

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Л.К. Уточкина

ИСТОРИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Конспект лекций

по дисциплине «История строительного дела (введение
в специальность)» для студентов специальности 270106 –
Производство строительных материалов, изделий и конструкций

Новокузнецк
2009

УДК 691(09)(07)
У85

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой СПУН СибГИУ
С.И. Павленко;

начальник производственно-технического отдела
ООО «ПК Кузнецкий цементный завод»
В.И. Злобин

Уточкина Л.К.

У85 История строительных материалов: конспект лекций
/Л.К. Уточкина; СибГИУ. – Новокузнецк, 2009. – 52с.

Изложены материалы к лекциям по дисциплине «История строительного дела (введение в специальность)», приведены сведения и некоторые факты из истории строительного дела и истории развития строительных материалов. Дается информация по истории возникновения производства строительных материалов в древние времена и развития производства традиционных строительных материалов глиняного кирпича, минеральных вяжущих, древесины, природного камня в России.

Предназначено для студентов специальности 270106 – Производство строительных материалов, изделий и конструкций.

УДК 691(09)(07)

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2009
© Уточкина Л.К., 2009

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	4
Тема 1. Горные породы. Нерудное сырье Кузбасса. Каменное строительство	5
Тема 2. Дерево	16
Тема 3. Керамика	19
Тема 4. Известь	23
Тема 5. Гипс	26
Тема 6. Романцемент	29
Тема 7. Портландцемент	30
Тема 8. Бетон	34
Тема 9. Железобетон	43
Тема 10. Стекло	45
Тема 11. Полимеры	47
Библиографический список.....	51

ПРЕДИСЛОВИЕ

Целью строительства является возведение и ввод в эксплуатацию производственных мощностей, инженерных сооружений, жилых домов, общественных зданий и других объектов.

В античные времена функции строителя как «проектировщика», «прораба», «экономиста», «технадзора» сооружаемого объекта выполняло одно лицо под греческим названием «архитектор». Позже, в средневековье, появилось французское слово «инженер». В основном в XX веке стали готовить инженеров промышленного, гражданского, транспортного, гидротехнического, сельского строительства и по производству строительных материалов.

Первая кафедра строительных материалов была образована в Санкт-Петербурге в 1900г. в Институте Гражданских инженеров императора Николая I на базе механической лаборатории и испытательного центра.

Значение курса «Строительные материалы» в подготовке строителей важно потому, что ни одно сооружение нельзя правильно спроектировать, построить и эксплуатировать без наличия соответствующих строительных материалов.

Знакомство с историей своей специальности, с историей отдельных разделов строительного дела и историей возникновения и развития строительных материалов поможет студентам-технологам осознанно изучать специальные дисциплины на старших курсах, пробудить интерес к определенным направлениям технологии строительных материалов.

Тема 1. ГОРНЫЕ ПОРОДЫ. НЕРУДНОЕ СЫРЬЕ КУЗБАССА. КАМЕННОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Зарождение архитектуры из тесаного камня было в Египте (3000 лет до н.э.) и в Греции (700 лет до н.э.). Первоначальными каменными постройками у египтян были гробницы, а у греков – храмы, считавшиеся жилищами вечных богов. Эти постройки требовали материалов, стойких в отношении огня и атмосферных воздействий. Такими свойствами, отсутствовавшими у дерева, из естественных материалов обладал камень (известняк, мрамор или гранит).

Рассмотрим, что такое горные породы – главный источник получения природных каменных материалов. Горные породы, это природные образования, образующие в земной коре самостоятельные геологические тела. Состоят они из минералов.

Минералами называют однородные по химическому составу и физическим свойствам составные части горной породы.

Классификация, охватывающая важнейшие для строительства горные породы, учитывающая условия их образования, приведена в таблице 1. Принципы такой классификации были установлены еще М.В.Ломоносовым в 1763г.

Таблица 1 – Классификация горных пород

Группы горных пород	Условия образования
I. Изверженные (магматические, первичные) породы	А. Массивные: 1. Глубинные 2. Излившиеся Б. Обломочные: 1. Рыхлые 2. Цементированные
II. Осадочные (пластовые вторичные) породы	А. Химические осадки Б. Механические отложения (обломочные породы): 1. Рыхлые 2. Цементированные В. Органогенные породы
III. Видоизмененные (метаморфические) породы	А. Измененные изверженные породы Б. Измененные осадочные породы

Итак, в зависимости от условий формирования горные породы делят на три группы:

1. Магматические или изверженные породы, образовавшиеся в результате охлаждения и затвердевания магмы.

2. Осадочные породы, возникшие в поверхностных слоях земной коры из продуктов выветривания и разрушения различных горных пород.

3. Метаморфические породы (или видоизмененные), являющиеся продуктом перекристаллизации и приспособления горных пород к изменившимся физико-химическим условиям.

Магматические породы делят на две группы:

А. Глубинные массивные (граниты, сиениты, диориты, габбро); излившиеся массивные (порфириты, порфиры, диабазы, базальты, андезиты, трахиты).

Б. Обломочные рыхлые (вулканические пеплы, пемзы); обломочные цементированные (вулканические туфы).

Осадочные (пластовые или вторичные) породы, делят на три группы:

А. Химические осадки (гипс, ангидрит, некоторые виды известняков, доломиты, магнезиты, известковые туфы).

Б. Механические отложения (обломочные породы):

- обломочные рыхлые (глины, пески, гравий);
- обломочные цементированные (песчаники, конгломераты, брекчии).

В. Органические образования (большинство известняков, мел, ракушечники, диатомиты (трепелы)).

Метаморфические (видоизмененные) делятся на две группы:

А. Видоизмененные изверженные породы – гнейсы.

Б. Видоизмененные осадочные породы, кварциты, мраморы.

В строительстве наиболее широко используют следующие виды горных пород:

I. Изверженные (магматические) породы:

- Глубинные массивные: граниты, сиениты, диориты, габбро;
- Излившиеся массивные: порфиры, порфириты, диабазы, базальты, андезиты, трахиты;
- Обломочные рыхлые: вулканические пеплы, пемзы;
- Обломочные цементированные: вулканические туфы.

II. Осадочные (пластовые) породы:

- Химические осадочные: гипс, ангидрит, некоторые виды известняков, доломиты, магнезиты, известковые туфы;
- Органогенные: большинство известняков, ракушечники, диатомиты (трепелы);
- Обломочные рыхлые: глины, пески, гравий;
- Обломочные цементированные: песчаники, конгломераты, брекчии.

III. Видоизмененные (метаморфические) породы:

- Видоизмененные изверженные горные породы: гнейсы;
- Видоизмененные осадочные породы: кварциты, мраморы.

Нерудное сырье Кузбасса. Сюда входят **кирпичные глины, песчано-гравийные смеси**, т.е. пойменные и русловые отложения реки Томи, **бутовый камень** – крепкие горные породы разного происхождения, используемые для укрепления фундаментов больших строений. **Карбонатные отложения**, из которых производят известь, породы, заполняющие карстовые пустоты пригодные для изготовления минеральных красок. Например, Гавриловское (красно-коричневые тона) и Тайгинское (золотисто-желтый тон) месторождения. Сюда же относятся **горельники** – остатки подземных пожаров в угольных пластах (глиеж).

Среди полезных ископаемых есть группа **поделочных и облицовочных** камней. Облицовочные и поделочные камни Кемеровской области по своему происхождению подразделяются на три группы. Подгруппу А составляют магматические породы: **граниты, габбро, порфириты, миндалефирры**. Это крепкие не очень декоративные горные породы, пригодные для обрамления фундаментов, дорог, водоемов, постаментов. Бывшие лавы, теперь **базальты**, бывший пепел, теперь **туф, вулканические брекчии** интересны своим рисунком или цветом (Верхнее-Пегасское, Мундыбашское, Назасское месторождения). Подгруппу Б составили различные осадочные породы преимущественно **карбонатные** (известняки, доломиты) и крупнозернистые песчаники, конгломераты, кварциты. В группу В входят различные метаморфические породы. Это **мраморы, тектонические брекчии** (Карачумышское месторождение) и мраморизованные известняки (месторождение «Пелагеев лог», «Дегтярное»).

Поделочные камни – **халцедоны** агатового и ониксового рисунков в районе Салтымаковского хребта.

Цементное сырье (известняки и глина) разведано в близости от Топкинского и Яшкинского цементных заводов, имеет все необходимые компоненты, хорошее качество и доступно для добычи карьерным способом.

Экзотическое полезное ископаемое – кровельные **сланцы** Тутальского месторождения. В нем можно добывать природное шиферное покрытие – плиты, размером почти в 1 квадратный метр при толщине 0,5 – 1 см и относительно легкие (2,7 г/куб. см). Установлено, что срок их службы в качестве кровли составит 50 – 100 лет.

Алгуйское месторождение безжелезистого **талька** на юге Кузнецкого Алатау.

Полезные ископаемые Кемеровской области, используемые в строительстве, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Полезные ископаемые Кузбасса

Руды, сырье	Месторождение
Общераспространенные полезные ископаемые	
Кирпичные глины	Мысковское
Песчано-гравийные смеси	Топольники-Фески
Бутовый камень	Бачатское
Известняки на известь	Артыштинское
Цементное сырье	Яшкинское
Керамзитовые глины	Тутальское
Кровельные сланцы	Тутальское
Стекольные пески	Зеленая Зона
Горельники, глиежи	Итатское
Облицовочные и поделочные камни	
Граниты	Тебинское
Габбро	Тулуюльское
Диабазовый порфирит	Река Большой Тулуйол
Кварцевый порфир	Алгаинское
Базальты	Верхнее-Пегасское
Туфы	Мундыбашское
Брекчии	Вагановское
Мраморы	Ташелгинское
Мраморизованные известняки	Дегтярное
Органогенные известняки	Усть-Кабырзинское
Гагаты	Листвянское
Агаты, ониксы	Долина реки Мунгат

Продолжение таблицы 2

Руды, сырье	Месторождение
Разные	
Фосфориты	Белкинское
Апатиты	Патынское
Тальк	Алгуйское
Тремолитовые породы	Алгуйское
Цеолитизированные туфы	Пегасское
Слюда	Лужбинское
Графит	Конюховское
Минеральные краски	Тайгинское
Торфовивианиты	Безруковское
Асбест	Бекетское
Абразивы	Обуховское
Керамическое сырье	Лужбинское

Словарь геологических терминов приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Словарь геологических терминов

Название породы	Описание
Базальт	Темная вулканическая порода
Брекчия	Горная порода, состоящая из сцементированных крупных остроугольных обломков
Габбро	Горная порода, состоящая из плагиоклазов и темноцветов
Глиеж	Глина, обожженная при подземных пожарах в угольных пластах
Доломит	Карбонат кальция и магния одновременно
Кварцит	Горная порода, состоящая почти из двуокиси кремния
Конгломерат	Сцементированный в природных условиях галечник
Магнезит	Карбонат магния
Маршаллит	Тончайшая кварцевая мука

Продолжение таблицы 3

Миндалефир	Вулканическая лава, мелкие пустотки в которой заполнены разными минералами
Песчаник	Сцементированный в природных условиях песок
Плагиоклазы	часть минералов из группы полевых шпатов
Порфирит	Излившаяся лава, в которой отдельные минералы «успели» вырастить кристаллы
Тремолит	Метаморфический минерал – силикат
Фосфорит	Горная порода, содержащая повышенное количество (более 5 %) пятиоксида фосфора
Цеолиты	Группа минералов, обладающих способностью поглощать разные вещества

Каменное строительство. До нас дошли развалины и сохранившиеся каменные постройки древнейших времен. Среди них египетские пирамиды и храмы в Греции.

