовывать на поверхности трущихся деталей прочную масляную плёнку, прочность которой возрастает с увеличением вязкости масла.

8.5.Производство полимерных материалов

Полимерами называют вещества, макромолекулы которых состоят из многократно повторяющихся одинаковых групп атомов (мономерных звеньев). В зависимости от строения различают полимеры с линейной, разветвлённой и пространственной структурой. По поведению при нагреве полимеры делятся на термопластичные (могут многократно размягчаться при нагреве) и термореактивные (размягчаются однократно). По происхождению - природные и синтетические. Экономически более эффективны синтетические. Их получают полимеризацией (из многих одинаковых элементарных звеньев) и поликонденсацией (из большого числа двух и более разных типов элементарных звеньев). В качестве сырья используют продукты переработки нефти, угля и природного газа (этилен, пропилен, бутилен, ацетилен, бензол, фенол, ацетон, аммиак и др.). Полимеры широко используют для изготовления пластмасс, плёнок, клеев, резины, волокон и др.

Наибольшее значение в мировом производстве имеют пластмассы на основе полимеризации (термопласты): полиэтилен, полистирол, поливинилхлорид и др. Пластмассы, полученные на основе поликонденсации,

обладают в основном термореактивными свойствами: фенопласты, аминопласты, полиамиды и полиуретаны.

Каучуки – это полимерные материалы с высокой эластичностью. Обладают обратимой деформацией. Сырьём для получения синтетических каучуков служат этиловый спирт, этилен, ацетилен и др. При нагреве до 120 – 150⁰С каучук становится вязкой жидкостью. Для получения изделий, устойчивых к перепаду температур от – 50 до + 150⁰С, характерному для условий эксплуатации машин, каучуки подвергают вулканизации при превращении их в резину. Из смеси каучука с наполнителями (сажа, мел и др.), вулканизаторами (сера), пластификаторами (мазут и др.) формуют изделия, которые затем нагревают до температуры 130 – 160⁰С при повышенном давлении. При этом сера химически «сшивает» макромолекулы каучука в трёхмерную структуру, образуя резину. Резины подразделяются по назначению на две группы:

1) Универсальные общего назначения для производства изделий широкого потребления (шины, приводные ремни, транспортные ленты, обувь и др).

2) Специального назначения для производства изделий с особыми свойствами (тепло-, морозо-, масло-, химически стойкие, электроизоляционные, пористые).

8.6. Биохимические процессы в промышленности

В промышленности биологические процессы осуществляются при помощи микроорганизмов, в состав клеток которых входят белки, ферменты (мощные ускорители химических и обменных процессов), аминокислоты (органические кислоты, содержащие группу NH₂ – основной элемент построения растительных и животных белков), витамины, липиды (жиры) и другие органические вещества. В результате активности находящихся в клетке ферментов увеличивается биомасса клеток и синтезируются различные ценные внеклеточные вещества. Биомассу можно использовать как источник получения пищевых продуктов и в животноводстве.

В пищевой промышленности используются брожение молочно-кислородное, дрожжевое, спиртовое, винно-кислородное.

Для сельского хозяйства основными микробиологическими процессами являются производство кормовых дрожжей, бактериальных удобрений, бактериальных средств защиты растений.

В фармацевтической промышленности широко применяются микробиологические процессы производства антибиотиков, гормонов, аминокислот, витаминов, полисахаридов и ферментных препаратов.

В последнее время получило широкое распространение производство органических кислот, спиртов, растворителей и микробиологическая очистка сточных вод.

Большинство биохимических процессов являются каталитическими. Биологические катализаторы значительно эффективнее химических. По

сравнению с химическими и физико-химическими микробиологические процессы имеют ряд преимуществ: реакции протекают при сравнительно низкой температуре, нормальном давлении, в простом оборудовании. Это способствует снижению капиталовложений и эксплуатационных расходов. Для культивирования микроорганизмов используется дешёвое и недефицитное сырьё – побочные продукты и отходы промышленности: нефтепродукты, природный газ, сапрпель (озёрный ил), меласса (побочный продукт сахарной промышленности), молочная сыворотка (отход производства сыра, творога, казеина), а также сточные воды.

Значительное место среди микробиологических процессов занимает биологическая очистка сточных вод – один из наиболее надёжных и эффективных современных методов очистки. Механизм процесса заключается в разложении и окислении вредных примесей с помощью микроорганизмов.

Биологическая очистка сточных вод может осуществляться в естественных и искусственных условиях. Естественная проводится на полях орошения или в биологических прудах. Искусственная очистка проводится на биоочистных станциях. Здесь микроорганизмы активного ила окисляют органические загрязнения очищаемой воды (белки, жиры, сахара, спирты, углеводороды, кислоты, масла и т.д.). В присутствии кислорода процессы биологической очистки протекают намного быстрее. В результате окисления органических загрязнений кислородом воздуха происходит более эффективное их разложение при помощи бактерий до воды, углекислого газа, азота, аммиака и т.д. Аэробные процессы (в присутствии кислорода) широко применяются для очистки сточных вод гидролизной, пищевой, химической промышленности.

9. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

9.1 Общие сведения о строительных материалах

9.1.1. Классификация строительных материалов

Строительными материалами называют природные и искусственные материалы, применяемые при возведении и ремонте различных сооружений и зданий. Затраты на материалы при этом составляют более половины общей стоимости строительно-монтажных работ.

Строительные материалы классифицируют по следующим основным признакам:

1. По составу:

а) минеральные - нерудные горные породы и металлы - обладают высокой плотностью, прочностью, морозостойкостью, огнестойкостью, химической и биологической стойкостью; более теплопроводны, чем органические; применяют для конструктивных элементов;

б) органические – древесина, рубероид, пергамин, битумы – имеют малую объемную массу (плотность), прочность, теплопроводность, огнестойкость и биостойкость (быстро гниют), легко обрабатываются; используются в качестве теплоизоляционных, отделочных, кровельных материалов, для работы в условиях невысоких температур и влажности.

2. По виду исходного сырья и способу получения:

а) природные (каменные) – горные нерудные ископаемые породы – подразделяются на 3 группы: изверженные (гранит, базальт, пемза), осадочные (песок, глина, гипс, известняк) и метаморфические (мрамор, кварцит, гнейс);

б) безобжиговые – растворы и бетоны – получают в результате естественного затвердевания смеси из вяжущего вещества (цемент и др.), заполнителей (песок, гравий и др.) и воды;

в) керамические или обжиговые – черепица, кирпич красный – получают в результате обжига глины с добавками;

г) металлические – арматура, каркасы металлоконструкций (в основном из стали и чугуна);

д) полимерные – на основе пластмасс и синтетических смол;

е) из древесины – полы, двери, оконные рамы, кровля, отделка;

ж) стеклянные – для внешнего и внутреннего оформления зданий, для заполнения проемов (окна, витражи), для отделочных работ (мозаика и др.);

з) на основе битума, дёгтя и бумаги (рубероид, пергамин, картон).

3. По назначению:

а) конструкционные (балки, брёвна, брус, плиты);

б) вяжущие (портландцемент, известь, гипс);

в) стеновые (кирпич, панели бетонные и железобетонные);

г) отделочные, тепло- и звукоизоляционные;

д) для полов (доска, паркет, ламинат, линолеум, плитка и др.);

е) для остекления (стеклопакеты, стеклоблоки);

ж) санитарно-технические.

9.1.2. Основные свойства строительных материалов

Их можно разделить на 5 групп.

1. Физические свойства:

а) Плотность – отношение массы материала к его объёму (т/м^3).

б) Пористость – отношение объёма пор к общему объёму материала (%); колеблется от нуля (стекло, сталь) до 90 % (минеральная вата).

2. Устойчивость к воздействию воды и низких температур:

а) водопоглощение – степень возможного максимального насыщения материала водой – отношение массы или объёма воды, поглощённой материалом, к массе или объёму сухого материала (%). Водопоглощение материала обусловлено наличием в нём открытых пор (сообщающихся с окружающей средой). Водопоглощение гранита составляет около 0,6%, керамических плиток – до 2%, кирпича – 8-20%;

б) влажность – относительное содержание (массовая доля) воды в материале, %;

в) влагоотдача – отношение массы (объёма) воды, теряемой в сутки, к массе (объёму) материала при температуре 20 °С и влажности воздуха 60%; выражается в %;

г) водопроницаемость – способность материала пропускать воду под давлением. Зависит от наличия сквозных пор. Определяется массой воды, прошедшей за 1 час через поверхность материала площадью 1 см² при постоянном давлении;

д) морозостойкость – число циклов попеременного замораживания и оттаивания насыщенного водой образца до его разрушения. Материал разрушается под действием внутреннего давления при увеличении объёма замерзающей воды в порах материала.

