

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ПОМОЛА КОМОВОЙ ИЗВЕСТИ

Кучук Е.В., Мартысевич Д.В.

Научный руководитель – Гурбо Н.М., к.т.н.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Молотая негашеная известь весьма перспективный продукт строительной отрасли, она имеет существенные преимущества по сравнению с гашеной известью: нет отходов и все компоненты извести рационально используются во время твердения; характеризуется меньшей водопотребностью; удельная поверхность обычно значительно меньше, поэтому требуемую удобоукладываемость растворной или бетонной смеси получают при пониженном количестве воды, это способствует увеличению прочности при твердении. Кроме того, негашеная известь, гидратируясь в уже уложенных в дело растворах и бетонах, связывает большое количество воды, переходящей в твёрдую фазу. Как известно, оксид кальция при переходе в гидрат связывает 32,13% воды. Всё это способствует получению растворов, бетонов и изделий на молотой негашеной извести повышенной плотности и прочности по сравнению с получаемыми на гашеной извести.

При гидратном твердении молотой негашеной извести выделяется значительное количество теплоты, поэтому изделия на такой извести при температурах ниже нуля твердеют более спокойно и имеют лучшие показатели прочности, так как окружающие условия способствуют быстрому отводу теплоты и уменьшению термических напряжений.

Применение негашеной молотой извести требуют соблюдения высокой технологической дисциплины, включающей следующие положения:

- ✓ известь должна храниться до использования не более 10–15 суток;
- ✓ водозатворение должно находиться в пределах 100–150%;
- ✓ величина удельной поверхности после помола должна быть не менее 4500 см<sup>2</sup>/г, чтобы локализовать объёмные изменения при гашении.

Вопросы тонкого измельчения извести, в особенности с добавками различной твердости, разработаны недостаточно. При выборе мельниц и схем для помола негашеной извести следует в первую очередь учитывать степень ее обжига (мягко-, средне- или сильнообожженный продукт), также наличие недожога, пережога и твердых включений, а так же показатели плотности и размалываемости материала и необходимых добавок.

Средне- и сильнообожженную известь предпочтительно измельчать, воздействуя на ее частицы ударом и истиранием, что и происходит в шаровых мельницах. Однако склонность таких частиц к агрегации, причем в тем большей степени, чем мягче обожжена известь, требует, во-первых, коротких мельниц, во-вторых, быстрого выведения тонких фракций из общей массы измельчаемого продукта и, в-третьих, уменьшения агрегации частиц.

В связи с этим в производстве молотой извести применяют обычно шаровые мельницы с отношением диаметра барабана к его длине от 1:1 до 1:2 (последнее для сильнообожженных известей), работающие по замкнутому циклу с одним или двумя сепараторами, а так же трубные многокамерные мельницы с отношением диаметра барабана к его длине от 1:5 до 1:7 работающие по открытому циклу.

Для тонкого измельчения активных мягкообожженных известей без твердых включений (недожог, кварцевые примеси и т. п.) применяют не только шаровые, но и мельницы, работающие по принципу раздавливания материала и трения. Это – валковые, роликовые, бегунковые, маятниковые и другие мельницы. В них давление на материал при измельчении создается с помощью пружин, центробежной силы или веса самих мелющих тел. Пребывание материала в этих мельницах кратковременно, и тонкие фракции его по мере измельчения быстро выносятся потоком воздуха в осадительные циклоны и фильтры. Для таких мельниц характерен пониженный расход электроэнергии на измельчение.

Совместный помол извести с добавками в шаровых мельницах, работающих по замкнутому циклу, эффективен при условии, что известь и добавка близки по показателям плотности и размалываемости. Если они значительно различаются, то более мягкий материал переизмельчается и даже нарушается требуемое соотношение между ними. В этом случае целесообразна организация раздельного помола компонентов с последующим их смешиванием. Возможен также совместный помол в шаровых мельницах, работающих по открытому циклу «на проход».

При необходимости получить известь очень тонкого помола (удельная поверхность 5000—7000 см<sup>2</sup>/г и более) применяют вибрационные мельницы. При этом известь предварительно измельчают до крупки размером не более 2 мм.

Тонкость помола характеризуют обычно по остаткам на ситах № 063 и № 008 и по величине удельной поверхности. Заводы выпускают продукт, характеризующийся остатком на сите № 008 до 2–7%. Это соответствует удельной поверхности в пределах 3500—5000 см<sup>2</sup>/г, определяемой на приборах Гипроцемента, ПСХ-2 и т.п. Мягкообожженные извести имеют, как правило, более высокие показатели удельной поверхности.

