

Магнитная активация воды в промышленности строительных материалов. Применение магнитоактивной воды в производстве пазогребневых плит

Инженер ГОУ СПбГПУ Е.А. Эпштейн; инженер ГОУ СПбГПУ В.А. Рыбаков*

О том, что магнитное поле неким образом изменяет свойства воды, было известно еще в XIII в. Но лишь в XX веке на это явление стали обращать внимание физики и биологи. В 1945 году бельгийский инженер Т. Веймайерен получил патент на способ предотвращения накипеобразования в паровых котлах с помощью обработки воды в магнитном поле. Этот способ оказался столь эффективным и экономичным, что в разных странах Европы и Америки многие фирмы стали выпускать в продажу специальные установки различной конструкции для омагничивания промышленных вод.

Начало применения омагниченной воды в строительстве при затворении бетона относится к 1962 г. (Б.А. Нейман, СССР). С тех пор велись, и по сей день ведутся значительные исследования в этом направлении.

В настоящее время магнитоактивированная вода активно используется ведущими заводами при производстве глины, бетона, а также пазогребневых плит на основе гипсовых вяжущих.

Теоретические основы магнитной активации воды

В 1970-1980 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:

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

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 ферромагнитных 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.

Аппараты для омагничивания воды

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 размагничивания магнита) и остаточной магнитной индукцией. Как правило, в магнитных преобразователях воды применяются ферромагнетики и сплавы редкоземельных металлов. В последнем случае магниты создают сильное и стабильное поле, могут эффективно работать при температурах до 200 °С и почти полностью сохраняют свои магнитные свойства на протяжении нескольких лет. Для обработки воды в инженерных системах требуется переменное магнитное поле. В противном случае на поверхности магнитов или трубы, на которую смонтирован прибор, будут накапливаться частицы различных ферромагнитных примесей (ржавчина, частицы металла и т.д.). Поэтому преобразователи собирают из нескольких (от 4 и более) постоянных магнитов таким образом, чтобы положительный и отрицательный полюса чередовались.



Рисунок 1. Активатор с постоянными магнитами. Модель МПВ MVS Ду50 (ООО «Магнитные водные системы»)



Рисунок 2.
Электромагнитный активатор воды УПОВС 2-5,0 (ЗАО «МАКСМИР-М»)

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.

Стоимость магнитных преобразователей, работающих на электромагнитах, на порядок выше, чем у аналогичных приборов, использующих постоянные магниты.

В аппаратах этого типа электромагниты могут быть расположены как внутри корпуса, так и вне его. Последний вариант предпочтительней, так как упрощает изделие конструктивно и облегчает его обслуживание.

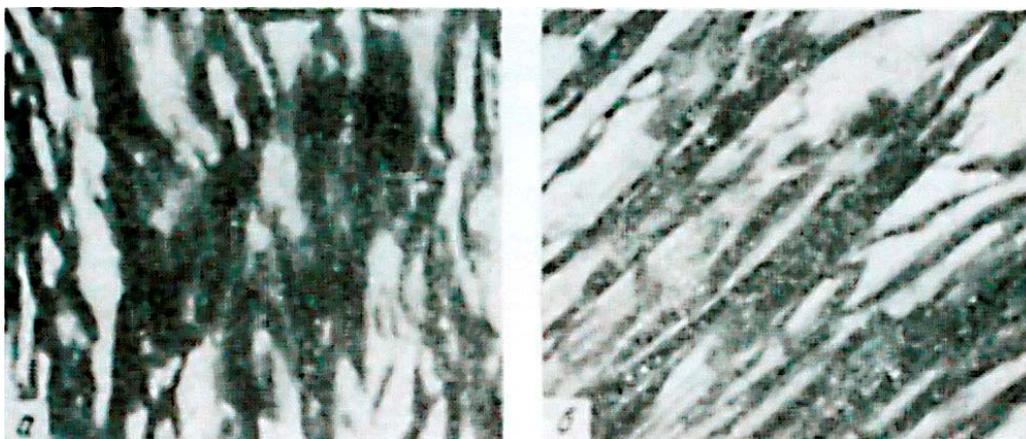
Применение магнитной обработки воды в промышленности

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

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

Так, рассмотрим результаты применения магнитоактивированной 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 омагничиванной воды формируются более совершенные псевдоконденсационные и кристаллизационные структуры дисперсий. После сушки наблюдается заметная упорядоченность глинистых частиц. На обычной воде такого явления не наблюдается, так как глинистые частицы образуют контакты различных типов (рис. 3). После обжига образцов, приготовленных на обычной воде, образуется муллит с недостаточно четкими кристаллографическими очертаниями. В образцах, приготовленных на омагничиванной воде, возникают более крупные, четко очерченные кристаллы муллита (рис. 4).



а

б

Рисунок 3. Электрономикроскопические снимки дисперсий Никифоровской глины после сушки:
а – суспензии приготовлены на обычной воде; б — суспензии приготовлены на омагничиванной воде.

Эпштейн Е.А., Рыбаков В.А. Магнитная активация воды в промышленности строительных материалов. Применение магнитоактивной воды в производстве пазогребневых плит



а

б

Рисунок 3. 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 омагниченной воды значительно возрастают прочность образцов и их объемная масса; водопоглощение при этом понижается. Четко прослеживается полиэкстремальная зависимость от напряженности магнитного поля. Сильно уменьшается пористость образцов.

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 недостаточно 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 омагниченной водой приводит к значительному повышению прочности камня. Причем зависимость прочности от напряженности поля имеет экстремальный характер (рис. 5). Увеличение прочности зависит также и от скорости потока воды.