В древнем мире «отцом каменного дела» считался египтянин Имхотеп (ок. 2700г до н.э.). Он построил первое каменное сооружение Египта – ступенчатую пирамиду Джосера (рисунок 1) из природного камня известняка. Высота ее была 60м, размеры у основания 140×118 м. Лет на 100 попозже строитель Хемкун построил гладкостенную пирамиду Хеопса, имеющую высоту 147м (рисунок 2). Каждая сторона квадратного основания составляет 233м, пирамида состоит из двух миллионов трехсот тысяч блоков известняка. Каждый блок весит в среднем 2,5 тонны. Сто тысяч рабов, сменяясь каждые 3 месяца, работали на сооружении этой пирамиды в течение 20 лет.

Отдельные блоки известняка египтяне вырубали долотом по периметру, а затем выламывали их при помощи деревянных клиньев (клинья заливали водой и разбухшее дерево откалывало блок).

Далее значительных успехов в сооружении гробниц и храмов достигли греки, а затем римляне. С инженерной точки зрения огромное значение имеют храмы греков с каменными колоннадами. Колонны составные, т.е. «смонтированы» из отдельных блоков и завершаются (украшаются) капителью. Их три вида (стиля), получивших широкое распространение во многих странах. Это ионический, дорический и коринфский стили.



Рисунок 1 – Пирамида Джосера



Рисунок 2 – Пирамида Хеопса

В 500 годы до н.э. в Греции создается Афинский Акрополь в ознаменование победы над персами. Этот комплекс-ансамбль выполнен из мрамора. Главный храм этого ансамбля – Парфенон (рисунки 3,4) является храмом дорического стиля, имеет 46 колонн высотой 10,43м, включая капитель.

Для возведения таких величественных сооружений требовались высококвалифицированные специалисты, техники-строители, умеющие хорошо рисовать и знать геометрию (начертательную).



Рисунок 3 – Парфенон



Рисунок 4 – Главный храм Акрополя Парфенон

В начале IV в. нашей эры в Риме началось широкое строительство культурных зданий. В это время применялся природный камень, но также стали использовать сырцовый и обожженный кирпич и бетон. В Риме имеются сооружения, возведенные из белого мрамора. Разноцветный мрамор использовался для отделки колонн, полов и облицовки стен.

Примером римского строительного искусства является Пантеон, построенный в 60 – 129 гг. греческим архитектором Аполлодором (рисунки 5,6). Пантеон выполнен в виде цилиндрического кольца диаметром 53,5м и высотой 21,7м из бетона в кирпичной опалубке, служащей облицовкой здания. Портик пролетом 30м и глубиной 14м был перекрыт бронзовыми стропилами из стержней таврового сечения, держащихся на 16 монолитных мраморных колоннах высотой 14м и диаметром 2,5м каждая. Строители уже стали сооружать комплексные конструкции с применением природного камня, бетона, кирпича и металла. То есть это был как бы «переходный» период от камня природного к камню искусственному – к кирпичу, бетону. В течение первого тысячелетия новой эры постепенно природный камень сменяется кирпичом и бетоном.



Рисунок 5 – Пантеон



Рисунок 6 – Купол Пантеона

Примером каменного строительства из гранита в более поздние времена являются Александровская колонна (рисунок 7) и Исаакиевский собор (колоннада выполнена из гранита) в Санкт-Петербурге, воздвигнутые в первой половине XIX века по проекту французского архитектора Монферрана (рисунок 8). Летом 1831 года началось сооружение памятника, посвященного Александру I. На Дворцовой площади Петербурга был вырыт котлован на глубину 4,25м. В него были забиты деревянные сваи толщиной 26см на глубину 6,4м. Затем был устроен фундамент из 12 рядов гранитных блоков толщиной от 40 до 60см на известковом растворе.

Работы по устройству фундамента под колонну велись на морозе 20 – 25 °С. Поэтому пришлось замешать известь на сорокоградусной водке и прибавить к смеси одну десятую часть мыла. Водка использовалась как противоморозная добавка (чтобы раствор не замерз), а мыло – как пластификатор. Гранитная глыба, которую извлекли, чтобы вытесать из нее круглый стержень колонны, имела длину 30,4м и 6,9м – толщину. Вес ее составил 3754 тонны. Вес колонны 650 тонн. Александровская колонна ничем не прикреплена на пьедестале, свободно стоит за счет собственного веса.

Широкие разведки каменных строительных материалов и использование их в России начались с 70-х годов XIX в..



Рисунок 7 – Александровская колонна



Рисунок 8 – Исаакиевский собор

Рост производства в XIX – XX веках, широкомасштабное строительство производственных зданий, мостов, железных дорог, жилых домов приводят к интенсивному использованию в архитектуре металла, железобетона, стекла, новых композиционных материалов. Обыкновенный природный камень – мрамор, гранит известняк уступили место новым конструкционным материалам и стали все больше использоваться для облицовки зданий.

Кузбасс богат природными каменными материалами, такими как граниты, мраморы, туфы, известняки, базальты и другие.

Тема 2. ДЕРЕВО

Дерево относится, как и природный камень, к древнейшим строительным материалам. Древний человек использовал древесину в несущих конструкциях. Древесина использовалась в строительстве жилья, затем в кораблестроении, мостостроении, в строительстве храмов и в качестве колонн, прогонов, стропил.

Еще древние заметили, что способность древесины сопротивляться воздействию внешних усилий (ее механические свойства) зависит от факторов: направления волокон, положения ствола (наиболее крепкой является древесина нижней части ствола), возраста и времени заготовки. Например, деловую древесину желательно заготавливать зимой, когда ствол менее всего насыщен влагой.

Лесные материалы широко использовались наряду с природными и искусственными камнями (кирпич-сырец, кирпич обожженный) в странах, богатых лесом. Однако опасность возгорания (пожары) вынуждали людей искать пути замены древесины. После крупнейшего пожара в Древнем Риме император Нерон запретил строить ответственные крупные сооружения из древесины, в связи с чем широко распространилось каменное строительство, изобрели строительные растворы, появился бетон.

Древесина применяется в наше время в очень широких масштабах. До первой половины XIX в. древесина была главнейшим строительным материалом наряду с кирпичом и известью. С появлением заводов по лесопильному производству и механической обработке древесины на рынке появляются дешевые лесоматериалы – брусья, доски, что способствовало развитию инженерных деревянных конструкций, вначале на болтовых сопряжениях, затем, с начала XX века, – на гвоздях и шпонках и, наконец, появились клееные конструкции. Зародилась наука, разрабатывались методы исследования, способы сушки древесины, искались средства и методы защиты древесины от горения, гниения и порчи древоточцами. Встал вопрос о прочности и долговечности.

Рассмотрим «биографию» деревянных материалов и конструкций. Изобретение топора с рукояткой дало возможность получать

бревно, стойки, прогоны, накатник. Появились стропила (впервые упоминается у Гомера в «Илиаде» и «Одиссее»). Затем был применен клин – тот же топор, только без рукоятки. Он принес с собой появление доски. Первые доски назывались половицы – бревна, расколотые пополам (использовались как доски для полов). Затем появилась пила и превратила брус в доску. Доска вызвала к жизни гвоздь. Сначала это был деревянный нагель (из древесины более прочных пород), ход для которого приходилось прокладывать сверлом. Железный кованый гвоздь появился в Риме.

Способность древесины сопротивляться растяжению почти в 4 раза лучше, чем сжатию, а изгибу – почти вдвое, в то время как у камня прочность на растяжение в 8 раз, а на изгиб в 5 раз меньше прочности на сжатие, сделала ее наиболее желанным материалом для балочных перекрытий.

Одним из древнейших выдающихся инженерных сооружений из древесины является деревянный мост арочной конструкции, построенный Аполлодором, придворным архитектором и строителем римского императора Траяна (98 – 117 гг. н. э.). Мост (рисунок 9) соединил берега Дуная, имел длину 1100м. Мостовые опоры квадратного сечения имели 40м высоты и 18м ширины.

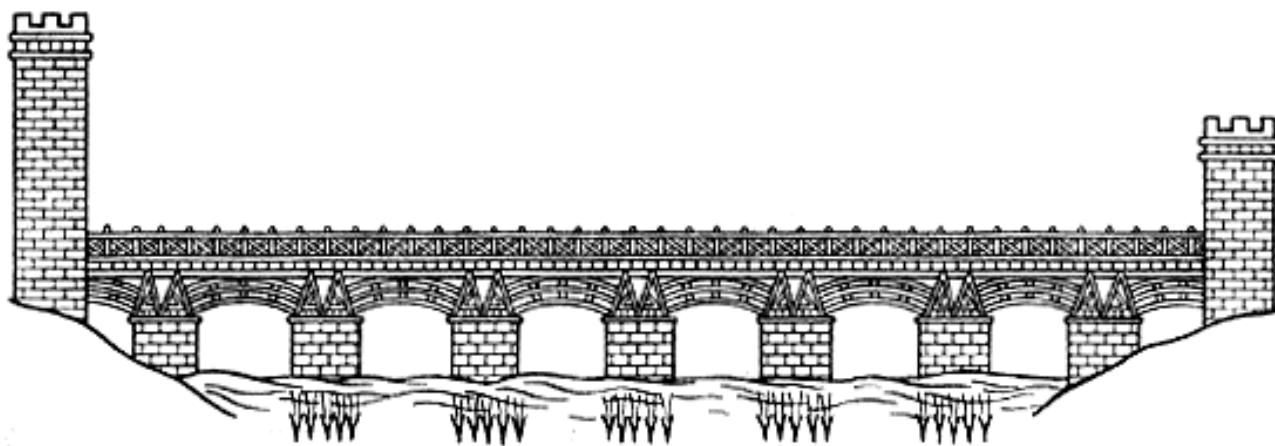


Рисунок 9 – Мост Аполлодора

В истории развития деревянных конструкций особое место занимает русский инженер и ученый Д.И. Журавский (1821 – 1891 гг.) как строитель деревянных мостов на железной дороге Петербург – Москва. Разработанная им система деревянных ферм с параллельными поясами и до сих пор применяется в гражданских и промышлен-

ных сооружениях в виде металлодеревянных ферм с крестовыми раскосами.

С появлением в конце XVIII века парового двигателя возросли объемы лесопиления и возросли также отходы. Применение любой пилы сопровождается превращением в опилки от 8 до 12 % массы распиливаемой древесины.

В 70-х годах XIX в. французом Сорелем было изобретено производство магнезиального цемента, обнаружившего свойства очень прочно сцепляться с древесиной. Немец Корнфельд в 1882г. предложил использовать опилки как наполнитель искусственных камней на магнезиальном цементе, затворенным раствором хлористого магния. Так как новый «деревяно-цементный» материал сочетал в себе свойства дерева и камня, изобретатель назвал его ксилолитом, то есть «дерево» (от греческого – ксило) и «камень» (от греческого – лит). Ксилолит обладает хорошей гвоздимостью и податливостью обработке различными инструментами; его теплопроводность близка к дереву, он обладает хорошим сопротивлением к истиранию. Эти качества сделали ксилолит удобным для теплых полов.

В XV в. каменные оконные переплеты уступили место деревянным, в XVI в. каменные и керамические полы были заменены паркетными, а в XVII в. вошли в употребление современные оконные рамы. Все это требовало остругивания древесины. Поскольку при изготовлении строганных строительных деталей в стружку превращается не менее 20 % обрабатываемого пиломатериала, к концу XIX в. остро встал вопрос об использовании стружек.

И только в 1923г. в Германии начали изготавливать из стружек прессованные плиты на магнезиальном цементе. Практика показала, что наилучшие результаты получаются на специально изготовленной древесной «шерсти» (фибры), сечением 0,5×3 мм. Низкая средняя плотность (300 – 600 кг/куб. м) и соответственно низкая теплопроводность сделали «фибролит» (так его называли) удобным строительным материалом для теплоизоляции и звукоизоляции. Так вслед за ксилолитом появился и фибролит.

