

**ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНАЯ АКТИВАЦИЯ ПЕСЧАНОГО ШЛАМА  
ДЛЯ ЗАТВОРЕНИЯ ВЯЖУЩИХ****А.П. Малюшевская, А.Н. Ющишина, П.П. Малюшевский***Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины,  
пр. Октябрьский, 43-А, г. Николаев, 54018, Украина, [iipt@iipt.com.ua](mailto:iipt@iipt.com.ua)*

Качество искусственного камня, получаемого при твердении цементов и гипса, в значительной степени зависит от качества используемых наполнителей и воды затворения. Потребность в качественном наполнителе для искусственных строительных конгломератов (ИСК) вызвала необходимость поиска новых технологических приёмов, при этом разрабатываются методы активации как воды затворения [1, 2], так и твердофазных компонентов ИСК [3, 4]. Одной из таких новых технологий является электроразрядное воздействие на компоненты ИСК.

Известно [5], что в операциях тонкого измельчения минеральных материалов активируется поверхность наполнителей. Логичной является операция предварительной (до затворения) активации наполнителя и одновременно воды затворения путём электроразрядного воздействия на песчаный шлам.

Наши работы показали, что, регулируя параметры электроразряда, можно управлять процессом измельчения. Например, с увеличением времени воздействия импульса волны давления, оставляя постоянным его величину,

$$I_0 = 2,1 \frac{\sqrt[3]{l_p U_0}}{D}$$

(здесь  $l_p$  – разрядный промежуток,  $U_0$  – напряжение на конденсаторе,  $D$  – расстояние от оси разряда до плоскости воздействия), можно достигнуть большей равномерности измельчения за счет целенаправленного формирования канала разряда, увеличивая долю энергии, направленную на разрушение материала в отдалённых от канала разряда областях. Кроме того, изменяя длительность импульса в ту или иную сторону, можно получать частицы материала определённой формы (остроконечной, окатанной, пластинчатой). Здесь велика роль электроразрядной объёмной кавитации [6, 7]. Она особенно очевидна при так называемом мягком режиме, когда на твёрдые частицы в реакторе воздействуют импульсами сравнительно небольшого давления (примерно  $10^1 - 10^2$  МПа) и большой длительности ( $10^{-4} - 10^{-3}$  с). При этом необходимо обеспечивать сравнительно большую частоту повторения импульсов (4–8 Гц), что позволяет получать режим суперкавитации. Этот режим обеспечивается, когда большинство кавитационных пузырьков кавитационной области в реакторе, возбужденной прошедшим отраженным импульсом разрежения, захлопывается под воздействием внешнего давления волны последующего разряда. Именно такие режимы позволяют получать наиболее развитую кавитацию с высокой интенсивностью в обширной кавитационной области, которая должна охватывать практически весь объём жидкости в реакторе.

Электроразрядная кавитация не только диспергирует частицы песчаного шлама, активируя их поверхности, но и активирует жидкую составляющую шлама, то есть воду [8, 9]. Результаты экспериментальных работ показали, что дисперсный состав и форма частиц сильно зависят от химических и физико-химических свойств измельчаемых материалов [9]. В наших экспериментах было установлено, что по мере диспергирования частиц кварцевого песка пробивное напряжение суспензий увеличивалось с уменьшением размеров дисперсных частиц.

Степень дисперсности для кварцевого песка оценивали среднеповерхностным диаметром, определяемым по формуле

$$d_{\text{ср}} = \frac{\sqrt{d_1^2 P_1 + d_2^2 P_2 + \dots + d_n^2 P_n}}{100},$$

где  $d_1, d_2, \dots, d_n$  – средние размеры зёрен по фракциям;  $P_1, P_2, \dots, P_n$  – процентное содержание зёрен по фракциям.

Были проведены экспериментальные исследования зависимости степени измельчения кварцевого песка (исходная крупность – 0,5–3 мм) от продолжительности электроразрядной обработки при варьировании количества импульсов и прочих равных условиях (см. рис. 1).

