

БЕТОН

Бетон (от фр. béton) – искусственный каменный строительный материал, получаемый в результате формования и затвердевания рационально подобранной и уплотнённой смеси, состоящей из вяжущего вещества (цемент или др.), крупных и мелких заполнителей, воды. В ряде случаев может иметь в составе специальные добавки, а также не содержать воды.



ИСТОРИЯ БЕТОНА

Бетон известен более 4000 лет (Древняя Месопотамия), особенно широко использовался в Древнем Риме. Италия — вулканическая страна, в которой легко доступны компоненты, из которых может быть приготовлен бетон, включая пуццоланы и лавовый щебень.

Римляне использовали бетон в массовом строительстве общественных зданий и сооружений, включая Пантеон, купол которого до сих пор является наиболее крупным в мире выполненным из неармированного бетона. При этом в восточной части государства эта технология не получила распространения, там в строительстве традиционно использовался камень, а затем и дешёвая плинфа — род кирпича.

Вследствие упадка Западной Римской империи широкомасштабное строительство монументальных зданий и сооружений сошло на нет, что сделало использование бетона нецелесообразным и в сочетании с общей деградацией ремесла и науки привело к утрате технологии его производства. В раннее Средневековье единственными крупными архитектурными объектами были соборы, которые возводились из камня.

Современный бетон на цементном вяжущем веществе известен с 1844 года (И. Джонсон). Патент на портландцемент получил в 1824 году Джозеф Аспдин; патент на «римский цемент» получил в 1796 году Джеймс Паркер.

Мировыми лидерами в производстве бетона являются Китай (430 млн м³ в 2006 г.) [2] и США (345 млн м³ в 2005 г. [3] и 270 млн м³ в 2008 г.) [2] В России в 2008 г. было произведено 52 млн м³.



ИЗГОТОВЛЕНИЕ

Цементобетон производится смешиванием цемента, песка, щебня и воды (соотношение их зависит от марки цемента, фракции и влажности песка и щебня), а также небольших количеств добавок (пластификаторы, гидрофобизаторы, и т. д.). Цемент и вода являются главными связующими компонентами при производстве бетона. Например, при применении цемента марки 400 для производства бетона марки 200 используется соотношение 1:3:5:0,5. Если же применяется цемент марки 500, то при этом условном соотношении получается бетон марки 350. Соотношение воды и цемента («водоцементное соотношение», «водоцементный модуль»; обозначается «В/Ц») — важная характеристика бетона. От этого соотношения напрямую зависит прочность бетона: чем меньше В/Ц, тем прочнее бетон. Теоретически для гидратации цемента достаточно $V/C = 0,2$, однако у такого бетона слишком низкая пластичность, поэтому на практике используются $V/C = 0,3-0,5$.

Распространенной ошибкой при кустарном производстве бетона является чрезмерное добавление воды, которое увеличивает подвижность бетона, но в несколько раз снижает его прочность, потому очень важно точно соблюсти водоцементное соотношение, которое рассчитывается по таблицам в зависимости от используемой марки цемента[.



ПРОИЗВОДСТВО ЦЕМЕНТА




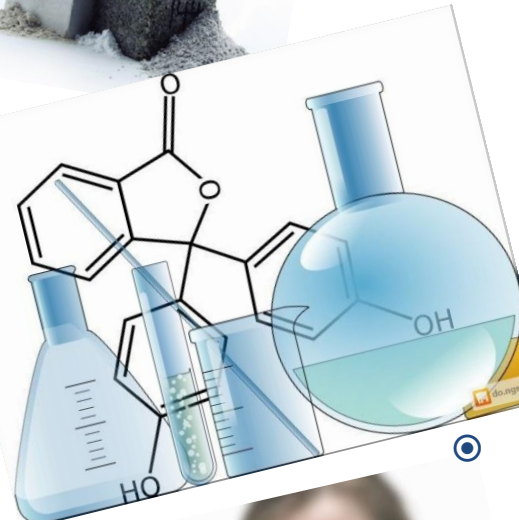
При производстве цемента выделяется диоксид углерода в атмосферу. Это обуславливается двумя факторами: разложением CaCO_3 при прокаливании и сгоранием топлива, питающего печи для обжига. Исследование Хазельбаха показывает, что до 5% выделяющегося CO_2 может реабсорбироваться бетоном.