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

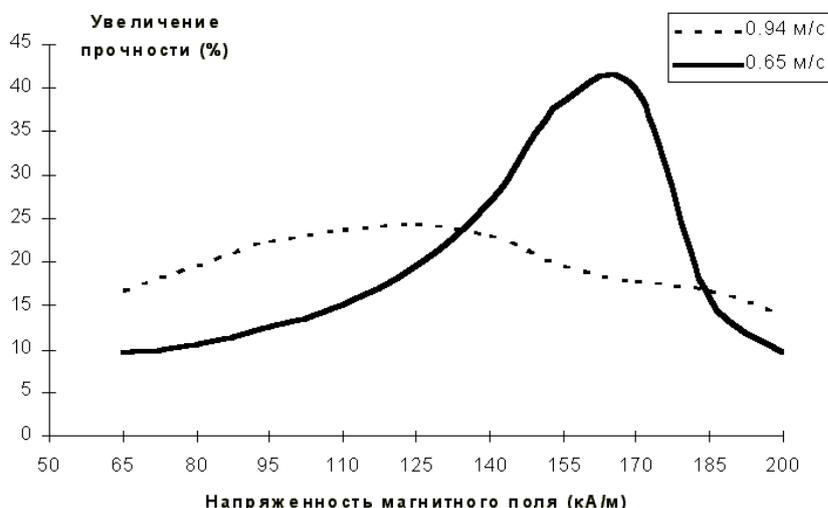


Рисунок 5. Повышение прочности цементного камня в зависимости от напряженности магнитного поля и скорости потока воды

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

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

Применение магнитной обработки воды в производстве бетона

При использовании омагниченной 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, 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 омагниченная 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 омагниченной 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 несущих перегородок в зданиях различного назначения: жилых, производственных, гражданских, а также для внутренней свободностоящей облицовки несущих стен.

Гипсовые плиты легко 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 ПГП 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 ГОСТ 23789-79 «Вяжущие гипсовые. Методы испытаний» [4]. Испытания проходили в лаборатории ЗАО «Подольский ДСК» (Москва), где установлен аппарат для электро- и магнитоактивации воды УПОВС 2-5,0 ЗАО «МАКСМИР-М» (см. рис. 2), куда было доставлено и 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 с размерами 160x40x40 мм, затворенных омагниченной 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 омагниченной водах

| Тип воды | Сроки схватывания, мин:сек | | Предел прочности, МПа | | | | Сроки схватывания, мин:сек | | Предел прочности, МПа | | | |
|--------------------------------|----------------------------|-------|-----------------------|--------|----------------------------|-------------|----------------------------|-------|-----------------------|--------|----------------------------|-------------|
| | | | Через 2 часа | | До постоянной массы (52 ч) | | | | Через 2 часа | | До постоянной массы (52 ч) | |
| | начало | конец | изгиб | сжатие | изгиб | сжатие | начало | конец | изгиб | сжатие | изгиб | сжатие |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) |
| | В/Г=0,67 | | | | | | В/Г=0,89 | | | | | |
| Обычная | 6:20 | 15:30 | 2,6 | 2,9 | 3,9 | 12,3 | 9:30 | 19:00 | 1,3 | 2,2 | 2,46 | 4,45 |
| Омагниченная | 5:15 | 13:35 | 2,6 | 3,1 | 3,85 | 13,3 | 9:20 | 18:30 | 1,7 | 1,72 | 2,72 | 7,3 |
| МПа | | | | | -0,05 | 1,00 | | | | | 0,26 | 2,85 |
| Величина расхождения, % | | | | | -1,3 | 8,1 | | | | | 10,6 | 64,0 |

Результаты испытаний (табл. 1) показали, что при небольшом водогипсовом отношении (0,67) прочность образцов, затворенных на омагниченной и на обычной водах, практически одинаковы. Это объясняется тем, что низкое водогипсовое соотношение не дало возможности проявиться магнитным свойствам воды, подвергшейся соответствующему воздействию.

Однако прочность образцов, затворенных омагниченной водой, при водогипсовом отношении, соответствующем нормам по производству пазогребневых плит (0,89) [5], значительно больше прочности образцов, затворенных на обычной воде:

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

Как видно из табл. 1, омагничивание воды отражается на сроках схватывания гипсового теста. При водогипсовом отношении 0,67 и 0,89 при использовании для затворения магнитоактивированной воды сроки схватывания являются меньшими по сравнению со сроками при затворении на обычной воде.

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

На основании проведенных исследований был выбран подходящий магнитный активатор с постоянными магнитами (рис. 1) и вмонтирован в технологическую линию производства пазогребневых плит на заводе «Кнауф-Гипс Колпино» в двух местах: после отсекающего 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 омагниченной воде.

Как показало исследование, использование магнитной 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 омагниченной воды в технологии производства пазогребневых плит ведет к сокращению прямых затрат на производство.

Литература

1. Миненко В.И., С.М. Петров, М.Н. Миц. 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. ГОСТ 23789-79 «Вяжущие гипсовые. Методы испытаний».
5. СП 55-103-2004 «Конструкции с применением гипсовых пазогребневых плит».
6. Гульков А.Н., Заславский Ю.А., Ступаченко П.П. Применение магнитной обработки воды на предприятиях Дальнего Востока. Владивосток, 1990.
7. Гипсовые материалы и изделия: Справочник / Под ред. А.В. Ферронской. М., 2004.
8. Арадовский Я.Л., Тер-Осипянц Р.Г., Арадовская Э.М. Свойства бетона на магнитообработанной 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. – Свободный доступ из сети интернет. – <URL: <http://www.ibeton.ru/a32.php>>.

** Елена Аркадьевна Эпштейн, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет*

Тел. моб.: +7(904)619-48-72

Эл. почта: elenaepshteyn@gmail.com