

*Шамис Е.Е. Технический Университет Молдовы,
Присяжнюк М.И. Одесская Государственная Академия
Строительства и Архитектуры, Украина,
Избында А.А. ICSC „INCERCOM” Î.S. Moldova
Иванов В.Д. EPMIS, Россия*

ТЕОРИЯ АКТИВАЦИИ ВОДЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ

Вода является наиболее важным фактором, определяющим как технологические свойства бетонной смеси, так и одним из обязательных её компонентов. Поэтому вполне объяснимо стремление модифицировать многие химические процессы, происходящие в присутствии воды, в том числе и образование цементного камня, именно по пути изменения некоторых её свойств.

В “обозримом” бетоне ведению роль модифицированной воды – одна из самых скандальных и мало изученных тем. Проследим, как распределяется и используется вода в бетонной смеси и каково ее влияние на качество смеси при различной модификации.

В 1970-80 годах вопросом влияния магнитной обработки воды, используемой для затворения, на процессы твердения цементного камня и гипса занимались многие ученые. Проводимые на протяжении долгих лет теоретические и экспериментальные исследования во многом являются противоречивыми и не дают окончательной физической картины сопутствующих явлений. Это связано с отсутствием возможности регуляции и постоянного контроля параметров, характеризующих объекты исследования, а также с нестабильностью условий экспериментов. Несмотря на это, на протяжении прошлого века данная технология в принудительном порядке использовалась без отчетливого и однозначного технико-экономического обоснования. На большинстве заводов наблюдался в той или иной степени ощутимый экономический эффект.

Однако официально опубликованные результаты, предоставленные заводами-производителями, не были однозначными. Таким образом, вопрос численной оценки

эффективности использования данной технологии до сих пор остается открытым.

Раскрытием сущности воздействия магнитного поля на воду и водные растворы занимались многие ученые, выдвинувшие множество гипотез, которые условно можно разделить на три группы.

1. Гипотезы, предполагающие влияние магнитных полей только на структуру воды.

Авторы этой группы гипотез сходятся в том, что магнитное поле неким образом влияет на водородные связи. Но механизм этого влияния трактуется по-разному.

Так, В.И. Миненко предполагал, что наложение внешнего магнитного поля вызывает «ларморову прецессию электронных орбит и ядер и поляризацию электронных облаков в молекулах воды, благодаря чему последние приобретают индуцированный магнитный момент, направленный антипараллельно внешнему полю.

Вследствие этого энергия водородных связей изменяется, происходит их изгибание, а затем и разрыв, что влечет за собой изменение взаимного расположения молекул, а следовательно, и структуры воды» [1].

По мнению В.И. Классена [2], магнитная обработка воды приводит не к разрыву водородных связей, а только к их ослаблению. Н.С. Будько, И.П. Выродов считают, что магнитное поле воздействует лишь на дальний порядок молекул воды.

Ряд авторов связывают влияние магнитного поля с индуцированием электрического тока в воде, при этом такой ток усиливает гидролиз воды, изменяя соотношение между водородными и гидроксильными ионами.

2. Гипотезы, предполагающие влияние магнитного поля на ионы, находящиеся в воде. Эта группа гипотез объединяет наибольшее количество предположений относительно механизма этого явления.

Большинство сторонников данных гипотез подчеркивают роль влияния магнитных полей на гидратацию ионов. В основе «ионных» гипотез лежит действие магнитных полей на перемещающиеся в них ионы.

Возникающая при этом сила Лоренца определяется уравнением:

$$F = KquH \sin \alpha, \quad (1)$$

где, q – заряд иона;
 H – напряженность магнитного поля;
 u – скорость перемещения ионов;
 α – угол между направлением поля и движением иона;
 K – коэффициент пропорциональности.

Причем положительно и отрицательно заряженные ионы под действием сил Лоренца отклоняются в противоположные стороны.

3. Гипотезы, в основе которых лежит действие магнитных полей на коллоидные частицы, обладающие довольно большой магнитной восприимчивостью (паро- и ферромагнитные).

Сторонники этой группы гипотез предполагают, что взаимодействовать с магнитными полями в условиях магнитной обработки могут только паро- и ферромагнитные частицы субмикроскопических размеров, всегда присутствующие в воде. В подтверждение данной гипотезы приводятся многочисленные данные, где присутствие железа усиливает влияние магнитного поля на воду.

При удалении из воды солей железа эффект омагничивания в отдельных случаях не наблюдается.

Одни исследователи объясняют воздействие магнитной обработки слипанием мельчайших намагниченных частиц в агрегаты, которые являются центрами возникновения кристаллов. Другие отмечают возможность изменения поверхностных свойств коллоидных ферро магнитных частиц при намагничивании.

