

УДК

А.О. АДАМЦЕВИЧ, канд. техн. наук, А.В. ЕРЕМИН, инженер (aleks.eremin@gmail.com),
А.П. ПУСТОВГАР, канд. техн. наук, С.А. ПАШКЕВИЧ, канд. техн. наук

Московский государственный строительный университет (129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

Исследование влияния внешних факторов на свойства портландцемента в условиях длительного хранения

Рассмотрено снижение активности портландцемента под действием эффекта предгидратации, вызываемого факторами внешней среды. Экспериментальными методами изучено влияние адсорбционной влаги на кинетику тепловыделения и фазовый состав портландцемента при хранении в герметичной и негерметичной таре. Установлено, что в нормальных условиях ($21\pm 1^\circ\text{C}$ и $55\pm 5\%$ влажности) эффект предгидратации вызывает снижение концентрации активных компонентов цемента и увеличение концентрации аморфной фазы, портландита и карбонатов кальция (арагонит, кальцит). Выявлено, что наиболее подверженными воздействию адсорбционной влаги являются фазы C_3S и полуводный гипс. Методом изотермической калориметрии изучены особенности изменения теплового потока и суммарного тепловыделения на ранних стадиях гидратации образцов, хранившихся в различных условиях в течение одного года. Установлено, что для образцов, хранившихся в герметичных условиях, наблюдается лишь незначительное снижение активности, в то время как при хранении аналогичных образцов в негерметичных условиях, активность снижается пропорционально продолжительности срока хранения.

Ключевые слова: условия хранения, портландцемент, изотермическая калориметрия, предгидратация, фазовый состав.

A.O. ADAMTSEVICH, Candidate of Sciences (Engineering), A.V. EREMIN, Engineer, (aleks.eremin@gmail.com),
A.P. PUSTOVGAR, Candidate of Sciences (Engineering), S.A. PASHKEVICH, Candidate of Sciences (Engineering)
Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavl'skoe Highway, 129337, Moscow, Russian Federation)

Research in Influence of External Factors on Properties of Portland-Cement under Conditions of Long-Term Storage

The reduction in the activity of Portland-cement under the impact of pre-hydration caused by environmental factors is considered. With the use of experimental methods the influence of adsorption moisture on the kinetics of heat emission and phase composition of Portland-cement stored in hermetic and non-hermetic containers has been studied. It is established that under normal conditions ($21\pm 1^\circ\text{C}$ and $55\pm 5\%$ of humidity) the effect of pre-hydration causes a decrease in the concentration of active components of cement and an increase in the concentration of amorphous phase, Portlandite and calcium carbonates (aragonite and calcite). It is revealed that phases C_3S and hemihydrates gypsum are most affected by the adsorption moisture. The peculiarities of changes in the heat flow and total heat emission at early stages of the hydration of the samples stored under different conditions during the year were studied using the method of isothermal calorimetry. It is established that only a slight decrease of activity is observed for the samples stored under hermetic conditions, but at the same time the activity of analogous samples stored under non-hermetic conditions reduces proportionally to the time of storage.

Keywords: conditions of storage, Portlandcement, isothermal calorimetry, prehydration, phase composition.

Основным свойством, характеризующим качество портландцемента, является прочность при сжатии. Фактическую прочность цемента (установленный предел прочности при сжатии) принято называть активностью цемента. При длительном хранении цемента его активность снижается [1–4]. Так, через три месяца хранения фактическая активность цемента снижается на 10–20% от заявленной производителем [2]. Большинство исследователей, изучавших природу данного явления, сходятся в том, что основной причиной снижения активности является частичная гидратация вяжущего под действием адсорбционной влаги, поглощаемой из воздуха. Данное явление получило название «предгидратация» (prehydration [4–5]). Помимо снижения конечной прочности, предгидратация приводит к замедлению времени схватывания, изменению реологических свойств цементной системы, а также к сложности прогнозирования воздействия на цементную систему некоторых типов модифицирующих добавок [2, 5, 6].

Несмотря на то что проблема негативного влияния адсорбционной влаги на качество цемента при его хранении известна достаточно давно, проведение исследований, направленных на изучение феномена предгидратации и условий ее возникновения, не теряют своей актуальности и сейчас. Ряд научных работ, опубликованных в последние годы, был посвящен исследованию влияния атмосферной влажности и температуры окружающей среды на предгидратацию отдельных клинкерных фаз (C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF), сульфатные составляющие ($\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\beta\text{-CaSO}_4\cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, CaSO_4), свободную известь CaO и на промышленные виды цемента, применяемые в производстве строительных смесей [5, 6].