В 1806 г. англичанин Брюнель сконструировал фанерно-строгальную машину. Появилась фанера.

В строительном и мебельном производстве широкое распространение получили такие виды строительных материалов как древесно-стружечные плиты (ДСП) и древесно-волокнистые (ДВП). Это

новые композиционные материалы с использованием отходов производства.

Тема 3. КЕРАМИКА

Слово «керамика» – греческое (керамос, керамид) и означает обожженный глиняный черепок, гончарное производство глиняных изделий, получаемых обжигом, спеканием глин.

Керамика – это: кирпич обыкновенный (глиняный, обожженный); черепица; фарфор; фаянсовая посуда; канализационные трубы; облицовочные плитки. Это также огнеупоры, которыми выложены доменные и мартеновские печи металлургической промышленности, печи для обжига цементного клинкера, после размола которого, получают цемент. Керамические изделия, выпускаемые для использования в строительстве, называют «строительной керамикой». В зависимости от назначения их классифицируют на стеновые, облицовочные, кровельные, для полов, дорожные, теплоизоляционные, огнеупорные, кислотоупорные, и санитарно-технические материалы и изделия. Среди этих изделий наибольшее распространение получил кирпич.

Древние люди заметили особенность глины, при увлажнении она становится мягкой, пластичной, а, высохнув, приобретает прочность камня, и стали это использовать. Глиной стали обмазывать сплетенные из прутьев стены жилища и изготавливать домашнюю утварь и кирпич. Вначале это были необожженные изделия. Также люди заметили, что при высыхании глина растрескивается. Стали добавлять в глиняную массу шерсть животных, нарезанную солому. Так люди изобрели «арматуру». Арматура – слово латинское и означает «вооружение», усиление, упрочнение. Прошло время, и люди заметили другую особенность глин – побывав в огне, глина не только не разрушается, напротив становится крепче, плотнее, приобретает прочность и не размокает в воде. Так появились изделия из обожженной глины, получившие название керамика.

На Руси первый кирпичный жилой дом был построен в 1450г. в Москве. В 1910г. в Москве 34 %, а в Петербурге – 55 % домов были капитальными, т. е. кирпичными.

Первые глазурованные облицовочные плитки размером 134×67×25 мм были изготовлены в 1873г. В конце XIX и начале XX

века в Москве, Харькове и в других городах выпускались керамические плитки для полов.

Официальные размеры кирпича, утвержденные в России в 1847 г. (при императоре Николае I), были 270×135×67,5 мм. Они мало изменились в настоящее время. Обыкновенный кирпич – это сформованный из глины с отощающими добавками или без них (в зависимости от свойств глины) и равномерно обожженный искусственный камень, имеющий форму прямоугольного параллелепипеда размером 250×120×65 мм. Такой кирпич принято называть стандартным или условным.

Хотя мелкоштучный кирпич нашел широкое применение в строительстве во всем мире, все-таки он как стеновой материал имеет и недостатки: слишком малые размеры (всего 0,002 м куб.) и высокая трудоемкость ручной кладки ограждающих конструкций. Кладка стен из кирпича – процесс долгий и трудоемкий.

Производство строительной керамики как самостоятельной отрасли промышленности в СССР организовалось в 1939 г.

Разновидностью керамических изделий являются также пористые заполнители для бетонов – керамзит и аглопорит.

Основы производства керамических материалов. Сырьем служит глина, осадочная порода, состоящая из глинистых минералов. По фракционному составу это тонкодисперсные порошки, содержащие более половины частиц размером менее 0,01мм, в том числе не менее 25% частиц размером меньше 0,001мм.

Для улучшения технологических свойств в глину добавляют добавки:

- отощающие (песок, молотый шлак) – для уменьшения усадки;
- выгорающие и порообразующие (опилки, уголь) – снижения средней плотности.

Глины разделяют на:

- легкоплавкие (температура плавления до 1350°C);
- тугоплавкие (1350 – 1580°C);
- огнеупорные (более 1580°C).

Технология производства включает в себя три основных этапа: подготовка сырья, формование и обжиг. Технологическая схема производства керамического кирпича приведена на рисунке 10.

Подготовка сырья – это измельчение, ввод добавок, и увлажнение.

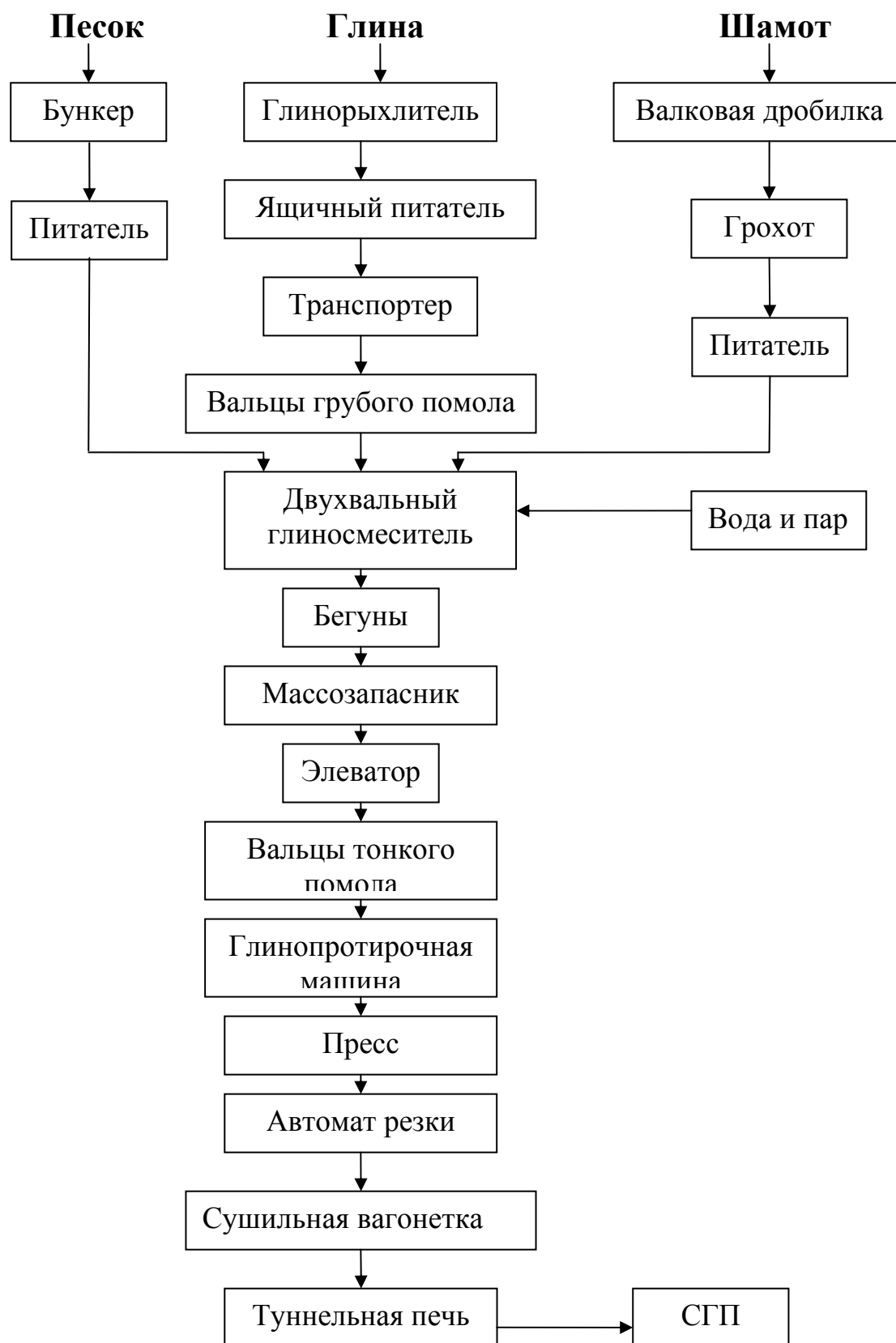


Рисунок 10 – Технологическая схема производства керамического кирпича

В зависимости от количества воды различают три способа производства керамики:

- полусухой (влажность массы 8 – 13%);
- пластический (влажность 18 – 26%);
- литой или шликерный (влажность более 30%).

Формование керамических масс производят пластическим методом, полусухим прессованием или методом литья.

Обжиг – важнейший этап. Во время обжига происходят физико-химические процессы, в результате которых отформованная масса спекается с образованием плотного черепка.

Стеновые изделия: кирпич (до 4,4кг), камни (до 16кг), блоки (до 45кг и более). Кирпич 250×120×65мм (утолщенный или модульный 88мм, полнотелый и пустотелый). Камень 250×120×138мм (пустотелый). Модульные кирпичи и камни выпускаются и больших размеров.

Различают разновидности керамического кирпича: рядовой и лицевой.

Легкий строительный кирпич ($\leq 1500\text{кг/м}^3$) получают за счет добавок трепела, диатомита, опилок, угля. Выпускается трех классов:

- А – 700 – 1000 кг/м³;
- Б – 1001 – 1300кг/ м³;
- В – >1300 кг/м³.

Марки кирпича по прочности: 100, 125, 150, 175, 200 и 300 (кгс/см²).

Марки по морозостойкости: F5, 25, 35, 50, 100. Водопоглощение должно быть у полнотелого кирпича не менее 6 – 8%, у пустотелого – 6%.

Эффективная керамика применяется для кладки ограждающих конструкций, а полнотелый кирпич используется в условиях повышенной влажности, для несущих конструкций (цоколи, своды) и дымовых труб.

Облицовочные изделия: кирпич и камни облицовочные лицевые, плитки фасадные (220×512×65мм), ковровая керамика.

Для облицовки фасадов зданий часто используют плитки керамические типа «кабанчик» 150×140×10мм, 120×65×7мм.

Ковровая керамика 48×48, 44×46, 24×24, толщиной 4мм. Наклеивается на бумагу для облицовки наружных стеновых стеновых панелей.

Тема 4. ИЗВЕСТЬ

Известь – один из самых древних видов минеральных вяжущих веществ, полученных человеком. В переводе с греческого слово «известь» означает неугасимый. Известь – обобщенное название продуктов обжига (и последующей переработки) известняка, мела и других карбонатных пород при температуре 900 – 1000°C.

Основным сырьем для получения извести является известняк – горная порода, состоящая главным образом из углекислого кальция (CaCO₃). В зависимости относительного содержания CaCO₃ и глины породам дают следующие названия (таблица 4).

Таблица 4 – Породы

Название породы	Содержание CaCO ₃ в, %	Содержание глинистых веществ в, %
Чистые известняки	98-100	2-0
Мергелистые известняки	90-98	10-2
Известковые мергели	75-90	25-10
Мергели	40-75	60-25
Глинистые мергели	10-40	90-60
Мергелистые глины	2-10	98-90
Глины	0-2	100-98

Обжиг известняка ведут до возможно более полного выделения из него углекислого газа (CO₂), но не доводя до спекания. Полученный таким образом продукт обжига при температуре 900 – 1000 °C (окись кальция CaO) будет называться известью.

Известь бывает разной. Полученная известь в виде кусков обожженного известняка называется комовой (негашеной) известью.

Если комовую известь облить водой, или если куски такой комовой извести бросить в воду, то она начнет «шипеть», выделять пар и разлагаться, то есть гаситься, превращаясь в белую пластичную известковую массу (известковое тесто), или в белое известковое «молоко», при этом выделяется тепло.

При обжиге известняка в печи реакция его разложения называется декарбонизацией. В процессе обжига известняк, теряя углекислый газ, становится очень пористым.

