

Manual on Experimental Stress Analysis. Fifth Edition. – Society for Experimental Mechanics, 2005 [Электронный ресурс]. – URL: <http://courses.washington.edu/me354a/photoelas.pdf> (дата обращения 10.10.2015).

18. Применение полимерных оптически-чувствительных материалов в модельных исследованиях напряжений / С. И. Завалишин [и др.] // Вестник МГУ. – 1976.

– № 2. – С. 28–31.

Сведения об авторах

Морозова Дина Вольдемаровна, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник, профессор (e-mail: morozovadv@mail.ru).

Серова Елена Александровна, аспирантка (e-mail: serova.e@mail.ru).

Information about the authors

Morozova Dina Voldemarovna, candidate of technical sciences, senior researcher, professor (e-mail: morozovadv@mail.ru).

Serova Elena Aleksandrovna, postgraduate student (e-mail: serova.e@mail.ru).

УДК 502/504 : 691.535

ТЕХНОЛОГИЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ НА КВАРЦСОДЕРЖАЩИХ ЦЕМЕНТАХ С ХИМИЧЕСКИМИ ДОБАВКАМИ

Поступила 19.10.2015 г.

© **С. Ю. Акимов**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)», г. Москва

THE TECHNOLOGY OF DRY CONSTRUCTION MIXTURES OF QUARTZ CEMENTS WITH VARIOUS CHEMICAL ADDITIVES

Received October 19, 2015

© **S. Iu. Akimov**

Moscow State University of Mechanical Engineering, Moscow

Технология производства сухих строительных смесей, имеет большое значение в продвижении отечественного и зарубежного рынка строительных материалов. В настоящий момент сухие смеси имеют большое значение в отделке зданий и помещений. Отмечается, что основой для удовлетворения новых запросов строителей является производство сухих строительных смесей. Сухие смеси в последнее время стали использоваться и как теплоизоляционные материалы, при этом повышается эффективность строительства. В данной статье рассматривается применение сухих строительных смесей на кварцсодержащих цементах с различными химическими добавками. Отмечается, что преимуществом технологий производства сухих смесей является возможность индивидуального и в необходимых случаях многократного модифицирования их компонентов химическими добавками или механохимической обработкой с получением материалов широкого назначения. Из гидросфильных добавок С-3 и ЛСТМ-2 с позиции «присадочного» эффекта ко всем частицам сухой смеси более предпочтителен ЛСТМ-2, гарантирующий и более продолжительную ее сохранность во времени. Метал-кварцсодержащие порошкообразные промышленные отходы, введенные в портландцемент или в сухую смесь, раздвигают зерна и способствуют гидратации более полному использованию цемента. Кварцсодержащие цементы рекомендуется готовить по низкочастотным ударно-стирающим режимам внешнего воздействия, а сухие смеси на их основе по высокочастотным турбулентным режимам при давлении воздуха 6 атмосфер.

Ключевые слова: сухие строительные смеси, модифицированные добавки, химические добавки, растворные смеси, бетонные смеси, кварцсодержащие цементы.

Technology of production of dry building mixtures is of great importance in the promotion of domestic and foreign market of construction materials. Currently, the dry mixtures are of great importance in the decoration of buildings and premises. It is noted that the basis to meet the new needs of builders is the production of dry building mixtures. Dry mixes have recently become to be used as thermal insulation materials, improving the efficiency of construction. This article discusses the use of dry construction mixtures with quartz cements with various chemical additives. It is noted that the advantage of production technologies of dry mixtures is the possibility of individual and, where necessary, repeated modification of their components, chemical additives or mechanical treatment, with obtaining materials of wide application. Of hydrophilic additives С-3 and LSTM-2 from the position of «filler» effect to all the particles of dry mix is preferred LSTM-2, and guarantees a longer preservation in time. Metal quartz powder industrial waste, introduced into the Portland cement or the dry mixture, pushing the grain and contribute to a more complete hydration of the cement. Quartz cements are advised to prepare for low-frequency shock–attrition modes of external influence, and dry mixes on their basis of high-frequency turbulent regimes with an air pressure of 6 atmospheres.

