

МЕХАНОАКТИВАЦИЯ И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫХ ЦЕМЕНТОСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИЦИЙ

*Магур Ю.Т., Кумбаса И., Пявчик А.Г., асп. Гаращенко Д.П.
Научные руководители – к.т.н. доцент Ксёнишевич Л.Н.,
докт. техн. наук, профессор Барабаш И.В.*

Под механоактивацией “mechanical activation” понимается активирование тонкодисперсных веществ их механической обработкой. Механоактивация способствует образованию более химически активного вещества и реализуется в аппаратах, где осуществляется совмещение высоких частот и сил механического действия. Механоактивация минеральных вяжущих веществ и, в частности, портландцемента позволит снизить его расход при одновременном увеличении прочности, а также существенно сократить время её достижения. Использование активации портландцемента позволит полнее раскрыть потенциальные

Для проверки этого предположения была проведена серия экспериментов, где в качестве объекта для механоактивации был принят портландцемент активностью 48 МПа, который был получен в лабораторной шаровой мельнице путем совместного помола клинкера Одесского цементного завода (95%) и гипсового камня (5%). Вяжущее размальвалось до удельной поверхности 300 м²/кг. В качестве откликов эксперимента принималась:

- эффективная вязкость цементосодержащих композиций, сП;
- прочность при изгибе и сжатии образцов-балочек из цементного камня.

Активация водных цементосодержащих композиций осуществлялась в специально созданном скоростном трибосмесителе, скорость вращения ротора смесителя составляла 2800 об/мин. Механоактивация водных цементосодержащих композиций осуществлялась путем последовательной загрузки в смеситель отдозированных количеств воды затворения, портландцемента, Супер – ПК, микрокремнезема и фибры. Активация смеси осуществлялась в течение 150 сек. Эффективная вязкость водной цементосодержащей композиции фиксировалась каждые 30 сек ротационном вискозиметре РПЭ – 1М с коаксиальными цилиндрами. Значение эффективной вязкости цементосодержащих композиций в зависимости от времени активации, содержания в портландцементе Супер – ПК,

микрокремнезема и полипропиленовой фибры приведены в табл. 1. Анализ экспериментальных данных свидетельствует о том, что каждый из введенных независимых факторов оказывает влияние на изменение эффективной вязкости цементосодержащей композиции. Прежде всего следует отметить, что, независимо от содержания рецептурных факторов Супер – ПК, микрокремнезем (МК), фибра (Ф) приводит к снижению их эффективной вязкости, рисунок 1.

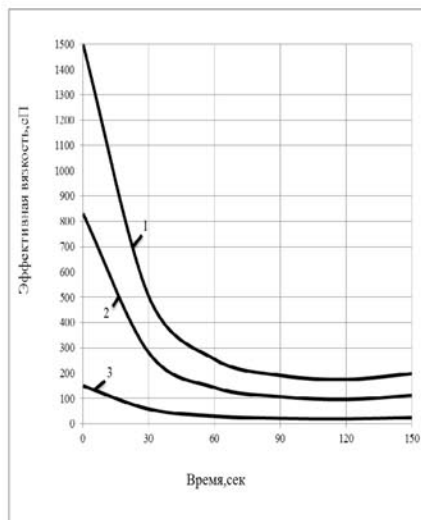


Рис.1 Влияние механоактивации на изменение η водных цементосодержащих композиций: 1,2,3 – концентрация Супер – ПК в портландцементе равна соответственно 0; 0,5; 1%

Активация водных композиций цемента без добавок микрокремнезема и полипропиленовой фибры (МК=0%; Ф=0%) вызывает снижение η и тем значительней, чем выше концентрация Супер – ПК в портландцементе. Так, если механоактивация водной композиции цемента без добавок Супер – ПК вызывает снижение эффективной вязкости с 1500 до 175 сП, то введение 1% суперпластификатора в сочетании с механоактивацией вызывает снижение η , с 1500 до 19 сП, т.е. почти в 80 раз. Следует отметить, что дальнейшая активация цементоводной композиции (150 сек) вызывает повышение эффективной вязкости, что, по всей видимости, связано с адсорбированием свободной

воды на вновь образованных поверхностях дисперсной фазы. Снижение резерва свободной воды приводит к увеличению сил межчастичного трения и, как следствие, к загустению цементоводной композиции.

Влияние содержания микрокремнезема, полипропиленовой фибры, концентрации Супер – ПК и времени активации на изменение эффективной вязкости водных цементосодержащих композиций.

