

Цемент

Производство цемента

Главные процессы и подпроцессы

- ▶ Существует четыре главных технологических способа производства - сухой, полусухой, полувлажный и мокрый процесс.



Обычно все эти процессы включают в себя следующие подпроцессы:

- ▶ Карьерные работы
- ▶ Подготовка сырья
- ▶ Подготовка топлива
- ▶ Горение клинкера
- ▶ Подготовка минеральных добавок
- ▶ Размол цемента
- ▶ Отправка цемента

▶ **Карьерные работы**

- ▶ Природное ("первичное") сырье, например, известняк/мел, известковая глина и глина/сланец добываются в карьерах, которые, в большинстве случаев, расположены поблизости от цементного завода. После добычи сырье дробится непосредственно в карьере и транспортируется на цементный завод для промежуточного хранения, гомогенизации и дальнейшей переработки.
- ▶ "Корректирующие" материалы, такие как глинозем, железная руда или песок могут быть необходимы в химическом составе сырьевой смеси в соответствии с требованиями процесса и технических требований к продукту. Количество корректирующих материалов обычно очень мало по сравнению с общими объемами основного сырья.
- ▶ В ограниченных объемах используется "вторичное" (или "альтернативное") сырье, получаемое от промышленных источников, чтобы заменить природное сырье и коррективы. Таким же образом как традиционное сырье, они могут подаваться на дробилку карьера или непосредственно в процессе подготовки сырья на цементном заводе.
- ▶ На сегодняшний день, современные методы обработки на компьютере позволяют оценить сырье и оптимизировать долгосрочные и краткосрочные производственные планы.

▶ **Подготовка сырья**

- ▶ После промежуточного хранения и догомогенизации сырье сушится и перетирается в определенных и хорошо контролируемых пропорциях в мельницах, в результате чего получается сырьевая мука для сухого (и полусухого) процесса. При влажном (и полувлажном) процессе сырье – катализируемая суспензия, измельчается с определенным количеством воды для получения жидкого цементного теста.
- ▶ В зависимости от технологического процесса может быть применена дополнительная ступень, например, подготовка "гранул" из сырьевой смеси – сухого тонко размолотого вещества (полусухой процесс), или получение "фильтрационного осадка" в процессе осушения жидкого раствора в фильтрующей прессе (полувлажный процесс).
- ▶ Получающийся промежуточный продукт - то есть сырьевая мука или жидкое цементное тесто (или их производные) - сохраняется и далее гомогенизируется в бункерах сырьевой смеси или шламовых бассейнах, в результате чего достигается и поддерживается необходимый однородный химический состав перед отправлением в печь.
- ▶ Как правило, приблизительно необходимо 1.5 - 1.6 тонны (сухого) сырья для производства одной тонны спекшегося материала - клинкера.

▶ **Подготовка топлива**

- ▶ Обычное (ископаемое) топливо, используемые в европейской цементной промышленности - главным образом уголь (гумат и каменный уголь), топливный мазут (продукт, получаемый в результате очистки сырой нефти) и необработанная нефть ("бункер С"). Природный газ редко используется из-за его высокой стоимости.
- ▶ "Альтернативные" виды топлива - неорганические топлива, производимые из индустриальных отходов - широко используются в наши дни вместо традиционных видов ископаемого топлива.
- ▶ Подготовка топлив - то есть измельчение, высушивание, размол, и гомогенизация – обычно производится на месте. Для этого нужны угольные мельницы, бункеры и помещения для хранения твердого топлива, резервуары для жидкого топлива и соответствующий транспорт и системы подачи к печам.
- ▶ Потребление топлива в значительной степени зависит от основного технологического процесса, применяемого при спекании цементного клинкера.

▶ **Спекание цементного клинкера**

- ▶ Готовое сырье поступает в печи, где подвергается процессу тепловой обработки, состоящему из последовательных ступеней высушивания/подогрева, прокаливания (например при получении CO_2 из известняка), и спекания (или "клинкеризации", например при минерализации клинкера при температуре до 1450°C). Спекшийся продукт "клинкер" охлаждается потоком воздуха до $100\text{-}200^\circ\text{C}$ и транспортируется к месту хранения.
- ▶ Обычно применяются барабанные печи с или без так называемых циклонных теплообменников (в более современных системах - "декарбонизатор") в зависимости от основного процесса избранного проекта. Сама барабанная печь представляет собой наклонную стальную трубу с соотношением длины и диаметра 10×40 . Небольшой наклон (от 2.5 до 4.5%) вместе с медленным вращением ($0.5 - 4.5$ оборотов в минуту), позволяют перемещать обрабатываемые материалы достаточно долго для достижения термической конверсии требуемых процессов.
- ▶ Высокая температура в печи используется для сушки сырья, твердого горючего или минеральных добавок в мельнице. Отработанные газы проходят через электростатические осадители или системы мешочных фильтров прежде, чем выпускаются в атмосферу.