В большинстве проанализированных работ изучение данного эффекта производится при краткосрочном хранении вяжущего в моделируемых температурно-влажностных условиях, что позволяет в течение нескольких дней получить пробу цемента с заданной степенью предгидратации. Такой подход позволяет сформировать необходимую теоретическую базу, но не обеспечивает в достаточной мере возможности разработки методологии анализа фактического качества цемента с учетом предгидратации после хранения в реальных условиях. В связи с этим в данной работе изучалось воздействие на активность цемента внешних факторов в течение длительного срока его хранения в нормальных условиях ($21\pm 1^\circ\text{C}$ и $55\pm 5\%$ влажности). Определение потери активности производилось с использованием метода изотермической калориметрии. Этот подход обусловлен тем, что тепловыделение в процессе гидратации отражает объективную динамику развития реакции с учетом минералогического состава исследуемого образца и воздействия внешних факторов [7–9].

В данной работе использовался портландцемент, изготовленный в лабораторных условиях научно-исследовательского центра LaFarge. Химический и фазовый состав исследуемого образца портландцемента определялся рентгенофлуоресцентным и количественным рентгенофазовым анализом соответственно (табл. 1). В качестве воды затворения использовалась дистиллированная вода по ГОСТ 6709–72.

Перед испытаниями образцы цемента хранились в помещении с постоянным климатом ($21\pm 1^\circ\text{C}$ и $55\pm 5\%$ влажности) в двух различных режимах:

– в герметичной таре, исключающей возможность проникновения внутрь воздуха и влаги из помещения.

Химический и фазовый состав исследуемого цемента

Химический состав			Фазовый состав		
Оксид	ω , %	σ , %	Фаза	ω , %	σ , %
SiO ₂	20,54	0,11	триклинный-C ₃ S	53,6	1,2
Al ₂ O ₃	5,45	0,05	β -C ₂ S	22,9	0,8
Fe ₂ O ₃	2,5	0,03	C ₄ AF	6,6	0,5
CaO	63,19	0,25	кубич. C ₃ A	10,2	0,6
MgO	1,55	0,03	Ca(OH) ₂	1	0,2
K ₂ O	0,84	0,03	MgO	0,5	0,1
Na ₂ O	0,173	0,03	CaCO ₃ (кальцит)	0,6	0,1
K ₂ O	0,84	0,03	CaSO ₄ ·2H ₂ O	1,3	0,2
SO ₃	3,57	0,05	CaSO ₄ ·0,5H ₂ O	2,5	0,3
P ₂ O ₅	0,08	0,01	CaSO ₄	0,5	0,1
MnO	0,04	0,01	K ₂ SO ₄	0,3	0,1
SrO	0,27	0,01			
TiO ₂	0,22	0,01			
ППП	1,57	0,05			

– в открытой таре, имитирующей условия хранения навалом.

Контрольные испытания образцов производились на 0, 30, 60, 90 и 365-е сут. хранения.

Анализ тепловыделения при гидратации производился с использованием 8-канального микрокалориметра TAM Air в течение 72 ч в изотермическом режиме. В качестве образцов использовалась цементная паста с В/Ц=0,5.

Определение химического состава осуществлялось для образцов цементного порошка методом рентгенофлуоресцентного анализа на приборе ARL QUANT'X. Анализируемые образцы портландцемента запрессовывались на таблетки из борной кислоты с нагрузкой 20 т. Съемка проводилась в вакууме.

Определение фазового состава образцов проводилось методом порошковой рентгеновской дифрактоме-