Keywords: dry mixes modified with additives, chemical additives, mortar mixes, concrete mixtures, quartz-bearing cements.

В последнее время значительно увеличились объемы возведения многоэтажных домов из монолитного бетона, малоэтажного строительства промышленных объектов и коттеджей из каменной кладки. Вместе с тем получение обычных строительных растворов и бетонов с требуемыми прочностными и технологическими показателями смесей, в том числе и с учетом долговечности, исчерпало себя из-за устаревших с негибкой производительностью смесителей и коротких сроков сохранности товарных смесей.

Основой для удовлетворения новых запросов строителей является производство сухих строительных смесей, а в случае их большой потребности – осуществление «мокрого процесса» (перемешивания с водой) в транспортных средствах (автобетоно- и растворосмесителях и др.) во время доставки на строительство. В сложившихся условиях технологи уделяют пристальное внимание смесям на кварцсодержащем цементе с химическими добавками. Модифицирование добавками отдельных компонентов сухих смесей в процессе их приготовления – это важный научный и технологический аспект, основанный на синергетическом эффекте от воздействия при смешивании твердых частиц энергетических технологических факторов (истирания, дробления, помола, механического перелопачивания, возможно и совместного действия этих явлений) и физико-химических свойств добавок различного состава [1]. В случае комплексных добавок вариации модифицирования компонентов значительно увеличиваются и определяются технологическим регламентом на получение и назначением смесей. Технологические параметры по способам модифицирования строительных материалов химическими добавками производители, как правило, в своих проспектах не приводят. А они во многом определяют технологичность получения и – следовательно, объективную стоимость товарной продукции, и главное – гарантированную обеспеченность требуемых в строительном процессе технологических показателей смесей и физико-механических свойств затвердевшего материала.

В обычных бетонах согласно ГОСТ 30459–2008 [2] эффект химических добавок должен устанавливаться после обязательного их введения с водой для затворения. А это сначала изменяет ионную силу раствора этой воды, а затем уже при контакте с частицами смеси позволяет компонентам добавки произвольно воздействовать на любые ее составляющие. Последнее обстоятельство приводит к сложным

физико-химическим явлениям, которыми невозможно отдельно управлять и это является недостатком такого способа введения добавок. По этой же причине автор статьи считает, что эффект отдельных компонентов комплексных добавок используется не полностью или даже исключается. Этот способ уместен скорее при зимнем бетонировании, когда необходимо понизить точку замерзания воды. С другой стороны, это положение противоречит существующему факту, когда химические добавки уже вводятся в товарные сухие смеси.

Учитывая, что композиции строительных смесей гетерогенны, а их гомогенизация с добавками в различные промежутки времени может способствовать потенциальному созданию различных даже по величине и назначению технологических эффектов, то весьма важным и доступным в «сухой технологии» представляется интерес к разделному порядку введения добавок в рабочий состав. Поскольку добавки могут быть в жидком, твердом (порошкообразном, зерновом, кусковом варианте) и даже в виде высококонцентрированных паст (например, упаренные концентраты сульфит-спиртовой барды (ССБ)) технология получения с ними сухих смесей возможна по следующим общим направлениям:

для порошкообразных продуктов (вяжущее + наполнитель) – путем одновременного помола (или) перемешивания всех компонентов с добавкой;

для смесей с наличием заполнителей – путем одновременного перемешивания всех составляющих, или в начале процесса – путем перемешивания составляющих (с добавкой одного или двух заполнителей + вяжущее), либо перемешивание (помол с добавкой вяжущего + наполнитель(и)).

Приведенные положения базируются на эффекте повышения поверхностной активности частиц компонентов смеси от механохимического воздействия измельчающих или перемешивающих устройств и свойств органоминеральных веществ, входящих в состав добавок. К химическим добавкам в сухие смеси на основе кварцсодержащего цемента относят вещества, облегчающие помол зерен (клинкера + кварца) или перемешивание (заводского цемента + кварцевого наполнителя) за счет:

усиления поверхностного эффекта от взаимного абразивного воздействия;

диспергирование частиц от «присадочного» эффекта компонентов добавки;

аморфизации поверхности частиц кварца

на различную глубину от пластической деформации, возникающей от удара шаров при помоле, или от аэродинамического давления воздуха, появляющегося среди частиц смеси, благодаря распространяющейся тенденции к турбулизации режимов перемешивания порошкообразных и мелкозернистых сред.

