

Черныш Л. И., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПОМОЛА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО НА ОСНОВЕ ЦИТРОГИПСА

ludmila543211@yandex.ru

В статье рассматривается влияние длительности помола на водопотребность гипсовых вяжущих, сроки схватывания и механическую прочность. Установлено, что по мере увеличения времени помола происходит повышение удельной поверхности, но при этом растет водопотребность гипсового вяжущего, что приводит к снижению прочностных характеристик полученных образцов.

**Ключевые слова:** гипсосодержащие отходы, цитрогипс, тонкость помола, прочность, водостойкость, удельная поверхность.

Производство и применение строительных материалов с улучшенными физико-механическими свойствами требует расширения видов и количества исходного сырья для их производства. Для решения этой задачи необходимо более полное и комплексное использование таких резервов минерального сырья, как гипсосодержащие отходы различных отраслей промышленности, ежегодный объем которых во много раз превышает добычу природного гипса. Промышленность стран СНГ насчитывает более 50 видов гипсосодержащих отходов. Только в Белгородской области к настоящему моменту скопилось более 500 тыс.т цитрогипса – отхода производства лимонной кислоты, который может быть успешно использован для получения гипсового вяжущего [1-4].

Целью настоящей работы является исследование влияния длительности помола на ос-

новные характеристики гипсового вяжущего, такие как водопотребность, удельная поверхность, сроки схватывания и механическая прочность гипсового камня.

В работе использовали гипсовое вяжущее (ГВ), полученное по безобжиговой, безавтоклавной технологии на основе отхода производства лимонной кислоты – цитрогипса, разработанной сотрудниками кафедры промышленной экологии БГТУ им. В.Г.Шухова [1-6].

Фазовый состав полученного гипсового вяжущего (рис.1) представлен преимущественно полугидратом сульфата кальция, ангидритом и в незначительном количестве - дигидратом сульфата кальция [4,5].

По химическому составу используемое гипсовое вяжущее на 76,7% состоит из ангидрита, на 22% из полугидрата сульфата кальция и на 1,3% из дигидрата сульфата кальция.

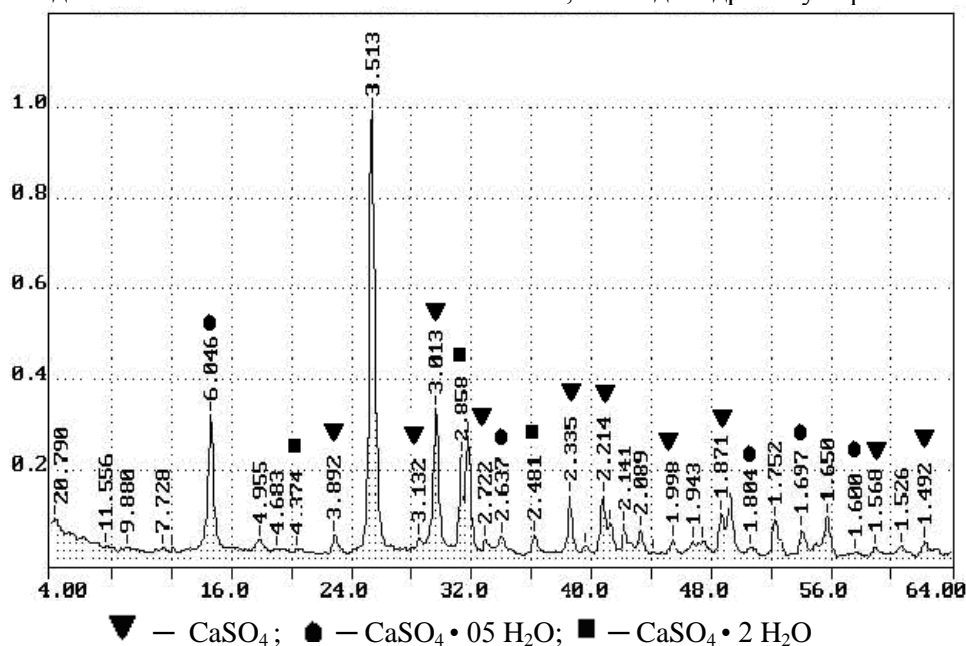


Рис. 1. Рентгенограмма используемого гипсового вяжущего из цитрогипса

Как известно, при взаимодействии веществ в многокомпонентных дисперсных системах большое значение имеет удельная поверхность

взаимодействия фаз, которая зависит от размера частиц. Анализ гранулометрического состава, выполненный на лазерном гранулометре

MikroSizer 201 показал, что размер основной массы частиц при различной продолжительности помола лежит в пределах 20-60 мкм (рис.2), что свидетельствует о высокой дисперсности ГВ. Размер частиц оказывает влияние на протекание различных химических процессов, поскольку, в соответствии с законом действия масс, вероятность взаимодействия тем выше, чем больше площадь поверхности контакта фаз.