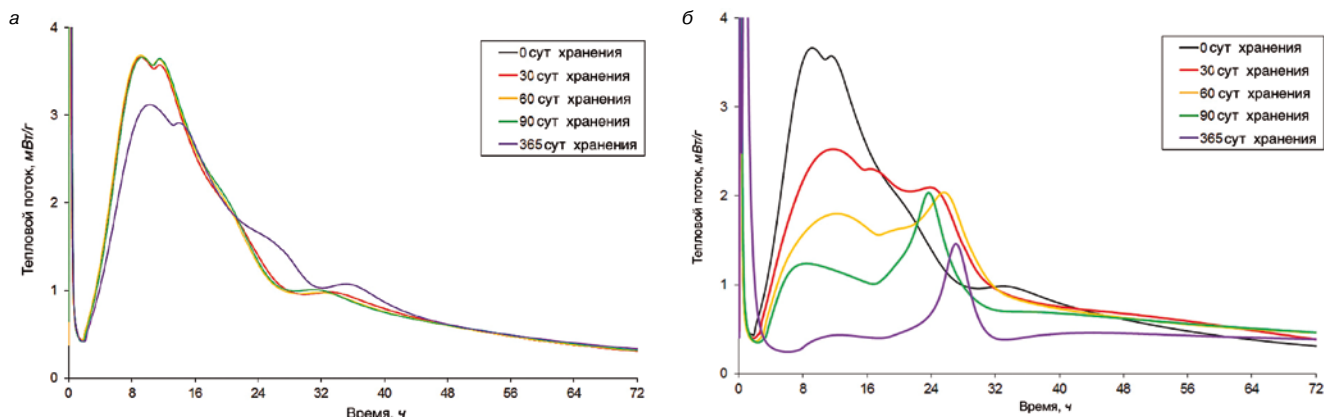


Рис. 1. Графики теплового потока при гидратации цемента: а – после герметичного хранения; б – после негерметичного хранения

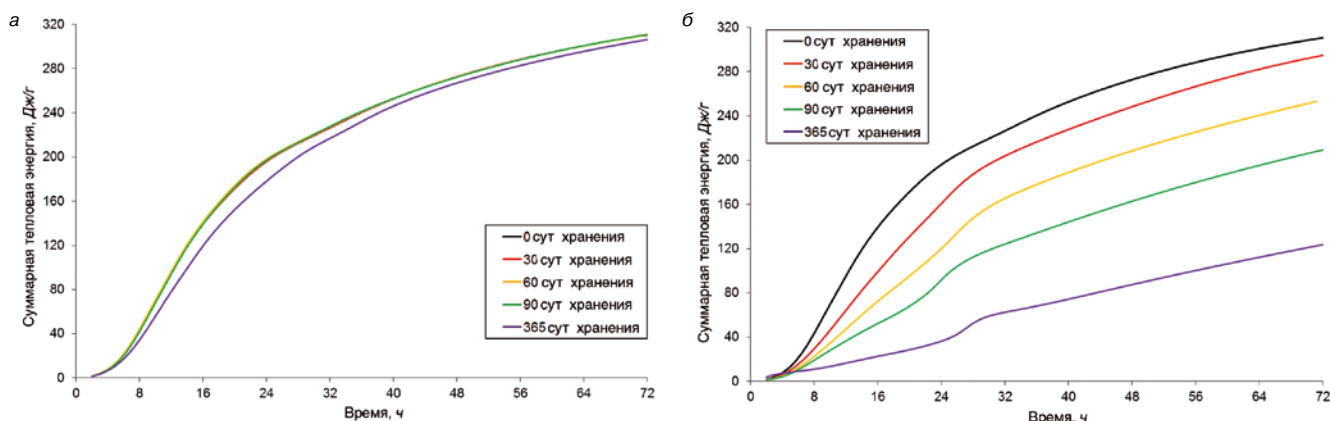


Рис. 2. Интегральные графики тепловой энергии, выделившейся при гидратации цемента: а – после герметичного хранения; б – после негерметичного хранения

три на приборе ARL X'tra. Бесстандартный количественный рентгенофазовый анализ по методу Ритвелда проводили с использованием программного обеспечения Siroquant 3 Sietronics PtyLtd [10]. Для всех фаз уточнялись параметры: шкальный фактор, смещение нуля счетчика прибора, параметры фона, профильные параметры (для фаз с содержанием более 5 мас. %), параметры элементарной ячейки [10, 11]. Определение количества аморфной фазы проводилось методом внутреннего стандарта TiO_2 (рутил) с чистотой 95%.

Для образцов, которые хранились герметично, наблюдается лишь незначительное изменение тепловыделения после 1 мес. хранения (рис. 1, а), что может быть связано с адсорбцией влаги во время помещения его в герметичную тару. При дальнейшем хранении в герметичных условиях процесс предгидратации останавливается за счет ограничения доступа воздуха и влаги, что подтверждается отсутствием изменений в кинетике тепловыделения и фазовом составе образцов на 60, 90 и 365-е сут хранения в герметичных условиях (рис. 1, а; 2, а; табл. 1). При этом для образцов, хранившихся в негерметичных условиях, наблюдается изменение кинетики процесса гидратации (рис. 1, б). На экзотермической кривой теплового потока наблюдается заметное увели-