При гашении такой пористой комовой извести создается впечатление «кипения» извести во время гашения.

Известь бывает двух видов: воздушной и гидравлической, в зависимости от исходного известняка (чистый известняк, мергелистый известняк). Признаком воздушной извести является способность к гашению при соприкосновении с достаточным количеством воды, превращаясь в гидрат окиси кальция – $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Такая известь называется гашенной (исходный материал негашеная комовая известь). Если количество воды для гашения будет минимальным, то продукт обжига (CaO) превратится в тонкий, пушистый порошок гидрата окиси кальция - $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Такой порошок называется известью-пушонкой. Если комовую известь хранить в сыром помещении, то в этом случае, поглощая влагу из воздуха, комовая известь медленно разложится на пушонку.

Если же количество воды для гашения увеличить, то CaO превратится в пластичное белое известковое тесто. А если количество воды еще больше, то получится известковое молоко. В строительной терминологии укоренились эти названия: тесто и молоко.

Если затворить гашеную известь (гидрат окиси кальция) водой, превращая его в тесто, и поместить ее для хранения без доступа воздуха, (т.е. исключить возможность высыхать и поглощать углекислоту из воздуха), то такая известь не будет твердеть. Такая известь не будет твердеть также под слоем воды. Напротив, она будет долго (годами) продолжать гаситься, повышая тем самым качество извести (она станет пластичнее). Поэтому древние греки называли ее «неугасимой».

Если дать образцам такой извести затвердеть на воздухе, а затем затвердевшую известь вновь насыщать водой, то она начнет терять приобретенную прочность, начнет размокать и распадаться. Такое явление происходит вследствие того, что в воздухе содержится очень незначительное количество углекислого газа (CO_2), и превращение гидрата окиси кальция – $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в углекислый кальций (CaCO_3) происходит очень медленно. Поэтому высохший на воздухе образец распадается, так как подавляющее количество оставшегося неизменным гидрата извести, вновь насыщаясь водой, частично в ней растворяется.

Воздушная известь потому и называется «воздушной», что она может твердеть и сохранять свою прочность только на воздухе. Известь-пушонку получают на производстве, в заводских условиях, ко-

гда гасят свежеебожженную известь в специальных гасительных устройствах – гидраторах.

Сырьем для производства воздушной извести служит чистый известняк, не содержащий значительных примесей глинистых веществ. Известь, получаемая из этих известняков, гасится очень быстро, выделяет значительное количество тепла и при этом образует тесто, жирное на ощупь, очень пластичное. Такая известь называется жирной.

Если в известняке содержится даже небольшое количество посторонних примесей, то известь начинает гаситься медленнее и тесто обладает меньшей пластичностью (становится тощим), частично в нем образуются более крупные зерна (песчинки). Эти песчинки непрогасившейся извести могут гаситься, но очень долго. Если их размолоть в мелкий порошок, то они проявят свойство твердеть в воде.

Древние люди заметили, что некоторые камни, побывав в огне перерождаются. Достаточно облить их водой, как они сами нагреваются, распадаются на куски, выделяя тепло и пар. Если такие куски бросить в яму с водой, то они шипят, выделяют тепло, вода как бы кипит и дают белую пластичную массу. Так изобрели известь. Этой массой обмазывали каменные и деревянные поверхности. Люди заметили, что высыхании эта масса (такая штукатурка) растрескивается. Стали добавлять песок. Появился известково-песчаный раствор. Однако заметили, что такая штукатурка, размокая, разваливается. Но обратили внимание и на другое – некоторые виды растворов не разваливаются, то есть обладает водостойкостью и гидравлическостью.

Древние греки и римляне добавляли в известковый раствор (вместо обычного песка) дешевый местный вулканический пепел. Такие известковые растворы имели высокую прочность и водостойкость. Это были сложные растворы – известь+пепел+песок, то есть растворы, приготовленные на смешанном вяжущем (известь+пепел). Римляне стали торговать вулканическим пеплом, который вскоре появился в Европе. Появился водостойкий материал, даже не растворяющийся в морской воде.

В районе итальянского городка Поццуоли, недалеко от вулкана Везувий, скопился изверженный вулканом пепел (толщиной до 40 м). Этот пепел и добавляли римляне в известковый раствор вместо песка, который оказался неразрушаемым, то есть водостойким даже в морской воде. От этого местечка и получил этот самый вулканический

пепел свое название – пуццолана. Отсюда и произошло название «пуццолановый цемент». И в наше время добавки к цементу, придающие ему соответствующие свойства, называют «пуццолановыми добавками».

На Руси изготавливали искусственную пуццолану, размалывая обожженную глину, отходы гончарного производства, получившие названия «цемянка».

Известь, которая твердеет и не разрушается во влажной среде и даже в морской воде, позже ученые назовут гидравлической известью.

От воздушной извести перешли к извести гидравлической, затем к романцементу, и, наконец, к портландцементу.

Известь была самым главным вяжущим веществом. В середине 60-х годов XX века извести производилось около 10 % от объема цемента.

Тема 5. ГИПС

Если для производства извести основным сырьем является горная порода – известняк (CaCO_3), то для производства строительного гипса служит другая горная порода – двухводный сернокислый кальций, или так называемый гипсовый камень ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (рисунок 11).

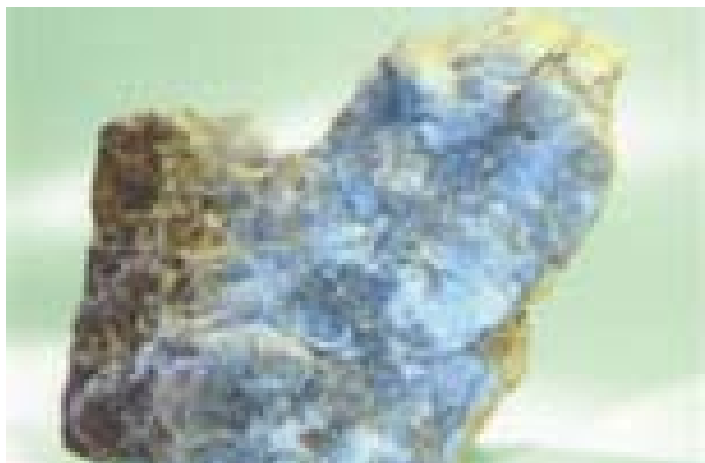


Рисунок 11 – Гипсовый камень

Итак, для производства гипсового вяжущего вещества служит горная порода – **гипс** (от греческого «гипсос» – мел, известь).

Двуводный гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) в процессе нагревания постепенно теряет химически связанную воду, свойства его меняются. В пределах от 97 до 170°C он теряет большую часть воды и переходит в так называемый полуводный гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$. Если это вещество смешивать с водой после помола, то оно снова превращается в двуводный гипс, быстро схватывается и твердеет, выделяя тепло.

Строительный гипс – вяжущее вещество, твердеющее на воздухе, то есть воздушное вяжущее. Получают его из природного двуводного гипса, нагревая при температуре около 150 – 170°C до превращения в полуводный гипс.

Гипс до или после обжига размалывают в тонкий порошок (белого цвета). Существуют два вида строительного гипса, собственно строительный и формовочный. Формовочный гипс отличается от строительного тем, что размалывается тоньше и быстрее схватывается.

Наиболее прост и часто применяется способ нагревания предварительно размолотого гипса в так называемых «варочных» котлах. В этом случае говорят – гипс варится.

При другом способе производства гипс в кусках обжигают в печах, затем его размалывают в тонкий порошок в мельницах.

Итак, воздушная известь получается путем обжига природного камня – известняка (CaCO_3), а воздушный гипс – путем обжига гипсового камня ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Для получения извести необходимо обжигать известняк, чтобы удалить из него углекислый газ (CO_2) и получить обожженную комовую известь (CaO). На эту операцию расходуется тепло.

Для получения же гипса необходимо удалить из сырья (гипсового камня) полторы молекулы воды ($1,5\text{H}_2\text{O}$), и тогда оставшийся полуводный гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$) и будет гипсовым вяжущим (строительный гипс), который также является воздушным минеральным вяжущим веществом.

Теперь обратим внимание на то, что удалении 1,5 молекулы воды из гипсового камня происходит при температуре нагревания гипсового камня 150-170°C (обжиг извести – 900 -1000°C).

Итак, известняк, поглощая тепло, выделяет углекислый газ, а гипсовый камень, поглощает тепло, выделяет воду.

Полученный продукт от обжига известняка (CaO) нуждается при гашении в воде, при этом идет процесс с выделением тепла. Строи-

тельный гипс при получении, поглощая тепло, выделяет воду. Если полуводный гипс залить водой, то он вновь превращается в камень, поглощая воду.

В середине XX в. советский ученый А.В. Волженский решил совместить эти процессы и заставить известь работать на гипс, а гипс – на известь, помогая друг другу. Такое совмещение извести с гипсом позволило получить смешанное гипсоизвестковое (или известково-гипсовое) вяжущее.

Идея заключалась в том, чтобы заставить двуводный гипс, при обезвоживании, гасить негашеную известь CaO , а негашеную известь заставить выделяемым при гашении теплом работать на обезвоживание гипса. Смысл в том, что двуводный гипс обезвоживался добавкой негашеной извести.

Получаемое смешанное вяжущее состояло из смеси 45 – 60 % полуводного гипса 55 – 40 % извести-пушонки.

Свойство гипсового камня терять часть воды и превращаться в вяжущее, при дальнейшем увлажнении, было обнаружено в Египте, в местечке под названием Алабастром. Отсюда строительный гипс раньше назывался алебастр.

В 1936 году в Москве, впервые в СССР, был организован выпуск мелкоразмерных (1,25×0,75 м) листов гипсовой сухой штукатурки. Для организации отечественной гипсовой промышленности в 1944 году при Министерстве промышленности строительных материалов СССР РСФСР были созданы Главные управления гипсовой промышленности, в подчинение которым были переданы предприятия, сырьевые базы и строительство заводов. Также были созданы НИИ и проектные институты. К середине 60-х годов в СССР действовало более сотни гипсовых заводов.

Среди множества советских ученых – стройматериальщиков наиболее близко стоит профессор А.В. Волженский. Окончил в 1925г. химико-технологический факультет Томского технологического института. Гипсовыми вяжущими занимался с 30-х годов.

Волженским разработан экономичный метод приготовления смешанного, так называемого гипсо-известкового вяжущего для строительных растворов без затрат топлива на обжиг двуводного гипса. В 1951 – 1960 гг. им и его сотрудниками было также получено быстротвердеющее водостойкое (т. е. гидравлическое) гипсо-цементно-пуццолановое вяжущее (ГЦПВ).

Тема 6. РОМАНЦЕМЕНТ

Ни воздушная известь, ни воздушный гипс не могли удовлетворить возрастающие потребности строителей, особенно при строительстве гидротехнических сооружений, или опор мостов, находящихся в воде, дорог. Нужно было принципиально новое гидравлическое вяжущее и в больших количествах. И на смену извести пришло новое вяжущее, под названием романцемент, нечто среднее между гидравлической известью и современным портландцементом.

Гидравлическая известь получается обжигом сырья, содержащего примеси глины (например, из мергелистых известняков), но не доводимых до спекания (примерно при температуре 900 – 1000°C). Пройдут века и ученые установят, что при обжиге известняка содержащего примеси глины происходит не только разложение CaCO_3 на CaO и CO_2 , но и начнется химическое взаимодействие CaO с глинистыми примесями (с кремнеземом, глиноземом и т.д., содержащимися в глине). Начнут образовываться простейшие силикаты и алюминаты кальция. Именно они обладают свойствами твердеть в воде. Но этот продукт – простейшие силикаты и алюминаты кальция не гасится в воде. Его необходимо тонко размалывать.