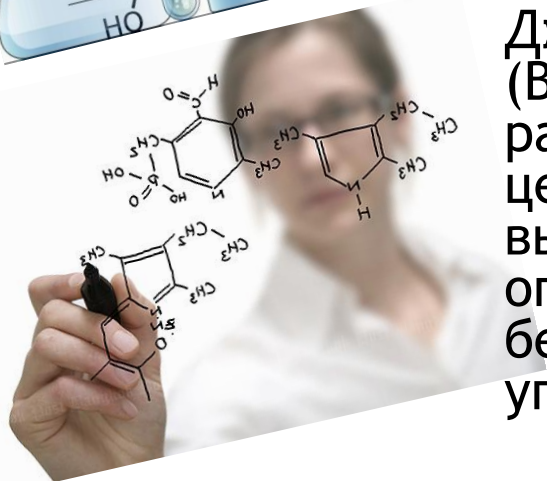
- ⦿ портландцемент, наиболее часто используется в производстве бетона цемент, поглощает CO_2 , образуя кальцит (CaCO_3). Лив Хазельбах из Университета штата Вашингтон решила подробно исследовать процесс абсорбции диоксида углерода, обращая большее внимание на строение продуктов абсорбции.



ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИВ ХАЗЕЛЬБАХ

- 
- Хазельбах обжигала состаренные образцы бетона и измеряла количество газов, выделяющихся при обжиге. Результаты ее работы демонстрируют, что в бетоне углерод содержится и в составе других веществ, помимо кальцита, хотя пока и не позволяют предположить механизм образования этих соединений и предсказать общее количество CO_2 , поглощенного бетоном. Для получения этой информации Хазельбах планирует провести дополнительные эксперименты.

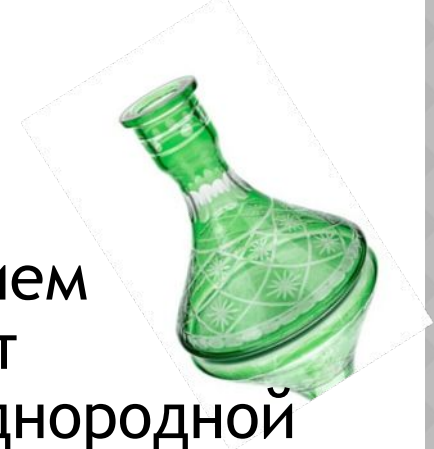
- 
- Тем не менее, инженер-строитель Род Джонс (Rod Jones) из Университета Данди (Великобритания) считает, что результаты работы Хазельбах не решают проблему цементной промышленности, связанную с выбросами CO_2 , поскольку даже в оптимальных условиях карбонизация бетона не может сократить выбросы углекислого газа даже на 10%.



ЗАВОДЫ ПО ПРОИЗВОДСТВУ БЕТОНА



ПОЛУЧЕНИЕ БЕТОНА



- Цемент получают тонким измельчением клинкера и гипса. Клинкер – продукт равномерного обжига до спекания однородной сырьевой смеси, состоящей из известняка и глины определённого состава, обеспечивающего преобладание силикатов кальция.
- При измельчении клинкера вводят добавки: гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ для регулирования сроков схватывания, до 15 % активных минеральных добавок (пиритные огарки, колошниковую пыль, бокситы, пески, опоки, трепелы) для улучшения некоторых свойств и снижения стоимости цемента.