Механизм их действия на поверхность компонентов смеси от ударно-истирающих усилий, возникающих при помоле, заключается по правилу Б. В. Дерягина в расклинивающем эффекте микротрещин добавкой, а после их раскрытия – в препятствии их закрытию [3]. Последнее обстоятельство объясняется переходом первоначального адсорбционного присадочного эффекта за счет перераспределения напряжений на поверхности частиц в кинетическую форму, когда с раскрытием трещин и появлением новых более мелких частиц их повышенная поверхностная энергия трансформируется на образование пленочного слоя добавки и наступает дальнейшее свободное раскрытие трещин.

С появлением новых частиц количество свободного вещества добавки уменьшается и образуются весьма прочные тонкие пленочные оболочки на частицах цемента и кварца. При этом значительно – еще на стадии «сухого» контакта возрастают электрокинетические характеристики частиц. С уменьшением толщины пленок возрастает опасность «старения» органического компонента добавки, а при наличии еще и гигроскопической влаги сокращаются гарантийные сроки хранения смеси и требуемые технологические эффекты понижаются или пропадают совсем.

Таким образом, для управления технологией получения сухих смесей представляется предпочтительным раздельный способ внесения добавок в смеситель, а выбор порядка введения добавок в процессе перемешивания зависит от их агрегатного состояния, физико-химических свойств компонентов в составе добавки и от интенсивности внешнего воздействия на процесс смешивания.

Учитывая вышеизложенное, автором данной статьи изучалось влияние известных отечественных добавок на эффективность помола портландцементов и кварцевых наполнителей при одновременном улучшении технологических и технических свойств у строительных растворов и бетонов. Растворные смеси приобретают необходимые (структурные, отделочные, кладочные и др.) свойства, как правило, благодаря воздуховлечению (реже – газовойделению) и вододерживающему эффекту (от полимерных

цепей метилцеллюлозы, но при значительном замедлении твердения). Воздуховлечение, пептизация гидратных частиц цемента для преобразования после твердения в структурный мелкокристаллический каркас и возникновение жидкой кремневой фазы, уплотняющей межпоровое пространство с частичным переходом в гидратные соединения с цементом, возможны прежде всего за счет процессов гидрофобизации, ускорения гидратации цемента, растворения аморфизированного кварца при совместном воздействии ударно-истирающих усилий и гидрофобно-ускоряющей добавки. В связи с этим автору представляется оптимальной добавка подмыльного щелока – отхода мыловаренного производства, содержащая в % (по массе): 0,5...2,0 жирных омыленных кислот, 7...15 хлористого натрия, 0,1...0,4 жидкого натрия и 85...90 воды. Механизм ее действия при получении строительного раствора заключается в следующих процессах и эффектах:

в покрытии (гидрофобизации) пленками жирных кислот мелкого кварцевого наполнителя, так как его поверхность при механическом перемешивании заряжается отрицательно с эффективно удерживаемой величиной заряда на частицах со средней крупностью около 0,63 мм, и из-за «присадочного» эффекта происходит притяжение на них пузырьков заземленного воздуха;

в обменной реакции хлористого натрия со свободной известью портландцемента и образовании хлористого кальция, ускоряющего твердение портландцемента;

в образовании в жидкой фазе еще гидрата окиси натрия, способствующего растворению аморфного кремнезема на поверхности наполнителя и в составе вяжущего.

Для опытов с добавкой были выбраны портландцемент завода «Гигант» активностью 43,0 МПа, кварцсодержащие цементы (кварц + цемент) составов (1) 70 + 30 %, (2) 50 + 50 %, (3) 34 + 64 % с активностью соответственно 36,9 МПа, 23,8 МПа и 18,0 МПа, песок с модулем крупности $M_k = 1,94$ и содержанием глинистых пылевидных частиц около 1 %. Подвижность растворных смесей соответствовала 8...9 см по конусу СтройЦНИИЛа, количество щелока составляло 0,1...0,5 г жирных кислот на 1 кг цемента, перемешивание составляло 3 минуты, затем формовались образцы размером 7,07x7,07x7,07 мм. Растворы на кварцсодержащем цементе представленные в таблице 1 имели состав 70 + 30 % (с наименьшим содержанием клинкера) интенсивно набирали прочность во все сроки твердения.