▶ **Размол цемента**

- ▶ Портландцемент производится путем совместного размола клинкерного цемента с небольшим количеством природного или индустриального гипса (или ангидрита) на цементном заводе. Цементы с добавками (или "смешанный" цемент) содержат другие элементы, например, раздробленный доменный шлак, природный или индустриальный туф (например, вулканические туфы или зола – отходы от тепловых электростанций), или инертные наполнители, такие как известняк.
- ▶ Минеральные добавки вводятся при дроблении вместе с клинкером или размалываются отдельно и смешиваются с портландцементом.
- ▶ Размалывающие установки могут быть расположены отдаленно от производства клинкера.
- ▶ Различные типы цемента должны храниться отдельно в цементных бункерах до укладки в мешки и отправки потребителю.

▶ **Подготовка минеральных добавок**

- ▶ Минеральные добавки из природных или индустриальных источников, которые будут использованы в цементе с добавками, должны быть вначале высушены, раздроблены или перетерты в отдельных сооружениях на месте. Отдельные “перемалывающие заводы”, где производятся минеральные добавки, могут быть расположены далеко от места производства клинкера.

► **Отправка цемента**

- Цемент может быть отправлен или насыпью, или упакованный в мешки и уложенный в штабеля для отправки. Использование видов транспортировки (то есть дорог, железных дорог, водных путей) зависит от местных условий и требований.

Влияние цементного производства на ЭКОЛОГИЮ

Главные воздействия на окружающую среду при производстве цемента связаны со следующими факторами:

- ▶ Пыль (выбросы из дымовых труб и быстроиспаряющиеся компоненты)
- ▶ Газообразные выбросы в атмосферу (NO_x , SO_2 , CO_2 , VOC, другие)
- ▶ Другие выбросы (шум и колебания, запах, техническая вода, отходы производства и т.д.)
- ▶ Потребление ресурсов (энергия, сырье)



▶ **Пыль**

- ▶ Исторически, выбросы пыли (особенно от печей), как загрязняющий окружающую среду фактор цементного производства, вызывают наибольшее беспокойство.
- ▶ В основном причиной выбросов пыли являются сырьевые заводы, печи для обжига, клинкерные холодильники, цементные мельницы. Основная особенность этих процессов это то, горячий отработанный газ или отработанный воздух проходит через измельченный до состояния пыли материал, что приводит к образованию дисперсионной смеси газа и пыли. Основные свойства частиц зависят от исходного материала а именно сырьевого материала, клинкера или цемента.
- ▶ На данный момент доступны современные технические методы снижения пыли (электростатические осадители, фильтры), что снизило пылеобразование в цементной промышленности за последние 20 лет приблизительно на 90 % .
- ▶ Пылеобразование из рассредоточенных источников на территории завода ("сдуваемая пыль"), может происходить в результате хранения и погрузки то есть в транспортной системе, складских запасах, во время движения подъемного крана, упаковки в мешки, и т.д., и в процессе транспортировки, во время движения транспорта по грунтовым дорогам.
- ▶ Поскольку химический и минералогический состав цементной пыли подобен природному камню, ее воздействие на здоровье человека считается вредным, но не токсичным.
- ▶ Снижение и контроль за пылеобразованием на современном цементном заводе нуждается в инвестировании и компетентных методах управления, но это уже не технические проблемы.

▶ **Выделение газов в атмосферу**

- ▶ Газообразные выделения от системы печей, выбрасываемые в атмосферу, являются проблемой номер один в борьбе с загрязнением окружающей среды при производстве цемента сегодня.
- ▶ Основные газы, которые выбрасываются в атмосферу это - NOx и SO2. Другие менее вредные соединения - VOCs (летучие органические соединения), CO, аммиак, HCl, и тяжелые металлы.
- ▶ CO2 - газ, который в значительных количествах используется для отопления оранжерей, теплиц.
- ▶ Формирование NOx является неизбежным следствием высоко температурных процессов горения.
- ▶ Сера, поступающая в печи вместе с сырьем и топливом в значительной степени поглощается продуктами печи.
- ▶ Однако, сера, содержащаяся в сырье как сульфиды (или органические сернистые вещества) - легко улетучивается при низких температурах (то есть 400- 600 ° C), что может привести к значительным испарениям SO2 через дымовые трубы. Другие легко испаряющиеся нежелательные вещества, поступающие в систему печей или эффективно разрушаются при высоко температурном горении, или почти полностью поглощаются продуктом.
- ▶ Таким образом, неотъемлемой частью процесса в печах для обжига цемента есть незначительные выделения газов, таких как VOCs, HCl, HF, NH3 или тяжелые металлы.
- ▶ Наличие органических компонентов в природном сырье может существенно повысить уровень углеводорода и выбросы CO.
- ▶ Выделение хлорсодержащих углеводородов типа диоксинов и фуранов обычно значительно ниже существующих предельных норм.
- ▶ Другие летучие компоненты, такие как ртуть - тщательно контролируются , чтобы предотвратить нежелательные выбросы в атмосферу.
- ▶ Как результат обжига исходного сырья и сгорания ископаемого топлива выделяется углекислота.
- ▶ Выделение углекислого газа, как результат потребления топлива, было прогрессивно снижено в результате воздействия сильного экономического стимула к минимизации потребления топливной энергии.

