

**СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНОГО ТЕСТА И ЗАТВЕРДЕВШЕГО  
ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ НА МЕХАНОАКТИВИРОВАННОМ  
ПЛАСТИФИЦИРОВАННОМ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТЕ**

**Барабаш И.В., д.т.н., профессор, Гуревич С., аспирант**

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

Известно, что некоторые свойства портландцементов могут быть улучшены путем введения в них при помоле небольших количеств органических ПАВ [1, 2, 3]. Вместе с тем, введение в портландцемент органических пластифицирующих добавок вызывает замедление скорости гидратации цемента, особенно в начальные сроки, что отрицательно сказывается на темпах строительства. Весьма эффективным способом ускорения процесса гидратации является механоактивация [4]. При соударении тонкодисперсных частичек вяжущего с силой отличной от нуля, в зоне контакта происходит структурная перестройка, ведущая к аморфизации поверхности. Аморфизация поверхностей частиц способствует повышению их химической активности, что должно более полно реализовать потенциал портландцемента. Наиболее полное использование активационных эффектов возможно лишь в том случае, когда соударение частиц вяжущего реализуется в среде, с которой они химически взаимодействуют. Исходя из вышеизложенного представлял интерес выяснить влияние механоактивации пластифицированного портландцемента в специально созданном трибоактиваторе [5] на эффективную вязкость суспензии, свойства твердеющего цементного теста, а также прочность цементного камня. Пластифицированный портландцемент получали совместным измельчением портландцементного клинкера, двуводного гипса и порошкообразного С-3 в лабораторной шаровой мельнице до  $S_{уд.} = 300 \text{ м}^2/\text{кг}$ . Концентрация суперпластификатора варьировалась в диапазоне от 0 до 1% массы вяжущего.

Определение эффективной вязкости цементносодержащей суспензии осуществлялась на ротационном вискозиметре РПЭ – 1М с коаксиальными цилиндрами. Суспензия вяжущего готовились путем последовательной загрузки в скоростной трибосмеситель отдозированных количеств воды затворения и пластифицированного портландцемента. Для контроля готовились суспензии вяжущего

аналогичного состава на портландцементе без добавки С-3. Время скоростного смешения суспензии составляло 180 сек. Замеры эффективной вязкости производились каждые 30 сек. Установлено, что эффективная вязкость цементосодержащей суспензии зависит как от концентрации суперпластификатора в вяжущем, так и от времени ее активации, табл. 1.

Таблица 1

Влияние содержания С-3 в портландцементе и времени активации на эффективную вязкость ( $\sigma_{П}$ ) цементной суспензии

| Портландцемент,<br>% | С-3, % | Время активации суспензии, сек |      |      |      |      |      |      |
|----------------------|--------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|
|                      |        | 0                              | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  |
| 100                  | 0      | 3100                           | 2800 | 3090 | 3400 | 3500 | 3550 | 3600 |
| 100                  | 0,5    | 1200                           | 702  | 530  | 690  | 970  | 1090 | 1150 |
| 100                  | 1      | 800                            | 468  | 205  | 330  | 625  | 750  | 805  |

Отмечено, что наибольшее снижение эффективной вязкости суспензии достигается после 30 ÷ 60 секундной механоактивации. Дальнейшее скоростное смешение приводит к возрастанию эффективной вязкости суспензии. Критерием оценки эффективности рецептурно-технологических воздействий на суспензии был выбран безразмерный коэффициент  $K$ , определяемый как соотношение вязкости практически неразрушенной структуры ( $\eta_0$ ) к минимально возможной вязкости, которую суспензия приобрела в результате скоростного смешения ( $\eta_{см}$ ), введения добавки С-3 ( $\eta_{пав}$ ), либо их совместного воздействия ( $\eta_{\Sigma}^{\exists}$ ):

$$K_{см} = \frac{\eta_0}{\eta_{см}}; K_{пав} = \frac{\eta_0}{\eta_{пав}}; K_{\Sigma}^{\exists} = \frac{\eta_0}{\eta_{см+пав}}$$

Значение расчетного коэффициента снижения эффективной вязкости при совместном воздействии на суспензию скоростного смешения и добавки С-3 ( $K_{\Sigma}^P$ ) является функцией, зависящей от эффективности применения каждого из этих факторов в отдельности:

$$\eta_{\Sigma}^P = \eta_0 * \frac{\eta_{см}}{\eta_0} * \frac{\eta_{пав}}{\eta_0} \quad \text{или} \quad K_{\Sigma}^P = K_{см} * K_{пав}$$