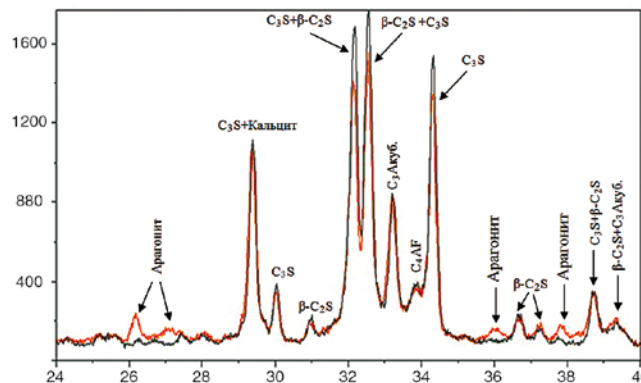


Рис. 3. Сравнение дифрактограмм образцов портландцемента на 365-е сут после герметичного (черный спектр) и негерметичного хранения (оранжевый спектр). Представлен наиболее информативный участок дифрактограмм в диапазоне $2\theta=24-40^\circ$

чение индукционного периода, вызванное образованием поверхностной пленки из продуктов гидратации, приводящее к увеличению сроков схватывания и ухудшению реологических характеристик цементного теста [6]. Помимо этого, при гидратации образцов цемента, хранившихся в негерметичных условиях, наблюдается

Таблица 2

Фазовый состав образцов различного возраста негерметичного хранения

Фаза	0 сут		30 сут		60 сут		90 сут		365 сут	
	ω, %	σ, %	ω, %	σ, %	ω, %	σ, %	ω, %	σ, %	ω, %	σ, %
Триклинный C_3S	53,6	1,2	50	1,4	48,3	1,3	43,9	1,4	37,5	1,5
$\beta-C_2S$	22,9	0,8	22,9	0,9	22,4	1	21,5	1	21	1
C_4AF	6,6	0,5	6,4	0,5	6,2	0,5	5,9	0,5	5,5	0,5
Кубический C_3A	10,2	0,6	10	0,6	9,9	0,6	9,4	0,6	9,1	0,6
$Ca(OH)_2$	1	0,2	2	0,3	2,5	0,3	3	0,5	1,5	0,4
MgO	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1
$CaCO_3$ (кальцит)	0,6	0,1	0,6	0,1	1	0,1	1,5	0,1	1,5	0,2
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	1,3	0,2	2	0,3	2	0,3	2,5	0,3	2,6	0,4
$CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$	2,5	0,3	1,8	0,3	1,8	0,3	1	0,2	0,5	0,1
$CaSO_4$	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1
K_2SO_4	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1
$CaCO_3$ (Арагонит)	0	0	0	0	0	0	0	0	4,5	0,3
Аморфная фаза (гидросиликаты кальция)	0	0	3	1	5	1	10	1	15	1,5

Таблица 3

Фазовый состав образцов различного возраста герметичного хранения

Фаза	0 сут		30 сут		60 сут		90 сут		365 сут	
	ω, %	σ, %	ω, %	σ, %	ω, %	σ, %	ω, %	σ, %	ω, %	σ, %
Триклинный C_3S	53,6	1,2	52,2	1,4	52	1,3	52,1	1,5	52	1,4
$\beta-C_2S$	22,9	0,8	22,9	0,9	22,7	0,8	22,7	0,8	22,6	0,9
C_4AF	6,6	0,5	6,6	0,5	6,6	0,6	6,5	0,6	6,4	0,5
Кубический C_3A	10,2	0,6	10,1	0,6	10,2	0,5	10	0,6	10,1	0,6
$Ca(OH)_2$	1	0,2	2,5	0,3	2,6	0,3	2,7	0,3	2,8	0,3
MgO	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1
$CaCO_3$	0,6	0,1	0,6	0,1	0,6	0,1	0,6	0,1	0,6	0,1
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	1,3	0,2	2,3	0,3	2,5	0,4	2,5	0,3	2,6	0,3
$CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$	2,5	0,3	1,5	0,3	1,5	0,4	1,5	0,3	1,5	0,3
$CaSO_4$	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,6	0,1	0,6	0,1
K_2SO_4	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1

снижение общего объема тепловыделения через 72 ч твердения, пропорциональное продолжительности хранения образцов в негерметичных условиях (рис. 2, б), что может свидетельствовать о снижении прочностных характеристик для данных образцов [9].

