

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОЧНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ВЯЖУЩИХ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКЕ ВОДОТВЕРДЫХ СУСПЕНЗИЙ

Михаил Лукьянченко, Арсен Джелал, Александр Струбалин

Национальная академия природоохранного и курортного строительства
95043, Украина, г. Симферополь, ул. Киевская, 181. E-mail: lukmih@gmail.com

Аннотация. В статье описываются теоретические исследования и экспериментальные данные о влиянии ультразвуковой кавитации на активацию водотвердой суспензии. Показывается, что кавитация в водотвердых системах – сложный механический и физико-химический процесс, одним из которых является диспергирование частиц гипсового вяжущего. Устанавливается на основе релаксационной теории взаимосвязи между основными параметрическими характеристиками источника ультразвука и реологическими свойствами гипсонаполненной суспензии

Ключевые слова: гипсонаполненные системы, известняки, водотвердые суспензии, ультразвук, кавитация

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в строительной индустрии наблюдается все более широкое применение различные гипсовых составов. Это связано со следующими факторами, характерными для данных материалов: эстетичность, экологичность, нормализация микроклимата помещений, низкая трудоемкость работ [1]. Одновременно с этим, актуальным направлением является разработка гипсонаполненных систем с максимальным использованием местной сырьевой базы. Как известно, основной объем природного камня из известняка-ракушечника разрабатывается в Одесской области и в Крыму. В настоящее время здесь эксплуатируется 30 карьеров по добыче пильного известняка с годовой производительностью более 3,5 млн. м³. Ежегодно отвалы горнодобывающих предприятий увеличиваются на 1 млн. м³ известняка, и лишь половина этих отходов используется как вторичное сырье. Поэтому создание производств эффективных строительных материалов с использованием отходов камнепиления, как вторичного сырья, является актуальной. При этом необходимо развивать определенные методы, которые бы позволяли интенсифицировать технологические процессы [16, 19, 20]. Одним из таких методов значительного ускорения реакционных процессов и процессов обработки является применение упругих колебаний ультразвукового диапазона частот (> 20000 колебаний в секунду). Однако в технологии производства гипсонаполненных систем при активации процессов ультразвук (в режиме кавитации) достаточного применения еще не получил. Это связано, главным образом, с тремя причинами:

- не достаточно изучена теория явлений ультразвуковой кавитации;

- не созданы надежные и экономичные технологические установки;

- не достаточно изучено влияние технологических параметров на качественные характеристики гипсонаполненных систем.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Целью исследования является:

- выявление некоторых закономерностей влияния ультразвуковой кавитации при обработке гипсо-известняковой суспензии на прочность образцов;

- определение влияния и взаимосвязи технологических параметров лабораторной ультразвуковой установки УЗТА-0,8/22-ОМ с параметрами водотвердой суспензии.

Цель работы обоснована производственными потребностями, которые ставят следующие задачи исследований:

- разработка эффективных источников ультразвуковых колебаний;

- определение оптимальных технологических параметров создания ультразвуковой кавитации в суспензиях;

- обеспечение обработки больших объемов рабочих смесей в короткое время.

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Первые работы, связанные с гипсонаполненными системами относятся к 50÷60-ым годам прошлого столетия. Так в работах Волженского А.В., Ферронской А.В [2, 3] анализируются физико-механические свойства и вопросы кинетики процесса твердения наполненных систем (в частности с различными наполнителями в виде перлита, вермикулита, смеси гипса с известью и т.д.).

Из последних работ в этой области исследований гипсовых строительных материалов повышенной прочности и водостойкости необходимо отметить

исследования Кондращенко Е.В. [4], в работах Недосеко И.В.[5] проведен анализ различных физико-механических свойств гипсовых композиций из отходов промышленности, рассмотрены вопросы кинетики их твердения и набора прочности.