Критерием количественной оценки снижения эффективной вязкости суспензии при совместном воздействии на нее скоростного смешения и концентрации суперпластификатора С-3 был принят уровень синергизма ( $Y_c$ ), определяемый как отношение реального коэффициента снижения вязкости ( $K_{\Sigma}^3$ ) к его расчетному значению ( $K_{\Sigma}^p$ ), выведенному из условия аддитивности влияния данных факторов на реологические характеристики дисперсных систем:

$$Y_c = \frac{K_{\Sigma}^3}{K_{\Sigma}^p}$$

Результаты исследований представлены в табл.2.

Таблица 2

Значения коэффициента уровня синергизма  $Y_c$

| Концентрация С-3 | $K_{см}$ | $K_{пав}$ | $K_{\sigma}^p$ | $K_{\sigma}^3$ | $Y_c$ |
|------------------|----------|-----------|----------------|----------------|-------|
| 0,5              | 1,107    | 2,58      | 2,86           | 5,85           | 2,04  |
| 1                | 1,107    | 3,88      | 4,3            | 15,12          | 3,52  |

Полученные данные свидетельствуют о том, что уровень синергизма является достаточно эффективным коэффициентом, отображающим влияние концентрации суперпластификатора и скоростного смешения (как в совокупности, так и отдельно) на изменение эффективной вязкости суспензии.

Совместный помол клинкера и гипса с порошкообразным суперпластификатором С-3 приводит также к снижению нормальной густоты вяжущего с 25% (С-3 в портландцементе отсутствует - контроль) до 21,5% (количество С-3 в вяжущем 1%). Активация пластифицированного портландцемента в водной среде, с которой он взаимодействует, вызывает снижение нормальной густоты теста до 20,5 %, рис.1.

На цементном тесте нормальной густоты определялись сроки схватывания.

Приведенные в табл. 3 экспериментальные данные свидетельствуют о том, что введение в портландцемент при помолу суперпластификатора С-3 приводит к удлинению сроков как начала так и конца схватывания. Так, если для цементного теста на немеханоактивированном вяжущем без добавки С-3 начало схватывания наступает через 3 ч 55 мин, то для цементного теста с добавкой 1% суперпластификатора начало схватывания наступает

через 6 ч 40 мин, т.е. на 2 ч 45 мин позже. Механоактивация способствует ускорению сроков схватывания, хотя, и в этом случае, прослеживается влияние С-3 на замедление сроков схватывания.

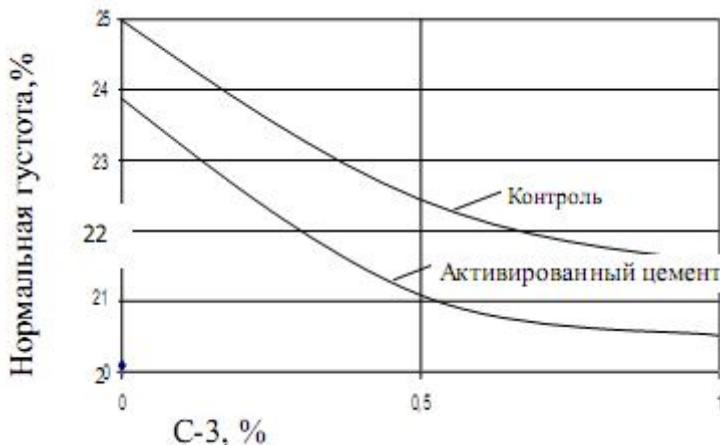


Рис. 1. Влияние содержания С-3 в портландцементе на нормальную плотность цементного теста

Таблица 3

Влияние содержания С-3 в портландцементна изменение сроков схватывания цементного теста

| № П/п | Вязущее           |                                 | Начало схватывания Час-мин |      | Конец схватывания Час-мин |      |
|-------|-------------------|---------------------------------|----------------------------|------|---------------------------|------|
|       | Портландцемент, % | С-3, % от массы портландцемента | К                          | Ма   | К                         | Ма   |
| 1     | 100               | 0                               | 3-55                       | 3-00 | 5-25                      | 4-15 |
| 2     | 100               | 0,5                             | 4-50                       | 3-55 | 7-05                      | 5-50 |
| 3     | 100               | 1                               | 6-40                       | 5-05 | 8-45                      | 7-25 |