В 1756г. в проливе Ла-Манш начал строительство маяка из камня 30-летний инженер Смитон. Предыдущие два маяка, построенные из дерева, были разрушены. Первый – бурей, второй сгорел от пожара. Вес камней достигал 2 – 3 тонн. Чем он склеивал громадные камни?

Смитон начал с поиска водостойкого гидравлического вяжущего из местного английского сырья. Смитон принялся обжигать различные виды природного сырья. Из продуктов обжига он формовал шары и опускал их в воду. И, наконец, дошел до желтовато-бурых известняков, содержащих примесь глины. И исследования на гидравлическую прочность продуктов обжига из этих известняков оказались положительными. Смитон получил водостойкое, гидравлическое вяжущее не из искусственной смеси извести и пуццоланы, а из природного сырья. Произошло это в 1757 г. На этом гидравлическом вяжущем и построил Смитон свой маяк.

Поиски Смитона продолжил его соотечественник, Джон Паркер. Он получил продукт который не гасится водой. Его приходилось размалывать. И в патенте, который получил Паркер в 1796г., продукт

этот был назван «романским» (т.е. римским) цементом, так как внешне был похож на итальянскую пуццолану.

Романцемент Паркера быстро завоевал рынок. В России первый большой цементный завод был построен в Петербурге в 1839г., который выпускал романцемент на цементном камне, привозимом из Англии.

Следующий крупный шаг в исследовании гидравлических вяжущих веществ сделал французский ученый Луи-Жозеф Вика. (1786 – 1861). Он создал первую научную классификацию известковых вяжущих и расшифровал причины их различной водостойкости (воздушная известь – не более 5 % глины, гидравлическая – 15 – 20 %, романцемент – до 20 – 30% глины).

В России производство гидравлических вяжущих веществ получило широкое развитие при Петре I, начавшем строительство города на Неве в начале XVIII века. Еще за 100 лет до французов и за 77 лет до англичан, гидравлическое вяжущее вещество из мергелей начали получать в России. Спрос на водостойкое вяжущее был огромный. В 1719г. Герасим Пустынников приискал в Копорском уезде камень, годный на цемент. А в 1720г. этот копорский мергель проник во все концы России. Меньше, чем за 15 лет под Петербургом выросло 5 цементных заводов.

Конечно, эти цементы были не портландцемент (ПЦ), который был получен позднее при обжиге сырья при температуре 1450°C.

Тема 7. ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ

В 1824г. был выдан патент англичанину Джозефу Аспдину на новое вяжущее под названием портландцемента. Аспдин хотел этим названием подчеркнуть, что новое вяжущее приобретает в затвердевшем виде светло-серый цвет портландского песчаника, то есть строительного камня из местечка под названием Портланд. Отсюда и «Портландцемент». Пуццолана получила свое название от итальянского местечка Поццуолли, гипс – от египетского местечка – Алабастрон, цемент – от английского местечка Портланд.

Джозеф Аспдин работал дорожным мастером, вел бродячий образ жизни, строил дома, мосты, дороги, работал на кирпичных и цементных заводах. Во время странствий набрел на небольшой завод, изготавливающий цемент. Исходное сырье было непостоянного со-

става. Непостоянным и получался продукт обжига. Но Джозеф задумал подавать в печь сырье, приготовленное искусственным смешиванием. Для этого надо было прежде всего размалывать исходное сырье – известняк. Это оказалось трудоемко и он отказался от этой затеи.

Но судьба забросила его в другой город на должность дорожно-го мастера. На этой работе ему досаждало то, что по шоссе непрерывно сновавшие кареты, повозки и др. транспортные средства, своими железными ободьями перетирали известняк, которым были вымощены дороги, в пыль. Эту пыль приходилось сметать в кучи. И Аспдин подумал: почему бы ее не использовать. Ведь это толченый известняк. И начались опыты с дорожной пылью (готовым размолотым известняком).

Дорожная пыль хорошо перемешивалась с глиной, давая однородную смесь. Осталось найти нужную пропорцию. Он формует комья, сушит, обжигает, размалывает. Полученный продукт (порошок) твердеет.

После тринадцати лет исканий Аспдин решил, что, наконец, нашел нужную пропорцию: 1,2 части известковой пыли и 1 часть глины. И 21 октября 1824г. ему выдается патент на портландцемент. выросло число заводов по производству цемента, но запасов дорожной пыли хватило ненадолго. Пришлось вновь размалывать известняк. Но на сей раз продукт получился хуже. Возведенные на аспдиновском цементе сооружения стали разрушаться.

В патенте не указывалось весовое соотношение компонентов. А что касается температуры обжига, то об этом сказано «обжиг до полного удаления углекислоты». Это соответствует приблизительно 900 – 1000°C. То есть обжигу обыкновенной извести.

Производством гидравлических вяжущих в это же время занимались и в России. В 1825г. в Москве вышла книга Егора Герасимовича Челиева под названием: «Полное наставление, как готовить дешевый и лучший Мергель или цемент, весьма прочный для подводных строений, как-то каналов, мостов, бассейнов, плотин, подвалов, погребов и штукатурки каменных и деревянных строений». Свои мысли Челиев излагал в виде производственной инструкции. Об открытии Аспдина он ничего не знал.

Описывая технологию своего вяжущего, Челиев обращает внимание на три обстоятельства, от которых зависит качество конечного продукта: выбор правильного соотношения составных частей смеси,

тщательное перемешивание этих частей друг с другом, сильный обжиг. Эти требования соблюдаются и в настоящее время. Под словами сильный обжиг Челиев подразумевал, что материал нужно раскалить добела, то есть нужно довести до частичного спекания, что соответствует 1100 – 1200°C. А Аспдин рекомендует обжиг до полного удаления углекислоты, что соответствует 900 – 1000°C. В этом принципиальное отличие рекомендации Челиева от рекомендации Аспдина.

Егор Челиев изобрел искусственный романцемент. А Аспдин изобрел название портландцемента, а до портландцемента было еще далеко. Позднее под этим названием стали применять вяжущее, полученное при более сильном обжиге – 1450°C.

В России производство портландцемента зародилось в середине XIX века.

История создания вращающихся печей для обжига (получения) клинкера. Первая вращающаяся печь была оборудована в Америке в 1889г. Печь имела в длину 15м, а диаметр 1,5м. Производительность ее составляла около 1 тонны клинкера в час. Достоинства вращающейся печи – уменьшение количества обслуживающего персонала, высокая культура производства. Недостаток – высокий расход топлива.

Первая вращающаяся печь заработала в Западной Европе в 1898г. (Дания). В России первая печь была пущена в эксплуатацию в 1906г. под Баку. А через восемь лет в России на 33-х цементных заводах насчитывалось 77 вращающихся печей, длиной 30 – 50м.

Объем мирового производства цемента в начале 1900-х годов составил 10 – 12 млн.тонн, а в1913г. – около 40 млн. тонн, в том числе в России – 1,8 млн. тонн.

Портландцемент – продукт тонкого помола (измельчения) клинкера с добавкой гипса в пределах 3 – 5% (для регулирования свойств цемента). Клинкер – слово немецкое и означает звенеть. Клинкер получается при обжиге сырьевой шихты в печи в виде спекшихся прочных гранул размером 10 – 40мм. Эти гранулы химически неактивны, влаги не боятся, их можно транспортировать в открытых транспортных средствах (баржи, вагоны, автосамосвалы) с последующим помолом и использованием свежего цемента по месту потребления. Чтобы клинкер стал цементом, его надо размолоть в тонкий порошок. Этот процесс очень энергоемкий. Размолотый в порошок клинкер и

есть цемент. Но, как правило, клинкер размалывается по месту его производства – на цементных заводах.

Клинкер получают обжигом при температуре 1450°C сырьевой смеси, состоящей в основном из различных видов известняка, глин, мергелей, доменных шлаков. Но главнейшими компонентами исходного сырья являются известняк и глина. Поэтому в портландцементе преобладают силикаты кальция (70 – 80%).

Свойства портландцемента определяет качество клинкера, а качество клинкера зависит от его химического и минералогического состава, тщательности подготовки сырьевой массы и постоянства ее состава, условий режима обжига и охлаждения.

Поскольку исходное сырье (известняк и глина) может иметь разный химический состав, то предварительно его подвергают химическому анализу. Химический состав клинкера определяется содержанием в его составе оксидов (% по массе), причем главные из них: CaO – 63 – 66 %; SiO₂ – 21 – 24 %; Al₂O₃ – 4 – 8 % и Fe₂O₃ – 2 – 4 %. Их суммарное количество составляет 95 – 97 %.

В процессе обжига, доводимого до спекания при температуре 1450°C, образуются силикаты, алюминаты, алюмоферрит кальция в виде минералов кристаллической структуры, а некоторые из них входят в стекловидную фазу. Они и определяют качество клинкера и соответственно и цемента.

Основными минералами клинкера являются: алит (3CaO·SiO₂), белит (2CaO·SiO₂), трехкальциевый алюминат-целит (3CaO·Al₂O₃) и четырехкальциевый алюмоферрит (4CaO·Al₂O₃·Fe₂O₃).

Гидратация алита и белита, в основном определяет строительные свойства портландцемента. Алит и белит являются основными минералами клинкера портландцемента. Минералы получаются в печи в разное время, в разной последовательности, при разной температуре и имеют разные свойства, по-разному влияющие на качество и (свойства) цементов.

По мере повышения температуры в обжигаемом сырье последовательно происходят следующие изменения:

- 1) при температуре 105°C испаряется свободная вода;
- 2) при температуре до 750°C отделяется вода, химически связанная в каолине, входящем в состав глины;
- 3) при температуре 800 – 910°C разлагается углекислый кальций (известняк) по реакции:

$\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$, причем углекислый газ вместе с продуктами горения уносится в трубу печи обжига;

4) при температуре свыше 1200°C свободная окись кальция (CaO) соединяется вместе с глиноземом, окисью железа и кремнеземом. Иначе говоря, известь вступает в реакцию с компонентами глины. При этом по мере повышения температуры в печи с 1200°C до 1450°C последовательно образуются клинкерные минералы: алюмофериты кальция, двухкальциевый силикат, и, наконец трехкальциевый силикат, главный компонент портландцемента.

Обращаем внимание: главнейший компонент портландцемента – трехкальциевый силикат или алит получается при температуре 1450°C . Поэтому температуру обжига нужно доводить до 1450°C , чтобы получить алит.

В зависимости от наличия в портландцементе алита или белита (больше или меньше от стандартного портландцемента) эти цементы называют алитовыми или белитовыми.

Когда мы говорим о свойствах цемента, то имеется в виду не только их активность (прочность, марку), но и способность твердеть в разных условиях. Например, белитовые цементы твердеют вначале медленно, а глиноземистый (целитовый) твердеет очень быстро. Отсюда и область применения тех или иных видов цемента. Самым распространенным видом портландцемента является алитовый.

Патент на быстротвердеющий цемент был получен французской фирмой в 1908г. Этот вид цемента содержал около 48 % глинозема 5 % кремнезема. Его назвали глиноземистым или алиминатным, так как в нем преобладает глинозем.

Подводя итоги скажем:

- портландцемент – алитовый;
- пуццоланизированные (медленно твердеющие) цементы - белитовые;
- быстротвердеющие глиноземистые цементы – целитовые.

Тема 8. БЕТОН

Бетон наибольшее развитие получил у древних людей в эпоху древнеримского государства, где он употреблялся как строительный материал с IV в. до н.э. Древний Рим достиг огромного успеха в технике и технологии строительного производства. Это было сильное,

огромное государство с большими объемами строительных работ (амфитеатры, стадионы, крепостные стены, дороги). Строительство развивалось в результате завоевательной политики и обогащения за счет войн.