№ п/п	ПЦ, %	МК, %	Супер ПК, %	Ф, %	Время смешивания, сек.					
					0	30	60	90	120	150
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	100	0	0	0	1500	504	255	191	175	198
2	95	5			2400	1049	692	623	680	747
3	90	10			2900	1688	1437	1425	1459	1493
4	100	0	0,5		831	281	143	107	96	112
5	95	5			1515	599	371	337	357	103
6	90	10			1869	951	752	742	751	787
7	100	0	1,0		150	58	30	21	19	24
8	95	5			608	149	47	35	42	51
9	90	10			812	214	63	45	58	66
10	100	0	0	0,5	1626	637	344	218	193	248
11	95	5	2509		1112	785	710	712	734	
12	90	10	2998		1750	1482	1458	1507	1542	
13	100	0	0,5		940	342	170	121	107	148
14	95	5			1584	712	445	362	380	429
15	90	10			1932	1074	828	808	829	860
16	100	0	1,0		178	71	39	22	19	29
17	95	5			632	272	131	101	115	128
18	90	10			877	333	150	118	129	141
19	100	0	0	1,0	1741	703	404	358	348	371
20	95	5	2653		1275	890	822	850	881	
21	90	10	3130		1920	1694	1673	1703	1734	
22	100	0	0,5		1187	380	188	153	147	156
23	95	5			1697	804	528	484	498	509
24	90	10			2019	1155	913	871	883	899
25	100	0	1,0		187	137	122	108	116	122
26	95	5			671	295	150	121	128	137
27	90	10			947	355	183	148	155	166

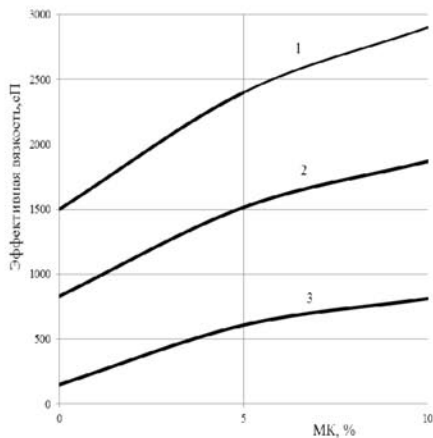


Рис.2 Влияние содержания микрокремнезема в портландцементе на эффективную вязкость цементоводной композицией

1,2,3 –концентрация Супер – ПК соответственно 0; 0,5 и 1%

приводит к снижению эффективной вязкости. Следует отметить, что в случае отсутствия Супер – ПК вязкость цементоводной композиции с добавкой микрокремнезема в процессе активации снижается незначительно – при 5-ти процентном содержании микрокремнезема с 2400 до 625 сП, а при 10%-ом – до 1425 сП. В то же время, введение в цементоводную композицию 1%. Супер – ПК позволяет в процессе активации снизить эффективную вязкость смеси с 812 до 45 сП, т.е. больше, чем в 18 раз, рис.3.

Введение в цементоводную композицию полипропиленовой фибры количеством до 1% от массы портландцемента приводит к незначительному повышению эффективной вязкости, рис.4. Это повышение характерно для всех изученных растворов микрокремнезема, как активной минеральной добавки к портландцементу. Следует отметить, что механоактивация цементоводной композиции в присутствии полипропиленовой фибры не столь значительно снижает вязкость смеси, что, по всей видимости, связано с распушивающим эффектом фибры в процессе скоростного смешивания.

Микрокремнезем (англ. “microsilica”) представляет собой тонкодисперсный материал, состоящий из сферических частиц и получаемый как попутный продукт при производстве ферросилиция.

Микрокремнезем состоит в основном из аморфного кремнезема SiO_2 , в связи с чем обладает высокими пуццолановыми свойствами [4]. Следует отметить, что введение микрокремнезема в портландцемент, который не подвержен механоактивации, приводит к росту эффективной вязкости цементоводной композиции, рис.2

Активация цементоводной композиции

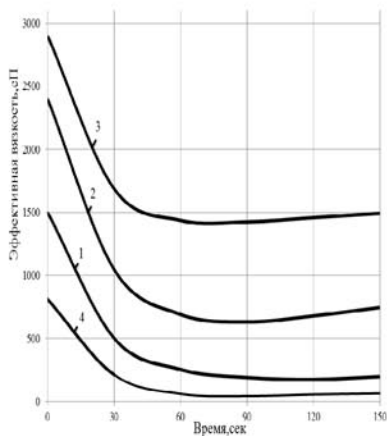


Рис.3 Влияние времени активации на эффективную вязкость цементоводной композиции 1,2,3 – содержание микрокремнезема в портландцементе 0; 5 и 10% соответственно Супер – ПК=0% 4 – содержание микрокремнезема в портландцементе 10%; Супер – ПК=1%

