

# Подготовка сырьевых материалов по мокрому способу

Лекция 14

Дробление сырьевых материалов, оборудование для дробления.

Классификация шлама.

Корректировка и гомогенизация шламов

## **Технологическая схема производства портландцемента по мокрому способу**

Добыча и транспортирование известняка и глины, приготовление сырьевой смеси. Площадку для строительства цементного завода выбирают, как правило, вблизи месторождений (или размещения) основных исходных материалов — карбонатного и глинистого компонентов. Это делается с целью уменьшить расходы на транспорт и довести до минимума запасы, а следовательно, и емкости складов сырья на площадке завода.

Добыча известняка. Известняковые породы обычно залегают под слоем пустой породы (вскрыши), толщина которого может достигать 3—5 м и более. Для ее удаления применяют экскаваторы разных типов, бульдозеры. При гидромеханическом способе грунт размывают струей воды, подаваемой гидромонитором под давлением 1,5—2 МПа. Высокоэффективны разработка вскрышных пород с помощью роторных экскаваторов и их удаление в отработанные части карьеров ленточными конвейерами.

Взорванную породу кусками размером до 1 м, а иногда до 1,5—2 м в поперечнике грузят на транспортные средства и отправляют на завод. Более крупные глыбы дробят пневматическими перфораторами. В качестве транспортных средств используют самопрокидывающиеся платформы (думпкары) на 90—100 т, автосамосвалы или подвесные канатные дороги.

Себестоимость добытого сырья на разных предприятиях значительно колеблется. При этом транспортные расходы составляют примерно 60 % общей стоимости сырья.

На заводах известняк подвергается двухступенчатому дроблению и помолу с глинистым компонентом,

В последние годы организация добычи и первичной переработки сырья для производства цемента претерпевает большие изменения. Так, для рыхления скальных пород вместо взрывов начинают применять специальные рыхлители, навешиваемые на мощные тягачи или пневмоколесные погрузчики горной породы, масса которых в 6—8 раз меньше, чем экскаваторов, при одинаковой вместимости ковша. Обладая большой мобильностью, они способны быстро перемещать добытую горную массу к дробильным установкам, находящимся в карьерах. При этом удельные затраты на оборудование сокращаются примерно в два раза.

Высокой экономической эффективностью характеризуется организация дробления известняка, а также переработка мела, мергелей и глин непосредственно на карьерах с подачей на завод известнякового щебня ленточными конвейерами длиной до 5—8 км.

Еще более эффективно применение на карьерах вместо стационарных передвижных (самоходных) дробильных агрегатов производительностью до 400—1000 т/ч.

Имеются также примеры переработки известняков в шлам (иногда вместе с глиной, что особенно целесообразно) укрупненным измельчением их в стержневых мельницах. Шлам в этом случае направляется на завод в соответствующие емкости с помощью гидротранспорта.

Добычу глины, мела и мягких мергелей ведут экскаваторами одноковшовыми или многоковшовыми. Транспортируют эти материалы так же, как и известняк, на заводы, где перерабатывают в водные суспензии (шлам). На старых заводах для этой цели применяют **глиноболтушки** — круглый или многогранный бассейн, дно и стенки которого футеруют чугунными плитами. В центре бассейна на фундаменте устанавливают вертикальный вал с крестовинами, на которые подвешивают стальные грабли. Вал приводится во вращение электродвигателем. Материалы после предварительного измельчения в дробилках до кусков размером не более 20 см разбалтывают с водой, образуется суспензия с частицами до 3—5 мм. Крупные куски и примеси (песок, галька и т. п.), оседающие на дно, периодически удаляют. Полученный шлам насосами перекачивают в запасные бассейны, откуда он поступает на тонкое измельчение в мельницы совместно с другими компонентами сырьевой смеси. В цементном производстве применяют болтушки диаметром 12 м, производительностью до 30—50 м<sup>3</sup>/ч.

Более эффективно использование **роторных мельниц и мельниц самоизмельчения материала с каскадным пересыпанием** его кусков в водной среде. Такая мельница «Гидрофол» Сызранского завода тяжелого машиностроения представляет собой вращающийся с частотой 13 об/мин барабан диаметром 7 м. Внутренняя часть его футерована бронеплитами и снабжена пересыпными полками. Мельницу загружают через горловину, во вращение она приводится электродвигателем мощностью 1600 кВт. Длина цилиндрической части барабана 2,3 м. Крупность загружаемого мела 0,5—0,8 м, известняка 0,35—0,45 м. Удельный расход электроэнергии при измельчении мела до остатка 15—20 % на сите № 008 составляет около 1, а опоки — около 2 кВт-ч на 1 т при производительности до 400—500 т/ч. Эта мельница более эффективна по сравнению с роторными мельницами и глиноболтушками. Измельченный в ней известняк домалывают в шаровой мельнице.