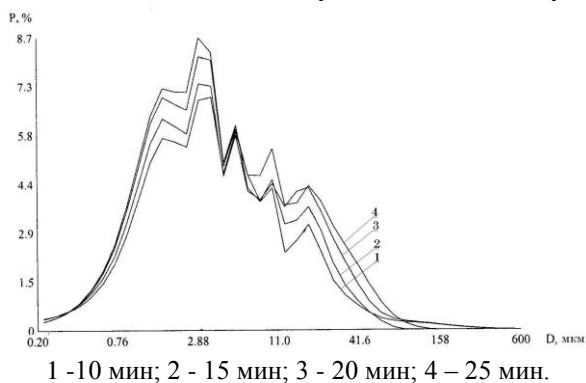


Рис. 2. Зависимость весовой доли частиц  $P_i$  от их диаметра  $D$ , мкм

Поскольку дисперсность частиц влияет на удельную поверхность, сроки схватывания и механическую прочность изделий, помол исходного гипсового вяжущего производился в течение различных промежутков времени в интервале от 5 до 25 минут в лабораторной шаровой мельнице. После помола определяли удельную поверхность ( $S_{уд}$ ) молотого вяжущего (МВ) методом воздухопроницаемости на приборе ПСХ-2. Установлено, что по мере увеличения длительности помола происходит повышение удельной поверхности (рис.3), т.е. при длительности помола 5 минут удельная поверхность гипсового вяжущего составляла  $1340 \text{ см}^2/\text{г}$ , а при длительности помола 25 минут удельная поверхность возросла до  $1900 \text{ см}^2/\text{г}$ .

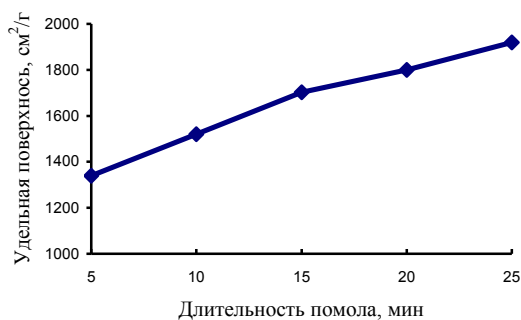


Рис.3. Влияние длительности помола на удельную поверхность МВ

Одним из важнейших свойств гипсовых вяжущих является их водопотребность, т.е. минимальное количество воды, необходимое для получения теста заданной консистенции [7]. Количество добавляемой воды варьировалось в зависимости от

дисперсности частиц молотого вяжущего, с таким расчетом, чтобы при затворении вяжущего водой получилась стандартная консистенция, характеризующаяся растекаемостью теста из цилиндра Суттарда, диаметр лепешки при этом должен быть 180 мм, в соответствии с ГОСТ 23789-79. Масса навески МВ во всех экспериментах была одинакова и равнялась 300г. Взаимосвязь между тонкостью помола и водопотребностью (водогипсовым отношением) представлена на рис.4.

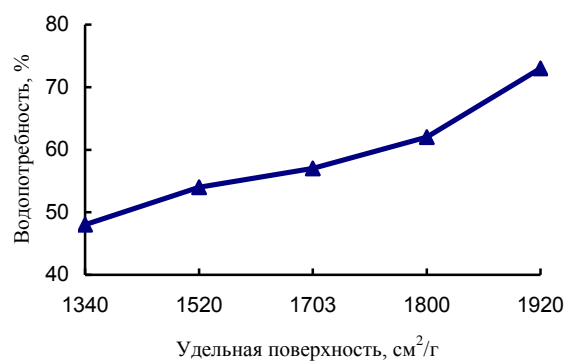


Рис. 4. Влияние удельной поверхности на водопотребность МВ

Как видно из графика, чем выше удельная поверхность материала, тем выше его водопотребность. Поэтому, дальнейшее увеличение удельной поверхности не целесообразно, т.к. это приведет к уменьшению прочностных характеристик гипсовых изделий. Следовательно, для дальнейшей работы берется гипсовое вяжущее, минимальная водопотребность которого – 57% , что соответствует величине удельной поверхности  $S_{уд} = 1703 \text{ см}^2/\text{г}$ .

При выполнении строительных работ различного назначения большую роль играют сроки схватывания гипсового теста. Для выявления зависимости сроков схватывания полученного молотого гипсового вяжущего от его дисперсности готовили гипсовое тесто из проб ГВ с различными величинами  $S_{уд}$ .