3. Механические свойства:

а) прочность – способность материала противостоять разрушению при внешних воздействиях (силы тяжести, температурные изменения, давление ветра, воды и др.). В зависимости от характера нагрузки в материале возникают напряжения (и деформации) растяжения, сжатия, изгиба, сдвига (среза). Прочность материала характеризуется пределом прочности, т.е. отношением величины разрушающей нагрузки к площади поперечного сечения образца (в МПа).

В зависимости от характера разрушения строительные материалы подразделяют на пластичные и хрупкие. Разрушению пластичных материалов предшествуют большие остаточные (необратимые) деформации (сталь и некоторые пластмассы). Хрупкие материалы разрушаются без заметных деформаций (кирпич, бетон, природные каменные материалы). Пластичные материалы одинаково хорошо работают на растяжение и на сжатие. Хрупкие материалы на растяжение работают хуже, чем на сжатие.

б) твёрдость – способность материала сопротивляться проникновению в него более твёрдого тела. Оценивается отношением величины нагрузки к площади отпечатка после вдавливания твёрдого тела (закалённого стального шарика, алмазного конуса или пирамиды);

в) истираемость – способность материала противостоять изнашиванию при трении. Оценивается потерей массы образца при испытании на трение в течение определённого времени при постоянной нагрузке и скорости. Зависит от твёрдости материала. Является основной характеристикой материалов для полов и лестниц.

Механические свойства строительных материалов зависят от их влажности. Отношение прочности насыщенного водой материала к прочности абсолютно сухого называется коэффициентом размягчения материала. Он равен нулю для глиняных необожжённых материалов и единице для материалов с нулевым водопоглощением (стекло, сталь, битумы). Материалы с коэффициентом размягчения более 0,8 называют водостойкими.

4. Теплотехнические свойства:

а) Теплопроводность – способность материалов передавать тепловой поток, возникающий вследствие разности температур на противоположных поверхностях изделия. Оценивается коэффициентом теплопроводности ($\text{Вт/м}^{\circ\text{C}}$).

Теплопроводность зависит от плотности, пористости, влажности материала и средней температуры, при которой происходит передача теплоты. Уплотнение материала приводит к увеличению теплопроводности, так как при этом уменьшается объём пор, заполненных воздухом, имеющим низкий коэффициент теплопроводности. С увлажнением материала теплопроводность также возрастает, так как при этом воздух в порах замещается водой, имеющей теплопроводность в 25 раз выше, чем у воздуха. Замерзание воды сопровождается повышением её теплопроводности в 4 раза. Поэтому увлажнённый материал после замерзания может иметь теплопроводность в 100 раз более высокую, чем сухой.

б) Теплоёмкость – отношение количества теплоты, сообщаемого телу, к соответствующему изменению температуры этого тела (Дж/К).

в) Огнестойкость – способность материала выдерживать без разрушения действие высоких температур. По огнестойкости строительные материалы делят на 3 группы: негорючие, трудно сгораемые, сгораемые.

г) Огнеупорность – способность материала противостоять длительному воздействию высоких температур с сохранением механической прочности, без размягчения;

5. Технологические свойства – способность материала подвергаться различным видам обработки и воздействий при изготовлении изделий.

6. Специальные свойства – химическая стойкость и др.

9. 2. Природные каменные материалы

9.2.1. Виды, свойства и применение природных каменных материалов

Добытые из горных пород каменные материалы называются нерудными (неметаллическими) ископаемыми. Их состав, строение и структура определяются происхождением и условиями залегания. По комплексу этих признаков нерудные горные породы подразделяются на три большие группы: извержённые, осадочные и метаморфические.

1) Извержённые горные породы образовались из расплавленной магмы, поднявшейся из глубин земли и затвердевшей при остывании. Различие условий охлаждения магмы обусловило разнообразие строения и свойств извержённых горных пород.

При медленном остывании магмы под верхним слоем Земли образовались породы с зернистым кристаллическим строением: гранит, габбро, сиенит, диорит.

При быстром застывании магмы, вышедшей на поверхность Земли, образовались породы с мелкокристаллической структурой : базальт, диабаз, андезит, порфир.

Результатом быстрого охлаждения раздробленной при извержении лавы являются обломочные извержённые породы: пемза, вулканические пеплы и туфы.

В состав извержённых горных пород преимущественно входят :

а) кремнезём (кварц) SiO_2 с высокой прочностью, твёрдостью и химической стойкостью ; б) алюмосиликаты – полевые шпаты (сложные оксиды кремния, алюминия, калия, натрия) с высокой твёрдостью, но с низкой стойкостью к выветриванию; в) водные алюмосиликаты – слюды, легко расщепляющиеся на тонкие пластинки, что снижает прочность и стойкость пород; г) железистомагнезиальные силикаты (пироксен, олевин), придающие породе тёмный цвет и повышающие её сопротивляемость ударным нагрузкам.

Массивные извержённые породы (гранит, габбро и др.) обладают высокой прочностью (100...350 МПа), морозостойкостью (более 200 циклов), стойкостью к выветриванию, плотностью 2,5...3,2 т/м³. Они хорошо обрабатываются (обтёсываются, шлифуются, полируются), имеют высокую кислотостойкость и низкую истираемость. Их применяют для изготовления облицовочных плит, лестничных ступеней, полов, бортовых камней, а также при возведении гидротехнических сооружений и в дорожном строительстве.

Обломочные извержённые породы (пемза и др.) имеют низкие плотность (0,5...1,3 т/м³), прочность (2...20 МПа) и коэффициент теплопроводности (0,12...0,3 Вт/м⁰С), но высокую морозостойкость. Поддаются распиливанию и вбиванию гвоздей. Применяются в виде камней для кладки стен, в виде наполнителя (щебень, песок) для приготовления лёгких бетонов, в качестве теплоизоляционных материалов и активных добавок к извести и цементам.

2) Осадочные горные породы – продукты физического и химического распада первичных горных пород под действием воды, ветра и изменений температуры.

Осадочные породы подразделяются на механические, химические и органогенные.

Механические отложения осадочных пород – песок, гравий, глина – образовались в результате разрушения и измельчения первичных горных пород под атмосферным воздействием. Часть этих пород в дальнейшем подверглось цементированию, в результате чего образовались песчаники.

Химические осадочные породы – гипс, известняк, доломит, магнезит – являются продуктами разрушения минералов, растворения их в воде с последующим выделением в осадок.

Органогенные образования осадочных пород – известняк, мел, ракушечник, диатомит и др. – образовались из минеральной части отмерших животных (раковины, кораллы) и растительных организмов (панцири некоторых водорослей) в результате оседания их в водоёмах

Породы механического отложения – песок, гравий, песчаник – применяются в качестве заполнителей при изготовлении растворов и бетонов, а также для дорожных покрытий. Глины – основной вид сырья для производства керамических изделий.

Осадочные породы химического и органогенного происхождения имеют различную плотность и пористость, поэтому их прочность и водопоглощение колеблется в широких пределах. Карбонатные (магнезит $MgCO_3$, известняк $CaCO_3$, доломит $MgCO_3 \cdot CaCO_3$) и сульфатные (гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$) осадочные породы применяются для производства вяжущих материалов. Плотный известняк, доломит, гипсовый камень используют для производства облицовочных плит, стеновых камней, в дорожном строительстве.

Магнезит и доломит используют также для производства огнеупорных материалов. Кремнезёмистые породы с низкой плотностью и теплопроводностью (диатомит, трепел) используют в качестве теплоизоляционных материалов.

3) Метаморфические (видоизменённые) горные породы – это извержённые или осадочные породы с изменённым строением или составом под влиянием высоких температур и давлений. К ним относятся:

а) гнейсы, образованные из гранита и имеющие сланцевое строение. Используются для облицовки стен и в виде бутового камня для кладки фундаментов.

б) мраморы, образованные перекристаллизацией известняка и доломита и имеющие однородную мелкозернистую структуру. Хорошо полируются. Используются для облицовки стен и зданий.

в) кварциты используются для получения щебня, в виде облицовочного камня и как сырьё для производства огнеупорных изделий.