Однако с позиции этой гипотезы нельзя объяснить многие физико-химические эффекты, вызываемые магнитной обработкой.

Приведенные выше гипотезы далеко не исчерпывают всего многообразия предположений и взглядов на сущность явлений, происходящих при магнитной обработке воды. Все они в какой-то степени достоверны, поскольку основаны на результатах экспериментов. Однако на настоящий момент пока не установлено окончательно, какой из перечисленных процессов ответственен за конечный результат.

Все магнитные преобразователи можно разделить на две группы: с постоянными магнитами и с электромагнитами.

Аппараты с постоянными магнитами имеют определенные преимущества и недостатки. К преимуществам относятся:

- сравнительная простота конструкции;
- отсутствие необходимости в техническом обслуживании;
- отсутствие необходимости в электропроводке;
- нетрудоемкая установка;

- возможность применения во взрывоопасных местах.

Основным недостатком таких аппаратов является невозможность оперативного регулирования напряженности магнитного поля.

Постоянные магниты изготавливают из специальных материалов, характеризующихся высокой коэрцитивной силой (значение напряженности магнитного поля, необходимое для полного его размагничивания) и остаточной магнитной индукцией.

Основными достоинствами аппаратов с электромагнитами преобразователей являются:

- простота установки;
- возможность изменять мощность прибора в зависимости от расхода воды, позволяющие более качественно и гибко обрабатывать воду;
- существенное снижение количества электроэнергии, потребляемой преобразователем.

Основные недостатки данных приборов:

- постоянное потребление электроэнергии;
- обязательное условие нахождения источника переменного тока рядом с местом работы аппарата.

Применение активированной воды в промышленности

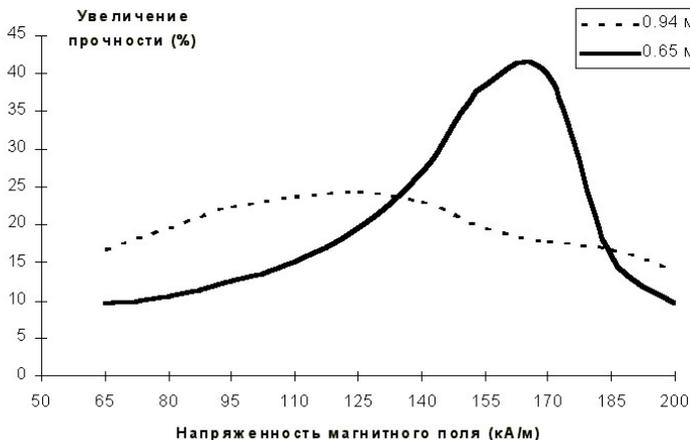
Известно много убедительных примеров эффективного применения активации водных систем в различных отраслях промышленности, строительстве, сельском хозяйстве и медицине. Главной причиной разнообразия областей применения активированной воды является ее важная роль и беспрецедентно широкая доступность и распространенность в промышленных и биологических процессах.

В промышленности нашлось много областей для применения активированной воды, среди которых производство бумаги, крашение тканей, нефтяная промышленность, производство хлора, пищевая промышленность и другие.

К примеру, рассмотрим результаты применения активированной воды в производстве керамики.

Основные работы в этом направлении проведены Л.П. Черняком, И.П. Нестеренко, С.П. Ничипоренко, Н.Н. Круглицким и Р.М. Зайонцом, в которых показано, что при применении структурированной воды формируются более совершенные псевдоконденсационные и кристаллизационные структуры дисперсий.

Повышение прочности цементного камня в зависимости от напряженности магнитного поля и скорости потока воды



Электронномикроскопические снимки дисперсий Никифоровской глины после обжига

- а – суспензии приготовлены на обычной воде;
б — суспензии приготовлены на омагниченной воде.*

Указанные эффекты приводят к существенному изменению свойств образцов после сушки и обжига. В случае применения активированной воды значительно возрастают прочность образцов и их объемная масса; водопоглощение при этом понижается. Четко прослеживается полиэкстримальная зависимость от напряженности магнитного поля. Уменьшается пористость образцов на 23%.

***Применение магнитной обработки воды в строительстве.
Твердение цементного камня***

В СССР стали применять омагниченную воду для затвердения цемента и бетона в 1962 году. С тех пор в этом направлении проводились значительные (хотя и достаточно систематические) исследования, позволившие выявить перспективность метода.

Основываясь на результатах, полученных экспериментальным путем такими учеными как В.А. Улазовский, С.А. Ананьина, можно сказать следующее.

