

требования к качеству и надежности сварных швов и, соответственно, к методике дефектоскопического контроля, который осуществляется в одном из двух основных направлений – неразрушающий контроль готовых изделий, предназначенных для технической эксплуатации, и разрушающий контроль специально изготовленных образцов соединений.

3. Как показала практика неразрушающего контроля сварных соединений, в качестве достаточно надежных и производительных выделяются два способа – это специальный визуальный контроль качества швов путем их осмотра, измерения размеров и геометрической формы при одновременном сравнении с эталонными образцами качественных швов. Второй – более глубокий и надежный способ контроля – это ультразвуковой контроль, по результативности заменяющий собой рентгеновское просвечивание шва и околошовной зоны.

4. Нами систематизированы и собраны образцы сварных швов пластиковых изделий с дефектами, для практического использования их при дефектоскопии сварных трубопроводов путем сравнения (сопоставления) выполненных швов с качественными и дефектными образцами.

5. Разрушающий контроль распространяется только на специально изготовленные образцы сварных соединений трубопроводов и узлов других изделий с целью определения эффективности назначаемых режимов сварки, их уточнения или отработки новых режимов для новых материалов и изделий.

Нами в статье представлены в систематизированном виде рекомендуемые способы разрушающего контроля сварных соединений из пластика, которые в значительной мере оправдали себя в объединении Крымгаз.

6. Особенности ликвидации выявленных дефектов сварки пластика, в отличие от сварных швов металла, требуют не зачистки с последующим завариванием обнаруженного дефекта, а полного удаления – вырезки материала до места, не нарушенного температурой, и в этих местах – сварить соединения нагретым инструментом заново.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Сварка пластмасс В.Г. Корохов, А.А. Мухопад. Строительство и техногенная безопасность: Сборник научных трудов, Вып. 18, Симферополь, НАПКС – 2007г.

2. Сварка и резка в промышленности. Под ред. В.Н. Федько. – М., «Металлургия», 1989г.

3. Бородина М.М., Спектор Э.Н. Рентгенографический анализ текстуры металлов и сплавов. М.: Metallurgy, 1981г.

4. Справочник сварщика. Под ред. Б.В. Степанова. М.: Metallurgy, 1989г.

5. ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Сварные соединения. Радиографический метод.

6. СНиП 3.05.02. и СП 42-101 Контроль качества сварные соединений полиэтиленовых газопроводов.

7. СНиП 3.05.02-88 Газоснабжение.

#### **УДК 691.54.001**

### **МЕХАНИЧЕСКАЯ АКТИВАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ КАВИТАЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ**

Лукьянченко М.А., к.т.н., доцент, Высочин А.Н., студент гр. ТСК-501

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

Проведен анализ применяемых в Украине тепло- и звукоизоляционных волокнистых материалов - стеклянной, минеральной и базальтовой ваты. Определены их отличительные особенности и рассмотрены перспективы развития заводов по их производству.

Один из основных современных производственных процессов, связанных с производством строительных материалов и изделий, является диспергирование (как

правило, механическое). В последнее время в производство все активнее внедряется один из видов механического диспергирования – механическая и механохимическая активация. При этом от трети до половины всех энергетических затрат в различных технологиях идет именно на механическое диспергирование.

В современной строительной индустрии актуальным является вопрос повышения активности цемента. Цементный порошок, как известно, неоднороден по своему гранулометрическому составу, который в значительной степени определяет его физико-механические свойства. Разные фракции цементного порошка оказывают влияние на прочность цемента, изменяют его водопотребность, пластичность цементного теста, скорость твердения и т.д. Поэтому, рекомендуется характеризовать активность цемента не только по удельной поверхности, но и по зерновому составу. По данным исследований равномерное и быстрое твердение цемента достигается при следующем зерновом составе: 5 мкм - 20 %; 5 ÷ 20 мкм - 40 ÷ 45 %; 20 ÷ 40 мкм - 20 ÷ 25 %; более 40 мкм - 15 ÷ 20 %. Установлено, что, измельчая (активируя) один и тот же клинкер и соответственно изменяя доли частиц 5 ÷ 20 мкм в общей массе цементного порошка, можно получить портландцемент марок 600, 700 и выше.