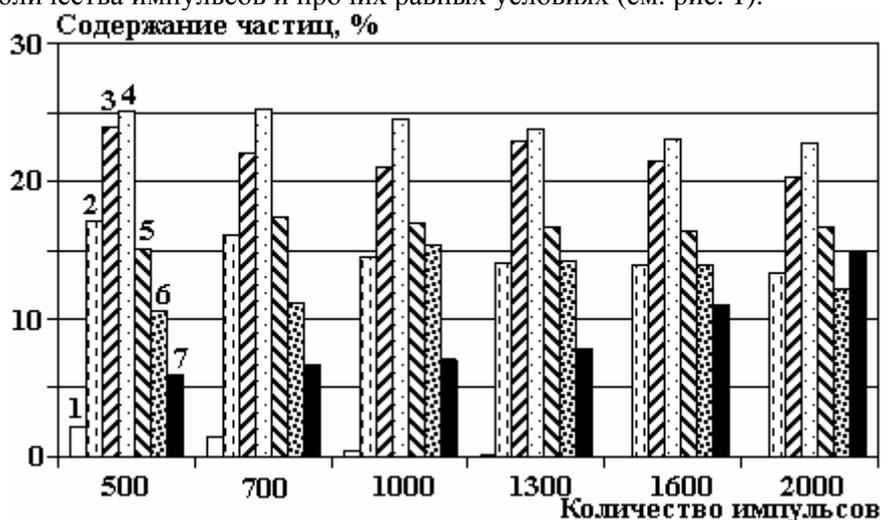


Рис. 1. Зависимость гранулометрического состава активированного кварцевого песка от количества ЭР импульсов. 1 – 1,5; 2 – 0,5; 3 – 0,25; 4 – 0,10; 5 – 0,05; 6 – 0,008; 7 – 0,001 мм

Кроме того, было установлено, что часть диспергируемого материала переходит в раствор в виде активного кремнезема.

Соответственно обработка материалов цементного теста и ячеистобетонной смеси приводит к значительному увеличению прочности ИСК и автоклавного ячеистого бетона. При этом предполагалось [10], что в результате электроразрядного воздействия на смеси, вследствие интенсивного процесса диспергирования, происходят процессы растворения и других исходных сырьевых материалов, значительно возрастает количество активного кремнезёма в среде диспергирования. При взаимодействии активированной воды и кремнезёма, например с известью, образуется повышенное количество низкоосновных гидросиликатов кальция, что способствует повышению прочности бетона.

Изучение некоторых физико-химических характеристик обработанного шлама и сравнение их с исходными данными позволило окончательно установить, что в результате электроразрядного воздействия наблюдается более интенсивный переход кремнезёма песка в жидкую фазу и шлам, чем при мокром помоле до той же крупности частиц в шаровой мельнице. При этом с увеличением удельной энергии  $W_{уд}$  до 100 МДж/м<sup>3</sup> размер частиц в песчаной суспензии изменяется так, как показано на рис. 2.