Опытами установлено, что затворение цемента активированной воды приводит к значительному повышению прочности камня.

Причем зависимость прочности от времени нахождения воды при используются гибких концентраторов торсионных излучений имеет экстремальный характер.

Увеличение прочности зависит также и от времени активации и от напряженности поля при использовании структурированной воды.

При затворении обычной водой имеется значительный индукционный период выкристаллизовывания цемента; в случае затворения структурированной водой пластическая прочность начинает активно расти почти сразу же после затворения. При этом отмечено более быстрое диспергирование частиц до микронных размеров.

При использовании гибких концентраторов неионизирующих излучений цемент гидратируется в значительно большей степени, чем при использовании обычной воды, что способствует получению более твердой структуры камня.

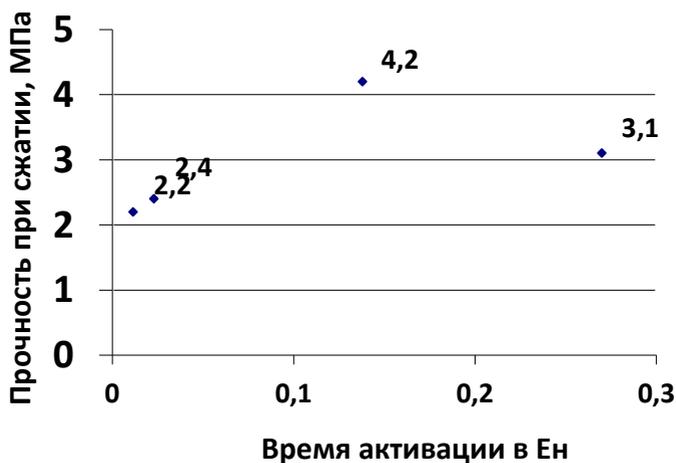


Рис. 2 Рост прочности цемента гидратируемого структурированной водой

Активация компонентов формовочной смеси путём воздействия торсионными излучениями в период подготовки и в процессе изготовления способствует интенсификации пластичности и повышению плотности материала. Отсюда следует и улучшение прочностных характеристик смеси.

Источником всех полей, существующих в природе, являются их единичные носители, то есть элементарные частицы. Известно, что у них есть электрический заряд, чему соответствует порождаемое ими электромагнитное поле. Масса порождает гравитационное поле. Есть ещё один независимый параметр, то есть спин-квантовый аналог углового момента вращения, который порождает торсионное поле, являющееся самостоятельным физическим фактором. Итак, элементы вращения, а это практически всё от электрона до галактики, вращаясь создают своё торсионное поле [1, 16].

Для сосредоточения воздействия торсионных полей на компоненты смеси, следовательно, повышения их активности используются гибкие концентраторы торсионных излучений.

Предложим следующий подход для измерения степени интенсивности таких излучений.

Устанавливается единица их измерения $E_n = (\text{einstein}) \text{ V/T}$ (2), определяемая как интенсивность торсионного (неионизирующего) излучения необходимого для структуризации единицы объёма дистиллированной воды за единицу времени) [11,12].

В результате получено время активации:

24 часа = 0.01157 E_n на 1 литр

12 часов = 0.023 E_n на 1 литр

2 часа = 0.138 E_n на 1 литр

1 час = 0.27 E_n на 1 литр

Применение магнитной обработки воды в производстве бетона

При использовании структурированной воды для затворения бетона прочность его возрастает на 10-25%, расход цемента уменьшается, а подвижность бетонной массы возрастает.

В разные годы исследования в этой области в лабораторных и промышленных условиях проводили: Г.К. Ярошинский, Ю.Г. Хохлова, С.Г. Покай, И.Л. Повх, В.Б. Совпель, Н.А. Бычин, А.И. Бережной, П.Я. Зельцер, О.П. Мчедлов-Петросян, В.Е. Зеленков, К.К. Кульсартов и многие другие.

Развернутое исследование влияния омагничивания воды затворения на плотность и морозостойкость гидротехнического бетона проведено Ю.И. Шипиловым (Одесская государственная академия строительства и архитектуры), который установил, что в этом случае уменьшается водоцементное отношение бетона, улучшается его структура (уменьшается объем контракционных и

капиллярных пор), что уменьшает водопроницаемость бетона. Все это значительно повышает морозостойкость бетона (более чем на 100 циклов замораживания - оттаивания).

В настоящее время технология омагничивания воды при затворении бетона используется на предприятиях, таких как Ростокинский завод ЖБК (Москва), Подольский ДСК (Московская обл.), ЖБИ-355 (Москва) и некоторые другие.