Кавитационный процесс, основанный на ультразвуковом методе активации водотвердых суспензий, характеризуется сложностью и многофакторностью физико-химических явлений, происходящих в районе кавитационной полости [6, 7, 9, 11 – 13, 15, 17, 18]. Интерес к ультразвуковой технологической обработке водотвердых суспензий вызван тем, что с помощью ультразвука можно произвести воздействие на систему, с обеспечением неравновесного состояния, которое сохраняется длительное время. В течение этого времени происходит более полная гидратация водотвердой суспензии и, в дальнейшем, в процессе твердения ведет к улучшению структуры гипсового камня в материале.

Первая работа, в которой изложено влияние ультразвуковой вибрации на формирование цементного камня, была работа Х. Мауса в 1958 г. Дальнейшее развитие данного направления нашло в работах И.Н. Ахвердова, М.А. Шалимо, С.П. Зубрилова, Н.А. Плющ, И.М. Долгополова, А.П. Капустина и др. исследователей. Первая лабораторная установка с гидродинамическим ультразвуковым излучателем для активации цемента в Украине была создана в Днепропетровском инженерно-строительном институте (ДИСИ) в 1964 г. В.Г. Винником [7÷10].

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

При проведении экспериментальной части исследований использовались стандартные методики по определению предела прочности на сжатие гипсоуполненных образцов. Активация водотвердой суспензии производилась с использованием аппарата ультразвукового технологического «Волна» модель УЗТА-0,8/22-ОМ. Контрольные и опытные образцы размерами 40×40×160 мм изготавливались и испытывались по стандартной методике.

Испытания по определению предела прочности на сжатие проводились на лабораторном прессе марки П-125.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

В табл. 1 приведены результаты исследований по определению прочностных характеристик гипсо-известняковых наполненных систем. В качестве наполнителя применялся мраморовидный известняк, как отход камнепиления ОАО карьер «Мраморный» АРК, с. Мраморное. Максимальные размеры частиц

известняка составляли – 0,63 мм. При этом анализировалось влияние на прочностные характеристики следующих технологических параметров:

- мощность ультразвука (максимальная интенсивность излучения прибора УЗТА-0,8/22-ОМ:

$$I_0 = 10 \frac{Vm}{cm^2}, \quad (1)$$

- время ультразвуковой кавитационной обработки гипсо-известняковой суспензии;

- концентрации твердой составляющей суспензии.

На основании проведенных исследований, построены графики зависимостей прочности гипсо-известняковых образцов в зависимости от мощности ультразвуковой кавитационной активации, времени активации и концентрации известняка в гипсоуполненной суспензии (см. рис. 1÷3).

На графиках показатель прочности контрольных образцов определен точками при времени активации соответствующей 0 сек.

Результаты анализа исследования ультразвуковой активации гипсо-известняковых систем при интенсивности ультразвукового потока в:

$$I_1 = 5 \frac{Vm}{cm^2}, \quad (2)$$

сведены в табл. 1.

Результаты анализа исследования ультразвуковой активации гипсо-известняковых систем при интенсивности ультразвукового потока в

$$I_1 = 7,5 \frac{Vm}{cm^2},$$

сведены в табл. 2.

Результаты анализа исследования ультразвуковой активации гипсо-известняковых систем при интенсивности ультразвукового потока в

$$I_1 = 10 \frac{Vm}{cm^2},$$

сведены в табл. 3.

Анализируя графики (рис. 1÷3) видно, что процесс активации ультразвуковым воздействием гипсоуполненных систем неоднозначный процесс и не описывается линейными зависимостями. Однако, общая тенденция, позволяющая определить максимальные значения увеличения прочности образцов в зависимости от времени активации, мощности источника ультразвука и концентрации твердой фазы суспензии, прослеживаются. Так, максимальное влияние на прочностные характеристики образцов гипсо-известняковых систем наблюдаются при интенсивности источника

ультразвука $I_1 = 5 \frac{Vm}{cm^2}$ и времени активации от 90 до 150 сек при различных концентрациях известняка.