Сравним некоторые современные методы активации цемента.

А) Метод селективной дезинтеграторной активации цемента.

В основе данного метода лежит комплексный подход как к вопросам выбора оптимальной модели разрушения цементного зерна, возможность корректировки гранулометрического состава цементного порошка и, наконец, аппаратное обеспечение, выполненное на основе промышленно выпускаемого технологического оборудования.

Для того чтобы реализовать технологию выборочного или иначе селективного измельчения в работах по активации цемента, необходимо провести первичную классификацию материала, для выделения «балластной» фракции, состоящей из частиц требуемых размеров, дополнительное измельчение которых не целесообразно. Удаление «балластной» фракции из основной массы активируемого цемента позволяет снизить требования к размольной мощности агрегатов измельчения и использовать измельчительное оборудование, производительность которых по помолу ниже, чем общая производительности технологической линии активации цемента, что было совершенно не возможно при старых схемах активации.

При ударном, или как его еще называют дезинтеграторном измельчении цементного зерна, гранулометрия получаемого продукта в основном зависит непосредственно от скорости свободного удара. Так, для разрушения цементного зерна, в зависимости от его размера, необходима строго определенная энергетика ударного воздействия. Чем выше скорость помольного органа (для дезинтегратора, центробежно-ударной мельницы) или скорость самой разрушаемой частицы (для струйной мельницы), тем меньше размер частиц в готовом продукте. Учитывая высокую гранулометрическую однородность материала, полученного в результате ударного измельчения, можно сделать вывод о самом характере такого измельчения.

Если при истирающем помоле разрушающее воздействие помольных органов отражается на всем ассортименте размеров частиц, то при ударном измельчении разрушаются лишь те частицы, размер которых соответствовал интенсивности ударного воздействия. Или другими словами, при недостаточно мощном ударе, измельчаются только относительно крупные, малоактивные цементные зерна, не домолотые заводскими шаровыми мельницами. Если скорость удара будет увеличена, начнется разрушение «хвостов» средней фракции, если скорость удара еще повысится начнется уменьшение размеров средней, а затем и верхней части «средней» фракции и так далее.

Именно высокая избирательность дезинтеграторного измельчения обеспечивает возможность получения активированного портландцемента средних показателей удельной

поверхности, но с полным отсутствием остатка на сите № 008, и чрезвычайно малым остатком на сите № 006.

#### Б) Помол цемента в шаровой мельнице

При помоле цемента в шаровой мельнице до удельной поверхности  $3000 \div 3500 \frac{см^2}{г}$ ,

ее прирост практически пропорционален затраченной работе (по закону Риттингера). Однако, при более высоких степенях измельчения, когда происходит агломерация тончайших частичек, дальнейший прирост удельной поверхности сопровождается повышенным расходом энергии.

Низкая избирательность измельчения, которая в целом характерна для шаровых мельниц, не зависимо от способа побуждения мелющих тел (мельницы барабанные, вибрационные, планетарные, эллиптические - центробежные), усугубляется отсутствием возможности регулирования гранулометрического состава получаемого продукта в плане уменьшения размеров частиц средней, наиболее важной фракции цементного порошка. Так как, истирающий помол — это, прежде всего крайне разнообразный зерновой состав, процентное отношение основных фракций в готовом продукте не зависит от дисперсности исходного материала. При попытках уменьшить размер частиц средней фракции с 40 до 20 мкм (не увеличить показатели удельной поверхности, а именно уменьшить средний размер частиц), в результате неизбирательного раздавливающе - истирающего помола, попутно измельчается весь размерный ряд цементных зерен. Верхняя часть средней фракции переходит в тонкий переизмельченный класс цементных частиц, а измельчаемые крупные зерна не успевают компенсировать потерю средней фракции. В результате на фоне увеличения удельной поверхности цементного порошка фиксируется сокращение доли частиц наиболее важных размеров 10 - 20 мкм. И чем интенсивней истирающее воздействие, тем больше показатели удельной поверхности цементного порошка, а вместе с этим и больше тонких частиц, и тем меньше частиц средней фракции требуемого размера. Получается замкнутый круг, если интенсивность истирающего воздействия недостаточна, в цементном порошке не удастся уменьшить процент частиц крупных, если напротив избыточна, происходит пополнение массы тонких частиц в основном за счет измельчения частиц средних.