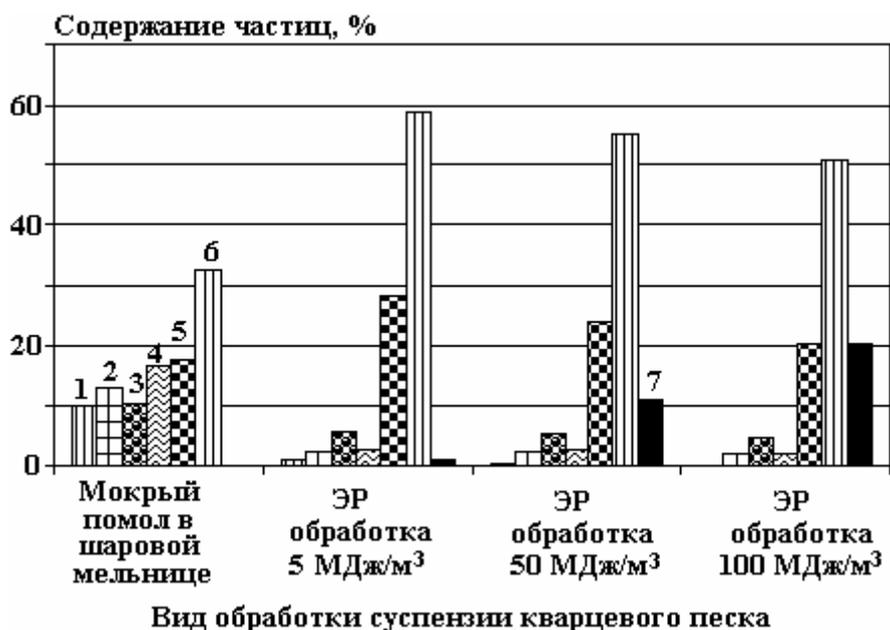


Рис. 2. Гранулометрический состав обработанной суспензии кварцевого песка при различных видах обработки. 1 – более 90; 2 – 90–60; 3 – 60–30; 4 – 30–20; 5 – 20–10; 6 – 10–5; 7 – менее 5 мкм

Дальнейшая электроразрядная обработка переводит частицы в коллоидное состояние (см. рис. 3).

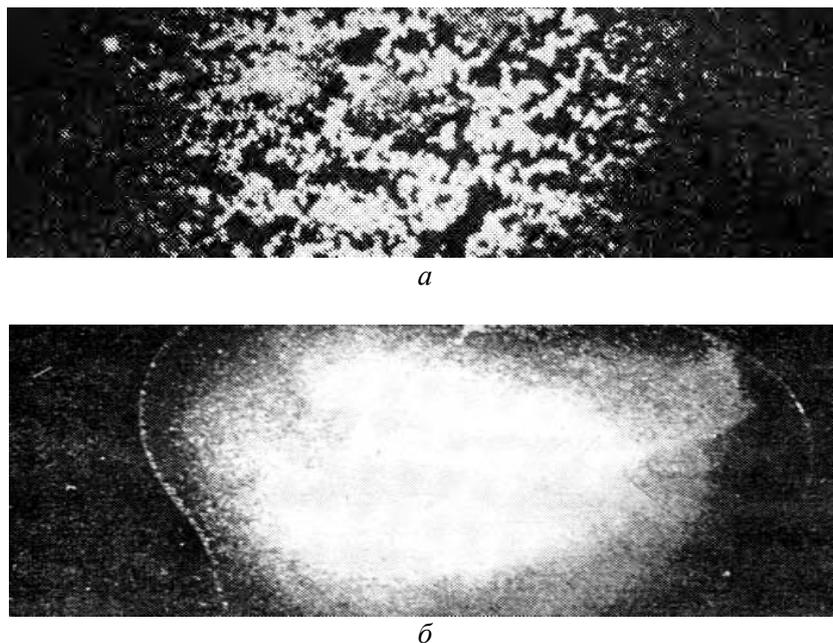


Рис. 3. Результаты электроразрядной обработки суспензии кварцевого песка. а – 0,5; б – 100 МДж/м<sup>3</sup>

Определение содержания SiO<sub>2</sub> в шламе, выполненное фотоэлектрокалориметром, показало обогащение жидкой фазы суспензии кремнекислотой (рис. 4). Полученные электроразрядным методом активные формы кремнезёма (кремнегель и кремнекислота) интенсивно участвуют в данном случае в реакциях синтеза цементирующих веществ автоклавного ячеистого бетона, сокращая сроки схватывания и повышая его прочность на 40%.

