

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ТВЕРДЕНИЯ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ

Керш В.Я., к.т.н., проф., Колесников А.В., к.т.н, доц.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Современные конструкционные и отделочные материалы, используемые в строительной индустрии, должны удовлетворять совокупности требований и ограничений по эксплуатационным и экологическим свойствам, при невысокой стоимости. В частности, они должны иметь достаточную прочность, водостойкость и характеризоваться низкими значениями теплопроводности и звукопроницаемости. Этим требованиям, в значительной степени, удовлетворяют композиционные материалы на основе гипса, если преодолеть их изначально низкую водостойкость переходом к гипсоцементно-пуццолановому вяжущему (ГЦПВ) и их аналогам, а также гидрофобизацией. Для полной реализации резерва полезных свойств и нивелирования недостатков гипсовых композитов технологический режим их приготовления и использования должен быть согласован со сроками схватывания: придание формы изделиям из гипсовых композитов возможно только в случае пластично-вязкого состояния вяжущего теста (до начала схватывания). В конце периода схватывания композит уже способен выдерживать нагрузки. Одной из задач области гипсовых материалов является регулирование сроков начала и конца схватывания при помощи добавок, содержащих поверхностно-активные вещества и органические кислоты. При этом важно контролировать процесс структурообразования композита.

С внедрением в практику современного строительства материалов сложной структуры, и содержащих, в частности, крупный наполнитель – гранулы керамзита, пенополистирола и подобных им крупноразмерных частиц, стандартная методика определения сроков схватывания с использованием прибора Вика становится неосуществимой. Для таких многокомпонентных материалов необходима разработка принципиально иных, в первую очередь, - электрофизических методов. Одним из подходов может быть следующий: выбирается какое-либо свойство вяжущего, существенно зависящее от состояния схватывающегося теста; сроки начала и конца схватывания, определенные по этому свойству, «увязываются» со структурно-механическими характеристиками, наиболее интересными для строительного материаловедения, и проецируются на композитные составы. Такими «индикаторными» свойствами могут являться, в частности, характеристики распространения в материале ультразвуковых (УЗ) импульсов.

Одним из преимуществ ультразвуковой методики является ее простая методическая и приборная реализация [1,2]. Измерительная установка состоит из пьезоэлектрических преобразователей (передатчика и приемника), контейнера для образцов, наполненного композиционным вяжущим тестом на основе гипса, прибора для УЗ контроля конструкций УК-10ПМС. В ходе испытания сгенерированный УЗ импульс пропускается через материал.

Непосредственно выводимым на табло прибора результатом измерений является время прохождения УЗ импульсов через дисперсную систему t , мкс. Строится график изменения времени прохождения ультразвука t в зависимости от времени твердения T , мин. В качестве модельного материала для совершенствования методики измерения использован строительный гипс Г5. Пример полученных зависимостей для пяти опытных составов приведен на рис.1-т. Скорость распространения УЗ сигнала вычислялась как $V = l/t$, где t – время прохождения УЗ импульсом пути l (база) через твердеющий образец (рис 1-в).