ОБЖИГ БЕТОНА

- Обжиг сырьевой смеси проводится при температуре +1450...+1480 °С в течение 2—4 часов в длинных вращающихся печах (3,6×127 м, 4×150 м и 4,5×170 м) с внутренними теплообменными устройствами, для упрощения синтеза необходимых минералов цементного клинкера. В обжигаемом материале происходят сложные физико-химические процессы. Вращающуюся печь условно можно поделить на зоны:
- подогрева (+200...+650 °С – выгорают органические примеси и начинаются процессы дегидратации и разложения глинистого компонента). Например, разложение каолинита происходит по следующей формуле: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O \rightarrow Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 + 2H_2O$; далее при температурах +600...+1000 °С происходит распад алюмосиликатов на оксиды и метaproductы.
- декарбонизации (+900...+1200 °С) происходит декарбонизация известнякового компонента: $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$, одновременно продолжается распад глинистых минералов на оксиды. В результате взаимодействия основных (CaO, MgO) и кислотных оксидов (Al₂O₃, SiO₂) в этой же зоне начинаются процессы твёрдофазового синтеза новых соединений (CaO·Al₂O₃ – сокращённая запись C₃A, который при более высоких температурах реагирует с CaO и в конце жидкофазового синтеза образуется C₃A), протекающих ступенчато;
- экзотермических реакций (+1200...+1350 °С) завершается процесс твёрдофазового спекания материалов, здесь полностью завершается процесс образования таких минералов как C₃A, C₄AF (F – Fe₂O₃) и C₂S (S – SiO₂) – 3 из 4 основных минералов клинкера;
- спекания (+1300→+1480→+1300 °С) частичное плавление материала, в расплав переходят клинкерные минералы кроме C₂S, который, взаимодействуя с оставшимся в расплаве CaO, образует минерал алит (C₃S – твёрдый раствор трёхкальциевого силиката и небольшого количества (2—4 %) MgO, Al₂O₃, P₂O₅, Cr₂O₃ и других);
- охлаждения (+1300...+1000 °С) температура понижается медленно. Часть жидкой фазы кристаллизуется с выделением кристаллов клинкерных минералов, а часть застывает в виде стекла.