В мельницах истирающего действия на полезную работу измельчения расходуется не более 1.5-10% всей подводимой энергии. Остальная часть энергии переходит в безвозвратно теряемую и, что особенно не приятно, крайне вредную для условий помола тепловую энергию.

Нагревание мелющих тел и обрабатываемого материала отрицательно сказывается на производительности помольного оборудования. Крайне не рациональное расходование подводимой энергии, большой расход легированных сталей (материала мелющих тел и броневых плит) заставляет искать альтернативную замену агрегатам измельчения истирающего действия, новые способы измельчения и соответственно новые типы помольного оборудования.

Шаровые мельницы реализуют явно не оптимальную модель разрушения, а их коэффициент полезного действия очень мал, чем же тогда можно объяснить тот факт, что данный тип помольного оборудования получил настолько широкое распространение. Ответ заключается в особой специфике производства цемента связанной с большими объемами перерабатываемых материалов. В данном случае выбор помольного агрегата в большой мере определяется необходимой дисперсностью продукта, а также надежностью и простотой обслуживания оборудования. И шаровые мельницы являются признанной классикой производства цемента, вовсе не из-за выдающихся показателей эффективности измельчения или оптимального расходования подводимой энергии, совсем наоборот. В настоящее время существуют помольные агрегаты, например мельницы ударного действия, в которых расход электроэнергии на единицу измельчаемого материала почти в два раза ниже по сравнению с барабанными шаровыми мельницами. Однако именно шаровые

мельницы обеспечивают получение больших объемов тонкодисперсных материалов при достаточно высоких показателях технической надежности оборудования. В настоящее время никакое другое помольное оборудование не может конкурировать с шаровыми мельницами в деле переработки больших объемов материалов, и производственная практика это лишний раз подтверждает.

Необходимо отметить, что пути повышения эффективности измельчения, увеличения производительности и снижения энергопотребления шаровых мельниц существуют, более того они достаточно давно и успешно используются в практике производства высокоактивного быстротвердеющего цемента.

#### В). Активация цемента кавитационными методами

Использование кавитационных эффектов значительно активизирует процесс одновременного микроперемешивания и активации реакционных процессов при получении различных материалов. Их эффективность по производительности и по снижению затрат достигает 30 % [1, 2]. При этом перспективным является механо- и механохимическая активация цементных суспензий, при этом ядром (зародышем) образования пузырьковой каверны может являться твердая мелкодисперсная частица цемента.

Кавитационный эффект подразумевает использование энергии ударной волны, получаемой при схлопывании пузырька пара в жидкости. Существует множество методов создания кавитации. Вот некоторые из них, применяемые в строительном производстве:

- ультразвуковая кавитация;
- пузырьковая кавитация;
- электрогидродинамическая кавитация.

Рассмотрим ультразвуковую кавитацию. Данный метод основан на воздействии ультразвукового излучения на жидкость с развитием такого эффекта, как акустическая кавитация, возникающего в среде при распространении ультразвука. Акустическая кавитация представляет собой эффективное средство концентрации энергии звуковой волны низкой плотности в высокую плотность энергии, связанную с пульсациями и захлопыванием кавитационных пузырьков. Общая картина образования кавитационного пузырька представляется в следующем виде. В фазе разрежения акустической волны в жидкости образуются пузырьки пара. Пузырьки пара, попадая в жидкость, с температурой, меньшей, чем температура насыщения, захлопываются под действием процесса конденсации пара и сил поверхностного натяжения. В фазе сжатия под действием повышенного давления акустической волны интенсивность захлопывания пузырьков увеличивается.