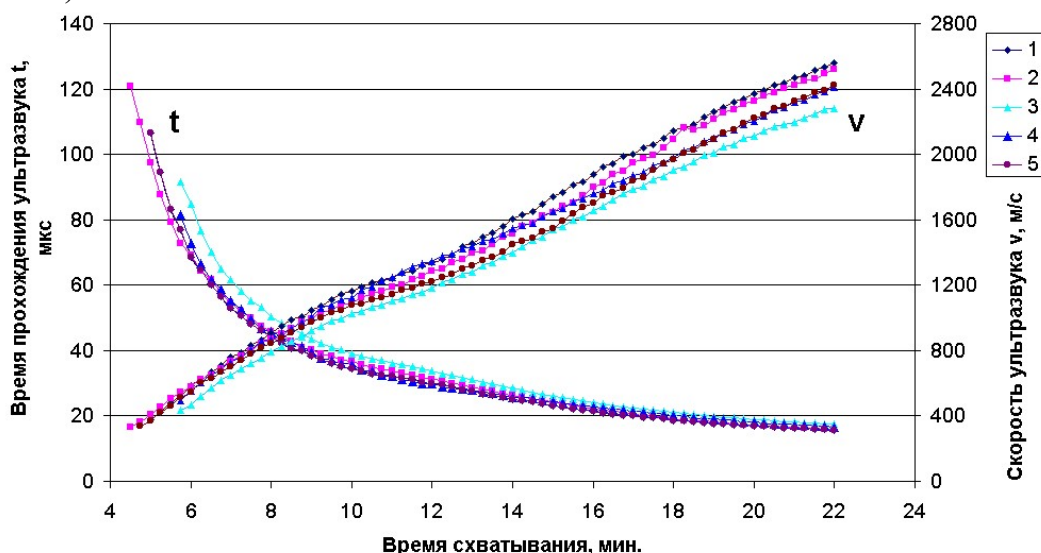


Рис. 1. Время прохождения через твердеющий материал (t) и скорость (v) ультразвука для пяти образцов

Приведенные графики подтверждают высокую воспроизводимость результатов измерений для одинаковых составов при фиксированных условиях. Отраженные на них данные позволяют, в принципе несколькими способами, определить сроки начала и конца схватывания.

Определение начала схватывания может быть основано на существенном возрастании скорости ультразвука при формировании звукопроводящей структуры композита, образованной микрокристаллами новообразований, частицами наполнителей, добавок и гранулами заполнителя, соединенными кристаллизационными контактами и адгезионными связями, - преимущественно остова перколяционного кластера. До этого скачка скорость ультразвука в жидкой смеси мала (в течение 1-5 мин.), вне пределов измерения

прибора. Этот факт позволяет приблизительно отождествить резкое возрастание скорости при начале схватывания с моментом первого срабатывания ультразвуковой установки (~5 мин). Конец схватывания нагляднее определяется исходя из дифференциального графика для времени прохождения ультразвука (рис. 2).

За окончание схватывания принимается момент, при котором сглаженная дифференциальная кривая существенно приближается к своей асимптоте – оси абсцисс. Так, увеличению значения производной в 10 раз по сравнению с начальными значениями соответствует $T_{к\text{с}} \sim 9$ мин (рис.2), что представляет адекватную оценку для гипса Г5.

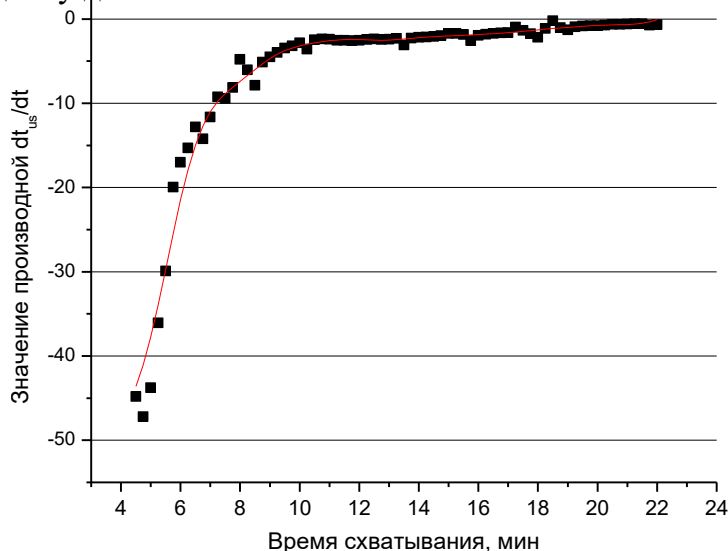


Рис. 2. Дифференциальная кривая времени прохождения ультразвука

Другой метод основан на единстве структурного механизма изменения пластической прочности и звукопроводящих свойств композита. Принимается, что сроки схватывания, определяемые по значению пластической прочности и изменению скорости ультразвука, одинаковы. Для пластической прочности P_m известны значения, характерные для сроков схватывания. Начало схватывания соответствует значению $P_m = 0,5 \text{ кг/см}^2$, конец схватывания – $P_m = 5 \text{ кг/см}^2$ [3]. Сроки схватывания, определенные по значениям P_m , приводятся в соответствие со значениями скоростей распространения УЗ сигналов в твердеющем вяжущем, характерными для начала и конца схватывания. Эти значения скорости ультразвука фиксируются и принимаются постоянными для серии наполненных композитов на данном вяжущем (рис.3). Для начала схватывания гипса Г5 характерно значение скорости ультразвука 480 м/с, для конца схватывания – 1150 м/с. На основе графиков изменения скорости ультразвука в других образцах (рис. 1), оцениваем сроки схватывания, составляющие ~ 5 и ~10 мин. соответственно.

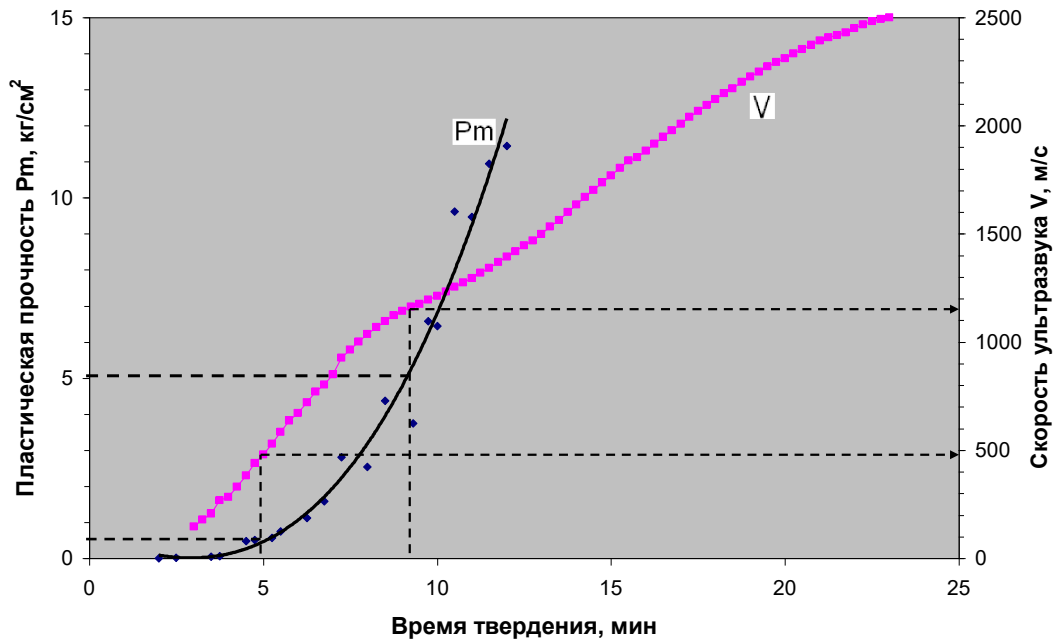


Рис. 3. Определение скорости ультразвука в моменты начала и конца схватывания на основе измерений пластической прочности

Оба описанные выше методы приводят к сходным результатам. Усреднение определенных разными методами сроков схватывания позволяет повысить их объективность. Такие значения могут быть использованы в построении частных критериев оптимизации композиционных материалов.

1. Керш В.Я, Фощ А.В. «Спосіб ультразвукового контролю процесу структуроутворення бетонної суміші», Патент України № 74166, МПК (2012).
2. Lee H.K., Lee K.M., Kim Y.H., Yim H, Baе D.B. Ultrasonic in-situ monitoring of setting process of high-performance concrete. Cem Concr Res 2004;34(4):631–40.
3. Колесников В.А., Платонова М.П., Глинка Т.П., Калашникова С.Ф. Методы исследования и контроля стиройтельных материалов, Методические указания к лабораторным работам, Одесса, ОИСИ, 1985, 68 с.

ULTRASONIC METHOD FOR INVESTIGATING THE HARDNESS OF GYPSUM COMPOSITIONS

The article deals with the ultrasonic method of studying the structure formation of gypsum composites. Analysis of changes in the time of passage and speed of ultrasound during the process of setting the composite allows to determine the timing of the beginning and end of setting of the studied materials.