В 64г. н.э. в Риме после страшного пожара император Нерон запретил употребление дерева в стенах, уменьшил высоту зданий, приказал строить дома на некотором расстоянии друг от друга и при них делать просторные дворы. Потребовался новый материал – прочный долговечный и относительно дешевый. Таким материалом оказался бетон.

В древнем Риме не было слова бетон. Оно появилось в XVIII веке во Франции. Римляне литую кладку с каменным заполнителем называли греческим словом «эмплектон», а также употреблялось словосочетание «опус-цементум», которым стали называть римский бетон.

Трудно точно сказать где и когда впервые применялся бетон. великая Китайская стена, строительство которой было начато в 214г. до н.э., сооружена в основном из бетона. В Греции в VI в. до н.э. для покрытия полов использовался мелкозернистый бетон.

Первоначальный римский бетон напоминал современную бутовую кладку, где в качестве сердечника служили крупные битые камни или валуны, скрепленные известковым раствором, а в качестве облицовки – две параллельные стены из крупных естественных камней, также связанных раствором из извести и песка.

Примерно с первой четверти I в. до н.э. состав бетона меняется. Улучшается качество заполнителей за счет более разнообразного зернового состава. В связи с этим повышается прочность бетона.

На юге Италии, в районе Поццуоли вместо обычного песка для раствора и бетона местные жители стали применять пуццоланы, обладающие химической активностью, превращая известково-пуццолановый раствор в гидравлическое водостойкое вяжущее.

В правление римского императора Августа широко стали применять монолитный бетон. Начали стандартизировать состав бетона, устанавливать предельную крупность заполнителя (100мм). Постепенно бетон полностью вытесняет дерево и к концу I в. н.э. бетон занял лидирующее положение среди основных конструктивных строительных материалов.

В 123г. заканчивается в Риме строительство Пантеона, диаметр бетонного купола которого 43м до XIX в. оставался рекордным для данного типа бетонных конструкций.

В последующие времена особых изменений в производстве бетонных работ не произошло до изобретения цемента вначале XIX в. Основным вяжущим веществом в те времена служила известь, вероятнее всего с добавкой пуццоланы или других гидравлических добавок, в том числе и искусственной пуццоланы-цемянки.

Особое развитие производство бетона получило с изобретением портландцемента XIXв. и началом транспортного строительства (портовые сооружения, железнодорожное строительство). В конце XIX – начале XX веков бетон, уже на цементе, становится основным конструкционным материалом. Усиливаются исследования бетона, решаются технологические и технические проблемы. Большой размах эти исследования получили в России Западной Европе и Америке.

Развитие капитализма и соответственно промышленного и транспортного строительства потребовало нового материала, которым становится цементный бетон и железобетон на его основе.

После краткой истории, поставим вопрос так: что такое бетон в нашем современном понятии, какова классификация бетонов?

***Бетонами** называют искусственные каменные материалы, получаемые в результате затвердевания тщательно перемешанной и уплотненной смеси из вяжущего вещества с водой (реже без воды, например асфальтобетон), мелкого и крупного заполнителей, взятых в определенных пропорциях. До затвердевания эта смесь называется **бетонной смесью**. Иначе говоря, бетон есть затвердевшая (окаменевшая) бетонная смесь.*

В качестве вяжущего вещества обычно применяют цемент или другой вид минерального (неорганического) вяжущего (например, гипс). В этом случае бетоны называют цементными или гипсовыми. Но в качестве вяжущего вещества могут применяться и вяжущие органического происхождения, например, битумы или полимеры. В этом случае их называют асфальтобетонами или полимербетонами. Принципиальная разница между этими двумя видами вяжущих веществ заключается в том, что бетоны на минеральных вяжущих (цементные, гипсовые) приготавливаются на воде и затвердевают они в результате химического взаимодействия вяжущего с водой. В этом случае вяжущее (например, цемент) и вода являются **активными**

компонентами бетона, а заполнители (песок, щебень, гравий) - неактивными. Иначе их называют инертными, за исключением силикатных бетонов (например, известково-песчаных, получаемых путем автоклавного твердения, где все компоненты являются активными).

Заполнители составляют около 85 % объема бетона. Поэтому заполнители называют местными материалами.

В Кузбассе в качестве заполнителей используют отходы металлургического производства, что способствует охране окружающей среды, улучшению экологии.

В строительстве широко применяют легкие бетоны на основе пористых материалов, которые могут быть природного происхождения, например, пемза или туф, или искусственного (керамзит, аглопорит). Пористые заполнители снижают плотность бетона, улучшают теплофизические свойства. Отсюда и бетоны на тяжелых заполнителях (гравий или щебень из горных пород: гранита, известняка) называют тяжелыми и легкими (приготовленными на легких пористых заполнителях природного или искусственного происхождения). С начала XX в. стали использовать и так называемые ячеистые бетоны (особо легкие бетоны). А в конце XX и с начала XXI века получил распространение полистиролбетон. Бетон с органическим легким заполнителем.

Для регулирования свойств бетонной смеси и бетона в их состав вводят различные химические добавки, которые ускоряют или замедляют схватывание (твердение) бетонной смеси, делают ее более пластичной и удобоукладываемой, повышают физико-механические свойства бетона (прочность, морозостойкость), а также при необходимости изменяют в требуемом направлении и другие свойства бетона.

По средней плотности бетоны подразделяются на особо тяжелые со средней плотностью более 2500 кг/м³, тяжелые (обычные) – 1800 – 2500 кг/м³, легкие – 500 – 1800 кг/м³, особо легкие – менее 500 кг/м³.

В строительстве наиболее широкое применение нашли обычные тяжелые бетоны со средней плотностью 2100 – 2500 кг/м³ на плотных заполнителях из горных пород (гранита, известняка).

Из легких бетонов наибольшее применение получили бетоны на искусственных заполнителях (керамзите) и ячеистые бетоны (газобетоны и пенобетоны). В качестве вяжущего наибольшее применение получил портландцемент.

Свойства бетона на неорганических вяжущих (например, цементе) можно улучшать путем пропитки мономерами с последующим их отверждением в порах и капиллярах бетона. Такие материалы называют **бетонополимерами**.

Для специальных целей используют специальные бетоны – кислотоупорные, жаростойкие и другие.

В зависимости от области применения различают обычный бетон для железобетонных конструкций, гидротехнический бетон, бетон для ограждающих конструкций, бетон для полов, дорожных покрытий, аэродромных покрытий, бетоны специального назначения.

Поэтому в зависимости от назначения бетоны должны удовлетворять определенным требованиям (прочности, морозостойкости, легкости, теплопроводности, водонепроницаемости, истираемости, коррозионной стойкости и т.д.).

В рабочих чертежах конструкций или в стандартах на сборные железобетонные изделия обычно указываются требования к прочности бетона или его марка. Марка тяжелого бетона определяется пределом прочности при сжатии стандартных образцов размером $20 \times 20 \times 20$ см, изготовленных из рабочей бетонной смеси в металлических формах и испытанных в возрасте 28 суток (четыре недели) твердения в нормальных условиях (температура $15 - 20^\circ\text{C}$, относительная влажность окружающей среды воздуха $90 - 100\%$). Строительными нормами и правилами для тяжелых бетонов установлены соответствующие марки (классы).

Кубы размером $20 \times 20 \times 20$ см применяют в том случае, когда наибольшая крупность зерен заполнителя 60мм . При другой крупности заполнителя можно использовать кубы иных размеров, однако размер ребра контрольного бетонного образца должен быть примерно в три раза больше максимальной крупности зерен заполнителя. Для определения марки (прочности) бетона на кубах с размерами, отличными от $20 \times 20 \times 20$ см, вводят переходные коэффициенты, на которые умножается полученная в опытах прочность бетона: для кубов $10 \times 10 \times 10$ см переходный коэффициент принят $0,85$, для $15 \times 15 \times 15$ см – $0,9$.

Марку (класс) легкого бетона определяют при сжатии стандартных кубов $15 \times 15 \times 15$ см. при этом переходный коэффициент не вводится.

Одним из самых распространенных видов композиционных конструктивных строительных материалов XX века был бетон. Когда строители начинают профессиональный разговор о бетоне, то их, в первую очередь, интересует его прочность и долговечность.

Бетоны бывают мелкозернистые и крупнозернистые. Мелкозернистые называют растворами, состоящими из вяжущего (цемент) и песка. В крупнозернистые в качестве заполнителей добавляют гравий или щебень. Таким образом, основными компонентами обычного бетона являются цемент, песок, щебень (или гравий) и вода.

Основным техническим показателем бетона является прочность. Прочность бетона зависит от многих факторов, но главными являются качество цемента и заполнителей, соотношение между составляющими (цементом, песком, щебнем и водой). Прочность бетона в определенный срок при твердении в нормальных условиях зависит, главным образом, от прочности (активности, марки) цемента (точнее цементного камня) и соотношения воды и цемента. Отношение массы (количества) воды к массе цемента (по весу) в свежеприготовленной бетонной смеси принято называть водоцементным отношением (В/Ц). Поэтому можно сказать, что прочность бетона повышается с увеличением прочности (активности, марки) цемента (цементного камня) и уменьшением водоцементного отношения.

В процессе твердения цементно-водной массы, смеси (цементного теста) между водой и цементом протекает химическая реакция, так называемая гидратация цемента. В процессе гидратации цемент присоединяет всего 15 – 20% воды от массы цемента. В течение одного месяца твердения бетона в нормальных условиях (температура 20°C, влажность 100%) связывается не более 20 % воды от массы цемента. Вместе с тем для придания бетонной смеси требуемой пластичности (удобоукладываемости) в нее добавляют воды значительно больше (40-70% от массы цемента). Иначе говоря, теоретически $V/C = 0,15...0,20$, а фактически в производственных условиях его повышают до $V/C = 0,4...0,7$. Это увеличение воды (избыточная вода) хотя и улучшает **технологические** свойства бетонной смеси, все-таки ухудшает технические свойства бетона. Избыточная вода, не вступившая в химическую реакцию с цементом, остается в бетоне в виде водяных пор и капилляров или испаряется, оставляя воздушные поры. В обоих случаях бетон будет ослаблен наличием пор и чем больше будет этих пор, то есть, чем больше будет V/C , тем ниже будет

прочность бетона. Таким образом, закон водоцементного отношения выражает зависимость прочности бетона от его плотности или пористости.

Строителям, приступившим к сооружению бетонных или железобетонных объектов (конструкций), первое, что нужно сделать – это определить состав бетона, рассчитать количество и соотношение компонентов.

Состав бетона, должен быть запроектирован в соответствии с теми требованиями, которым материал должен удовлетворять в эксплуатируемом сооружении, и, кроме того, сообразуясь с имеющимися в распоряжении строителей средствами.

Разновидностью бетона являются легкие бетоны на пористых заполнителях. В зависимости от вида легких пористых заполнителей эти бетоны получили названия: керамзитобетон, аглопоритобетон, вермикулитобетон, перлитобетон, пемзобетон, туфобетон. А также бетоны на основе отходов металлургического производства. Они отличаются от тяжелых бетонов тем, что здесь в качестве заполнителей используются легкие пористые заполнители природного или искусственного происхождения.

Рассмотрим керамзитобетон. Керамзитобетон применяется как в ограждающих, так и в несущих конструкциях. Его применение эффективно в условиях сейсмичности, так как снижается масса зданий и сооружений, следовательно, повышается их сейсмостойкость.

Прочность керамзитобетона в зависимости от керамзита может изменяться в пределах – от 25 до 300 кг/см².

Обычно керамзитобетоны подразделяются на конструктивно-теплоизоляционные со средней плотностью 500 – 1400 кг/м³ и прочностью 25 – 100 КГ/см² и конструкционные со средней плотностью 1400 – 1800 кг/м³ и прочностью 100 – 300 КГ/см².