9.2.2. Особенности добычи и направления развития производства нерудных строительных материалов

Нерудные ископаемые залегают в большинстве случаев неглубоко, поэтому добываются в основном открытым (карьерным) способом. Сначала удаляют поверхностный слой пустой породы, затем производят выломку или выпиливание камня.

Добычу рваного (бутового) камня и каменных дорожно-строительных материалов ведут буровзрывным способом. При необходимости добытую породу пропускают через дробильно-сортировочные установки карьера.

Блоки или штучные камни правильной формы и больших размеров получают в основном вырезкой из горной породы камнерезными машинами. В некоторых случаях горные породы разрабатываются выколкой глыб.

Нерудные строительные материалы имеют большое значение в индустриализации строительства. Около 75 % добываемого камня используются для изготовления бетонных конструкций. От качества

заполнителя (щебня, гравия, песка) в значительной мере зависит качество и стоимость бетонных и железобетонных изделий.

Естественный природный камень является также эффективным стеновым материалом. По физико-механическим свойствам он не уступает искусственному кирпичу, а по декоративным качествам превосходит его. При этом себестоимость природного стенового камня в 1,5...2 раза ниже, чем кирпича, а удельные капитальные вложения для добычи камня в 2...2,5 раза меньше. Поэтому экономически целесообразно применение природных каменных материалов для возведения стен.

Применение облицовочных материалов из природного камня (гранит, габбро, мрамор, известняк, туф) за счёт их высокой долговечности обеспечивает значительное снижение эксплуатационных затрат (в 5...8 раз) в сравнении с затратами на эксплуатацию зданий, отделанных цветными растворами и бетонами или силикатными и известковыми красками.

Основными направлениями увеличения производства нерудных строительных материалов являются:

- 1) преимущественное развитие производства гравийно-песчаных смесей (вместо бута и щебня) и лёгких заполнителей;
- 2) повышение выпуска промытых материалов мелких фракций;
- 3) внедрение прогрессивных технологий;
- 4) комплексное использование сырья.

При разработке рыхлых пород предполагаются:

- а) поточные технологические схемы с применением роторных экскаваторов и средств механизации транспортировки материалов;
- б) малоотходные и безотходные технологии производства на основе использования дробильно-сортировочного и обоганительного оборудования высокой единичной мощности (щёковых и конусных дробилок, грохотов с площадью рассева 15 м², тонкослойных сгустителей и др.).

9.3.Производство вяжущих веществ

9.3.1.Классификация и основные показатели вяжущих веществ

Вяжущие вещества предназначены для соединения разнородных материалов в единое целое. В зависимости от состава различают:

- а) органические вяжущие материалы, которые переводят в рабочее состояние нагреванием, расплавлением или растворением в органических жидкостях (битумы, дёгти, полимеры, клеи);
- б) минеральные вяжущие материалы, которые затворяют водой до образования пластической массы, способной самопроизвольно затвердевать и превращаться в прочное камневидное тело (цемент, известь, гипс, глина, жидкое стекло).

В строительной промышленности преимущественно используют минеральные вяжущие вещества. По способности затвердевать и сохранять прочность на воздухе или в воде их подразделяют на 3 группы:

1) воздушные – твердеют и сохраняют (или повышают) прочность в твёрдом виде только на воздухе (известь, гипс, жидкое стекло – силикат натрия или калия);

2) гидравлические – твердеют и сохраняют прочность в твёрдом виде на воздухе и в воде (портландцемент и его разновидности – глинозёмистый, шлаковый и др.);

3) автоклавного твердения – твердеют только при гидротермальной обработке под давлением насыщенного водяного пара 0,8... 1,2 МПа и температуре 170...200 °С в течение 6...10 ч (известково-кремнезёмистые, известково-шлаковые, известково-золевые).

Основные показатели вяжущих веществ:

1.Нормальная густота цементного теста. Характеризуется расходом воды затворения в долях от массы вещества. Для большинства цементов составляет 0,25...0,3.

2.Скорость схватывания. Характеризуется периодом времени от момента смешения вяжущего материала с водой до потери им пластических свойств. Для большинства цементов сроки схватывания лежат в пределах: начало схватывания – не ранее 45 минут, конец – не более 10 часов от начала затворения водой.

3.Скорость твердения – время достижения нормальной прочности изделия (для обычного цемента – 28 суток, для быстротвердеющих – 3...28 суток, для особобыстротвердеющих – 1 сутки и менее).

4.Механическая прочность после затвердевания. Характеризуется маркой – пределом прочности при сжатии в кгс/см². Например, портландцемент марок 400, 500, 550, 600 обеспечивает соответственно прочность цементного камня 400... 600 кгс/см² (40...60 МПа).

На скорость схватывания и твердения, а также на прочность затвердевшего вяжущего вещества влияет тонкость помола. Чем тоньше измельчено вяжущее вещество, тем быстрее и полнее протекает его взаимодействие с водой, тем выше прочность затвердевшего изделия. Тонкость помола определяют по величине остатка (в % к исходной массе просеиваемой пробы) на сите с сеткой N008 (размер ячейки 0,08 мм). Для обычных цементов – не более 15%, для быстротвердеющих – не более 10 %.

9.3.2. Технология производства портландцемента

(Portland – название полуострова на юге Великобритании)

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

Сырьём служат: 1) известняк (CaCO₃) ~ 75%, 2) глина, (оксиды Si, Al и Fe) ~ 25 %, 3) возможные добавки гипса (1...5%) и других минеральных веществ (до 10 %).

Такой природной смесью являются известковые мергели, редко встречаемые в природе. Поэтому в промышленности используют искусственные смеси известняка и глины (и минеральных добавок).

Технологический процесс производства портландцемента включает следующие стадии:

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

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

а) Мокрый способ включает:

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

2. Смешение глиняной суспензии с дроблѐнным известняком (и с меловым шламом) в трубной мельнице. Трубная мельница - это стальной цилиндр диаметром 3 м, вращающийся вокруг горизонтальной оси. Внутри цилиндр разделѐн на 3...4 камеры перегородками с отверстиями. Мельница частично заполнена стальными шарами. Материал подаѐтся с одного конца, перемещается постепенно к другому и измельчается перекатывающимися шарами (истиранием или ударом).

Полученный шлам (жидкоподвижная масса с влажностью 35...45 %) подаѐтся в шламобассейны (резервуары стальные или железобетонные), где корректируется химический состав шлама и создаѐтся его запас для обеспечения непрерывной работы обжиговой печи.

3. Обжиг шлама (сырьевой смеси) во вращающихся печах из листовой стали, футерованных внутри огнеупорным материалом (диаметр 5...7 м, длина до 230 м, скорость вращения 1...1,5 об/мин). Шлам подаѐтся во вращающуюся печь со стороны её приподнятого конца и постепенно перемещается к нижнему отверстию. Навстречу сырьевой смеси подаются горячие топочные газы, которые нагревают смесь. По мере повышения температуры смеси в процессе её продвижения происходит ряд превращений:

1) при температуре до 200 °С - испарение влаги и комкование материала;

2) при 200...700 °С – разложение гидратов (удаление связанной влаги) и выгорание органических примесей;

3) при 700...1100 °С – диссоциация (распад) карбонатов ($\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$) и глинистых минералов (на оксиды SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3);

4) при 1100...1300^oC – образование основных клинкерных минералов (белит или двухкальциевый силикат $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, трёхкальциевый алюминат – $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$, целит или четырёхкальциевый алюмоферрит – $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$);

5) при 1300...1450^oC – спекание с образованием главного минерала клинкера - алита (трёхкальциевый силикат $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$).

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

4. Вылёживание клинкера на складе 10...15 суток. При этом свободная известь гасится влагой, содержащейся в воздухе: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Q}$. В результате выделения тепла клинкер становится более рыхлым, что облегчает его дальнейший помол.

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

Готовый портландцемент подаётся в специальные ёмкости (силосы) для охлаждения, затем расфасовывается в многослойные бумажные (с пропиткой внутреннего слоя битумом) мешки по 50 кг и в специальные транспортные средства – цементовозы (авто- и железнодорожные). При хранении активность цемента снижается (через 3 месяца – на 20%, через 6 месяцев - на 30 %, через год – на 40%).

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

9.3.3. Техничко-экономическая эффективность технологических способов производства портландцемента

Каждый из способов производства портландцемента имеет свои достоинства и недостатки.