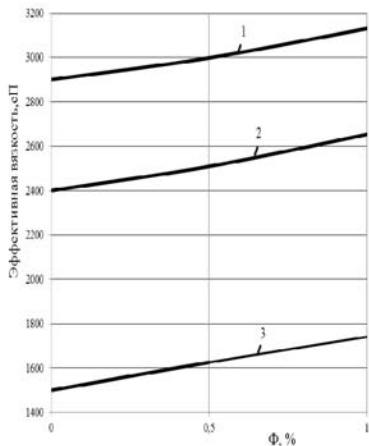


Рис.4 Влияние содержания полипропиленовой фибры в портландцементе на эффективную вязкость цементоводной композиции 1,2,3 – содержание микрокремнезема в портландцементе 0; 0,5 и 1% соответственно

Цементный камень

Проведенные исследования позволили установить, что эффективная вязкость водной цементосодержащей композиции является функцией целого ряда факторов: механоактивации, концентрации суперпластификатора Супер – ПК, содержания микрокремнезема, а также полипропиленовой фибры. Варьируя их содержанием в вяжущем, а также режимом активации можно в широком диапазоне управлять эффективной вязкостью композиции и, в конечном итоге, прочностью затвердевшего цементного камня [5, 6, 7].

Для проверки этого предположения был подготовлен и выполнен 3-х факторный эксперимент, где в качестве независимых переменных были приняты:

- содержание микрокремнезема в портландцементе $X_1 = (5 \pm 5) \%$
- концентрация суперпластификатора $X_2 = (0,5 \pm 0,5) \%$
- содержание полипропиленовой фибры $X_3 = (0,5 \pm 0,5) \%$

Механоактивация водной цементосодержащей композиции осуществлялась в скоростном трибосмесителе в течении 120 сек. Подвижность цементоводной композиции в каждой строчке эксперимента принималась постоянной и корректировалась количеством воды затворения. Для контроля готовились образцы цементного камня на вяжущем, которое механоактивации не подвергалось. Образцы-балочки цементного камня в 3-х, 7-ми и 28-и сут. возрасте испытывались на изгиб, а половинки – на сжатие. План эксперимента и результаты механических испытаний образцов цементного камня приведены в табл. 2.

Таблица 2. План эксперимента и результаты прочности пр исжатии цементного камня

№	X_1 , МК	X_2 , СПК	X_3 , Φ	Контроль			Механоактивация		
				3 сут.	7 сут.	28 сут.	3 сут.	7 сут.	28 сут.
				$R_{сж.}$	$R_{сж.}$	$R_{сж.}$	$R_{сж.}$	$R_{сж.}$	$R_{сж.}$
1	-1	-1	-1	42,62	53,03	62,41	48,83	57,80	73,91
2	1	-1	-1	49,86	63,13	75,49	59,11	69,03	87,20
3	0	0	-1	52,74	67,22	80,85	60,22	72,35	92,80
4	-1	1	-1	53,12	67,06	79,97	60,11	72,18	91,69
5	1	1	-1	60,35	77,15	93,05	68,29	85,13	109,36
6	0	-1	0	47,76	60,35	72,04	54,72	65,77	84,13
7	-1	0	0	49,59	62,2	73,75	58,79	65,51	84,40
8	0	0	0	53,72	68,44	82,29	62,32	75,52	96,72
9	1	0	0	56,82	72,37	87,00	67,36	79,13	103,37
10	0	1	0	58,21	74,38	89,67	66,47	81,33	103,59
11	-1	-1	1	44,27	54,96	64,55	51,36	60,64	75,95
12	1	-1	1	51,36	65,01	77,72	58,12	70,85	90,23
13	0	0	1	54,21	69,13	83,19	62,11	74,41	95,38
14	-1	1	1	54,56	68,98	82,37	64,68	72,65	92,97
15	1	1	1	61,78	79,05	95,42	70,55	86,44	113,37

Анализ результатов испытаний позволяет отметить, что собственно только за счет механоактивации возможно повысить прочность цементного камня на 13-15%, рис. 5, а. Особенно возрастает роль механоактивации в присутствии суперпластификатора Супер – ПК в количестве 1%, микрокремнезема – 10% и полипропиленовой фибры – 1% от массы портландцемента.