По структуре различают плотные или обычные легкие бетоны, в которых раствор на тяжелом или легком песке полностью заполняет межзерновое пространство крупного заполнителя. А так же керамзитобетоны с поризованным раствором, то есть когда межзерновые пустоты заполнены ячеистым бетоном. Иногда бетоны облегчают за счет исключения растворной части из бетона, то есть когда бетоны изготавливают без песка (беспесчаные или крупнопористые бетоны).

Пористые заполнители имеют невысокую прочность, обычно ниже прочности цементного камня. Поэтому введение таких заполни-

телей (например, керамзита) в состав бетона приводит к снижению его прочности по сравнению с обычным тяжелым бетоном на прочных плотных заполнителях из природных горных пород, причем тем в большей степени, чем больше содержание керамзита и меньше средняя плотность (больше пористость и меньше прочность).

Среди пористых заполнителей наибольшее распространение получил керамзит – искусственный вспученный пористый материал, полученный быстрым обжигом легкоплавких, глинистых пород.

Первые опыты по вспучиванию глин с целью получения пористых теплоизоляционных изделий в России были проведены в 1902-1906 гг. на кирпичном заводе в Ташкенте. Были получены керамзитовые блоки путем вспучивания кирпича-сырца и последующего распила для получения штучных изделий.

В 1925г. Е.В. Костырко проводил исследования по получению пористых заполнителей для бетона путем обжига вспучивающихся кирпичных глин и дробления их в щебень. Получаемый при таком способе заполнитель Костырко назвал **керамзитом**, соответственно и бетон получил название керамзитобетона.

В наше время пористые заполнители, получаемые вспучиванием глинистых пород во вращающихся печах, именуется **керамзитом**, а пористые заполнители, получаемые спеканием на агломерационных решетках – **аглопоритом**.

В 1955г. «Волгоградгидрострой» построил опытную керамзитовую установку производительностью 1 м³/ч. В 1956г. был сдан в эксплуатацию завод производительностью 110 тыс. м³ керамзита в год в г. Волжском, где и началось массовое крупноблочное и крупнопанельное домостроение из керамзитобетона. С 1956 по 1961 гг. в СССР было построено более 60 керамзитовых заводов, цехов и установок общей мощностью свыше 4 млн. м³ керамзита в год.

Представителями особо легких бетонов являются ячеистые бетоны – газобетон и пенобетон. Газобетон – особо легкий бетон с большим количеством (до 85% от общего объема бетона) мелких пор, вернее ячеек. Точно таким же является и пенобетон. Оба вида этих бетонов составляют группу особо легких бетонов под общим названием **ячеистые бетоны**. Ячеистость, то есть пористость, этим бетонам придается двумя способами: химическим и механическим. Газобетон есть продукт химической технологии, пенобетон – механической.

Основными компонентами ячеистых бетонов являются известь, цемент, мелкоизмельченный кварцевый песок (или другое сырье, содержащее необходимое количество SiO_2), вода и ячейкообразователь (порообразователь). Как правило, ячеистые бетоны подвергают тепловлажностной обработке в автоклавах (под давлением 8-10 атмосфер и температуре 175°C). В этих условиях песок (SiO_2) является **активным** компонентом, вступающим в реакцию с известью или цементом (в обычных бетонах заполнители являются, как мы уже говорили, инертными).

Газобетон получают смешиванием всех компонентов с **газообразователем**, в качестве которого обычно применяют алюминиевую пудру, которая вступает в химическое взаимодействие с известью или цементом, выделяя водород. Это газообразование вспучивает пластичную массу сырьевых компонентов, находящихся еще в жидком, пластичном состоянии. Схватывание вяжущего и последующее твердение образуют ячеистый бетон – в данном случае **газобетон**. Поэтому эту технологию называют **химической** (основанной на газообразовании).

Пенобетон предусматривает трехступенчатую технологию. Предварительно в бетоносмесителе приготавливают пластичную смесь воды, вяжущего и мелкоизмельченного кварцевого песка (или другого сырья, содержащего SiO_2). Параллельно приготавливают пену в специальном пеногенераторе. Пенообразователями служат разные материалы, например, экстракт из мыльного (смолосапонинового) корня, гидролизованная кровь («ГК») и т. д. И в заключение приготовленную массу вяжущего смешивают с пеной. Этой пенобетонной массой заливают формы и изделие подвергают (как и газобетон) автоклавной термообработке.

Так принципиально получают газобетон и пенобетон. Итак, производство газобетона есть **химическая технология**, а пенобетона – **механическая** (сбивание пены, перемешивание компонентов). Производство ячеистого бетона (особенно газобетона) требует исключительной технологической дисциплины, и очень многое зависит от человеческого фактора, культуры производства.

Газобетон впервые получил в 1889г. Гофман (Прага), примешивая к пластичным цементным и гипсовым растворам кислоты и углекислые или хлористые соли, выделяющие при химическом взаимодействии газ, который создавал пористое (ячеистое) строение затвер-

девшего раствора. Но этот патент не получил практического применения.

В 1920г. Эрикссон (Швеция) предложил вспучивать пластическую массу (смесь извести с тонко измельченными кремнеземистыми веществами и добавкой цемента в пределах 10 %) алюминиевым порошком, взаимодействующим с известью $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Твердение поризованной известково-кремнеземистой массы предусматривалось осуществлять в автоклаве при давлении 8 атмосфер.

В дальнейшем развитие технологии газобетона по способу Эрикссона пошло двумя путями: один путь привел к началу производства газосиликата, названного **итонгом** (первая буква – от названия места, где в 1929г. была построена первая фабрика этого материала, и остальное – окончание шведского слова бетон).

Это был пористый бетон автоклавного твердения, получаемый из смеси извести с кремнеземистыми добавками, но **без цемента**.

Второй путь привел в 1934г. к другой разновидности газобетона – **сипорексу** на основе портландцемента и кремнеземистых веществ, но **без извести**. По этим двум направлениям стало развиваться производство газобетона в середине 30-х годов XX века во многих странах мира. К началу 70-х годов заводы газобетона «итонг» и «сипорекс», кроме Швеции, действовали в различных странах с различными климатическими условиями.

В 1911г. датский инженер Байер впервые получил другой вид ячеистого бетона путем смешивания растворов вяжущих веществ с пеной – **пенобетон**. Практическое изготовление пенобетона этим способом началось в 1925г. сначала в Дании, затем в Германии. Пенобетон был менее распространен чем газобетон. В СССР исследования в области производства и применения ячеистых бетонов начались с 1928г. Впервые изготовление автоклавных пенобетонных изделий началось в 1940г. в Новосибирске и Челябинске. С 1950 по 1960 гг. было построено более 70 заводов и цехов при заводах железобетонных изделий по производству газобетонных и пенобетонных изделий.

Тема 9. ЖЕЛЕЗОБЕТОН

Слово «железобетон» говорит о том, что это – продукт совместной работы железа и бетона, двух совершенно разных материалов. Как известно, металл хорошо работает как на сжатие, так и на изгиб и

растяжение. Бетон же, как и природный камень, хорошо работает на сжатие, но плохо – на растяжение и изгиб. Люди стали предпринимать меры, чтобы заставить бетон работать на изгиб. Слово арматура в переводе с латинского означает «вооружение», «укрепление».

Первой армированной железобетонной конструкцией можно считать обыкновенную лодку, изготовленную французом Ламбо в 1849г. Она представляла собой проволочную сетку, обмазанную с обеих сторон цементным раствором с толщиной стенок и днища 4 – 5см. Эта железобетонная лодка демонстрировалась на Всемирной выставке в Париже в 1855г.

Официально железобетон был изобретен в 1867г. французом Жозефом Монье, получившим патент на изготовление цветочных кадок из проволочной сетки, обмазанной с обеих сторон цементным раствором («Кадки и резервуары из железной сетки, покрытой цементом»). Монье изготавливал цементобетонные кадки для цветов. Развивающаяся корневая система растения давила на стенки кадки, они давали трещины, растрескивались и разваливались. Тогда он догадался обмотать цементобетонные кадки проволокой (как обручи) и, чтобы сохранить проволоку от коррозии, опять-таки догадывается обмазать ее цементным раствором (рисунок 12). Вот вам и железобетон. Арматура оказалась в середине, в центре между двумя слоями бетона.

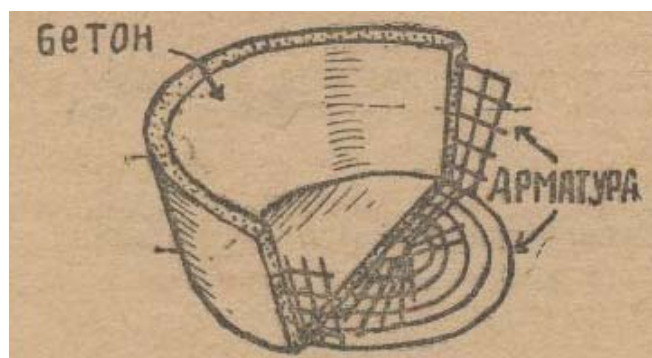


Рисунок 12 – Железобетонная кадка Монье

Эти кадки имели большой успех и садовник Монье разрабатывает новые железобетонные конструкции. В 1868г. он соорудил небольшой железобетонный бассейн емкостью 200м³ и сделал заявку на резервуар и трубы. В 1869г. Монье построил железобетонное перекрытие и подал заявку на плиты и перегородки, а в 1875г. построил первый железобетонный мост длиной 16м и шириной 4м.

Тема 10. СТЕКЛО

Стекло является одним из важнейших искусственных материалов. В свое время вулканы много «наработали» этого материала в виде «вулканического стекла» под названием **обсидиан**. Это стекловатая, вулканическая горная порода. Образуется обсидиан при застывании лавы. Легко полируется. Применяется для поделок.

Как конструкционный материал стекло занимает третье место после металла и дерева.

Керамику и керамические изделия обжигают при температуре не выше, чем до температуры спекания, не доводя до расплавления. Стеклянным материалам и изделиям в отличие от керамических требуемая форма придается после расплавления сырья.

Стеклом называют все аморфные тела, получаемые путем охлаждения расплава, независимо от их химического состава и температурной области затвердевания, обладающие в результате постепенного увеличения вязкости механическими свойствами твердых тел, причем процесс перехода из жидкого состояния в стеклообразное (твердое) должен быть обратимым.

Что касается слова «аморфное», то под этим греческим термином «аморфос» («а» – отрицание, «морфо» – форма) понимается **бесформенный**, то есть не имеющий кристаллического строения. В аморфном теле атомы, молекулы или другие частицы, из которых оно построено, в противоположность **кристаллу**, расположены беспорядочно.

Основным сырьем для изготовления стекла являются кварцевые пески, известняк и сульфат натрия. Высококачественные стекольные пески содержат мало примесей, в частности оксида железа, придающего стеклу зеленоватую окраску. Чтобы снизить температуру варки стекла и ускорить процесс стеклообразования, в стекольную шихту вводят соду, сульфат натрия, поташ.

При варке смеси чистого песка SiO_2 и соды Na_2CO_3 образуется полупрозрачная стеклообразная масса Na_2SiO_3 , растворяющаяся в воде (так называемое «растворимое стекло»). Благодаря введению в шихту CaO в виде известняка CaCO_3 (или доломита) стекло становится нерастворимым в воде.

Варка строительного силикатного стекла производится в стекловарочных печах при температуре до 1500°C . В процессе стекловаре-

ния, начиная с температуры 800 – 900 °С, протекает стадия силикатообразования.