Следует отметить, что наличие в молотой негашеной извести даже относительно небольших количеств гидрата окиси кальция (более 3—5 %) уже искажает данные об удельной поверхности, определяемой с помощью указанных приборов.

При грубом помоле извести создаются условия для возникновения местных очагов перегрева материала, кипения воды и разрыхления структуры схватывающихся новообразований, что сопровождается появлением значительных растягивающих напряжений и деформаций, вызывающих снижение прочности, а иногда и разрушение твердеющего раствора или бетона. Поэтому к негашеной извести предъявляются весьма высокие требования по значениям удельной поверхности.

В соответствии с СТБ ЕН 459-1-2007 кальциевая и доломитовая известь по остатку на ситах 009 и 02 по массе должны содержать не более 7% и 2% соответственно, а для гидравлической не более 15% и 5% соответственно.

Для помола извести большое распространение получили шаровые мельницы. Принцип их действия состоит в измельчении материала ударом и частично истиранием свободно падающих мелющих тел во вращающемся барабане. Основной рабочей частью шаровой двухкамерной или многокамерной мельницы является металлический барабан, закрытый с двух сторон днищами с полыми или сплошными цапфами, которые опираются на подшипники. Внутри барабан футерован броневыми плитами из марганцовистой стали. В основном такие мельницы применяются для помола извести по открытому циклу. Барабан мельницы заполняют примерно на 1/3 его объема мелющими телами (чугунными или стальными шарами диаметром 40—130 мм либо стальными цилиндриками) и измельчаемым материалом – известью. При вращении барабана мелющие тела благодаря силе трения, возникающей под действием центробежных сил, поднимаются по стенкам барабана на некоторую высоту. Достигнув высоты, на которой силы веса преодолевают центробежные силы и вызванные ими силы трения, мелющие тела падают вниз и при ударах измельчают загруженную в мельницу известь.

При наиболее выгодной скорости вращения мельницы мелющие тела проходят часть пути прижатыми центробежной силой к футеровке мельницы, а дойдя до некоторой точки, отрываются и каскадом падают вниз, двигаясь под углом к горизонту. В этом случае помол наиболее эффективен, материал измельчается ударом, а при перекачивании шаров также истиранием.

Короткая однокамерная мельница с периферийной разгрузкой применяется для работы по замкнутому циклу. Барабан мельницы образован броневыми решетчатыми секциями, отверстия в которых расширены в направлении прохода молотого материала. Это сделано для того, чтобы

отверстия не забивались частицами извести. Броневые плиты расположены уступами. Барабан заключен в металлический кожух. Известь загружают в барабан через воронку. Барабан укреплен на валу, лежащем на подшипниках и получающем вращение от электродвигателя через редуктор. При вращении барабана известь размалывается мелющими телами — шарами, проходит через отверстия броневых секций и, скользя по стенкам кожуха, попадает в разгрузочную воронку. Чтобы обеспечить тонкий помол материала, мельницы работают в замкнутом цикле с воздушным сепаратором, в котором отделяются тонкие фракции измельченной извести, поступающие в бункер для готовой молотой извести, а крупные фракции возвращаются в мельницу для повторного помола.

Воздушный сепаратор представляет собой два конуса, вставленных один в другой. Известь, вышедшая из мельницы, по трубе поступает на тарелку, расположенную во внутреннем кожухе. Тарелка вращается со скоростью до 375 об/мин. К нижней части тарелки прикреплен ротор вентилятора, вращающийся вместе с тарелкой. Под действием центробежных сил частицы извести сбрасываются с тарелки и отлетают к стенкам кожуха. Воздушный поток, создаваемый вентилятором, увлекает мелкие, более легкие частицы извести вверх, а крупные, более тяжелые частицы извести падают вниз, в воронку, откуда возвращаются на повторный помол. Мелкие частицы попадают в наружный кожух, где резко меняются направление и скорость воздушного потока; при этом известь осаждается и через коническую часть кожуха направляется в бункер готовой молотой извести. Работу воздушного сепаратора регулируют, изменяя число оборотов вентилятора и угол наклона лопаток. При этом изменяется количество и скорость движения проходящего воздуха, в результате чего соответственно изменяются количество и размеры частиц отбираемой тонкой фракции извести.