Методом количественного рентгенофазового анализа найдено, что в изученном образце портландцемента наиболее активно эффекту предгидратации подвержены полуводный гипс и триклинный C_3S (рис. 3, табл. 2), что не совсем соответствует результатам, полученным другими исследователями. В работе [5] при изучении сорбции влаги отдельными фазами портландцемента сделан вывод, что орторомбическая и кубическая фазы C_3A , полуводный гипс и свободная известь наиболее чувствительны к влажности воздуха. Полученное расхождение может быть связано с тем, что влажность при нормальных условиях хранения (50–60%) является недостаточной для начала предгидратации фазы C_3A , а также с тем, что состав и структура, а следовательно, и сорбционная активность клинкерных фаз, входящих в многокомпонентную систему промышленного портландцемента, могут существенно отличаться от аналогичных монофаз, синтезируемых в лабораторных условиях.

За первые 90 сут хранения в изученном образце портландцемента наблюдается постепенное уменьшение содержания C_3S и полуводного гипса с образованием продуктов гидратации (табл. 2). Также наблюдается небольшое увеличение содержания кальцита, которое связано с карбонизацией образующихся продуктов. На 365-е сут хранения в изученном образце наблюдается значительное уменьшение C_3S – на 32% по сравнению с исходным содержанием. Установлено, что длительное хранение

изученного образца портландцемента приводит к карбонизации продуктов предгидратации с преимущественным образованием арагонита (рис. 3).

Для изученного образца портландцемента экспериментально установлено, что содержание фаз клинкера кубического C_3A , β - C_2S , C_4AF не изменяется в течении 1 года хранения при $21 \pm 1^\circ C$ и $55 \pm 5\%$ влажности в герметичных условиях (табл. 3).

Проведенные исследования показали, что в образце портландцемента, хранившегося в негерметичной таре при нормальных условиях ($21 \pm 1^\circ C$ и влажности $55 \pm 5\%$), клинкерной фазой, наиболее подверженной воздействию адсорбционной влаги, является фаза C_3S , а также полуводный гипс. Через год у образца портландцемента, хранившегося в негерметичных условиях, наблюдается карбонизация продуктов предгидратации с образованием арагонита и кальцита.

Эффект предгидратации вызывает снижение концентрации активных компонентов цемента и увеличивает концентрацию аморфной фазы (гидросиликатов кальция) и портландита, что приводит к существенному снижению активности цемента, которое может быть косвенно определено при помощи метода изотермической калориметрии, что позволит осуществлять оперативный входной контроль качества цемента на предприятиях, производящих композитные материалы и изделия на его основе.

Работа выполнена в рамках Гранта государственной поддержки научных исследований, проводимых ведущими научными школами Российской Федерации, № 14.Z57.14.6545–НШ. Экспериментальные исследования производились с использованием оборудования ГР ЦКП МГСУ.

Список литературы

1. Richartz V.W. Effects of Storage on the Properties of Cement // *ZKG*. 1973. № 2. P. 67–74.
2. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: АСВ, 2007. 528 с.
3. Theisen K., Johansen V. Prehydration and strength development of Portland cement // *Journal of the American Ceramic Society*. 1975. № 9. P. 787–791.
4. Adamtsevich A., Eremin A., Pustovgar A., Pashkevich S., Nefedov S. Research on the Effect of Prehydration of Portland Cement Stored in Normal Conditions, Applied Mechanics and Materials // *Trans Tech Publications*. 2014. Vol. 670–671. P. 376–381.
5. Дубина Е., Планк Й., Вадсё Л., Блэк Л., Кёниг Х. Исследование стойкости цемента при его хранении в сухих строительных смесях. Часть 1. Поверхностная гидратация клинкерных фаз, свободной извести и сульфатных фаз при поглощении влаги из воздуха // *ALITinform*. 2011. № 3. С. 38–45.
6. Дубина Е. Планк Й. Старение сухих строительных смесей при хранении. Часть 2. Воздействие влаги на состояние наполных самовыравнивающихся смесей // *ALITinform*. 2012. № 4–5. С. 86–99.
7. Мчедлов-Петросян О.П. Тепловыделение при твердении вяжущих веществ и бетонов. М.: Стройиздат, 1984. 224 с.
8. Ушеров-Маршак А.В. Калориметрия цементов и бетонов. Харьков: Колорит. 2002. 184 с.
9. Адамцевич А.О., Пашкевич С.А., Пустовгар А.П. Использование калориметрии для прогнозирования роста прочности цементных систем ускоренного твердения // *Инженерно-строительный журнал*. 2013. № 3. С. 36–42.
10. Taylor J.C. Computer Programs for Standardless Quantitative Analysis of Minerals Using the Full Powder Diffraction Profile // *Powder Diffraction*. 1991. № 6. P. 2–9.
11. Le Sao tetal G. Application of the Rietveld method to the analysis of anhydrous cement // *Cement and Concrete Research*. 2011. V. 41. P. 133–148.