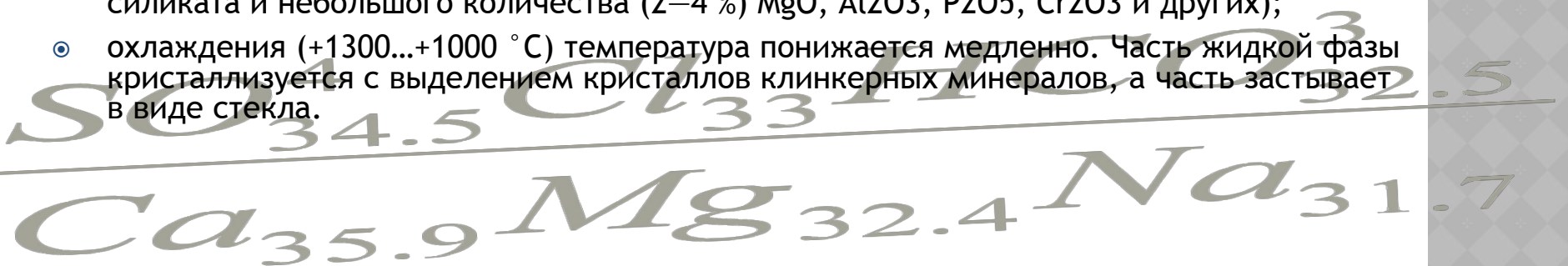
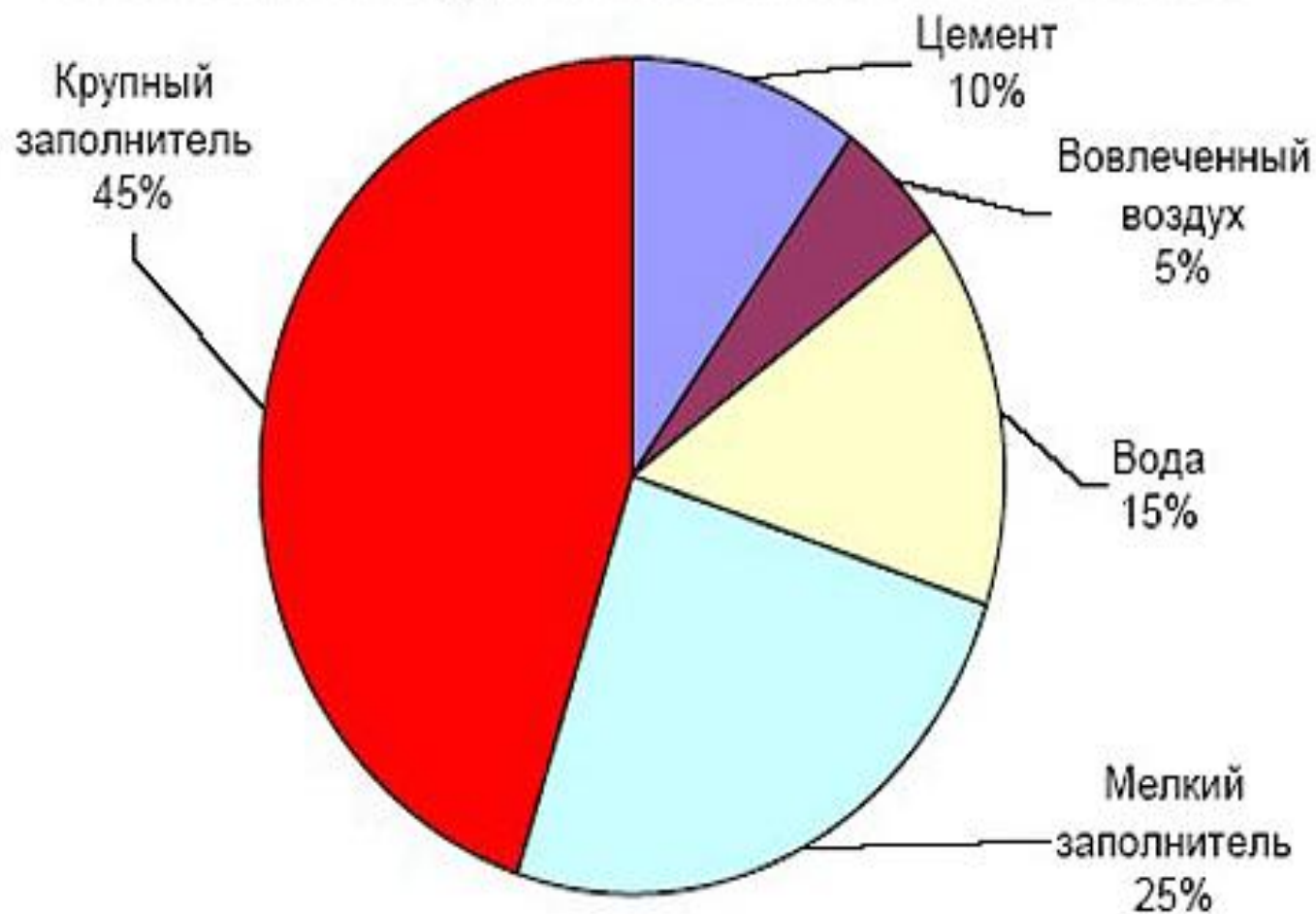
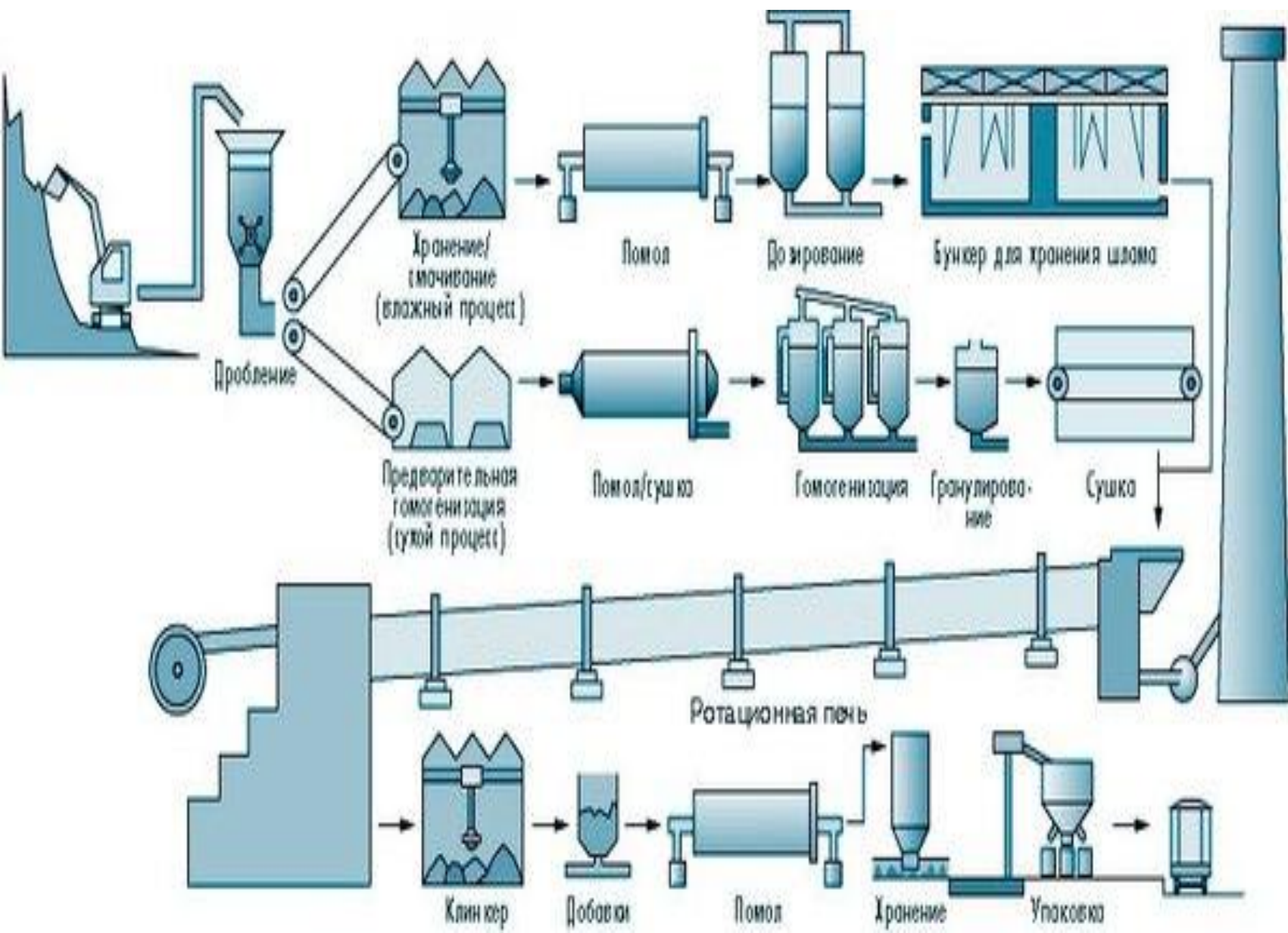


СХЕМА БЕТОННОЙ СМЕСИ

Соотношение между компонентами в бетонной смеси



ПРОИЗВОДСТВО БЕТОНА



ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ БЕТОНА

Таблица 1

Химический состав цемента

Вид цемента	Содержание оксидов, %						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	МН ЦО	SO ₃	TiO ₂
ПЦ 500 Д 0 завода Пролетарий	20,02	3,98	3,45	59,05	5,28	2,46	0,07





Пропорции бетона влияют на качественные характеристики готового материала. При их расчете за единицу измерения принимается цемент. К примеру, соотношение компонентов для 10 кг цемента выглядит, как 1:3:5. Это значит, цементную массу нужно смешать с 30 кг песка и 50 кг наполнителя. Количество воды добавляемой в смесь равно половине веса цемента.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