Явления захлопывание пузырьков под действием акустической волны будет наблюдаться только при соблюдении следующего равенства:

$$\tau \approx T, \quad (1)$$

где  $\tau$  – время "жизни" парового пузыря;

$T$  – период звуковой волны.

Из вышеприведенного равенства можно сделать вывод, что при увеличении частоты звуковой волны будет уменьшаться радиус зарождающихся пузырей (уменьшение времени роста), что в свою очередь приведет к уменьшению силы ударной волны, следовательно, к ухудшению эффекта кавитации. Следует ожидать, что максимальная скорость диспергирования исходного материала будет зависеть от температуры жидкости, от частоты и амплитуды исходных ультразвуковых волн.

В момент схлопывания пузыря давление и температура пара достигают значительных величин (по некоторым данным, до 100 МПа и 10000 °С). После схлопывания полости в окружающей жидкости распространяется сферическая ударная волна, быстро затухающая в пространстве [5÷7].

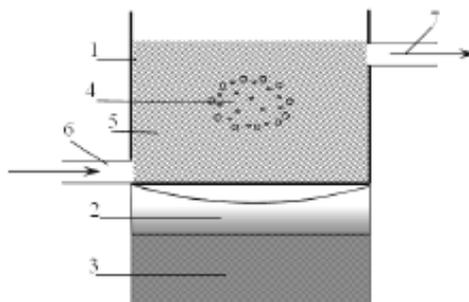
В процессе своего жизненного цикла кавитационные пузырьки теряют сферическую форму в большей или меньшей степени в зависимости от максимального радиуса, частоты акустического поля, вязкости, наличия поверхностно-активных веществ и т.п. Наибольшие деформации наблюдаются на заключительной стадии сжатия. Особенно большое влияние имеет соседство твердой стенки или близко расположенного кавитационного пузырька в пространстве.

Разрушение (схлопывание) конденсирующегося пузырька пара при соприкосновении с поверхностью объекта влечет образование кумулятивной струйки. Кумулятивные струйки разрушают поверхностные слои и поверхность твердого тела за счет кинетической энергии жидкости. Можно предположить, что мелкие частицы твердого тела, размеры которых соизмеримы с поперечным сечением кумулятивных струй, увлекаются ими и дают дополнительный вклад в процесс разрушения поверхностных слоев и самих твердых частиц, находящихся в жидкости.

В ультразвуковом диапазоне наиболее распространены пьезоэлектрические и магнестрикционные генераторы кавитации. В этих электроакустических преобразователях используется прямой магнестрикционный и пьезоэлектрический эффект в переменных магнитных и электрических полях. Диапазон частот возбуждения преобразователей является очень широким (8...44 кГц и выше).

В качестве примера можно рассмотреть проточный ультразвуковой кавитатор (рис. 1). В состав кавитатора входят следующие основные элементы:

- реактор;
- ультразвуковой преобразователь (фокусирующая линза);
- ультразвуковой генератор.



**Рис. 1. Ультразвуковой кавитатор: 1 – реактор; 2 - ультразвуковой преобразователь (фокусирующая линза); 3 - ультразвуковой генератор; 4 - зона кавитации; 5 – взвесь; 6 – подвод; 7 - отвод**

Ультразвуковой генератор генерирует звук. Звук, проходя через преобразователь 2, фокусируется в определенной точке реактора 1, образуя кавитационную область 4. Через подвод 6 взвесь (жидкость с взвешенными в ней частицами, равномерно распределенными по объему) попадает в область кавитации, где происходит измельчение неорганических компонентов [4].