Мокрый способ:

а) достоинства:

- 1) в присутствии воды облегчается измельчение материалов и достижение однородности смеси;
- 2) облегчается перемещение шлама в печи;
- 3) улучшаются санитарно-гигиенические условия труда;

б) недостатки:

- 1) расход теплоты на обжиг смеси на 30...40% больше, чем при сухом способе;
- 2) необходима большая рабочая ёмкость печи, так как в ней происходит испарение воды из шлама.

Сухой способ:

а) достоинства:

- 1) снижение расхода теплоты и времени на обжиг клинкера;
- 2) снижение на 2,5...5% годовых эксплуатационных затрат за счёт экономии топлива;
- 3) снижение капитальных затрат на 5...10%;

б) недостатки:

- 1) усложнение процесса корректировки состава шихты;
- 2) усложнение и повышенный износ оборудования;
- 3) повышение расхода электрической энергии (на измельчение сухих исходных материалов).

Выбор способа приготовления сырьевой смеси определяется свойствами сырья и энергетическими возможностями.

Мокрый способ выгоден при мягких, пластичных, хорошо размучивающихся компонентах сырья, имеющих высокую влажность (более 10 %). Такое сырьё легко диспергируется в болтушках, что обеспечивает экономию электрической энергии. Чем выше исходная (естественная) влажность сырья, тем более целесообразно использование мокрого способа, так как при сухом способе потребуются дополнительные затраты тепла на испарение воды из влажного сырья.

Сухой способ целесообразен для твёрдых исходных компонентов (глинистый мергель, известняк) с влажностью ниже 10 %, при наличии каменистых включений (которые не образуют суспензию и могут быть измельчены только механически – в мельницах), а также при ограниченной топливной базе и высокой стоимости топлива.

9.3.4. Новые технологии производства портландцемента

1. НТС – технология

Это низкотемпературная солевая технология производства цемента. В шихту вводится 10...20% хлорида кальция (CaCl_2). Это способствует образованию при обжиге солевого расплава, в котором реакции формирования клинкера происходят при более низких температурах – 1000...1100⁰С.

Преимущества новой технологии:

- 1) В присутствии хлорида кальция скорость реакции разложения известняка CaCO_3 возрастает в 7 раз.
- 2) Снижается температура обжига на 300...400⁰С.
- 3) Повышается производительность обжиговых печей на 40...50%.
- 4) Уменьшается удельный расход топлива при обжиге.
- 5) Клинкер обладает лучшей способностью к размолу. Поэтому возрастает производительность цементных мельниц и снижается удельный расход электроэнергии при размоле клинкера.

6) Хлорид кальция - распространённый продукт и содержится в отходах многих химических производств. Это позволяет решить проблему их утилизации.

7)Получение цементов повышенной белизны, что даёт возможность при добавке красителей получать цветные цементы чистых оттенков.

2.Технология получения цемента из базальта

Базальт (вулканическая порода) содержит все компоненты, необходимые для получения клинкера. Поэтому при использовании базальта в качестве исходного сырья отпадают операции по подготовке шихты, а процесс спекания происходит при температуре на 150⁰С ниже, чем по традиционной технологии. В результате энергозатраты сокращаются почти в 3 раза.

9.3.5.Применение и разновидности портландцемента

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

Обычный портландцемент имеет следующие свойства :

- 1)Скорость схватывания после затворения водой – от 45 мин до 10 ч.
- 2)Время твердения до достижения нормальной прочности – 28 суток.
- 3)Предел прочности при сжатии в кг/см² (марка) после затвердевания его в течение 28 суток при температуре 20 ⁰С во влажной среде – от 300 до 600.

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

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

1.Быстротвердеющий – время твердения 3 суток. Марки 400, 500. Для сборного железобетона.

2.Особобыстротвердеющий высокопрочный – время твердения 1...4 часа. Марки 500, 550, 600. Для аварийно-восстановительных работ. Получают оба вида с использованием более тонкого помола и регулирования химического и минералогического состава цемента. Количество активных минеральных добавок – до 20 %.

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

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

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

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

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

9.3.6.Строительная известь

Различают три вида строительной (воздушной) извести:

- 1) негашёная известь – кипелка (оксид кальция CaO);
- 2) гашёная известь – пушонка (гидроксид кальция Ca(OH)_2);
- 3)известковое тесто – продукт гашения избытком воды $\text{Ca(OH)}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

Сырьём для производства извести служат известняк, мел, доломит.

Процесс производства строительной извести состоит из следующих операций:

1.Подготовка сырья – дробление и сортировка .

2.Обжиг дроблёного сырья с получением негашёной комовой извести CaO . Температура обжига составляет $1000 \dots 1200$ °С. При этом карбонаты кальция и магния диссоциируют с образованием соответствующих оксидов и выделением углекислого газа.

3 Помол или гашение водой комовой извести.

4.Утилизация углекислого газа, выделяющегося при обжиге.

В зависимости от содержания CaO и MgO строительная воздушная известь разделяется на кальциевую (до 5 % MgO), магниезальную (5...20 % MgO) и доломитовую или высокомагнезиальную (20...40% MgO).

Применяется воздушная известь для изготовления силикатного кирпича и силикатных бетонов, для приготовления строительных растворов, известково-шлаковых цементов и в покрасочных составах.

9.3.7.Гипсовые вяжущие вещества

Сырьём для производства гипсовых вяжущих веществ служит:

- 1.Природный гипсовый камень $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;
- 2.Природный ангидрит (сернокислый кальций CaSO_4);
- 3.Отходы химической промышленности, содержащие сернокислый кальций CaSO_4 .

Гипсовые вяжущие вещества относятся к воздушным вяжущим. Их получают путём обжига и помола дроблёного сырья.

Обжиг может производиться при различной температуре. При низкой температуре обжига ($110 \dots 160$ °С) двухводный гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ превращается в полуводный $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$. К этой группе относятся строительный, формочный и высокопрочный гипс. При высокотемпературном обжиге ($600 \dots 900$ °С) происходит полное удаление химически связанной воды из гипсового камня с образованием безводного сульфата кальция – ангидрита CaSO_4 . К этой группе вяжущих относится ангидритовый цемент и эстрих-гипс.

В зависимости от скорости схватывания и твердения строительный гипс разделяют на:

А – быстротвердеющий (схватывание в интервале от 2 до 15 мин);

Б – нормальнотвердеющий (схватывание в интервале от 6 до 30 мин.);

В – медленнотвердеющий (начало схватывания через 20 минут и более после затворения водой, окончание схватывания не нормируется).

Изделия из гипса имеют небольшую плотность, высокую огнестойкость, но при увлажнении теряют прочность. Хранят гипс без доступа влаги в бумажных мешках, закрытых контейнерах в сухих помещениях.

9.4. Искусственные безобжиговые каменные материалы и изделия

9.4.1. Виды искусственных безобжиговых строительных материалов

Для получения растворных и бетонных смесей используют вяжущие вещества, воду и заполнители (песок, щебень и др.). Затворённое водой вяжущее вещество образует клеящее тесто, которое обволакивает тонким слоем зёрна заполнителя и затем твердеет, связывая заполнитель в монолитный камень.

Виды безобжиговых каменных материалов различают в зависимости от используемого вяжущего вещества:

- 1) цементные – на основе портландцемента;
- 2) силикатные - на основе извести ;
- 3) гипсовые – на основе строительного гипса;
- 4) асбестоцементные – на основе портландцемента и асбеста (панели и плиты кровельные и стеновые, перегородки);
- 5)магнезиальные – на основе магнезита и доломита (теплоизоляционный фибролит - для утепления стен, полов и перекрытий; ксилолит – для устройства сплошных бесшовных и плиточных полов).

9.4.2. Строительные материалы на основе портландцемента

К этим материалам относятся строительные растворы, бетоны и железобетоны.

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

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

В обычных тяжёлых цементных бетонах (плотность $1,8 \dots 2,5 \text{ т/м}^3$, пористость – около 5 %) в качестве заполнителей используют кварцевый песок, гравий или щебень (куски размером 5...70 мм). Щебень получают дроблением горных пород, поэтому он имеет остроугольную форму и шероховатую поверхность, способствующую хорошему сцеплению с цементно-песчаным раствором. Гравий имеет округлую форму с гладкой поверхностью и худшее сцепление с раствором. Применяют для всех несущих конструкций.