При твердении гипсовых вяжущих происходит гидратация полуводного сульфата кальция, т.е. реакция присоединения воды к полугидрату с превращением его в двухводный сульфат кальция. Процесс твердения гипсовой смеси происходит не сразу, а постепенно. Массовое образование частиц двухводного сульфата кальция приводит к тому, что пластичная гипсовая смесь уплотняется и загустевает [8]. Это является началом ее схватывания и определяется с помощью прибора Вика в соответствии с ГОСТ 125-79. На рис.5 представлена зависимость сроков схватывания от удельной поверхности молотого вяжущего.

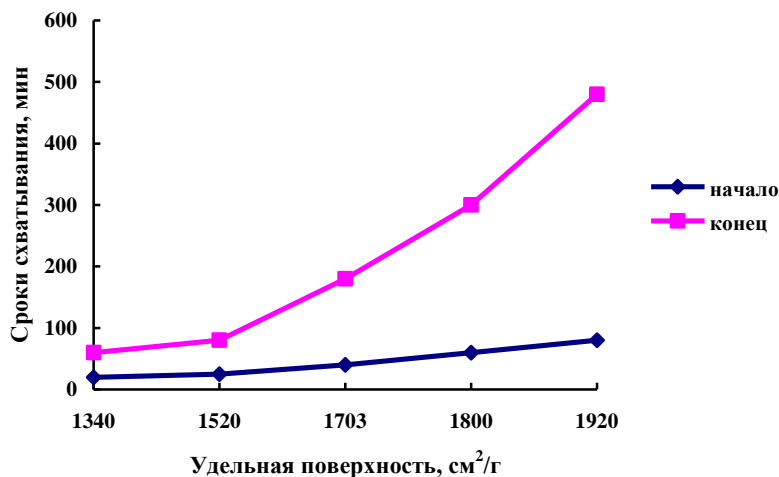


Рис. 5. Влияние  $S_{уд}$  на сроки схватывания

Как видно из рис.5, сроки начала и окончания схватывания увеличиваются по мере увеличения удельной поверхности используемого гипсового вяжущего. Так, при росте удельной поверхности ГВ от 1340 см<sup>2</sup>/г до 1920 см<sup>2</sup>/г сроки окончания схватывания увеличиваются от 60 до 480 минут, т.е. в 8 раз. Для периода начала схватывания также характерна аналогичная зависимость, сроки начала схватывания изменяются не так заметно, как для окончания схватывания и составляют для  $S_{уд} = 1340$  см<sup>2</sup>/г 60 минут, а для  $S_{уд} = 1920$  см<sup>2</sup>/г 480 минут. Исходя из полученных ре-

зультатов используемое вяжущее в диапазоне исследуемых значений удельной поверхности в соответствии с ГОСТ 125-79 относится к медленотвердеющим вяжущим.

С целью определения влияния тонкости помола на прочностные характеристики полученного материала, молотое вяжущее затворяли водой, в соответствии с требованиями ГОСТ 310.4-81, формовали образцы - кубики и высушивали при комнатной температуре в течение 3 - 21 суток., затем испытывали на прочность при сжатии на прессе гидравлическом ПГМ – 100 МГ .

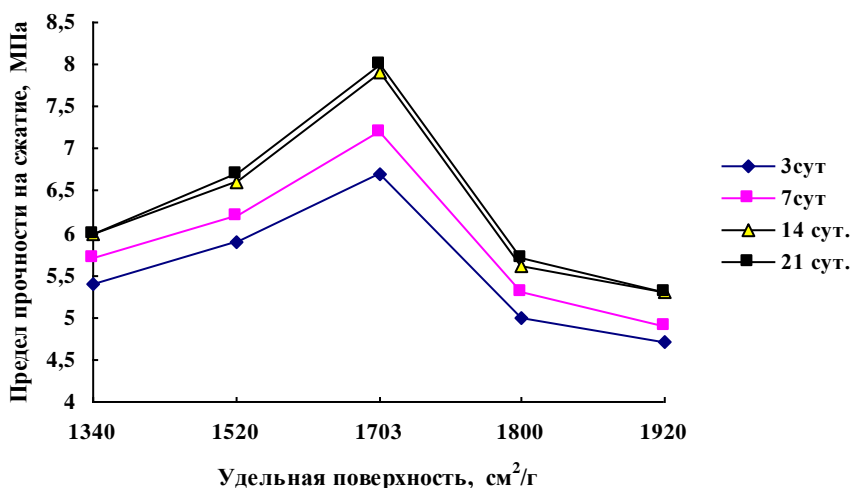


Рис. 6. Влияние удельной поверхности на прочность гипсовых образцов

При исследовании зависимости прочности образцов из молотого вяжущего (рис.6) от тонкости помола было установлено, что по мере увеличения удельной поверхности увеличивается водопотребность гипсового вяжущего, что в свою очередь приводит к снижению прочностных характеристик полученных образцов.