Таблица № 1

№ серии	Вид и состав цемента	Проектируемая марка раствора	Расход материалов на 1 м ³ раствора, кг			Погружение конуса, см	Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности при сжатии в возрасте, МПа		
			цемент	песок	вода			7 суток	28 суток	90 суток
1	Портландцемент	100	310	1450	310	8	2070	7,4	10,6	12,8
		75	250	1510	275			5,0	8,0	9,4
		50	180	1580	260			3,4	5,2	6,6
2	Песчаный портландцемент 70 + 30 %	100	310	1450	300	8	2060	6,8	10,2	11,2
		75	250	1510	270			5,5	7,6	9,2
		50	180	1580	240			3,0	5,0	6,8
3	Песчаный портландцемент 50 + 50 %	100	400	1380	280	9	2060	7,6	11,0	13,0
		75	310	1460	230			4,8	7,8	9,0
		50	220	1500	220			3,8	5,2	6,5
4	Песчаный портландцемент 34 + 66 %	100	500	1230	320	8	2050	6,8	10,2	12,0
		75	390	1350	270			4,5	7,5	8,8
		50	270	1430	240			3,2	5,0	6,2

Достиженные кинетика нарастания и значения прочности возможны, благодаря дополнительному уплотнению структуры за счет продуктов реакций взаимодействия щелочей едкого натрия и гидратной извести цемента с аморфной поверхностью молотого песка и, частично с зернами обычного песка, активированными взаимным абразивным эффектом твердых частиц при их перемешивании.

Исследование эффективности добавок суперпластификатора С-3 и модифицированного пластификатора ЛСТМ-2, размолотых совместно с вяжущим на основе портландцемента Подольского завода и кварцевого песка, проводили на бетоне с применением кварцевого песка Сычевского карьера с $M_k = 2,7$ и гранитного щебня фракции 5...20 мм. Оптимальное значение добавок автор определял при заданном значении показателя подвижности (осадка конуса 5...6 см) бетонной смеси и фиксированном значении водоцементного соотношения В/Ц, принятом в составе без добавки. В физическом смысле механизм указанного приема заключался в погашении эффекта пластификации бетонной смеси, благодаря увеличению доли заполнителей (их удельной поверхности) при неизменном соотношении песка и щебня в составе бетонной смеси. Из подобранных составов формовались образцы размером 10x10x10 см и испытывались на прочность.

Результаты экспериментальных данных для бетона на молотом совместно с добавками С-3 и ЛСТМ-2 кварцсодержащем в (количестве 50 %) портландцементе Подольского завода с удельной поверх-

ностью 5200 см²/г приведены в таблице 2.

Проведенные эксперименты показали, что оптимальные количества соответствуют для ЛСТМ-2 – 0,15 % и С-3 – 0,6 % от массы вяжущего. Расход цемента уменьшился для указанных случаев соответственно на 25...30 и 100...110 кг/м³. В составах с меньшим расходом цемента дозировка для ЛСТМ-2 понизилась до 0,1, а с С-3 повысилась до 0,8 %. Анализ других данных свидетельствует о повышенной «присадочности» суперпластификатора на цементных частицах, а с добавкой ЛСТМ-2 еще и на частицах песка

Весьма важным направлением в создании сухих смесей является использование «эффекта мелких порошков» для раздвижки зерен цемента, способствующего заполнению образовавшегося пространства продуктами гидратных новообразований цемента. Поэтому применение порошкообразных металл-кварцсодержащих промышленных отходов, в том числе модифицированных химическими добавками в сочетании с портландцементом и другими видами вяжущих, является фундаментальной основой для производства строительных материалов широкого назначения.