В лёгких бетонах (плотность $0,5 \dots 1,8 \text{ т/м}^3$, пористость 35...65 %) мелкими и крупными заполнителями (в виде песка и щебня) служат различные пористые материалы естественного происхождения (пемза, туф, пористый известняк и др.) и искусственные (керамзит, аглопорит, вспученный перлит и др.). Применяют для несущих конструкций надземной части зданий.

В особо тяжёлых бетонах (плотность более $2,5 \text{ т/м}^3$) используют тяжёлые заполнители – магнетит, чугунный скрап и др. Применяют для специальных защитных конструкций.

В особо лёгких ячеистых бетонах (плотность менее $0,5 \text{ т/м}^3$, пористость 75-85 %) искусственно образуются замкнутые поры при разложении вводимых в бетонную смесь газо- и пенообразователей. Применяют для теплоизоляции.

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

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

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

9.4.3. Виды строительных изделий на основе портландцемента

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

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

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

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

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

9.4.4. Технология изготовления сборных бетонных и железобетонных изделий на основе портландцемента

Сборные бетонные и железобетонные изделия выпускают заводы железобетонных изделий, цехи крупнопанельного домостроения и реже их изготавливают на полигонах.

Технология изготовления железобетонных изделий включает следующие основные операции:

1. Подготовка форм. Для изготовления форм применяют листовую сталь. Форма должна быть прочной и жёсткой для обеспечения постоянства заданных размеров изделий в течение длительной эксплуатации.

Рабочую поверхность форм очищают и смазывают водно-масляной эмульсией для предотвращения схватывания её с бетоном.

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

3. Изготовление арматурных каркасов включает следующие операции:

а) очистка арматурной стали (прутков и проволоки) от ржавчины и окалины;

б) правка и резка прутков до заданных размеров;

в) гибка прутков для придания им необходимой формы (на гибочных станках);

г) сварка элементов для получения арматурных сеток и каркасов заданных размеров и формы.

4. Формование включает следующие операции:

а) заполнение формы с уложенным арматурным каркасом бетонной смесью (бетоноукладчиком);

б) разравнивание смеси;

в) уплотнение смеси в форме для вытеснения пузырьков воздуха и выравнивания свойств по объёму изделия.

Для уплотнения бетонных смесей применяются следующие способы:

1) вибрационный (наиболее высокопроизводительный и эффективный);

- 2) прессование изделия в форме;
- 3) прокатка изделия в форме между валками;
- 4) трамбование изделия послойно ударами трамбовки;
- 5) центрифугирование во вращающейся форме с уплотнением под действием центробежных сил;
- 6) вакуумирование;
- 7) комбинированные – вибропрессование, вибропрокатка, вибровакуумирование.

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

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

При изготовлении предварительно напряжённых железобетонных конструкций арматуру в формах натягивают с помощью гидравлических и механических домкратов. Затем производится укладка и уплотнение бетона с последующим пропариванием. После затвердевания заформованного изделия натяжение снимают. Повышается прочность и трещиностойкость изделий.

9.4.5. Организация производства сборных бетонных и железобетонных изделий

Изготовление сборных бетонных и железобетонных изделий на заводах может осуществляться в перемещаемых или в неподвижных формах. Обе схемы производства являются поточными. Различают 3 вида поточного производства:

1. Непрерывно-поточное производство. Здесь формы перемещаются относительно технологических постов, размещённых в определённой последовательности. Передача форм с поста на пост производится непрерывно (конвейером или каруселью). Все операции синхронизированы. Обеспечивается ритмичность выпуска продукции и высокая производительность за счёт автоматизации. Переналадка конвейера на выпуск другой продукции сложна или невозможна. Применяется на заводах большой мощности (более 120 тыс.м³ в год) для выпуска изделий ограниченной номенклатуры.

2. Прерывно-поточное производство. Передача форм с заготовками с поста на пост производится в пульсирующем режиме (с периодическими остановками для выполнения технологических операций) или агрегатно-поточным методом (с накоплением заготовок на предшествующих постах с последующей передачей партии заготовок на последующие посты). Прерывно-поточное производство используется при невозможности полной синхронизации операций. Оно характеризуется меньшей производительностью, но применением универсального оборудования,

позволяющего выпускать продукцию более широкой номенклатуры. Применяется на заводах средней мощности.(30...120 тыс.м³ в год).

3.Стационарно-поточное производство. Формы не перемещаются, а оборудование и рабочие передвигаются от одной формы к другой. Все технологические операции последовательно выполняются на одном месте (на специальных площадках, оснащённых необходимым оборудованием, приспособлениями и устройствами). Стационарно-поточное производство имеет низкий уровень автоматизации и большие затраты ручного труда. Применяется на предприятиях малой мощности (до 30 тыс. м³ в год) с широкой номенклатурой изделий (особенно крупноразмерных), а также при изготовлении некоторых предварительно напряжённых конструкций (ферм, перекрытий и др.).

Различные технологические процессы могут совмещаться на одном предприятии.

9.4.6. Техничко-экономические преимущества применения бетона и железобетона

1. Универсальность – возможность придавать материалу любую форму и различные свойства в зависимости от области применения (конструкционный, жаростойкий, теплоизоляционный).

2. Недефицитность сырья – возможность применения местного сырья (песок, щебень, гравий и др.).

3. Возможность механизации и автоматизации процессов производства бетонных смесей и конструкций из них.

4. Значительная экономия стали – в сравнении с металлическими конструкциями.

5. Высокая долговечность конструкций и небольшие эксплуатационные расходы.

6. Индустриализация строительства при повышении доли сборных элементов в возводимых зданиях и сооружениях (до полносборного строительства).

9.4.7. Основные направления развития производства и применения железобетонных изделий

1. Снижение массы конструкций за счёт применения лёгких бетонов (ячеистых и керамзитовых), высокопрочных бетонов (позволяет уменьшить поперечное сечение изделия) и предварительно напряжённых конструкций.

2. Снижение металлоёмкости конструкций за счёт применения высокопрочных сталей для арматуры и совершенствования конструкций, в том числе предварительно напряжённых.

3. Снижение энергоёмкости производства за счёт совершенствования технологии (использование более дешёвых и эффективных источников тепла при получении пара для тепловлажностной обработки и др.).

4. Разработка и внедрение эффективных многопустотных крупноразмерных плит перекрытий и др.

5. Повышение индустриализации строительства за счёт увеличения объёма использования сборных элементов с высокой степенью заводской готовности до полносборного строительства.

6. Повышение теплозащитных свойств зданий за счёт применения лёгких и ячеистых бетонов повышенной заводской готовности.

7. Повышение качества изделий за счёт повышения степени и равномерности уплотнения с использованием вибрации, повышения степени механизации и автоматизации процессов производства изделий.

9.4.8. Силикатные материалы и изделия на основе извести

Сырьём для производства силикатных материалов служит смесь извести, кварцевого песка и воды. Естественное твердение известково-песчаной смеси протекает очень медленно, без взаимодействия песка с известью, а изделия имеют низкую влагостойкость.

Обработка заформованной смеси горячим паром при повышенном давлении (около 1 МПа) и температуре (170...200 °С) обеспечивает ускоренное твердение смеси с образованием прочных водостойких изделий. Обработку материала проводят в автоклавах – герметично закрывающихся стальных цилиндрах диаметром 2 м и длиной 20...40 м. Продолжительность автоклавной обработки 8...12 ч.

Этим способом получают строительные силикатные бетоны (плотные и ячеистые), силикатный кирпич и камни для кладки стен.

Плотные силикатные бетоны готовят из смеси молотой негашёной извести (6...10 %), песка мелкого (8...15 %) и крупного (70...80%) и воды. Сначала готовят вяжущий раствор из молотой извести, мелкого песка и воды. Затем готовят бетонную смесь перемешиванием полученного раствора с крупным песком в бетоносмесителях. Далее бетонную смесь укладывают в формы и уплотняют вибрацией на виброплощадках. Заформованные изделия подаются в автоклав, где происходит их твердение. Плотный силикатный бетон применяется для несущих конструкций зданий, не работающих при высокой влажности. Силикатные бетоны изготавливают также на пористых заполнителях (керамзит, аглопорит, вспученный перлит, шлаковая пемза) в виде гравия и щебня. Изделия, работающие на изгиб, армируют стержнями и сетками.