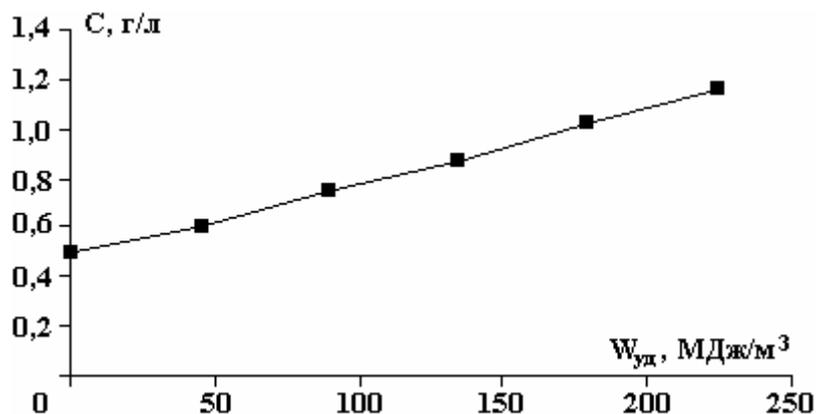


Рис. 4. Зависимость концентрации кремнекислоты от удельной энергии электроразрядной обработки

Следовательно, при электроразрядной обработке песчаного шлама наблюдается физико-химическая активация кварцевого песка. Она определяется как возрастанием поверхностной энергии твёрдой фазы при мелкодисперсном измельчении, активацией воды, так и нарушением кристаллической структуры кварца, её аморфизацией, о чем свидетельствует наличие гелеобразной фазы в шламе и кремнекислоты в растворе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Юдина А.Ф. Бетонная смесь на воде затворения, предварительно обработанной электрическим полем. *Популярное бетоноведение*. 2005, (5), 65–78.
2. Помазкин В. Физическая активация воды затворения бетонных смесей. *Строительные материалы*. 2003, (2), 14–16.
3. Кузнецов А.Н., Гарнави М.С. Влияние разрядно-импульсного воздействия на структурообразование и прочность цементного камня и бетона. *Цемент и его применение*. 2005, (6), 44–45.

4. Файнер М.Ш. *Новые закономерности в бетоноведении и их практическое применение*. Киев: Наук. думка, 2001. 448 с.
5. Бережной А.И., Страхов Ю.М., Муха А.Г., Рясный В.Г., Комиссарчик С.С. Исследование способа обработки тампонажных растворов электрическими разрядами. *Труды «Геология и разработка газовых и газоконденсатных месторождений Украины»*. 1976, (1/X), 146–153.
6. Малюшевская А.П., Малюшевский П.П., Левда В.И. Электровзрывная нелинейная, объёмная кавитация в технологических реакторах. Часть 1 (Электроразрядное генерирование газовой фазы – зародышей кавитации). *Электронная обработка материалов*. 2004, **40**(1), 46–53.
7. Малюшевская А.П., Малюшевский П.П., Левда В.И. Электровзрывная нелинейная, объёмная кавитация в технологических реакторах. Часть 2 (Анализ структуры кавитационных областей). *Электронная обработка материалов*. 2004, **40**(2), 40–46.
8. Малюшевский П.П. *Основы разрядно-импульсной технологии*. Киев: Наук. думка, 1983. 272 с.
9. Вишневский В.Б., Годованная И.Н., Горовенко Г.Г. Особенности разрушения кварца и кварцевого стекла электрогидравлическим взрывом. *Электронная обработка материалов*. 1986, (4), 34–36.
10. Опекунов В.В. Горовенко Г.Г., Ляпис Д.Н. Исследование электропроводной суспензии кварцевого песка. *Электронная обработка материалов*. 1984, (2), 49–52.

Поступила 14.09.10

### Summary

Technological operation of the preliminary simultaneous activation of filler for artificial building conglomerates and tempering water by electrodischarge influence on sandy sludge (suspension of quartz sand) is discussed. It is shown that there is the physical and chemical activation of quartz sand at electrodischarge treatment of sandy sludge. Activation determines not only by the deep disintegration of particles (and superficial energy increasing) of solid, but also by obvious quartz crystalline structure's damage, it's amorphization.

---