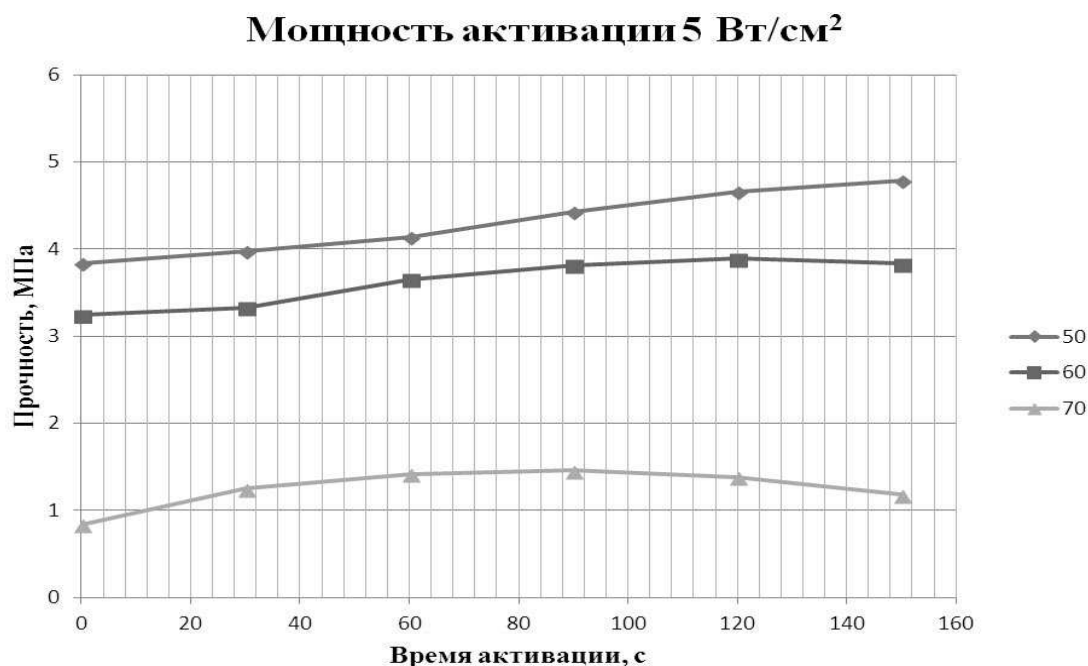


Рис. 1. Прочность гипсо-известняковых образцов в зависимости от продолжительности обработки при 50, 60 и 70 % концентрации мраморовидного известняка (мощность активации $I_1 = 5 \frac{Вт}{см^2}$).

Fig. 1. Durability of gipso-limestone standards depending on duration of treatment at 50, 60 and 70 % concentrations of mramorovidnogo limestone (power of activating $I_1 = 5 \frac{Вт}{см^2}$).

Таблица 1 Результаты анализа исследования ультразвуковой активации гипсо-известняковых систем при интенсивности ультразвукового потока $I_1 = 5 \frac{Вт}{см^2}$.

Table 1. Results of analysis of research of the ultrasonic activating of the gipso-limestone systems at intensity of ultrasonic stream $I_1 = 5 \frac{Вт}{см^2}$.

Концентрация известняка, %	Прочность контрольных образцов, МПа	Максимальная прочность активированных образцов, МПа	Оптимальное время активации максимальной прочности), сек	Увеличение прочности образцов после активации, %
1	2	3	4	5
50	3,9	4,8	150	23
60	3,2	3,9	120	22
70	0,8	1,5	90	87,5