Ячеистые силикатные бетоны имеют относительно низкую плотность и теплопроводность за счёт наличия в их объёме равномерно распределённых газовых пор. Это достигается введением в смесь газообразующей добавки в виде водной суспензии алюминиевой пудры (газобетоны) или пенообразователей (клееканифольные, смолосапониновые) с получением пенобетона. Для ускорения твердения и нарастания прочности используют добавки гипса (CaSO_4), поташа (K_2CO_3) и соды (Na_2CO_3). Ячеистый силикатный бетон имеет относительно высокую прочность и

морозостойкость. Широко применяется для наружных стен зданий, для внутренних несущих стен, перегородок, междуэтажных перекрытий. Не используется для работы в условиях повышенной влажности.

Силикатный кирпич готовят из смеси молотой извести (7...10%), кварцевого песка (90...93%) и воды (6...7%). После гашения смеси во вращающихся барабанах (около 40 мин) или в специальных бункерах (1...4ч) производят формование кирпича прессованием. Сырые кирпичи на вагонетках подают в автоклавы для обработки горячим паром под давлением. Автоклавная обработка длится 8...12 часов, а весь процесс изготовления силикатного кирпича - 16...18 часов. Силикатные кирпичи и камни имеют повышенное водопоглощение (8...16%) и низкую водостойкость (менее 0,8%). Поэтому область их применения имеет ограничения.

Силикатные изделия нельзя применять в условиях воздействия сточных и грунтовых вод (фундаменты, цоколи, подвальные помещения), при мокром режиме эксплуатации (стены бань и прачечных), при длительном воздействии высокой температуры.

Использование шлака и золы взамен песка способствует уменьшению плотности и теплопроводности изделий, а также снижению их себестоимости. Известково-шлаковые и известково-золевые кирпичи применяют для кладки стен малой этажности (до 3 этажей).

Производство силикатного кирпича дешевле керамического за счёт меньшей продолжительности процесса в 5...10 раз и соответственно сокращения примерно в 2 раза удельных капитальных, энергетических и трудовых затрат. В среднем себестоимость силикатного кирпича на 20...25 % меньше, чем керамического.

9.4.9.Строительные изделия из гипса

В зависимости от состава исходной смеси строительные изделия из гипса подразделяются на гипсовые и гипсобетонные. Гипсовые получают из гипсового теста, образованного смешением гипса с водой. Гипсобетонные отличаются наличием заполнителей: песок, пемза, туф, керамзит, аглопорит, древесные опилки, бумага, шлак и др.

Добавка в гипсовую массу газообразующих веществ приводит к её вспучиванию выделяющимися газами при взаимодействии добавок с гипсом. В результате образуются высокопористые изделия (газогипс) с хорошими теплоизоляционными и звукоизоляционными свойствами. В качестве газообразующих добавок используют разбавленную серную кислоту, едкий натр, перекись водорода.

Армирование гипсовых изделий осуществляют деревянными рейками, органическими волокнами и сетками, металлическими элементами (стержни, проволока, сетка). Для предохранения стальной арматуры от коррозии в гипсовых изделиях её покрывают защитным слоем.

Формование изделий из растворной или бетонной смеси проводят в формах с использованием вибрации, прессования, прокатки, литья. Твердение заформованных изделий происходит в естественных условиях.

Изделия из гипса легко формуются, обрабатываются и окрашиваются добавкой в смесь пигментов. Они имеют небольшую плотность, достаточную прочность, хорошие тепло- и звукоизоляционные свойства, но низкую водостойкость.

Номенклатура строительных изделий из гипса достаточно широка: крупноразмерные панели и плиты (перегородочные, теплоизоляционные, напольные под рулонное покрытие), листы обшивочные, изделия огнезащитные и для перекрытий, камни для наружных стен, архитектурные элементы.

9.4.10. Асбестоцементные изделия

Исходными материалами для производства асбестоцементных изделий служат тонкомолотый портландцемент марки 500 и выше с началом схватывания не ранее 1,5 ч, асбест и вода.

Асбест – минерал класса силикатов, способный расщепляться на гибкие тонкие волокна. Отличается огнеупорностью, высокой прочностью на разрыв, эластичностью, низкой плотностью, малой тепло- и электропроводностью.

Технологический процесс производства асбестоцементных изделий состоит из следующих этапов:

1. Расщепление (распушка) асбеста на тонкие волокна длиной до 10 мм. Асбест предварительно замачивают в воде на 3...5 дней, затем разминают в бегунах и далее распушивают в специальном аппарате – галлендере.

2. Приготовление асбестоцементной смеси из асбеста (10...20%), портландцемента (80...90%) и воды с перемешиванием до получения однородной массы. При необходимости в смесь дают добавки (пигменты, песок).

3. Формование изделий на формовочных машинах. Благодаря армирующему эффекту волокон асбеста сырая смесь обладает достаточной прочностью на растяжение и пластичностью ещё до начала схватывания цемента. Это позволяет формовать из листа толщиной 5...10 мм изделия различной конфигурации: листы плоские и волнистые; трубы напорные и безнапорные (газо- и водопроводные, канализационные, мусоропроводные, вентиляционные); панели и плиты кровельные, стеновые и перегородочные (в том числе пустотелые, сборные, утеплённые, акустические).

4. Твердение сырых изделий в пропарочных камерах, автоклавах, водных бассейнах.

5. Вылѐживание изделий на утеплѐнных складах до приобретения заданной прочности.

6. Механическая обработка изделий.

Асбестоцемент обладает высокими прочностными характеристиками (предел прочности при изгибе до 30 МПа, при сжатии до 90 МПа), небольшой плотностью (1,55...1,9 т/м³), стойкостью при высоких и низких температурах и при химическом воздействии. Легко обрабатывается. В эксплуатации долговечен. Недостатком является хрупкое разрушение при ударе.

9.5.Производство керамических строительных материалов и изделий

9.5.1.Классификация и свойства керамических строительных материалов

К керамическим относятся материалы, полученные спеканием глин и их смесей с минеральными добавками.

Строительные керамические материалы классифицируют по следующим основным признакам:

1.По назначению:

- стеновые (кирпич, керамические камни и панели);
- облицовочные (лицевой кирпич и камни; плитки глазурованные, мозаичные и др.);
- для перекрытий (балки, панели, специальные камни);
- кровельные (черепица рядовая, коньковая и др.);
- тепло- и звукоизоляционные (перлитокерамика, ячеистая керамика, диатомитовые легковесные изделия, керамзито-керамические панели);
- дорожно-строительные для мощения дорог и тротуаров и полов промышленных зданий, для кладки канализационных коллекторов);
- для подземных коммуникаций (трубы канализационные и дренажные для мелиоративных работ);
- санитарно-технические (ванны, умывальные столы, унитазы);
- заполнители для лёгких бетонов (керамзит, аглопорит).

2.По степени спекания:

а) полностью спёкшиеся, плотные, блестящие в изломе, с водопоглощением менее 5% (клинкерный кирпич для мощения дорог, плитки для пола, трубы канализационные);

б) пористые, частично спёкшиеся, с водопоглощением 5...15% (строительный и шамотный кирпич, дренажные трубы, стеновые и кровельные материалы).

3.По структуре:

- а) крупнозернистые (кирпич);
- б) мелкозернистые (фарфор, фаянс строительный для сантехоборудования зданий).

4.По состоянию поверхности: глазурованные и неглазурованные.

Основные свойства керамических изделий - высокая прочность, водо-, термо-, кислото-, морозостойкость. Это обуславливает высокую их

долговечность и сравнительно низкие затраты на эксплуатацию зданий и сооружений.

Большая объёмная масса и высокая теплопроводность плотных строительных керамических материалов приводит к значительному их расходу при возведении зданий. Относительно небольшие размеры керамических изделий определяют сравнительно большую продолжительность и энергоёмкость процесса их производства, высокие трудозатраты при производстве материалов и при выполнении строительных работ.

Однако большие запасы широко распространённого и легко добываемого сырья, сравнительно простая технология изготовления и высокие эксплуатационные характеристики обуславливают широкое производство и применение керамических строительных материалов.

9.5.2. Сырьё для производства строительной керамики

В качестве сырья для производства строительных керамических материалов используют глины, отощающие и специальные добавки.

Основными свойствами глины являются пластичность и спекаемость. Пластичность исходного материала (при смешении с водой) обеспечивает формуемость изделий без образования трещин. Спекаемость определяет способность материала образовывать при высокой температуре твёрдое тело – черепок. Чем выше степень спекания, тем меньше водопоглощение керамического черепка. Спёкшимся считается черепок с водопоглощением менее 5 %. Глины содержат оксиды кремния, алюминия, кальция, магния, железа, титана, калия, натрия, органические и другие примеси. Минералогический состав глин определяет их свойства.