Южгипроцементом разработан передвижной комплекс машин непрерывного действия для поточной добычи, переработки и транспортирования мягкого сырья. В комплекс входят роторный экскаватор производительностью до 1000 м<sup>3</sup>/ч и самоходный агрегат для приготовления и гидротранспортирования материала. Полученный в мельницах шлам через систему трубопроводов подают в бассейн, из которого его направляют на тонкое измельчение. Производительность роторной мельницы (теоретическая) до 400 т/ч при мощности мотора 800 кВт.

Обычно на территории завода создаются запасы известняков и глинистого сырья, что требует сооружения соответствующих хранилищ.

Приготовление сырьевой смеси включает: дробление известняка, глины и добавок, дозирование, совместный тонкий помол и смешение компонентов, корректирование состава полученной смеси (шлама) и ее хранение.

При изготовлении 1 т портландцемента приходится измельчать до 2,5—3 т сырья, угля и клинкера. На это расходуется более 60—80 % общего количества энергии, затрачиваемой на производство цемента.

По конечному размеру частиц продукта, получаемого при измельчении, условно можно различать: грубое дробление, когда получают главным образом куски размером в поперечнике более 100 мм, среднее дробление — продукт состоит преимущественно из кусков размером от 100 до 10 мм; тонкое дробление, при котором материал характеризуется зернами от 10 до 0,5 мм; тонкое измельчение (помол), когда получают продукт с зернами меньше 0,5 мм.

Дробление осуществляют в дробилках, помол — в мельницах.

**В производстве портландцемента по мокрому способу** сырье размалывают в мельницах со значительным количеством воды — мокрый помол (обычно при содержании воды до 36—42 % массы сухого вещества).

Измельчение подаваемого в мельницу материала в один рабочий цикл до требуемой дисперсности называется одноступенчатым. При измельчении «на проход» получают материал в готовом виде (измельчение по открытому циклу). Применяют также измельчение по замкнутому циклу: материал, выходящий из мельницы, разделяется (классифицируется) на готовый продукт и «возврат», идущий в ту же мельницу на дальнейшее измельчение до требуемой дисперсности.

При двух- или трехступенчатом измельчении исходный материал подвергают дроблению или помолу последовательно в двух или трех машинах. При этом из измельчаемого материала после каждой ступени соответствующими аппаратами (грохотами, сепараторами, гидроциклонами и др.) может быть извлечен продукт с необходимой степенью дисперсности.

Материалы, подвергаемые измельчению, часто различаются по влажности, прочности, твердости, вязкости и т. п. Эти свойства определяют выбор механизмов для грубого и тонкого измельчения.



По пределу прочности при сжатии различают материалы: особотвердые (более 100 МПа), твердые (100— 50 МПа), средней твердости (50—10 МПа) и мягкие (менее 10 МПа).

Сырье измельчают до степени, характеризуемой обычно остатком на сите № 008 не более 5—10 %. Для этого материалы в виде крупных кусков и глыб вначале дробят в соответствующих дробилках, а затем подвергают тонкому помолу в мельницах (шаровых, молотковых и др.). Стоимость помола в мельницах выше стоимости дробления, поэтому экономично направлять в них материал с возможно малыми размерами частиц. С другой стороны, стоимость дробления увеличивается с уменьшением крупности выдаваемого продукта, поэтому для дробильно-помольной установки существует оптимальная степень дробления, при которой стоимость дробления и помола минимальна.

При суточной производительности **дробильно-помольных установок** 500 т оптимальная крупность подаваемого в мельницу материала достигает 10—14 мм, а при производительности 2500—4000 т — 6—10 мм. На дробление экономически целесообразно направлять материал в виде возможно более крупных кусков и глыб. Но их предельный размер определяется размером и производительностью дробилок, устанавливаемых, в свою очередь, на основании потребности предприятия в измельченном продукте в смену. Современные цементные заводы рассчитаны на суточную производительность по клинкеру 2400, 3000, 5000 тн- более.

Считается рациональным при производительности до 2400 т в сутки загружать дробилки камнем размером до 1 м, а при более высокой — камнем до 1,2—1,5 м (в поперечнике). Это необходимо учитывать при выборе дробилок по размерам загрузочного отверстия. Крупность загружаемых в щековую дробилку кусков не должна превышать 85 % ширины загрузочного отверстия, иначе машина будет забиваться.

Таким образом, если принять, что дробильная установка должна измельчать куски материалов размером от 1000 мм до 10 мм, то степень (коэффициент) дробления  $i \ll 1000 : 10 = 100$ . Чтобы добиться этого, применяют трех- или двухстадийную схему измельчения.

Для первичного дробления известняков используют щековые и конусные дробилки. При производительности 300—500 т/ч более экономичны щековые дробилки.