Мощность активации 7,5 Вт/см²

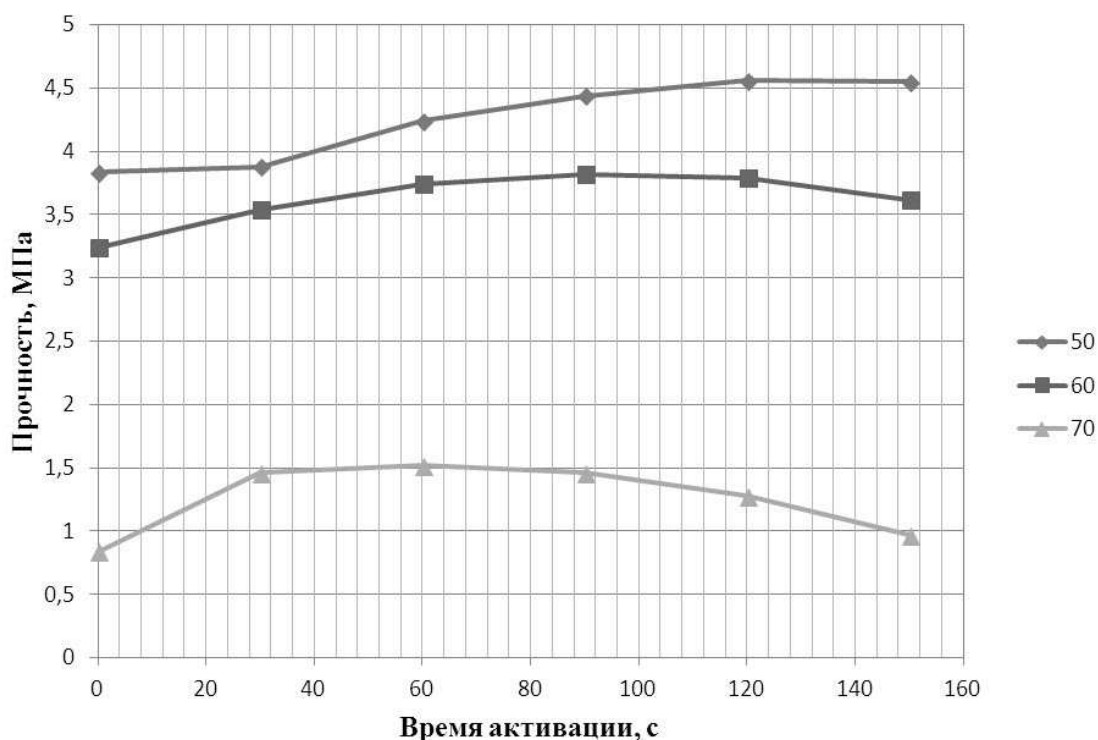


Рис. 2. Прочность гипсо-известняковых образцов в зависимости от продолжительности обработки при 50, 60 и 70 % концентрации мраморовидного известняка (мощность активации $I_1 = 7,5 \frac{Вт}{см^2}$).

Fig. 2. Durability of gipso-limestone standards depending on duration of treatment at 50, 60 and 70 % concentrations of mramorovidnogo limestone (power of activating $I_1 = 7,5 \frac{Вт}{см^2}$).

Таблица 2 Результаты анализа исследования ультразвуковой активации гипсо-известняковых систем при интенсивности ультразвукового потока $I_1 = 7,5 \frac{Вт}{см^2}$.

Table 2. Results of analysis of research of the ultrasonic activating of the gipso-limestone systems at intensity of ultrasonic stream $I_1 = 7,5 \frac{Вт}{см^2}$.

Концентрация известняка, %	Прочность контрольных образцов, МПа	Максимальная прочность активированных образцов, МПа	Оптимальное время активации (при максимальной прочности), сек	Увеличение прочности образцов после активации, %
1	2	3	4	5
50	3,9	4,6	120	18
60	3,2	3,8	90	19
70	0,8	1,5	60	87,5