Второй группой компонентов исходного сырья являются непластичные (отощающие) добавки (до 50%) для уменьшения усадки глин и вероятности образования трещин при сушке и обжиге изделий: кварцевый песок, шамот, шлак гранулированный, зола.

Третьей группой компонентов сырья являются различные добавки для придания специальных свойств. Флюсы способствуют повышению степени спекания глин и снижению её температуры (мел, мрамор, доломит, тальк – содержащие кальций и магний в виде оксидов и карбидов). Порообразующие добавки используют для получения лёгких изделий с повышенной пористостью и низкой теплопроводностью. К ним относятся диссоциирующие при обжиге мел и доломит, и выгорающие добавки (древесные опилки, угольная пыль и др.). Для придания керамике определённых цветов применяются добавки оксидов хрома, кобальта и др. пигменты.

9.5.3. Технология производства керамических строительных изделий

Для получения качественных изделий необходимо разрушить естественную структуру глины, удалить твёрдые каменные включения, измельчить и увлажнить её для получения однородной массы.

Экономически выгодно использовать глину, добытую в летний период с последующим её замачиванием, вылёживанием и вымораживанием в течение года на открытом воздухе. Это способствует разрушению структуры глины на элементарные частицы, что повышает её пластичность и формуемость.

Процесс изготовления керамических изделий состоит из следующих стадий:

1. Подготовка глиняной массы. Она включает дробление, измельчение, рассев компонентов (глины, песка и др.) и приготовление смеси определённой влажности. Влажность глиномассы зависит от свойств исходного сырья, способа и вида изготавливаемой продукции. В связи с этим различают три способа приготовления глиномассы:

1) Полусухой – смесь увлажняют до 8...12 %. Используется при производстве облицовочных плиток.

2) Пластичный – смесь увлажняется до 25 %, образуя более пластичную массу. Используется для изготовления кирпича, черепицы, труб, керамических камней.

3) Шликерный – шихту смешивают с водой до получения однородной жидкоподвижной массы (шликера). Используется для изготовления сантехнических декоративных и других изделий методом литья в формы.

2. Формование изделий. Полусухую и пластичную глиномассу формируют на прессах.

При полусухом прессовании процессы сушки и обжига можно проводить последовательно в одной печи увеличенной длины (до 230 м), что снижает затраты на капитальное строительство (отпадает необходимость в сушилах). Однако полусухой способ требует повышенной температуры обжига (на 30...50 °С), чем при пластичном прессовании. Это вызывает повышенный расход топлива (на 25 %). Изделия имеют более низкие свойства (прочность при изгибе, морозостойкость), более высокую плотность (до 2 т/м³ и более) и ограничение по размерам (одинарный или полуторный кирпич с небольшой пустотностью – до 18 %).

Пластичный способ даёт возможность получать высокопустотные укрупнённые изделия высокого качества (морозостойкость и др.). Применение вакуумирования при формовке способствует повышению плотности на 6...8 %, что способствует увеличению прочности (на 30...40 %) и уменьшению водопоглощения изделий.

Основным способом производства керамических изделий является пластичный.

3. Сушка изделий проводится для предотвращения растрескивания при последующем обжиге изделий. Различают сушку естественную (на стеллажах либо в помещении, либо под навесами) и искусственную (в сушилах, лучше в туннельных – непрерывного действия). Искусственная сушка ускоряет

процесс. По мере удаления влаги частицы материала сближаются и происходит его усадка. Остаточная влажность высушенных изделий должна быть не более 5 %.

4.Обжиг изделий производят в туннельных печах непрерывного действия. Внутри туннеля по рельсам движутся вагонетки с изделиями навстречу потоку горячих газов. Изделия последовательно проходят зоны подогрева, обжига и охлаждения.

В процессе термической обработки кирпича-сырца в материале происходит ряд превращений:

- досушивание (100...200⁰С);
- разложение органических примесей с выделением летучих (200...800⁰С);
- удаление химически связанной влаги (550...800⁰С);
- структурные превращения с образованием минерала муллита $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, который придаёт изделиям прочность, водостойкость, термостойкость (800...900⁰С);
- спекание керамического черепка: твёрдые частицы муллита сближаются и цементируются затвердевающей жидкой фазой (900...1000⁰С);
- медленное охлаждение до 500...600⁰С.

Длительность процесса обжига составляет 18...36 часов. Затем вагонетки с изделиями обдувают холодным воздухом. Производительность туннельных печей – до 500 млн.штук кирпича в год.

Режим обжига определяет качество продукции и технико-экономические показатели производства керамических изделий. Суммарные затраты на обжиг достигают 35...40%, а потери от брака – почти 10% от себестоимости товарной продукции.

9.6.Производство строительных изделий из стекла

Строительное стекло – это перохлаждённый расплав смеси оксидов и бескислородных соединений (добавок).

Исходным сырьём служат оксиды кремния (до 90%), алюминия, бора, натрия, калия, кальция и магния. Для ускорения варки стекла и придания ему требуемых свойств в стекломассу вводят вспомогательные материалы.

Исходные материалы дробят, измельчают и тщательно перемешивают. Шихту расплавляют в стекловаренных пламенных печах ванного типа. В качестве топлива используется природный газ. Температура варки 1400...1600⁰С. Полученная стекломасса охлаждается до оптимальной вязкости (в интервале 800...1100⁰С) и поступает на формование (выработку).

Формование строительных изделий из стекла производят вытягиванием, прокатом, прессованием, выдуванием, литьём и комбинированными способами. Сложные изделия изготавливают свариванием или склейкой из нескольких деталей.

Строительные изделия из стекла в зависимости от назначения разделяются на следующие группы:

- 1) Для заполнения проёмов (листовые, стеклопакеты).
- 2) Для строительных конструкций (стеклоблоки, профильные).
- 3) Для облицовки и отделки (плитки облицовочные, мозаичные).
- 4) Для теплоизоляции (пеностекло, стекловата, стекловолокно).

Вопросы к экзамену по дисциплине «Производственные технологии»

1. Понятие технологии и отрасли промышленности. Роль технологии в современном производстве.
2. Классификация отраслей промышленности по основным признакам.
3. Отраслевая структура народного хозяйства РБ.
4. Роль промышленности в производстве ВВП, во внешней торговле и в развитии других отраслей народного хозяйства РБ.
5. Типы производств, их основные признаки, характеристика и эффективность.
6. Понятие о производственном и технологическом процессах.
7. Виды технологической документации.
8. Структура технологического процесса.
9. Классификация технологических процессов по способу организации.
10. Классификация технологических процессов по кратности обработки сырья.
11. Классификация технологических процессов по способу обработки и виду используемого сырья.
12. Варианты динамики трудозатрат при реализации технологических процессов.
13. Оптимальное соотношение удельных трудозатрат при реализации технологических процессов.
14. Основные направления развития технологических процессов.
15. Научно-технический прогресс, основные формы и направления его развития.
16. Типизация технологических процессов, ее роль в организации и подготовке производства.
17. Важнейшие технико-экономические показатели производства.
18. Виды и структура себестоимости продукции.
19. Качество продукции и его основные показатели.
20. Основные показатели технического уровня и эффективности новой техники и технологии.
21. Классификация и виды промышленного сырья. Минеральное сырье.
22. Топливо. Классификация и основные показатели.
23. Основные технологические методы подготовки сырья.
24. Суть и способы обогащения сырья.
25. Основные тенденции в решении сырьевой проблемы.
26. Вода в промышленности. Основные показатели и подготовка.