Многие производители считают, что кварцсодержащие цементы и сухие строительные смеси на их основе следует изготавливать при низкочастотных ударных или высокочастотных кавитационных режимах воздействия. В первом случае это шаровые мельницы и во втором смесители фирмы «Вселуг» с частотой вращения рабочего органа 50 гц давлением сжатого воздуха 6 атм.

Таблица № 2

Расход материалов, кг/м ³				Добавка, %		Показатели бетонной смеси			Прочность при сжатии, МПа, через		
Цемент	Песок	Щебень	Вода	С-3	ЛСТМ-2	В/Ц	Осадка конуса	8 б.см	4 час после пропар.	28 сут после пропар.	28 сут н. т.
418	681	1051	175	–	–	0,42	3	2325	22,0	32,8	33,0
404	720	966	170	–	0,1	0,42	7...8	2290	20,2	31,0	32,6
398	722	997	167	–	0,15	0,42	6	2285	19,4	31,8	29,0
386	725	1002	162	–	0,2	0,42	6...8	2275	17,8	26,3	29,7
423	689	1062	177	–	–	0,42	4	2351	22,3	30,9	27,0
422	687	1059	177	–	0,1	0,42	6...7	2344	24,8	33,5	30,2
421	685	1057	176	–	0,2	0,42	11	2338	22,0	27,1	27,5
401	706	1004	168	–	0,15	0,42	6	2300	20,3	31,9	24,9
378	731	1010	159	–	0,25	0,42	5...6	2278	17,5	25,7	28,6
336	715	988	141	–	0,35	0,42	6...7	2180	12,8	18,0	27,3
342	737	1018	144	–	0,45	0,42	6...7	2240	11,8	18,5	21,6
421	685	1057	176	–	–	0,42	4...5	2338	21,9	32,6	30,2
421	685	1057	176	–	–	0,42	4...5	2340	23,8	35,1	35,3
365	798	976	154	0,4	–	0,42	7	2292	18,0	28,0	27,0
319	822	1005	134	0,6	–	0,42	4	2280	20,0	29,5	32,0
305	822	1005	128	0,8	–	0,42	5	2260	18,0	25,9	29,1
308	835	1022	130	1,0	–	0,42	4	2295	17,0	19,8	29,0
418	681	1051	175	–	–	0,42	3	2325	22,0	32,8	33,0
305	827	1012	178	0,5	–	0,42	2	2273	19,2	26,5	25,0
309	796	974	130	0,6	–	0,42	5...6	2210	20,5	28,8	30,3
302	808	988	127	0,7	–	0,42	5	2225	18,7	28,0	28,6
299	809	988	126	0,8	–	0,42	7...8	2223	16,7	21,6	29,2

Выводы

Преимуществом технологий производства сухих смесей является возможность индивидуального и в необходимых случаях многократного модифицирования их компонентов химическими добавками или механохимической обработкой с получением материалов широкого назначения.

К химическим добавкам в сухие смеси на кварцосодержащих цементах относят вещества гидрофобно-ускоряющего действия, облегчающие технологию их получения и обеспечивающие сохранность до использования в строительном процессе технологических показателей и механических свойств затвердевшего материала.

Из гидрофильных добавок С-3 и ЛСТМ-2 с позиции «присадочного» эффекта ко всем частицам сухой смеси более предпочтителен ЛСТМ-2, гарантирующий и более

продолжительную ее сохранность во времени.

Металл-кварцосодержащие порошкообразные промышленные отходы, введенные в портландцемент или в сухую

смесь, раздвигают зерна и способствуют гидратации более полному использованию цемента.

Кварцосодержащие цементы рекомендуется приготавливать по низкочастотным ударно-стирающим режимам внешнего воздействия, а сухие смеси на их основе по высокочастотным турбулентным режимам при давлении воздуха 6 атм.

Библиографический список

1. Усов Б. А. Химия и технология цемента: Уч. пособие, второе изд. – М.: Инфра-М, 2015.
2. ГОСТ 30459–2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов». – М., 2008.
3. Батраков В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. – М., Технопроект. – 1998.

Сведения об авторе

Акимов Сергей Юрьевич, старший преподаватель (e-mail: 123_asy@mail.ru).

Information about the author

Akimov Sergey Iurevich, senior lecturer (e-mail: 123_asy@mail.ru).