Помимо производства бетона структурированная вода в строительстве также используется в следующих областях: сети горячего и холодного водоснабжения; установки для кондиционирования воздуха; центральное отопление; удаление накипи из трубопроводов; градирни и т.д.

Твердение гипса и других вяжущих

Гипсовые вяжущие вещества как строительный материал известны человеку с древних времен. Они использовались при возведении стен Иерихона, пирамиды Хеопса, зданий Помпеи и многих других исторических сооружений. В современном строительстве среди неорганических вяжущих гипсовые вяжущие занимают довольно скромное место – после цемента и извести.

Однако в последнее время благодаря простоте технологии, пониженным тепло- и энергетическим затратам и другим преимуществам их значимость возросла, и сейчас они завоевывают все большую популярность в строительстве. Изделия, выпускаемые на основе гипсовых вяжущих, по сравнению с другими стеновыми изделиями, отличаются гигиеничностью, сравнительно небольшой средней плотностью, высокой тепло и звукоизолирующей способностью, огнестойкостью, архитектурной выразительностью, высокими технико-экономическими показателями и небольшими топливно-энергетическими затратами.

Вопросом затворения гипса омагниченной водой занимались многие ученые: А.Т. Логвиненко, М.А. Савинкина, О.П. Мчедлов-Петросян, А.Н. Плугина, А.В. Ушеров-Маршак и другие. Результаты, полученные при изучении влияния магнитной обработки на твердение гипса, мало отличаются от аналогичных результатов для цемента.

Так, А.Т. Логвиненко и М.А. Савинкина проводили опыты с различными образцами полуводного гипса, золой уноса и шлаком. Их опыты показали, что магнитная обработка воды приводит к росту прочности образцов со временем. Результаты исследования под электронным микроскопом показали, что в структурированной воде образуются мелкокристаллические структуры. При этом число

мелких кристаллов значительно больше, чем в обычной воде, что обуславливает высокопрочностные характеристики материала.

Отмечено также значительное влияние магнитной обработки на процесс гашения извести.

Экспериментальное исследование влияния магнитной активации

Как было показано выше, основная причина столь нераспространенного применения магнитоактивированной воды заключается в зависимости эффективности работы омагничивающих аппаратов от стабильности эксплуатационных параметров обрабатываемой воды, что, в свою очередь, и приводит к нестабильности получаемого результата.

Целью исследования, проведенного совместно с заводом «Кнауф-Гипс Колпино», явилось обоснование целесообразности применения магнитоактивной воды в производстве пазогребневых плит.

Пазогребневые плиты из гипса представляют собой монолитное изделие в форме прямоугольного параллелепипеда с пазогребневым стыком и высокой точностью размеров. Производится два типа плит: стандартные для обычных помещений и гидрофобизированные, которые применяются в помещениях с повышенной влажностью. Пазогребневые плиты предназначены для возведения ненесущих перегородок в зданиях различного назначения: жилых, производственных, гражданских, а также для внутренней свободностоящей облицовки несущих стен.

Поддаются механической обработке, поэтому возможна любая конфигурация стены, увеличение или уменьшение площади стены, размещение инженерных вводов и выводов в наиболее удобных местах. Высокое качество лицевой поверхности плит позволяет исключить процесс оштукатуривания возведенных перегородок. Выравниванию подлежат лишь места соединений блоков.

Полученная поверхность перегородок из пазогребневых плит пригодна под любую отделку: окраску, оклейку обоями, облицовку керамической плиткой, декоративное оштукатуривание.

Нами был проведен ряд экспериментов с целью выявления того, каким образом магнитоактивированная вода влияет на затворение гипсового вяжущего. Задача эксперимента — определение свойств гипсового вяжущего и параметров образцов-балок из гипсового теста при использовании магнитоактивной воды.

Испытания гипсовых вяжущих проводились по ДСТУ Б В.2.7-82-99 [4]. Испытания проходили в лаборатории ОДАБА (рис. 2), куда было доставлено гипсовое вяжущее.

Были проведены испытания по определению сроков схватывания гипсового теста, по определению предела прочности на сжатие и на растяжение при изгибе.

Для полноценного анализа поведения образцов-балок из гипсового вяжущего Г-5 с размерами 160x40x40 мм, затворенных структурированной и обычной водами, были отобраны образцы-балки с разными водогипсовыми соотношениями 0,67 и 0,89.