К концу следующей стадии стеклообразования (1150 – 1200°С) масса становится прозрачной, но в ней еще содержится много газовых пузырей. Дегазация (т.е. удаление газа) заканчивается при температуре 1400 – 1500°С. К ее концу стекломасса освобождается от газовых включений и становится однородной. Иногда (например, в оконных стеклах) можно заметить «точки», «пузырьки». Это и есть газовые пузырьки, свидетельствующие о некачественном оконном стекле. Для достижения необходимой для формования рабочей вязкости температуру массы снижают на 200 – 300°С. Вязкость массы зависит от ее химического состава. Существуют добавки (оксиды), повышающие или понижающие вязкость стекломассы. Переход от жидкого состояния в стеклообразное (твердое) является обратимым процессом.

Строительное стекло имеет следующий примерный химический состав (% по массе): SiO₂ – 71 – 73; Na₂O – 13 – 15; CaO – 8,8 – 10,5; MgO – 1 – 4; Al₂O₃ – 0,5 – 1; Fe₂O₃ – 0 – 1; K₂O – до 1; SO₃ – 0,3 – 0,7.

Производство стекла возникло очень давно. В Египте умели изготавливать стекло за 3000 лет до н.э. В I в. до н.э. Искусство производства стекла проникло из Египта в Италию. В XIII в. Венеция, куда были насильственно переселены стеклоделы, становится мировым центром стеклоделия. В 1291г. все стеклоделы были переселены на остров Мурано (в 2км от Венеции) под предлогом пожарной безопасности, а на самом деле для лучшего наблюдения за ними. Стеклоделам было запрещено покидать пределы Венецианской республики. Выдача профессиональной тайны каралась смертью.

В XVII в. возникают первые стекольные заводы в ряде стран Европы, и в том числе в 1635г. первый завод в России (близ г. Воскресенска). Примерно через 30 лет началось строительство второго стекольного завода в селе Измайлово под Москвой. В XVIII в. в предместьях Москвы существовало уже шесть стекольных заводов. В 1752г. было дано «позволение профессору Ломоносову завести фабрику для делания разноцветных стекол, бисеру, стеклярусу и других галантерейных вещей». В 1812г. стекольных заводов насчитывалось уже 156, а к 1913г. в России работало 275 стекольных заводов. Эти заводы выпустили в 1913г. 24 млн. м² стекла. Однако в целом производство стекла в России было крайне отсталым.

В 1918г. был создан Научно-исследовательский институт силикатов. Начиная с 1950г. стекольная промышленность быстро развивается и в 80-е годы заняла ведущее положение в мире по выпуску оконного стекла. Также возросло производство новых материалов и изделий профильного стекла, стеклопакетов, стеклопанелей, стеклянных труб, стекловолокон, стеклопластиков.

В 70 – 80-х годах выделился новый тип строительных конструкций – конструкции светопрозрачных ограждений гражданских и промышленных зданий. Стекло стало конструкционным строительным материалом наравне с металлом и железобетоном. В этот период выпуск стекла составлял 250 – 260 млн. м².

Первым русским ученым и основоположником научного стеклоделия в России является М.В. Ломоносов. Им было впервые осуществлено опробование ряда окислов как стеклообразующих компонентов. Его исследования являются первыми в истории науки и техники стеклоделия.

Тема 11. ПОЛИМЕРЫ

Слово «Полимеры» состоит из двух греческих слов – «поли», то есть много, и «мерос», то есть часть, доля, мера. Термин полимеры ввел в научный лексикон в 1833г. шведский химик и минералог И.Я. Берцелиус.

Полимерами называют высокомолекулярные соединения, в которых молекулы состоят из многократно повторяющихся элементарных звеньев одинаковой структуры.

Полимерными называют материалы, в состав которых в качестве основного компонента входят полимеры, то есть высокомолекулярные органические вещества.

Благодаря способности в процессе переработки принимать требуемую форму и сохранять ее после снятия действующих усилий полимерные материалы называют также пластическими массами (пластмассами). Слово «пластичность» греческое, означает годный для лепки, податливый. Отсюда пластичная глина, пластичная масса.

В зависимости от характера превращений, происходящих с полимером при формовании, пластмассы подразделяются на два вида: термопласты и реактопласты. Основные методы переработки термопластов – литье под давлением, экструзия, вакуумирование, пневмо-

формование. Основные же методы переработки реактопластов – прессование и литье под давлением.

Термопласты в отличие от реактопластов могут менять свою форму под влиянием температуры, а реактопласты не меняют своей формы.

Пластмассы, применяемые в строительстве, представляют собой обычно сложные композиции, состоящие из полимерного связующего (склеивающего) вещества, наполнителей (в отличие от цементных бетонов - заполнителей), стабилизаторов, пластификаторов, отвердителей и других компонентов (составляющих).

В качестве наполнителей в пластмассах применяют вещества порошкообразные, волокнистые и в виде листов. Обращаем внимание: в обычных цементных бетонах их называют заполнителями (щебень, гравий, песок), а в пластмассах – наполнителями (слюда, песок, известняк, асбестовое волокно, древесное волокно, стеклянное волокно, хлопчатобумажная ткань, стеклянная ткань, асбестовый картон, древесные стружки, шпон).

Таким образом, наполнители бывают порошкообразные, волокнистые, листовые. Порошкообразные наполнители являются веществами минерального происхождения. Они придают пластмассе новые свойства и повышают их твердость, удешевляют производство и увеличивают долговечность продукции, что особенно важно для пластмасс, применяемых в строительстве.

Полимеры имеют давнюю историю. В X – XI веках в России производились разнообразные краски, а в позднее развито производство пленкообразующих (олиф и лаков).

В царствование Ивана Грозного потребовалось систематизировать накопившийся за многие столетия опыт производства строительных материалов. При нем в 1584 г. был преобразован «Строительный Устав» Ярослава Мудрого (составленный по греческим правилам) в «Приказ каменных дел» (т.е. в администрацию, контору, или как сегодня в «департамент»). Отсюда и слово «приказчик», то есть служащий.

Именно этот «Приказ» (учреждение) руководил в России строительным производством, пока Петр I не преобразовал «Приказ» в «Канцелярию строений».

И в 60-х годах XIX века (с отменой крепостного права Александром II) когда резко стало возрастать производство строительных ма-

териалов появляется вместо «Канцелярии строений» слово «Министерство».

В 1946г. в СССР началось изготовление теплоизоляционных пластмасс-пенопластов из карбамидных смол. Эти пенопласты были названы «мипорой».

Промышленность полимерных строительных материалов – одна из самых молодых отраслей промышленности строительных материалов. В 1952г. на трех заводах в Литве, на Украине и на Мытищинском заводе силикатного кирпича в России было начато производство линолеума на тканевой основе. Затем этот завод стал крупнейшим производителем поливинилхлоридных материалов для полов, стеклопластиков, полистирольного пенопласта.

Затем широкое распространение получили полимербетонные полы в тех производственных помещениях, где технологические процессы связаны с наличием сильных агрессивных сред, где значительные нагрузки и значительная истираемость, и где температура превышает нормальную.

Полимеры и материалы на их основе в бетоне применяют:

- в виде добавок в бетонную смесь;
- в качестве вяжущего;
- для пропитки готовых бетонных и легкобетонных изделий;
- в виде легких заполнителей или модификации свойств минеральных заполнителей;
- в качестве конструктивной и рабочей арматуры в железобетонных изделиях и конструкциях, заменяя в некоторых случаях стальную арматуру.

Полимеры и синтетические смолы способствовали разработке эффективных строительных материалов для теплоизоляции зданий. Изготовленные на их основе пенопласты имеют значительно меньший вес, чем традиционные теплоизоляционные материалы на минеральных вяжущих веществах (например, ячеистые бетоны) и отличаются высокими теплоизолирующими свойствами.

Это позволило снизить толщину теплоизоляционных слоев в ограждающих конструкциях (например в трехслойных стеновых панелях) до 5см, что по теплозащитным свойствам не уступает конструкциям из кирпича толщиной 60см или ячеистого бетона 15см.

В 60 – 70 годы в производстве минераловатных плит стали применять синтетические смолы в качестве связующего (клея). И масса

этих материалов снизилась в 2 раза по сравнению с подобными материалами, где связующим служил битум. Соответственно и теплоизоляционные качества лучше.

В 70 – 80 годах резко развивается производство герметизирующих материалов мастик и прокладок. Так как в это время много строилось крупнопанельных и каркасно-панельных домов, в которых необходима надежная герметизация стыков панелей.

С 60-х годов появляются крупные предприятия, выпускающие отделочные материалы, которые можно разделить на группы:

- материалы и изделия для покрытия полов;
- для отделки и облицовки стен, потолков, встроенной мебели;
- погонажные архитектурно-строительные материалы;
- вспомогательные (клеи, мастики).

Отделочными материалами называют строительные материалы, применяемые для отделки и облицовки зданий и сооружений с целью повышения их эксплуатационных и эстетических качеств.

В недалеком прошлом в качестве отделочных материалов применялись главным образом традиционные материалы: штукатурные растворы, краски и лаки, мраморный природный камень, обои, дерево, стекло и металл. И только в 60 – 70 годах появляются новые полимерные материалы, которые сегодня составляют наиболее многочисленную группу.

Существенным фактором, повлиявшим на развитие производства полимерных материалов являются простота и переработка их в изделия, неограниченные сырьевые ресурсы и относительно небольшие капитальные затраты на организацию производства (по сравнению с производством традиционных строительных материалов).

Достоинством полимерных изделий являются то, что они сочетают в себе легкость и прочность (высокий коэффициент конструктивного качества), хорошие изоляционные свойства, водонепроницаемость, паро- и газонепроницаемость, химическую стойкость, эластичность. Пластмассы не подвергаются коррозии, что делает их конкурентом металла.

Но вместе с тем у синтетических материалов в некоторых случаях недостаточна долговечность. Полимерные материалы «стареют», то есть разрушаются под действием света и воздуха. И недостаточна теплостойкость и морозостойкость.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Микульский В.Г. Строительные материалы./ В.Г. Микульский, В.Н. Куприянов, Г.П. Сахаров, Г.И. Горчаков, В.В. Козлов, Л.П. Орендлихер, Р.З. Рахимов, В.М. Хрулев Под ред. В.Г. Микульского . М.: Изд-во АСВ, 2000. – 536 с.
2. Савелов И.Г. Очерки истории строительной науки и техники с древнейших времен до наших дней./ И.Г. Савелов, Е.И. Милехина, И.И. Савелова, под ред. А.С. Мавлянова, - Бишкек, 2003. – 516 с.
3. Баженов Ю.М. Технология бетона/ Ю.М.Баженов. М.: АСВ, 2002 – 500с.
4. Хрулев В.М. и др. Строительные материалы, изделия и конструкции из полимеров и древесины/ В.М. Хрулев. Новосибирск, 1996.
5. Горчаков Г.И. Строительные материалы./Г.И.Горчаков. М.: Высшая школа. 1981.
6. Воробьев В.А. Строительные материалы./ В.А. Воробьев, А.Г. Комар. М.: Стройиздат, 1976.
7. Воробьев В.А. Технология строительных материалов и изделий на основе пластмасс./ В.А. Воробьев. М.: Высшая школа. 1974. 472 с.
8. Надлер Ю.С. Кемеровский зал. Новокузнецк. 2006. 32 с.

Учебное издание

Уточкина Людмила Константиновна

ИСТОРИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Конспект лекций

по дисциплине «История строительного дела (введение в специальность)» для студентов специальности 270106 – Производство строительных материалов, изделий и конструкций

Редактор Н.И. Суганяк

Подписано в печать 30.12.09.

Формат бумаги 60 × 84 1 / 16. Бумага писчая. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 3,06. Уч.-изд. л. 3,30. Тираж 50 экз. Заказ

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова 42
Типография СибГИУ