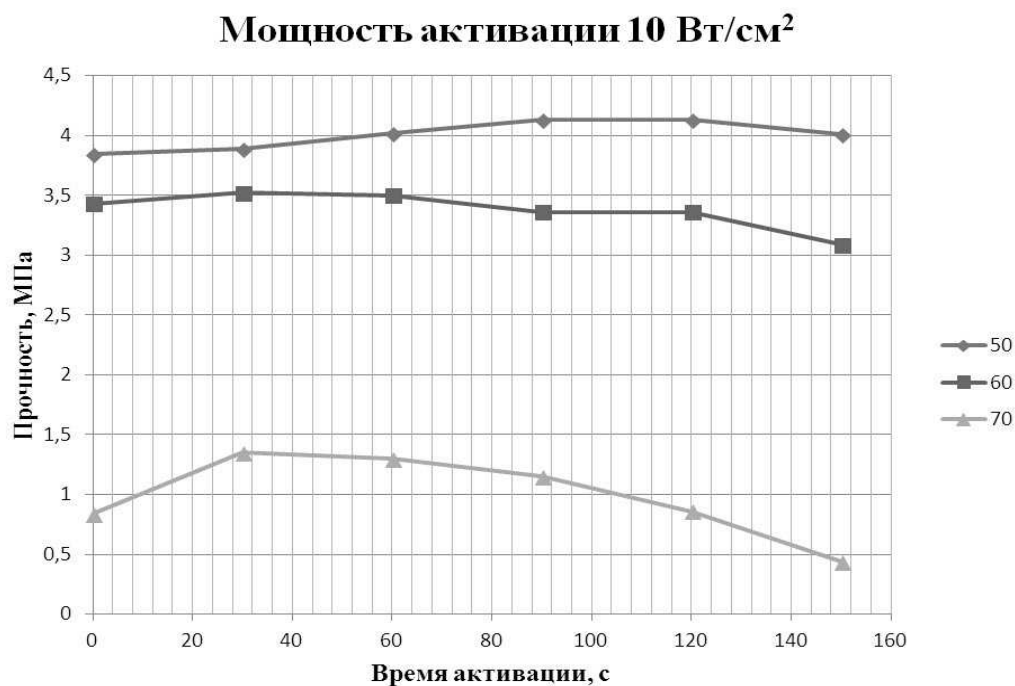


Рис. 3. Прочность гипсо-известняковых образцов в зависимости от продолжительности обработки при 50, 60 и 70 % концентрации мраморовидного известняка (мощность активации $I_1 = 10 \frac{Вт}{см^2}$).

Fig. 3. Durability of gipso-limestone standards depending on duration of treatment at 50, 60 and 70 % concentrations of mramorovidnogo limestone (power of activating $I_1 = 10 \frac{Вт}{см^2}$).

Таблица 3 Результаты анализа исследования ультразвуковой активации гипсо-известняковых систем при интенсивности ультразвукового потока $I_1 = 10 \frac{Вт}{см^2}$.

Table 3. Results of analysis of research of the ultrasonic activating of the gipso-limestone systems at intensity of ultrasonic stream $I_1 = 10 \frac{Вт}{см^2}$.

Концентрация известняка, %	Прочность контрольных образцов, МПа	Максимальная прочность активированных образцов, МПа	Оптимальное время активации (при максимальной прочности), сек	Увеличение прочности образцов после активации, %
1	2	3	4	5
50	3,9	4,1	90	5,1
60	3,2	3,5	30	9,4
70	0,8	1,4	30	75