Примечание: К- контроль (вязущее немеханоактивированное);  
 МА – вязущее механоактивированное

Проведенные исследования позволили установить, что введение в состав портландцемента суперпластификатора С-3 при помоле приводит, при прочих равных условиях, к снижению как эффективной вязкости, так и к снижению нормальной густоты портландцемента. В тоже время наличие С-3 в вяжущем удлиняет сроки схватывания, что необходимо учитывать в практике. Сокращает сроки схватывания механоактивация вяжущего. Так, механоактивация пластифицированного портландцемента с концентрацией С-3 в нем, равным 1%, обеспечивает приблизительно такие же сроки начала и конца схватывания, что и в случае использования немеханоактивированного пластифицированного портландцемента с содержанием С-3, равным 0,5%.

Представлял интерес выяснить влияние механоактивации на прочность при сжатии цементного камня на пластифицированном портландцементе в возрасте 3-х и 28-ми суток. В исследованиях использовался пластифицированный портландцемент с концентрацией С-3 в вяжущем 0,5 и 1%. Для контроля использовался портландцемент без добавки С-3. Количество воды затворения выбиралось из условия получения суспензии с эффективной вязкостью 1000 сП. Механоактивация цемента осуществлялась в скоростном трибосмесителе в течении 60 сек.

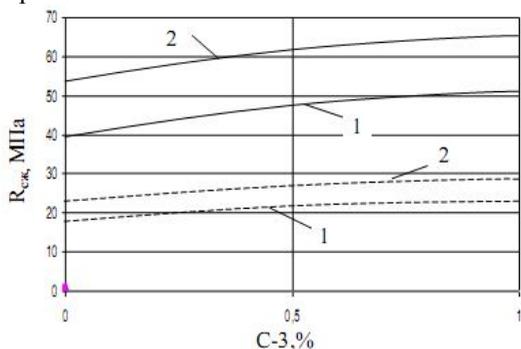


Рис.2. Влияние концентрации С-3 в вяжущем на  $R_{сжк}$  цементного камня

- возраст цементного камня - 3 сут.;
- - возраст цементного камня - 28 сут.;
- 1 – контроль (механоактивация отсутствует);
- 2 – портландцемент механоактивированный

контролем. В 28-ми суточном возрасте механоактивация приводит к

Представленные на рис.2. графические зависимости свидетельствуют о влиянии механоактивации вяжущего на прочность цементного камня как в 3-х так и в 28-ми суточном возрасте. В 3-х суточном возрасте цементный камень на механоактивированном портландцементе характеризуется прочностью при сжатии на 50 – 55% выше по сравнению с контролем

повышению прочности цементного камня на 27 – 35 % по сравнению с прочностью цементного камня на немеханоактивированном вяжущем. Механоактивация портландцемента в присутствии суперпластификатора С-3 приводит к повышению прочности цементного камня с 40 МПа (механоактивация отсутствует: содержания С-3=0) до 66,5 Мпа, т.е. на 65%.

### ***Выводы***

Механоактивация пластифицированного портландцемента способствует:

- 1- снижению эффективной вязкости цементосодержащей суспензии;
- 2- снижению нормальной плотности цементного теста с 25 до 20,5%;
- 3- ускорению сроков начала и конца схватывания теста в среднем на 15- 30 %;
- 4- повышению прочности цементного камня (по сравнению с контролем) – на 65%.

### **Summary**

**This article is devoted to improving the properties of portland cement by introducing into its structure (when it grinding) the plasticizer C-3 in the amount of 1%. The combined effect of the C-3 and mechanically activated binder reduces the normal density of cement dough and greatly increases (65%) of the strength of the cement stone.**

### ***Литература***

1. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах/ П.А. Ребиндер – Физико-химическая механика. Изб. Труды. – М.:Наука, 1979, - 384с.
2. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества (технология и свойства)/ Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников В.С. – М.: Стройиздат, 1979. – 476с.
3. Ходаков Г.С. Физико-химическая механика измельчения твердых тел / Г.С. Ходаков// Коллоидный журнал, 1998. – Т.60, № 5. – С. 684-697.
4. Хайнике Г. Трибохимия / Г.Хайнике: [Пер. с нем.]. –М.:Мир, 1987.- 584с.
5. Барабаш И.В., Механическая активация минеральных вяжущих веществ. – Одесса.: Астропринт, 2002 – 120стр.