27. Энергия технологических процессов в промышленности. Основные источники и виды энергии.
28. Свойства металлов и сплавов.
29. Классификация металлов и сплавов.
30. Технология производства чугуна.
31. Техничко-экономические показатели и интенсификация доменного процесса.
32. Технология производства стали в кислородном конверте.
33. Техничко-экономические показатели и способы интенсификации кислородно-конвертерного процесса.
34. Технология мартеновской плавки стали и ее разновидности. Характеристика и современное состояние мартеновского процесса производства стали.
35. Выплавка стали в электрических печах. Технология и характеристика.
36. Особенности технологии плавки стали в электродуговых и индукционных печах.
37. Характеристика металлургических методов повышения качества стали.
38. Свойства и применение меди. Сырье для производства меди и его подготовка.
39. Технология производства черновой меди
40. Способы рафинирования черновой меди.
41. Свойства и применение алюминия. Сырье и полуфабрикаты для его получения.
42. Технология электролитического получения алюминия, его рафинирование.
43. Технология литейного производства. Характеристика способов литья.
44. Технология литья в разовые формы.
45. Технология литья в постоянные формы.
46. Технология порошковой металлургии.
47. Суть и характеристика методов обработки металлов давлением.
48. Технология различных способов сварки. Их разновидности, применение.
49. Характеристика процесса обработки металлов резанием.
50. Технология производства и применение серной кислоты.
51. Технология производства аммиака и азотной кислоты.
52. Классификация и производство минеральных удобрений. Эффективность комплексных удобрений.
53. Фракционная перегонка нефти. Назначение и виды крекинга.
54. Классификация и свойства нефтепродуктов.
55. Производство полимерных материалов.
56. Биохимические процессы в промышленности.
57. Технология и сравнительная эффективность способов производства портландцемента.
58. Виды строительных материалов и изделий на основе портландцемента. Их характеристика и применение.
59. Технология получения, виды и применение строительной извести.

60. Силикатные материалы и изделия на основе извести, их изготовление и применение.
61. Технология производства гипсовых вяжущих веществ и строительных изделий из них. Свойства и применение.
62. Асбестоцементные изделия, технология их изготовления и свойства.
63. Технология производства керамических строительных изделий.
64. Технология производства строительных изделий из стекла.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ЧАСТЬ

1. Основная литература

- 1.1. Производственные технологии: учебник / под ред. В.В.Садовского. – Минск: БГЭУ. 2007.
- 1.2. Самойлов М.В. Производственные технологии: учеб. пособие / М.В.Самойлов, Н.П.Кохно, А.Н.Ковалев. - Минск: Кн. Дом, 2006.
- 1.3. Производственные технологии (общие основы): учеб.-практ. пособие: в 2 ч. / М.В.Самойлов [и др.]. – Минск: БГЭУ, 2004.
- 1.4. Бахмат В.А. Производственные технологии. Учеб. пособие / В.А. Бахмат - Мн.: ЗАО «Веды», 2004. – 93 с.

2. Дополнительная литература

- 2.1. Фетисов Г.П., Карпман М.Г., Матюшин В.М. Материаловедение и технология металлов. М., Высшая школа, 2001. – 536 с.
- 2.2. Технология конструкционных материалов / Под ред. О.С. Комарова. – Мн.: Дизайн ПРО, 2001. – 416 с.
- 2.3. Соколов Р.С. Химическая технология: Учебное пособие для студентов вузов: В 2 т. – М.: ВЛАДОС, 2000. – 368 с.: 448 с.
- 2.4. Круглик В.М., Бахмат В.А. Экономическое обоснование выбора способа получения отливок. Метод. рекомендации для студентов экономических специальностей. Мн.: ИУП, 2000. – 13 с.

РАЗДЕЛ 4.

УЧЕБНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ КУРСА «Производственные технологии»

Традиционной формой преподавания материала является лекция. Курс лекций по предмету дает необходимую информацию по изучению закономерностей и тенденций развития современной мировой экономики в разрезе изучения экономики отдельных стран и регионов.

Семинарское занятие представляет собой коллективное обсуждение студентами изученного материала, с целью систематизации, обобщения и проверки знаний, полученных на лекциях, консультациях и в ходе самостоятельной работы.

К каждому занятию предлагается ряд вопросов для самостоятельного изучения, при этом преподаватель акцентирует внимание студентов на важнейших моментах, разъясняет, как связать теоретический опыт с практическими примерами.

В процессе подготовки к занятиям и непосредственно на них студенты должны получить навыки самостоятельной работы с литературой: монографиями, периодическими и справочными изданиями; приобрести опыт публичных выступлений и ведения дискуссии. Успех семинарского занятия во многом зависит от подготовленности к нему студентов и их активного участия.

Ответы на вопросы должны быть аргументированными и сопровождаться конкретными примерами. Поощряется использование студентами при выступлении на семинарском занятии раздаточного материала, плакатов и других наглядных средств, способствующих усвоению предмета.

Работа студентов на семинарских занятиях оценивается преподавателем и является неотъемлемой частью при подведении итоговых результатов на зачете.

Изучение литературы может завершаться ее представлением в разной форме. Письменно - в виде реферативного обзора, эссе. Устно на семинарском занятии - в виде презентации, доклада, дискуссии.

Лабораторная работа является таким видом учебного занятия, который проводится в специально отведенном помещении. Длится занятия не менее двух часов. Кроме самостоятельной работы студентов, необходим и инструктаж преподавателей, а также совместное обсуждение выполненной работы. Прежде, чем приступить к лабораторным и практическим занятиям, студентам необходимо повторить теорию. Каждая лабораторная работа и практическое занятие должны соответствовать необходимым методическим указаниям, разработанным в утвержденных образовательных учреждениях. Лабораторные работы можно условно разделить на несколько видов таких,

как репродуктивные, поисковые и частично-поисковые. При проведении репродуктивных лабораторных работ студенты пользуются подробными инструкциями, где сформулированы: цель лабораторной работы, объяснения (теория, главные характеристики), оборудование, аппаратура, описание материалов, порядок выполнения работ, таблицы, выводы, контрольные вопросы и нужная литература. При частично-поисковых лабораторных работах от студентов требуют самостоятельного подхода к выполнению задания, то есть им необходимо самим осуществлять действия, подбирать справочную и специальную литературу и другое. При поисковых лабораторных работах студенты сами решают новую для них проблему, руководствуясь только своими теоретическими знаниями. Качественная лабораторная работа представляет собой соблюдение всех трех методик, когда студент, опираясь на собственное мнение и взгляды наставников, прорабатывает проблему и находит решения. Помимо всего прочего, лабораторные работы и практические занятия могут проходить в трех вариантах: фронтальные, групповые и индивидуальные. Фронтальная лабораторная работа занимает всех студентов для выполнения одной и той же работы. Групповая форма организации лабораторных работ предполагает, что студенты собираются в группу из 2-5 человек и делают совместно задание. Индивидуальная форма, говорит сама за себя, студент в этом случае анализирует информацию самостоятельно.

Реферативный обзор публикаций на тему составляется в виде краткого резюме содержания каждого прочитанного источника по данной теме. Объем такого резюме, не более $\frac{1}{2}$ стр. по каждому источнику (или по 1 ст. на каждые 10-15 стр. текста).

Доклад – более традиционное и формальное представление материала в устной форме. Однако доклад не должен быть простым пересказом собранной информации, в нем должна присутствовать основная проблема, ее доказательство и выводы.

Дискуссия – коллективная форма устного представления информации. Обычно дискуссию готовит один или несколько человек, представляющих основные вопросы темы и точки зрения. Остальные участники дискуссии высказывают свои мнения и суждения. Для организации дискуссии должен быть ведущий, в обязанность которого входит предоставление слова разным участникам, сдерживание эмоциональных реакций участников и подведение итогов обсуждения.

5. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА ЗНАНИЙ

1.Семестровый контроль.

Контроль качества работы студента в течение семестра включает учет посещаемости, оценку уровня самостоятельной работы, активности и качества ответов на занятиях.

В течение семестра студенты выполняют самостоятельную работу с подготовкой рефератов и докладов по тематике дисциплины, контрольные расчетно-аналитические задания, участвуют в освещении и обсуждении основных тематических вопросов.

Формы контроля: опрос на практических занятиях, проверка решения контрольных заданий, проверка уровня самостоятельно выполненных рефератов, заслушивание и анализ самостоятельно подготовленных докладов на семинарских занятиях в течение семестра.

Суммарная оценка качества работы студента в течение семестра составляет 0,4 итоговой оценки знаний.

Студенты, не выполнившие в полном объеме и в установленные сроки семестровые задания, не допускаются к сдаче экзамена.

2. Промежуточный контроль.

Промежуточный контроль качества усвоения материала дисциплины проводится в соответствии с учебным планом в виде экзамена. Экзамен проводится в устной форме по утвержденным экзаменационным билетам. При этом экзаменуемым студентам предоставляется возможность пользоваться учебной программой курса.

Экзаменационная оценка составляет 0,6 итоговой оценки знаний.

3. Итоговая оценка знаний представляет собой сумму оценок семестрового и промежуточного контроля по 10-балльной шкале с учетом соответствующих коэффициентов. В зачетную книжку заносится итоговая оценка.