ВЫВОДЫ

1. Экспериментальные данные показывают значительное влияние технологических параметров ультразвуковой кавитации на активацию водотвердых суспензий.
2. Установлена взаимосвязь между технологическими характеристиками источника ультразвука и водотвердой суспензии, влияющие на физико-механические параметры гипсоуполненных систем. Эти соотношения связывают следующие характеристики: исходную интенсивность источника ультразвука, время кавитации, температуру смеси.
3. Установлено, что наиболее оптимальные режимы кавитационной активации гипсоуполненных систем следующие: интенсивность ультразвука $I_1 = 5 \frac{Вт}{см^2}$; время активации 90÷120 сек. При этом увеличение прочности образцов находится в пределах от 23 до 87 %.
4. Для установления математических зависимостей влияния технологических параметров на ультразвуковую активацию водцементных суспензий необходимо дополнительное изучение реологических свойств водотвердых суспензий, связанных, в первую очередь, с определением коэффициента вязкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Saliev E. Ecological and economic problems of the introduction of power-saving technologies in Ukraine / Saliev E. // ТЕКА. Commission of motorization and power industry in agriculture. – Lublin. – 2008. – Vol. X. – P. 333 – 339.
2. Волженский А.В. 1947. Гипсоизвестковые сухие смеси и гипсоглиняные растворы. «Бюро технической информации МПСМ РСФСР». 1947.
3. Волженский А.В., Ферронская А.В. 1974. Гипсовые вяжущие и изделия (технология, свойства, применение). М. Стройиздат, 328.
4. Кондращенко О.В. 2004. Гипсовые строительные материалы повышенной прочности и водостойкости (физико-химические и энергетические основы) Автореферат диссертации на соискание научной степени доктора технических наук. Украинская государственная академия железнодорожного транспорта. Харьков.
5. Недосеко И. В. 2002. Гипсовые композиции из отходов промышленности и изделия на их основе. Диссертация на соискание научной степени доктора технических наук. Уфа.
6. Ахвердов И. Н., Шалимо М. А. 1969. Ультразвуковое вибрирование в технологии бетона.- М: Стройиздат, 135.
7. Зубрилов С.П. 1975. Физико-химические аспекты ультразвуковой активации вяжущих материалов. Докторская диссертация. Ленинград.
8. Зубрилов С.П., Пилицин С.А. 1968. Метод упрочнения бетонов путем ультразвуковой активации цементной пасты. Госстройиздат, Ленинград.
9. Урханова Л.А. 2008. Повышение эффективности строительных материалов за счет механохимической активации безклинкерных вяжущих композиций. Докторская диссертация. Улан-Удэ.
10. Винник В.Г. 1969. Исследование и разработка гидроакустических методов активации цемента. Автореферат канд.диссертации. М.
11. Кулагин В.А. 2004. Методы и средства технологической обработки многокомпонентных сред с использованием эффектов кавитации. Докторская диссертация. Красноярск.
12. Sukach. M. 2009. Automated control and measuring of parameters of technological processed system/ M. Sukach, I. Litvinenko, D. Bondar//Motrol.Motorization and power industry in agriculture.Tom 11B.Lublin 190-195.
13. Danilecki K. 2010. Simulation assessment of optimization possibilities of cooperation of traction engine and the turbocharger//TECA Kom. Mot. Energ. Roln. – OL PAN, 10, 39-46.
14. Pezarski F. 2011. Innowacyjna technologia produkcji bentonitu odlewniczego z wykorzystaniem wyselekcjonowanych frakcji powstających przy wytwarzaniu sorbentow/ F. Pezarski, A. Palma, I. Izdebska-Szanda//Motrol.Motorization and power industry in agriculture.Tom 13.Lublin 269-280.
15. Hobbs J.M. Experience with a 20kc Cavitation Erosion Test // Erosion by Cavitation or Impingement. Atlantic City.ASTM.STR, №408. 1967. P.159-185.
16. Gazanov A. 2009/ Economy of resources at production of build materials/ A. Gazanov, H. Nesterenko, A. Lyul'ko// Motrol.Motorization and power industry in agriculture.Tom 11A.Lublin 134-137.
17. Ивченко В.М. Элементы кавитационной технологии // Гидродинамика больших скоростей. Красноярск: КрПИ, 1982. Вып.3.С.3-19.
18. Кулагин В.А. Суперкавитация в энергетике и гидротехнике: Монография. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2000.107 с.
19. Мищенко В.С. Минерально-сырьевой комплекс Украинской ССР.- К.: Наукова думка, 1987.- 223 с.
20. Панфилов Е.И. Экологическая безопасность недр и природопользования // Строительные материалы. 2004 № 4. С.9.

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON DURABILITY OF DIFFERENT TYPES OF ASTRINGENT AT ULTRASONIC TREATMENT WATER-HARD SUSPENSIONS

Abstract. Theoretical researches and experimental information are considered about influence of ultrasonic kavitacii on activating of vodotverdoj suspension. Shown, that kavitaciya in the water-hard systems is a difficult mechanical and physical and chemical process, one of which is dispergating of particles of gipseous astringent. Set on the basis of relaxation theory of intercommunication between basic self-reactance descriptions of source of ultrasound and by reologicheskimi properties of composition suspension on the basis of gypsum

Keywords: composition suspension on the basis of gypsum, limestones, water-hard systems, u