Многокамерная трубная мельница применяется для получения наибольшей степени измельчения в одном аппарате при работе по открытому циклу. Для повышения эффективности работы с возможностью измельчения в несколько стадий трубные мельницы выполняют многокамерными. Камеры разделяют между собой решётчатыми перегородками для пропуска материала и заполняют мелющими телами (шарами, цельпесами) уменьшающегося размера соответственно уменьшающейся крупности промышленного продукта. Такое распределение мелющих тел делает процесс измельчения в трубных мельницах более равномерным и менее энергоёмким, чем в шаровых и стержневых мельницах. В мельницах открытого цикла материал проходит через рабочее пространство мельницы только один раз, не классифицируется и крупные частицы не возвращаются в мельницу на домол. Частичная классификация выполняется при про-

ходе материала из одной камеры в другую. Мельницы работают обычно с коэффициентом заполнения шарами (размером 60—30 мм) в 25—30%. Степень же заполнения межшарового объема материалом достигает 45—65%.

Мельницы диаметром 1,8 м и более при измельчении среднеобожженных известей работают обычно при числе оборотов около 0,7 критического ( $w_{кр} \leq \sqrt{g/R}$ ; где R – радиус вращения мелющего тела), когда проявляется преимущественно истирающее действие шаров на материал. Однако подбор шаров по размерам, степень заполнения мельницы мелющими телами, число оборотов барабана и др. уточняются опытным путем с учетом свойств измельчаемого материала и вида мельницы.

Большое влияние на работу помольной установки оказывает также вентиляция барабана, назначение которой отводить образующееся в процессе помола тепло, предотвращать выход пыли из системы и замазывание выходных отверстий. Температура материала при помолу не должна превышать 50—75°C.

Склонность тонких частичек извести к агрегации сильно влияет на производительность мельницы. Она вредна не только потому, что вызывает налипание частичек на мелющие тела, что связано с дополнительными затратами энергии на разрушение агрегатов, но и из-за ухудшения текучести материала. Причины агрегации до сих пор недостаточно выяснены. Но в современном научном мире господствуют, в основном, две теории. Первая гласит, что это следствие взаимодействия частичек под влиянием молекулярных сил. Вторая теория утверждает, что причиной агрегации частичек извести является образование на отдельных точках их поверхности электростатических зарядов вследствие трения во время помола. Практика показала, что уже при вылёживаний извести после обжига на складах в течение нескольких дней способность ее к агрегации при помолу значительно уменьшается. По-видимому, в это время поверхностная энергия наиболее активных участков на внешней и внутренней поверхности частичек извести затрачивается на адсорбцию паров воды, а отчасти и углекислоты из воздуха. Поэтому чем ниже относительная влажность и температура воздуха, тем больше может быть длительность выдерживания извести на складах.

При измельчении извести на возникающих поверхностях также образуются активные участки со свободной поверхностной энергией, способствующей агрегации частичек. В этом случае устранению нежелательных явлений способствует введение в мельницы определенного количества воды в виде смеси ее паров с воздухом или в тонкораспыленном капельножидком состоянии. Способ подачи воды и ее количество зависят от свойств измельчаемой извести, а также от влажности и температуры окру-

жающей среды. При помолe высокоактивных мягкообожженных известей предпочитают вводить воду в мельницы в капельножидком состоянии. Подачу воды нужно точно регулировать во избежание реакции ее с окисью кальция и образования гидрата, который при содержании уже в 3–4% вызывает комкование материала. Воздействовать на активные участки частичек извести со свободной поверхностной энергией целесообразно также с помощью поверхностно-активных гидрофобных добавок, вводимых при помолe.

Адсорбция воды на поверхности частичек и появление токопроводящих растворов гидрата окиси кальция способствуют устранению зарядов возникающих по утверждению второй теории и, следовательно, ликвидируют причину агрегации.

В настоящее время причины агрегации частичек извести точно не выяснены, но не исключено, что она возникает под совместным влиянием описанных выше причин.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Волженский, А.В. Минеральные вяжущие вещества / А.В. Волженский. – М.: Стройиздат, 1986.–409с.
2. Сапожников, М.Я. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / М.Я. Сапожников. – М.: Высшая школа, 1971.–382с.
3. Силенок, С.Г. Механическое оборудование для производства вяжущих строительных материалов / Силенок С.Г., Гризак Ю.С. и др. – М.: Машиностроение, 1969.–389с.
4. Бауман В.А. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / В.А. Бауман, Б.В. Клушанцев, В.Д. Мартынов. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1981. – 324с.
5. Известь строительная: СТБ ЕН 459-1-2007