Таблица 1.
Результаты испытаний образцов-балок, затворенных на обычной и структурированной водах

| Вид испытания | | | Тип воды | | Величина расхождения, МПа |
|----------------------------|-------------------------------|---------------|----------|----------------|---------------------------|
| | | | Обычная | Активированная | |
| Предел прочности, МПа | через 2 часа | <i>изгиб</i> | 1,42 | 1,75 | 0,33 |
| | | <i>сжатие</i> | 2,12 | 1,92 | -0,20 |
| | до постоянной массы (43 часа) | <i>изгиб</i> | 2,48 | 2,74 | 0,26 |
| | | <i>сжатие</i> | 4,54 | 7,14 | 2,60 |
| Сроки схватывания, мин:сек | <i>начало</i> | | 9:10 | 9:25 | - |
| | <i>конец</i> | | 18:27 | 19:32 | - |

Результаты испытаний показали, что при большом водогипсовом отношении (0,89) прочность образцов, затворенных на структурированной и на обычной водах, практически одинаковы. Это объясняется тем, что высокое водогипсовое соотношение не дало возможности проявиться активным свойствам воды, подвергшейся соответствующему воздействию.

Однако прочность образцов, затворенных структурированной водой, при водогипсовом отношении, соответствующем нормам по производству пазогребневых плит

(0,67) [5], значительно больше прочности образцов, затворенных на обычной воде:

- прочность на сжатие на структурированной воде больше на 64%;
- прочность на изгиб на структурированной воде больше на 10,6%.

Как видно из табл. 1, структурирование воды отражается на сроках схватывания гипсового теста. При водогипсовом отношении 0,67 и при использовании для затворения активированной воды сроки схватывания являются меньшими по сравнению со сроками при затворении на обычной воде.

Таким образом, проанализировав параметры гипсовых образцов, затворенных на структурированной воде и на обычной воде, можно сделать вывод, что структурированная вода положительно влияет на процессы схватывания гипсового раствора и на прочность гипсового материала.

На основании проведенных исследований был выбран подходящий гибкий концентратор активатор. Он вмонтирован в технологическую линию производства пазогребневых плит в двух местах: после отсечного клапана и после нагнетательного насоса, перед непосредственным сбросом воды в формующую ванну.

С использованием в производстве пазогребневых плит магнитного активатора был произведен сравнительный анализ затворения гипсового вяжущего на обычной и на структурированной воде.

Как показало исследование, использование активации в технологическом процессе изготовления пазогребневых плит улучшает все основные параметры (водогипсовое отношение, сроки схватывания гипсового теста, пределы прочности на сжатие и на изгиб, относительную влажность изделий). И все это, таким образом, привело к улучшению двух основных стоимостных показателей: снижение расхода гипсового вяжущего и снижение расхода газа на производство пазогребневых плит. Таким образом, применение структурированной воды в технологии производства пазогребневых плит ведет к сокращению прямых затрат на производство.

Литература

1. Миненко В.И., Петров С.М., Миц М.Н. Магнитная обработка воды. Харьков. 1962
2. Классен В.И. Омагничивание водных систем. М. 1978
3. Панов Н.П., Афанасьев В.П., Крупнов В.А. Свойства омагниченной воды и использование ее в сельском хозяйстве. М. 1992
4. ДСТУ Б В.2.7-82-99 Будівельні матеріали. В'язучі гіпсові
5. Эпштейн Е.А., Рыбаков В.А. Магнитная активация воды в промышленности строительных материалов. Применение магнитоактивной воды в производстве пазогребневых плит. Инженерно-строительный журнал №4, 2009
6. Гульков А.Н., Заславский Ю.А., Ступаченко П.П. Применение магнитной обработки воды на предприятиях Дальнего Востока. Владивосток. 1990
7. Под ред. А.В. Ферронской. Гипсовые материалы и изделия. Справочник. М. 2004
8. Арадовский Я.Л., Тер-Осипянц Р.Г., Арадовская Э.М. Свойства бетона на магнитно-обработанной воде. Бетон и железобетон, №4. М. 1972
9. Афанасьева В.Ф. Магнитная обработка воды при производстве сборного железобетона. Бетон и железобетон, №11. М. 1993
10. Ружинский С. Все о пенобетоне. Часть 2 – Омагничивание водно-дисперсных систем применительно к прикладному бетоноведению. www.ibeton.ru/a32.php
11. Е.Е. Шамис, М.И. Холдаева(М.И.Присяжнюк), В.Д. Иванов Активация преимущественно строительных формовочных смесей (теория и практика). OS 3288. АGER RM, 21.12.2011
12. Е.Е. Шамис, В.Д. Иванов, М.И. Присяжнюк. Научно-инженерные физические методы конструирования и изготовления формовочных смесей OS 3737. АGER RM, 15.07.2013