Результаты испытаний показывают, что прочность образцов цементного камня возрастает почти в 2 раза сравнению с контролем, рис. 5, б.

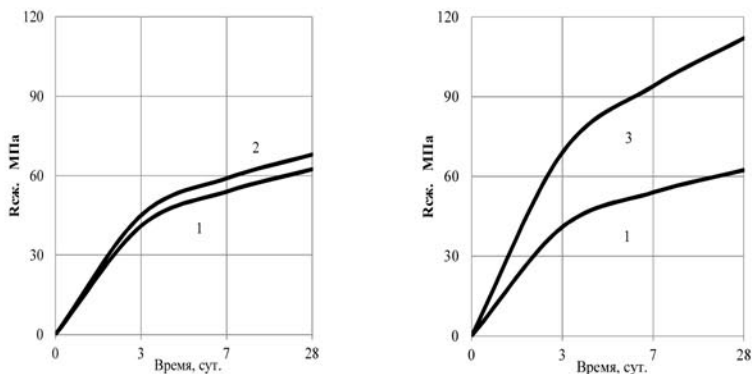


Рис. 5 Кинетика набора прочности образцов цементного камня во времени:

- 1 – контроль ($X_1 = - 1$; $X_2 = - 1$; $X_3 = - 1$)
- 2 – портландцемент механоактивированный ($X_1 = - 1$; $X_2 = - 1$; $X_3 = - 1$)
- 3 – портландцемент механоактивированный ($X_1 = + 1$; $X_2 = + 1$; $X_3 = + 1$)

Выводы:

1. Механоактивация цементосодержащей композиции, содержащей максимальное количество помипропиленовой фибры (1%) и микрокремнезема (10%), в присутствии Супер – ПК (1%) обеспечивает снижение эффективной вязкости с 1500сП (контроль) до 148 сП, т.е. больше чем в 10 раз, что, наряду с активацией портландцемента, обеспечивает высокую однородность распределения тонкодисперсных компонентов в смеси. Прочность при сжатии образцов цементного камня при этом возрастает с 62 до 113 МПа, т.е. почти в 2 раза.

2. Введение в цементосодержащую композицию микрокремнезема приводит к повышению её эффективной вязкости, причем это характерно для всех изученных концентраций Супер – ПК – меняется лишь абсолютное значение эффективной вязкости.

3. Полипропиленовая фибра вызывает незначительное увеличение эффективной вязкости цементосодержащей композиции, не подверженной активации. Скоростное смешивание смеси, содержащей 1% фибры, приводит к снижению эффективной вязкости не более, чем в 5-6 раз по сравнению с вязкостью практически не разрушенной структуры.

Литература:

1. Барабаш І.В. Механохімічна активація мінеральних в'язучих речовин. - Навчальний посібник. - Одеса. Астропрінт, 2002. - 100с.
2. Федоркин С.И. Механоактивация вторичного сырья в производстве строительных материалов. - Симферополь: Таврия, 1997.-180с.
3. Барабаш І.В. Механізми організації структури механоактивованих грубодисперсних систем. – В зб.: Композиційні матеріали для будівництва. /І.В. Барабаш, В.Н. Выровой //– Вісник ДДАБА. – 2000. – 2 (22). – Мажіівка. – С.12-15.
4. Батраков, В.Г. Эффективность применения ультрадисперсных отходов ферросплавного производства / В.Г. Батраков, С.С. Каприелов, А.В. Шейнфельд // Бетон и железобетон. – 1989. – №8. – С.24–25.
5. Калашников В.И. Самоуплотняющийся высокопрочный бетон / Современные бетоны / Общ. ред. А. Ушеров-Маршак. – Запорожье, 2007. – С. 30-40.
6. Баженов Ю.М. Технология бетона / Баженов Ю.М. – М.: Изд-во АВС, 2003. - 500 с.
7. Рунова Р.Ф. Формирование структуры высокопрочных бетонов. Р.Ф. Рунова, И.И. Руденко, В.В. Троян, В.В. Товстонис, С.П. Щербина, Л.Д. Пашина // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка №29, 2008 р., с.91-97.

УДК 691. 32. 001. 4

УСТРОЙСТВО ФОНТАНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА СИСТЕМЫ «ПЕНЕТРОН»

Маковкина Т.С. ПГС-606 м(н).

Научный руководитель – к.т.н., проф. Беспалова А.В.

Статья посвящена актуальной проблеме о традиционных фонтанов их гидроизоляции чаши с учётом динамичности обновления эстетических идеалов и радикального изменения технологических возможностей.