

## **ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ И ДИСПЕРСНОСТИ МОЛОТОГО КВАРЦЕВОГО ПЕСКА НА ПРОЦЕСС ГИДРАТАЦИИ МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ ЦЕМЕНТНЫХ СУСПЕНЗИЙ**

**Барабаш И.В., Выровой В.Н., Барабаш Т.И.** (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

**Рассмотрено влияние механоактивации наполненных цементосодержащих суспензий на количество химически связанной воды и степень гидратации цемента. Выявлено влияние количества и дисперсности молотого кварцевого песка на процесс гидратации активированных цементных суспензий.**

Организация структуры твердеющих композиций на основе минеральных вяжущих, как лиофобных систем с лиофильной границей раздела фаз, в значительной степени определяется уровнем межчастичных взаимодействий, кинетикой и условием протекания гетерофазных реакций.

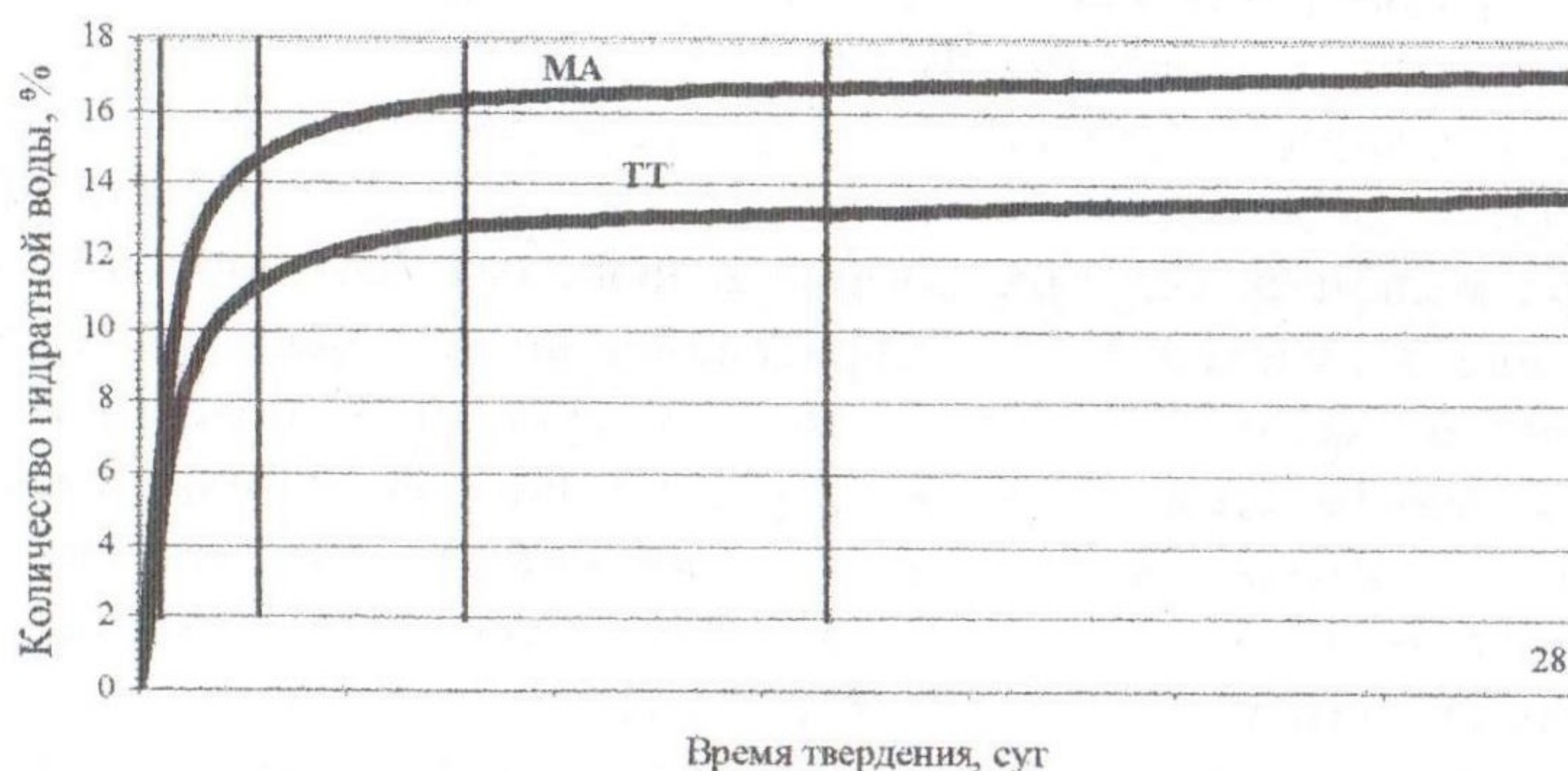
В свою очередь, как условия межчастичных взаимодействий, так и кинетика гетерогенных процессов, зависят от энергетического состояния поверхности частиц вяжущего и наполнителей. Проведенный анализ показал, что достаточно простым и эффективным способом изменения энергетического состояния поверхности является ее механическая обработка. В работах [1, 2, 3, 4, 5, 6] показано, что механоактивация дисперсных материалов реализуется в результате соударения частиц друг с другом, с рабочими органами оборудования и ударе мелющих тел при помоле в шаровых или вибромельницах. Часть энергии расходуется на образование новых поверхностей за счет разрушения частиц, а часть на модификацию поверхности без разрушения. По данным [6, 7, 8] реакционная способность вяжущих материалов зависит не столько от суммарной поверхности, сколько от ее состояния. Изменение размера частиц в процессе механоактивации затрудняет назначение количества вяжущего и воды затворения. Перспективным направлением можно считать механохимическую активацию полиминеральных и полидисперсных вяжущих, связанную с механической обработкой поверхности без их разрушения. Это

определило задачу исследования – предложить и проанализировать влияние механохимической активации на кинетику гидратации цемента.

В исследовании механизма гидратации активированных цементных систем одним из основных вопросов является изучение параметров процесса структурообразования, к которым относятся количество химически связанной воды, а также степень гидратации.

В турбулентном потоке, возникающем при гидродинамическом смешении частиц дисперсной фазы, происходит их частое столкновение как между собой, так и с рабочими поверхностями агрегата, а возникающие при этом трибоэффекты приводят к обнажению новых активных поверхностей и появлению новой фазы. Новая фаза характеризуется большей реагирующей поверхностью, количеством активных центров в единице объема. Вследствие этого должны изменяться условия контактирования частиц дисперсной фазы как между собой, так и с дисперсионной средой через поверхности раздела.

Было установлено, что механоактивированные цементно-водные композиции за весь исследуемый период характеризуются большим количеством химически связанной воды по сравнению с композициями, приготовленными традиционным методом, рис.1. Так, в суточном возрасте количество химически связанной воды в механоактивированном цементном камне на 40 % больше, чем в контрольных образцах.



**Рис.1.** Содержание химически связанной воды в цементном камне, приготовленном на механоактивированном (МА) и немеханоактивированном цементе (ТТ).

Механохимическая активация системы «зёрна цемента + частицы кварцевого песка» должна оказать влияние на кинетику гидратации и структурообразование цементных систем с учётом роли количественного и качественного составов минерального наполнителя. Поэтому была определена задача изучения влияния механохимической активации, количества и удельной поверхности молотого кварцевого песка на изменение количества химически связанной воды и степени гидратации твердеющих и затвердевших цементных композиций.

В эксперименте удельная поверхность молотого кварцевого песка  $S_{уд}$  изменялась от 100 до 500 м<sup>2</sup>/кг. Содержание наполнителя варьировалось от 6 до 54 %. Механоактивация исследуемых систем осуществлялась в трибоактиваторе в течение 120 сек при скорости вращения ротора 2800 об/мин.

Экспериментами установлено, что количество химически связанной воды в твердеющих цементных композициях зависит от степени наполнения их молотым песком и удельной его поверхности.

Выявлено влияние дисперсности молотого песка на изменение химически связанной воды в механоактивированных суспензиях. Максимальное значение количества химически связанной воды в суточном возрасте (11%) обеспечивается при удельной поверхности наполнителя  $S_{уд} = 500$  м<sup>2</sup>/кг. На 3-и сутки твердения область максимальных значений химически связанной воды сдвигается в сторону наполнителя с  $S_{уд} = 350$  м<sup>2</sup>/кг.

Обнаружено увеличение количества химически связанной воды при повышении содержания в цементе молотого песка. Так, если в суточном возрасте содержание химически связанной воды в цементном камне, содержащем молотый песок в количестве 6 %, составляет 5,6 %, то при 54 %-ом наполнении содержание химически связанной воды в механоактивированном цементном камне достигает значения 10,8 %. Установлено, что в заданном промежутке времени количество химически связанной воды увеличивается с увеличением количества наполнителя практически в логарифмической зависимости.

В более поздние сроки твердения (7, 28-е сутки) максимальное количество химически связанной воды наблюдается для цементных композиций с 54 %-ым содержанием наполнителя с удельной поверхностью 500 м<sup>2</sup>/кг. В традиционно приготовленных суспензиях наблюдается аналогичное влияние концентрации и удельной поверхности молотого кварцевого песка на изменение количества химически связанной воды. В 28-

ми суточном возрасте в механоактивированной цементной композиции количество химически связанной воды в среднем на 20 % больше по сравнению с контролем.

Для оценки эффективности использования механоактивации был принят коэффициент, отражающий отношение количества химически связанной воды после механоактивации к количеству химически связанной воды в немеханоактивированном цементном камне (1):

$$K = K_{\text{хим.в.}}^{\text{МА}} / K_{\text{хим.в.}}^{\text{ТТ}} \quad (1)$$

Установлено, что значение коэффициента  $K$  зависит от степени наполнения цементной суспензии молотым песком. Так, в суточном возрасте  $K$  повышается с 1,3 при 6 % наполнения до 1,5-1,6 при 54 %-ом наполнении. Максимальное значение  $K_{\text{хим.в.}}$  наблюдается при наполнении цемента молотым песком с удельной поверхностью 100 м<sup>2</sup>/кг.

На 3-и сутки твердения максимальное значение коэффициента  $K$  наблюдается при 25 %-ом содержании молотого песка и удельной поверхности его 500 м<sup>2</sup>/кг. В более поздние сроки твердения (7 и 28 сутки) область максимальных значений  $K$  сдвигается в зону максимального наполнения 54 %.

Таким образом, варьируя количеством и дисперсностью молотого кварцевого песка можно в широком диапазоне управлять количеством химически связанной воды в цементном камне как на механоактивированном вяжущем, так и на вяжущем не подверженном механоактивации.

Кроме количества химически связанной воды была определена степень гидратации цемента в возрасте от 1 до 28 суток.

Результаты экспериментов показали, что механоактивация приводит к увеличению степени гидратации цемента. В 28-ми суточном возрасте твердения в нормальных условиях степень гидратации механоактивированного цемента в 1,3-1,5 раза превышает степень гидратации немеханоактивированного вяжущего. Максимальной степенью гидратации отличаются цементные композиции, содержащие 54 % молотого песка, рис.2.

Существенное влияние на степень гидратации цемента оказывает удельная поверхность. Так, на 1-е сутки твердения максимальная степень гидратации в механоактивированных композициях

наблюдается при введении в цемент молотого песка с  $S_{уд} = 100 \text{ м}^2/\text{кг}$ . На немеханоактивированном цементе максимальной степенью гидратации характеризуются цементные композиции с молотым песком удельной поверхности  $500 \text{ м}^2/\text{кг}$ , рис.3.



Рис.2. Влияние количества наполнителя на степень гидратации механоактивированных цементно-водных композиций на 28-е сутки твердения при  $S_{уд} = 100 \text{ м}^2/\text{кг}$ .



Рис.3. Влияние удельной поверхности наполнителя на степень гидратации механоактивированных цементно-водных композиций на 1-е сутки твердения при  $H=54 \%$ .

### Выводы

1. Участие как можно большего количества минерального наполнителя как абразивного материала и как материала, который переходит из инертного состояния в активное, в процессе скоростного смешивания, приводит к увеличению реагирующей поверхности и, тем самым, вызывает более полную гидратацию цемента.
2. Таким образом, механохимическая активация наполненных молотым песком цементоводных суспензий приводит к увеличению количества химически связанной воды и степени гидратации вяжущего. Наибольший прирост количества химически связанной воды приходится на ранние периоды твердения, что особенно важно при монолитном строительстве.

## Литература

1. Тяхисте Х.Я., Клауерн В.Р., Оппи О.Э. Опыт и перспективы производства ячеистого бетона с применением дезинтеграторной технологии // Строительные материалы. – 1992. - № 10. – с. 2-5.
2. Федоркин С.И. Механоактивация вторичного сырья в производстве строительных материалов. – Симферополь: Таврия, 1997. – 180 с.
3. Федоркин С.И. Физико-технологические основы механоактивации вторичного сырья в производстве строительных материалов // Дис. на соиск. уч. ст. докт. техн. наук. – Симферополь. – 1998. – 410 с.
4. Федоркин С.И., Димитрашук Л.Н. Использование механоактивации при комплексной утилизации отходов цементного, керамзитового и камнедобывающего производств // Тезисы докладов научно-практической конференции «Прогрессивные технологии и машины для производства строительных материалов, изделий и конструкций». – Полтава: ПГСА. – 1996. – с. 74-75.
5. Федоркин С.И., Непийвода Р.П., Зорина И.В. Установка высокоскоростного диспергирования и механоактивации отходов производства // Труды конференции «Формирование окружающей среды на урбанизированных территориях Крыма». – Ч.3. – Симферополь: КИПКС. – 1996. – с. 29.
6. Хайнике Г. Трибохимия: Пер с нем. – М.: Мир, 1987. – 584 с.
7. Хеегн Х. Влияние механического активирования на процесс растворения кварца // Материалы V Всесоюзного симпозиума по механоэмиссии и механохимии твердых тел. – т.3. – Таллин: Валгус. – 1977. – с. 31-34.
8. Хинт И. О четвертом компоненте технологии // Научно-информационный сборник СКТБ «Дезинтегратор». – Таллин: Валгус. – 1979. – с. 66-72.