## ВЫВОДЫ

1. Истощение запасов качественного природного сырья сдерживает рост производства строительных материалов, в частности цемента высоких марок. В таких условиях повышается значение использования определенных технологических приемов, позволяющих активировать исходное сырье.

2. Поэтому необходимы разработки по правильному выбору технологических параметров и методов активации сырья. Одним из перспективных направлений улучшения качества минеральной цементной суспензии является их механическая и механохимическая активация с использованием кавитационного эффекта.

3. Изменение технологических свойств сырья при этом связано с ростом энергии кристаллической решетки частиц, образованием дефектов структуры и других процессов, вызванных механической активацией на основе кавитации.

4. Решение этой проблемы требует изучения сложного механизма механоактивации материалов при проявлении эффекта кавитации и создания оптимальных условий реализаций этого механизма при формировании структуры цементных бетонов и растворов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ивченко В.М. Кавитация и некоторые задачи гидродинамики // Исследование по прикладной гидродинамике. Киев: Наукова думка, 1965.С. 70-78.

2. Ивченко В.М. Элементы кавитационной технологии // Гидродинамика больших скоростей. Красноярск: КрПИ, 1982. Вып.3.С.3-19.

3. Ивченко В.М., Малимон Е.Д. Кинетика кавитационно-пузырьковых суспензий // Прикладная гидромеханика и теплофизика. Красноярск: КрПИ, 1975.С. 50-60.

4. Герлига В.А., Притыка И.А., Селянский А.С. Методы кавитационного диспергирования// Збірник наукових праць: Севастополь СНУЯЕтаП, 2010. С 108-115.

5. Пирсол И. Кавитация. Пер. с англ. Ю.Ф. Журавлева. Ред., предисл. И дополн. Л.А. Эпштейна. М.: Мир, 1975.

6. Кнепп Р., Дейли Дж., Хеммит Ф. Кавитация. М.:, 1974, 688 с.

7. Hobbs J.M. Experience with a 20kc Cavitation Erosion Test // Erosion by Cavitation or Impingement. Atlantic City.ASTM.STR, №408. 1967. P.159-185.

#### УДК 691.54.001

#### ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЗАВОДОВ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В УКРАИНЕ

Лукьянченко М.А., к.т.н., доцент, Хохлач С.Н., студентка гр. ТСК-501

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

Проведен анализ применяемых в Украине тепло- и звукоизоляционных волокнистых материалов - стеклянной, минеральной и базальтовой ваты. Определены их отличительные особенности и рассмотрены перспективы развития заводов по их производству.

Теплотехнические параметры, как промышленных, так, и особенно, жилых и общественных зданий и сооружений, имеет, в последнее время, особое значение. Это обусловлено, как техническими, так и экономическими проблемами. Техническая сторона вопроса заключается в следующем:

1. Изменение нормативов сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций жилищно-гражданских зданий и сооружений для нового строительства, реконструкции и капитального ремонта [1, 2];

2. Изменение карты-схемы температурных зон Украины;

3. Сокращение номенклатуры продукции мелкоштучных стеновых камней (так, например, карьеры камнепиления известняка-ракушечника в АРК пилят его только с теоретической шириной 400 мм, а практически ширина камня составляет 360 – 370 мм);

4. Значительный износ, моральное и физическое старение оборудования источников теплоносителей, подающих и обратных наружных инженерных сетей.

Экономическая сторона вопроса заключается в следующем:

1. Сокращение и значительное увеличение стоимости энергоносителей со стороны Российской Федерации, как основного их поставщика в Украину.

Эти объективные причины заставляют вести поиск не только у нас в стране, но и за рубежом эффективные инженерные приемы для обеспечения требуемых теплотехнических показателей с одной стороны, с другой стороны повышать энергоэффективность и сокращению потребления энергоносителей.

Один из методов достижения поставленных задач – использование эффективных теплоизоляционных материалов, которые бы отвечали следующим требованиям: