

## ВЛИЯНИЕ МЕХАНОАКТИВАЦИИ НА ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИЙ РАЗОГРЕВ ЦЕМЕНТОШЛАКОВОЙ СУСПЕНЗИИ

**О.С.Щербина**, аспирант, **И.В.Барабаш**, д.т.н., профессор,  
**С.А.Кровяков**, к.т.н., доцент, **В.П.Гаврилюк**, к.т.н., ассистент

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры,  
г. Одесса, Украина*

Известно, что реакция цемента с водой сопровождается выделением тепла. Температура в центре массивных бетонных изделий при твердении может повышаться до 50-70 °С [1,2]. При этом в более холодных поверхностных слоях возникают растягивающие напряжения, часто приводящие к образованию трещин. Снижение расхода клинкерной составляющей за счет замены ее минеральными добавками и, в частности, доменным шлаком [9], позволяет снизить экзотермический разогрев бетона, уменьшая при этом температурный градиент по сечению конструкции.

Анализ кинетики изменения экзотермического разогрева является одним из наиболее объективных высокоинформативных исследований, широко используемых при определении кинетики процессов твердения цемента, оценке влияния его минералогического состава и структурных особенностей, эффекта пластифицирующих добавок и др. [3,4].

Представлял интерес выяснить влияние добавки доменного шлака к портландцементу на процесс экзотермического разогрева цементосодержащей суспензии. Активация портландцемента с добавкой доменного шлака осуществлялась в специально созданном высокоскоростном трибосмесителе ( $n=2800$  об/мин). В таком трибосмесителе скоростное смешение тонкодисперсных частиц вяжущего и доменного шлака осуществляется в одном турбулентном потоке практически без их разрушения [5,6,7,8]. Многократное соударение частиц в потоке ведет к модификации их поверхности, что вызывает ускорение физико-химических процессов и явлений на границах раздела фаз.

Портландцемент получали совместным помолом портландцементного клинкера и двухводного гипса в лабораторной шаровой мельнице до  $S_{уд.} = 300$  м<sup>2</sup>/кг. Доменный гранулированный шлак размальывали до 3-х удельных поверхностей –250, 350 и 450 м<sup>2</sup>/кг. Содержание доменного шлака в вяжущем колебалось от 30 до 60%. Для пластификации цементной суспензии использовался поликарбоксилатный суперпла-

стификатор Супер-ПК в количестве 0,5 % от массы вяжущего. Суспензии готовились в скоростном смесителе путем совместного введения в него отдозированных количеств воды, суперпластификатора Супер-ПК, портландцемента и доменного шлака. Активация суспензии осуществлялась путем скоростного смешения ее в течении 90 сек. Для контроля готовились суспензии аналогичного состава, но не подверженные активации.

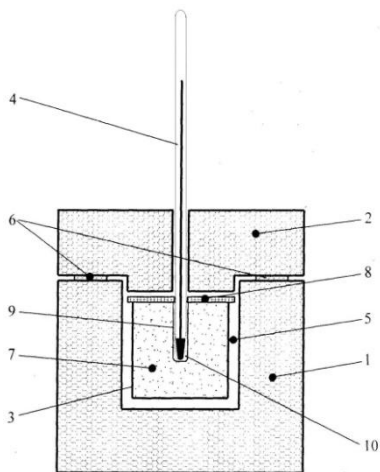


Рис. 1. Калориметр термосного типа из пенопласта

- 1 – корпус; 2 – крышка;
- 3 – емкость; 4 – термометр;
- 5 – воздушная прослойка;
- 6 – теплоизоляционная прокладка; 7 – цементная суспензия;
- 8 – крышка емкости;
- 9 – медная втулка;
- 10 – минеральное масло

Определение кинетики изменения температуры твердеющей цементной суспензии осуществлялось в калориметре термосного типа (рис.1) с фиксацией температуры после каждого часа твердения.

Приготовленная суспензия немедленно помещалась в цилиндрическую емкость (3), которая накрывалась теплоизоляционной крышкой (2), с отверстием. Теплота гидратации твердеющей цементной суспензии фиксировалась термометром (4) через медную втулку (9). Для ускорения теплопередачи в трубку заливалось веретеночное масло. Емкость с суспензией помещалась в калориметр и закрывалась сверху теплоизоляционной крышкой (рис.1.). Замеры температуры твердеющей суспензии производились каждый час.

Приведенные на рис.2 кривые изменения температуры твердеющих суспензий свидетельствуют о снижении максимальной температуры разогрева с увеличением содержания доменного шлака в портландцементе. Отодвигается также время достижения максимальной температуры разогрева. Так, если пик разогрева механоактивированной суспензии с добавкой 30% доменного шлака (79 °C) наступает через 10 часов, то введение 60% доменного шлака снижает разогрев суспензии до 45 °C, а также отодвигает пик максимального разогрева до 11 часов.

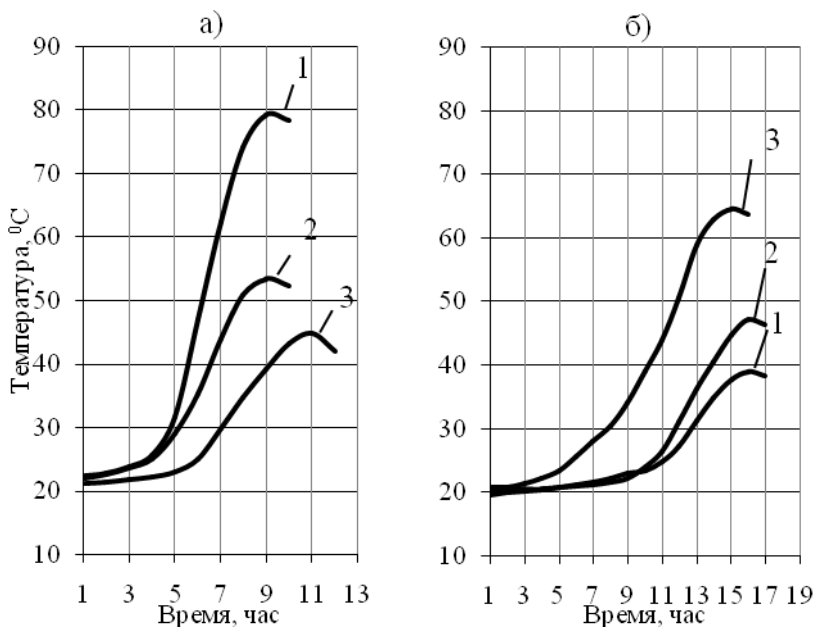


Рис. 2. Влияние количества доменного шлака на кинетику изменения температуры твердеющей цементосодержащей суспензии: 1,2,3 – содержание доменного шлака в портландцементе 30, 45 и 60% соответственно. Содержание дом.шлака в портландцементе – 30% а) суспензия на механоактивированном портландцементе; б) контроль

Аналогичное влияние добавки доменного шлака к портландцементу на величину экзотермического разогрева цементной суспензии оказывает и для состава на вяжущем, которое активации не подвергалось (контроль). Пик максимального разогрева смещается в этом случае с 15 до 17 час. Величина максимального экзотермического разогрева снижается при этом с 65 до 39 °С.

Анализ графических зависимостей, приведенных на рис.2., свидетельствуют о том, что механоактивация портландцемента приводит к ускорению процесса гидратации, что выражается в увеличении как максимальной температуры разогрева твердеющей суспензии, так и в сокращении сроков ее достижения.

Экспериментально установлено влияние удельной поверхности молотого доменного шлака на экзотермический разогрев суспензии. Результаты опытов, приведенные на рис.3, свидетельствуют о том, что по мере увеличения удельной поверхности доменного шлака повышается

температура экзотермического разогрева цементосодержащей суспензии, а так же сокращается время ее достижения. Так, увеличение удельной поверхности доменного шлака с 250 до 450 м<sup>2</sup>/кг приводит к повышению максимальной величины разогрева с 59,4 до 64,5 °С (для суспензий, приготовленных традиционным способом), и с 72,1 до 79,2 (для суспензий, на механоактивированном вяжущем). Время достижения максимальной температуры сокращается в среднем на 2-3 часа.

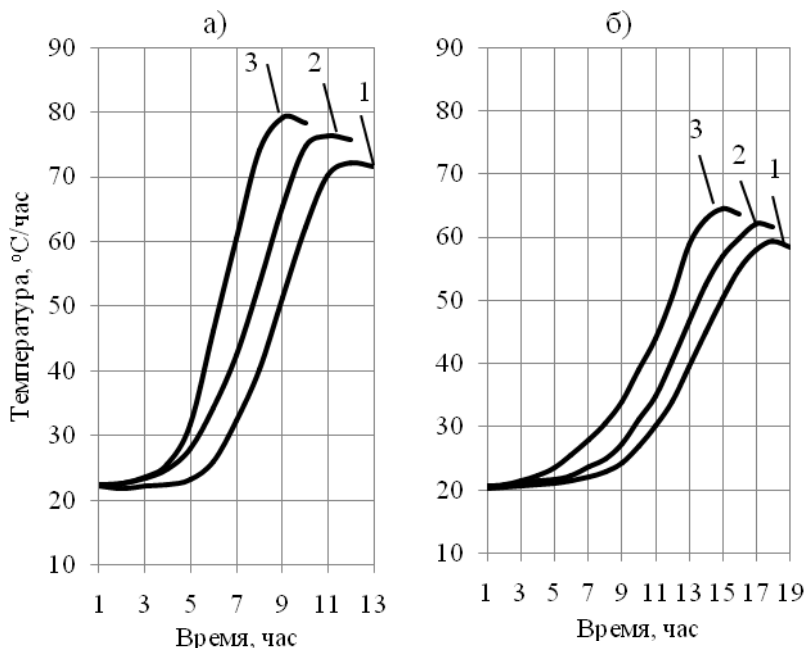


Рис. 3. Влияние удельной поверхности доменного шлака на кинетику изменения экзотермического разогрева твердеющей цементосодержащей суспензии: 1,2,3 — удельная поверхность доменного шлака 250, 350 и 450 м<sup>2</sup>/кг соответственно. а) суспензия на механоактивированном портландцементе; б) контроль

### **Выводы**

1. Механоактивация вяжущего ускоряет процесс структурообразования, что подтверждается более интенсивным изменением температуры твердеющей суспензии по сравнению с контролем.

2. Установлено, что увеличение содержания доменного шлака в портландцементе с 30 до 60% приводит к снижению экзотермического разогрева механоактивированной цементной суспензии с 79 до 45 °С.

3. Установлено, что увеличение удельной поверхности доменного шлака повышает температуру разогрева твердеющей суспензии в среднем на 5-7 °С.

### Summary

**The paper presents the results of experimental studies of exothermic heating of mechanically activated cement suspension with blast furnaces lag contenting Portland cement from 30 to 60%. The influence of mechanical activation on the kinetics of exothermic heating of suspension with cement is estimated.**

1. Несветаев Г.В., Виноградова Е.В. О влиянии суперпластификаторов и расширяющей добавки на тепловыделение портландцемента в ранний период твердения: Наука, техника и технология XXI века: Мат-лы второй Всероссийской научно-технической конференции. Ч. 2. – Нальчик: КБГУ, 2005. – С. 130 – 135.

2. Ущеров-Маршак А.В. Калориметрия цемента и бетона. - Харьков, Факт, 2002. - 183 с.

3. Мальцев Н.В., Мальцев В.Т. Вопросы кинетики тепловыделения в цементном тесте//Известия РГСУ. — 2007. — № 11. С. 96 — 102.

4. Лотов В.А., Сударев Е.А., Иванов Ю.А. Тепловыделение в системе цемент-вода при гидратации и твердении // Строительные материалы. – 2011. – № 11. – С. 35–37.

5. Барабаш І.В. Механохімічна активація мінеральних в'язучих речовин. – Навч. посібник. – Одеса: Астропрінт, 2002. – 100 с.

6. Колобердин В.И., Ражев В.М., Путников Н.А. и др. Влияние ударной обработки на степень механической активации минерального сырья // Разработка теории и конструктивного оформления машин. – Иваново: ИХТИ. – 1988. – С. 79-82.

7. Болдырев В. В. Фундаментальные основы механической активации, механосинтеза и механохимических технологий / Болдырев В. В и др.; отв. ред. Е. Г. Авакумов; Рос. Акад. наук, Сиб. отд.-ние; Ин-т химии твердого тела и механо- химии. — Новосибирск : СО РАН, 2009. — 343 с. — (Ин-теграционные проекты СО РАН; вып. 19).

8. Kumar S., Kumar R., Vandopadhyay A., Alex T. C., Ravi Kumar B., Das S. K., Mehrotra S. P. Mechanical activation of granulated blast furnace slag and its effect on the properties and structure of portland slag cement// Cement and Concrete Composites. 2008. Vol. 30. No. 8. Pp. 679-685.

9. Хоботова Э.Б. Доменный шлак как сырьевой компонент производства вяжущих веществ / Э.Б. Хоботова, Ю.С. Калмыкова // Экология и промышленность. -2011. – №1. - С. 35-40.