Так как в горной массе, получаемой буровзрывным способом, содержится до 20—30 % относительно мелкого материала, то рационально выделять его перед первой стадией дробления на колосниковом грохоте и направлять сразу на вторую стадию дробления. У первой дробилки размер выходной щели должен быть 200 мм. При этом в получаемом материале будет до 5—8 % кусков до 300 мм, что позволяет всю массу без просева направлять в дробилку второй стадии.

**Щековые дробилки** производительностью до 400—700 т/ч позволяют получать измельченные материалы с предельным размером кусков до 30—40 мм, Коэффициент дробления на этих механизмах относительно небольшой и равен 4—7. В цементной промышленности их применяют для дробления материалов большой и средней прочности, в частности известняков, мергелей, гипса и др.

На второй стадии дробления могут быть использованы как молотковые, так и конусные дробилки. Предпочтение отдают молотковым, так как они могут давать материал в кусках, размер которых меньше в два раза и более размера выпускной щели. Из конусных дробилок выходит значительное количество кусков (15—40 %), размер которых больше, чем выпускная щель. В связи с этим конусные дробилки применяют иногда для работы по замкнутому циклу, но это усложняет и удорожает установку. Конусные дробилки, в которых материалы измельчаются раздавливанием и изломом, используют для дробления твердых и очень твердых материалов с коэффициентом дробления 15—20. Их производительность 300—3000 т/ч. Недостатки дробилок — значительные размеры по высоте, а также более сложная, чем у щековых дробилок, конструкция.

Выпускают **одно- и двухроторные молотковые дробилки** с коэффициентом дробления соответственно 10—15 и 20—25. Их используют для измельчения известняков, мергелей, глинистых сланцев, угля, гипса до кусков с предельным размером 6—50 мм. Удельный расход электроэнергии при одностадийном дроблении известняка в одиороторной дробилке 0,9—2,1 кВт·ч/т, в двухроторной — около 1,6 кВт·ч/т.

На третьей стадии дробления можно устанавливать короткоконусные, а также молотковые и ударно-отражательные дробилки с шириной выпускной щели 10—12 мм. При тонком дроблении производительность этих дробилок относительно уменьшается, что делает целесообразным предварительное грохочение. В этом случае материал, получаемый из молотковых дробилок на второй стадии измельчения, содержит 30—40 % готового продукта (мельче 10 мм). Конусные дробилки, устанавливаемые на третьей стадии, должны, работать только в замкнутом цикле с применением грохотов соответствующей производительности.

В настоящее время значительно распространено дробление известняков в две стадии с установкой для первичного дробления молотковых дробилок (в том числе и ударно-отражательных), пригодных для измельчения глыб размером 1200—2000 мм до продукта с размером зерен 0—25 мм. Производительность этих дробилок 200—1000 т/ч.

Переработка мягких, пластичных, часто весьма влажных пород (мергелей, глин и др.) в щековых и молотковых дробилках вызывает значительные осложнения, поэтому глину, мел, мягкий известняк и другие компоненты измельчают в валковых дробилках. При измельчении относительно твердых и непластичных материалов используют дробилки с рифлеными валками, вязких — зубчатые со скребками, очищающими углубления между зубьями.

Обычно влажные, липкие материалы перерабатывают в две стадии. На первой стадии используют щечно-валковые или щековые дробилки, на второй — молотковые с подвижными стенками (самоочищающиеся).

В технике дробления явно наметилась тенденция к сокращению числа стадий дробления и получению материала с возможно малой крупностью частиц для снижения стоимости последующего помола. При этом все большее применение находят передвижные дробильные установки производительностью 400—1000 т/ч, которые используются в карьерах вместе с экскаваторами или погрузчиками, подающими в них куски размером 0,8—• 1,5 м. Выходящий из др облоки щебень размером 1—3 см ленточными конвейерами передвижной установки подается на стационарные, по которым он поступает на завод. При такой схеме исключаются операции и механизмы по подаче материала от экскаватора к стационарной дробильной установке, что дает значительный экономический эффект.

Для обеспечения бесперебойной работы дробилки загружают из расходных бункеров, снабженных питателями, обеспечивающими непрерывную подачу материалов в количестве, соответствующем производительности дробилок. Вместимость расходных бункеров рассчитывают обычно так, чтобы обеспечить работу дробилок в течение 2—4 ч.

Камень на первичное дробление подают пластинчатыми или лотковыми питателями, а на второе и третье — ленточными питателями.

Качество дробления и производительность дробильного оборудования во многом зависят от соответствия скорости подачи материала в дробилку скорости его переработки механизмом. В производственных условиях трудно избежать колебаний в количестве подаваемых материалов, однако применение автоматического управления процессами дробления способствует более равномерной и высокопроизводительной работе механизмов.