Существует оптимальное значение тонкости помола вяжущего, при котором достигается

максимальная прочность. Дальнейшее увеличение тонкости помола не только не способствует повышению прочности, но может привести к ее снижению [9]. Это явление многими авторами объясняется увеличением водопотребности вяжущих вследствие значительного увеличения удельной поверхности зерен. Вода, оставшаяся в гипсовом камне после гидратации испаряется, образует в нем поры и капилляры, отрицательно

влияющие на физико-технические свойства вяжущих [7].

На начальном этапе твердения вяжущего образуются гидратные соединения, при этом прочность системы растет в первую очередь за счет увеличения концентрации высокодисперсных частичек. Одновременно идет и процесс укрупнения ранее образовавшихся частичек, т.е. на первом этапе развития структуры гипсового камня формируется кристаллизационный каркас, а на втором — этот каркас обрастает кристалликами двугидрата [7]. Эти процессы приводят к повышению прочности гипсового камня, при  $S_{уд} = 1340 \text{ см}^2/\text{г}$  прочность образцов растет, и при увеличении удельной поверхности  $S_{уд} = 1703 \text{ см}^2/\text{г}$

достигает максимума – 8МПа. Дальнейшее увеличение удельной от  $S_{уд} = 1800 \text{ см}^2/\text{г}$  и выше, т.е. слишком большое измельчение кристалликов, составляющих структуру, приводит к снижению ее прочности. Следовательно, для дальнейшей работы используем молотое гипсовое вяжущее с удельной поверхностью  $S_{уд} = 1703 \text{ см}^2/\text{г}$  и длительностью помола 15 минут.

Полученные данные заносим в таблицу и для определения возможности использования полученного гипсового вяжущего на основе цитрогипса в производстве строительных материалов, приводим сравнительные технические характеристики со строительным гипсом на основе природного материала.

Таблица 1

Сравнительные физико-механические характеристики

№	Наименование показателей	Гипсовое вяжущее на основе цитрогипса	Строительный гипс
1	Удельная поверхность, $\text{см}^2/\text{г}$	1703,5	1800 - 2200
2	Водопотребность, %	57	50 - 70
3	Сроки схватывания, мин: начало конец	40 180	20 не определено
4	Предел прочности на сжатие, МПа	6,2	5,5

Таким образом, в ходе экспериментальных данных доказана возможность использования техногенного гипса при получении эффективных и экологичных строительных материалов, что позволит экономить природное гипсовое сырье и одновременно решать вопросы охраны окружающей среды.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Свергузова С.В., Тарасова Г.И., Бубнова Н.Ю. Переработка отходов завода лимонной кислоты с использованием энергосберегающих технологий // Экология человека и природы: сб. материалов I-й Междунар. науч.-практ. конф.-Иваново: Изд-во Иваново, 1997. С. 93–96.
2. Свергузова С.В., Тарасова Г.И., Бубнова Н.Ю. Перспективные технологии переработки цитрогипса // Экология и промышленность России. 1998. № 8. С. 20–24.
3. Свергузова С.В., Бубнова Н.Ю., Тарасова Г.И. Утилизация гипсосодержащих отходов по энергосберегающей технологии // Наука – производству. 2001. № 3. С. 41–43.
4. Патент РФ №2132310, 27.06.99. Свергузова С.В., Тарасова Г.И., Бубнова Н.Ю., Наумов Е.Г.

Способ изготовления гипсовых изделий // Патент России №2132310.1999.

5. Влияние условий обработки цитрогипса на состав получаемого гипсового вяжущего/ С.В. Свергузова, Н.В. Чернышева, Л.И. Черныш, А.В. Шамшуров // Строительные материалы. 2010. №7. С. 31–32.

6. Теоретическое обоснование возможности безобжиговой дегидратации цитрогипса/ С.В. Свергузова, Г.И. Тарасова, Н.В. Чернышева, Л.И. Черныш // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 2. С. 117–121.

7. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник / Под общ. ред. А.В. Ферронской. М.: Изд-во АСВ, 2004. 485 с.

8. Лесовик В.С., Погорелов С.А., Строкова В.В. Гипсовые вяжущие материалы и изделия. Белгород: Изд-во: БелГТАСМ, 2000. 223 с.

9. Коровяков В.Ф. Гипсовые вяжущие и их применение в строительстве // Российский химический журнал, 2003. №4. том XLVII.