Для автоматизации работы дробильного оборудования служат централизованное управление и блокировка питателей, дробилок, а также соответствующих транспортных механизмов. Блокировка обеспечивает автоматическое включение всех механизмов в очередности, обратной той, по которой движутся материалы в технологическом потоке, а также выключение механизмов в очередности, соответствующей направлению движения материалов. При этом дробилка не выключается до тех пор, пока не будет полностью разгружена. Работу отдельных механизмов, а также их комплексов часто регулируют автоматическими устройствами.

**Дробленый известняковый щебень (или крупка)** направляется далее на совместный помол с глиняным шламом в шаровую мельницу через весовые дозаторы непрерывного действия с автоматическим управлением, что обусловлено необходимостью строго выдерживать соотношение по массе между компонентами ( 25). Применение автоматического дозирования по массе для питания шаровых мельниц еще не обеспечивает получения продукта со строго заданной степенью измельчения. Это зависит от твердости материала, которая может меняться, от размера поступающих на измельчение кусков, их влажности и других факторов.

В настоящее время применяют автоматическое регулирование процесса измельчения непосредственно по тонкости помола, но пользуются еще и косвенным параметром для регулирования работы мельницы — степенью загрузки первой камеры мельницы измельчаемым материалом: чем больше она загружена, тем грубее помол. Регулируя питание мельницы, в определенной мере можно добиться стабильности измельчения.

Автоматическое управление питанием шаровых мельниц основано на зависимости частоты звуковых колебаний от степени загрузки мельницы. С увеличением загрузки мельницы уменьшается частота звуковых колебаний (они становятся глуше) и, наоборот, при недостаточной загрузке характерна высокая частота колебаний.

На заводах при помоле сырья успешно используют установки автоматического регулирования, разработанные ВИАСМ. Их применение способствует увеличению часовой производительности мельниц, уменьшению влажности шлама на 2—3 % и расхода электроэнергии на 2—3 кВт-ч/т. Совместное измельчение известняка и глины в присутствии воды обеспечивает тщательное перемешивание исходных материалов. С этой же целью вместе с ними измельчают и корректирующие добавки (например, огарки), если заведомо известно, что химический состав двух исходных компонентов не позволяет получить клинкер заданного минерального состава.

**Помол сырьевых материалов в шаровых мельницах** осуществляют по открытому и замкнутому циклам. При помоле по открытому циклу материалы должны достаточное время находиться в мельнице. Обычно применяют трубные мельницы длиной 13 и 15 м и диаметром 2,6 и 3,2 м с двумя камерами. Их часовая производительность при мокром помоле сырья средней твердости до 8—10 % остатка на сите № 008 соответственно достигает 35—40 и 70—80 т (сухого материала). Средний расход электроэнергии в этих мельницах около 20 кВт-ч/т. К мельницам, работающим по замкнутому циклу совместно с грохотами или циклонами разных типов, относится мельница размером 3,2х8,5 м производительностью по мягким материалам до 150—230 т/ч. Замкнутая схема помола позволяет увеличить производительность мельниц на 20—30 % и снизить удельный расход электроэнергии на 15—20%.

При мягких материалах применяют наиболее простую схему помола в замкнутом цикле: материал после прохода через обе камеры подают с помощью ковшового элеватора в грохот того или иного типа, из которого продукт с требуемой дисперсностью направляется в сборные бассейны, а крупка поступает в первую камеру на измельчение.

При твердых материалах, предназначенных для тонкого измельчения в водной среде, иногда используют более сложные схемы замкнутого помола. Например, гли-иоизвестняковый шлам после первой камеры направляют ковшовым элеватором в классификатор, из которого тонкая фракция подается во вторую камеру, а грубая — на доизмельчение в первую.

В качестве классификаторов шлама служат грохоты разных типов (виброгрохоты и дуговые), а также гидроциклоны. Выбор того или иного типа классификатора в большой мере определяется свойствами перерабатываемых материалов, а также надежностью и простотой обслуживания. Хорошо зарекомендовал себя дуговой грохот, характеризующийся высокой удельной производительностью; в нем отсутствуют движущиеся элементы.

Для мокрого помола известняков значительное распространение получают стержневые мельницы, например МСЦ-46-60. В качестве измельчающих тел применяются стержни диаметром 130, 120 и 100 мм, общей массой около 200 т. Производительность мельницы 350—400 т/ч при продукте с остатком на сите № 02 20—30 %. Полученный шлам далее направляют в шаровую мельницу 3,2x15 м на более тонкий помол совместно с глиняным шламом.



В производстве применяют и двухкамерные мельницы, причем первую камеру загружают стержнями, а вторую — шарами. В этом случае мельница выдает шлам с требуемой дисперсностью материала (8—10 % на сите №008). По ряду данных такие мельницы производительнее обычных трубных на 10—15%.

Для мокрого измельчения известняков даже значительной прочности отдельно или совместно с глиной предназначены мельницы «Гидрофол».