References

1. Richartz V.W. Effects of Storage on the Properties of Cement. *ZKG*. 1973. No. 2, pp. 67–74.
2. Bazhenov Yu.M. *Tekhnologiya betona* [Technology of concrete]. Moscow: ASV. 2007. 528 p.
3. Theisen K., Johansen V. Prehydration and strength development of Portland cement. *Journal of the American Ceramic Society*. 1975. No. 9, pp. 787–791.
4. Adamtsevich A., Eremin A., Pustovgar A., Pashkevich S., Nefedov S. Research on the Effect of Prehydration of Portland Cement Stored in Normal Conditions, Applied Mechanics and Materials. *Trans Tech Publications*. 2014. Vol. 670–671, pp. 376–381.
5. Dubina E., Plank J., Wadse L., Black L., Kenig H. Investigation of the long-term stability during storage of cement in dry mix mortars. Part 1. Prehydration of clinker phases, free lime and sulfate phases under different relative humidities (RH). *ALITinform*. 2011. No. 3, pp. 38–45. (In Russian).
6. Dubina E., Plank J., Investigation of the long-term stability during storage of dry mix mortars. Part 2. Influence of Moisture Exposure on the Performance of Self-levelling mortars (SLU). *ALITinform*. 2012. No. 4–5, pp. 86–99. (In Russian).
7. Mchedlov-Petrosyan O.P. *Teplovydelenie pri tverdenii vyzhushchikh veshchestv i betonov* [Heat emission hardening binders and concretes]. Moscow: Stroizdat. 1984. 224 p.
8. Usharov-Marshak A.V. *Kalorimetriya tsementov i betonov* [Calorimetry cements and concretes]. Khar'kov: Kolorit. 2002. 184 p.
9. Adamtsevich A.O., Pashkevich S.A., Pustovgar A.P. Using calorimetry to predict the strength of increase accelerated hardening cement systems. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. 2013. No. 3, pp. 36–42. (In Russian).
10. Taylor J.C. Computer Programs for Standardless Quantitative Analysis of Minerals Using the Full Powder Diffraction Profile. *Powder Diffraction*. 1991. No. 6, pp. 2–9.
11. Le Sao tetal G. Application of the Rietveld method to the analysis of anhydrous cement. *Cement and Concrete Research*. 2011. Vol. 41, pp. 133–148.

Издательство «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ» для керамической промышленности предлагает

Учебное пособие «Химическая технология керамики», изд. 2-е, дополненное

Авторы – Андрианов Н.Т., Балкевич В.Л., Беляков А.В., Власов А.С.,
Гузман И.Я., Лукин Е.С., Мосин Ю.М., Скидан Б.С.

Освещены вопросы современного состояния технологии основных видов керамических изделий строительного, хозяйственно-бытового и технического назначения, а также различных видов огнеупоров. Главное внимание уделено основным процессам технологии керамики и ее свойствам. Подробно изложены характеристика различных видов сырья, проблемы подготовки керамических масс различного вида и их формование различными методами, особенности механизмов спекания, а также дополнительные виды обработки керамики: металлизация, глазурирование, декорирование, механическая обработка. Детально описаны свойства керамических изделий – механические, деформационные, теплофизические, электрофизические, в том числе при высоких температурах.

Пособие может быть полезно специалистам, работающим в области технологии керамики и огнеупоров.

Учебное пособие «Практикум по технологии керамики»

Авторы – коллектив ученых РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Рассмотрены основные методы отбора проб, испытаний сырьевых материалов, контроля и исследования технологических процессов, а также определения свойств готовой продукции, применяемые в керамической, огнеупорной и смежных отраслях промышленности. Пособие может быть использовано не только как учебное, но и в качестве полезного руководства для инженеров заводских и научно-исследовательских лабораторий.

Книга «Керамические пигменты»

Авторы – Масленникова Г.Н., Пищ И.В.

В монографии рассмотрены физико-химические основы синтеза пигментов, в том числе термодинамическое обоснование реакций, теория цветности, современные методы синтеза пигментов и их классификация, методы оценки качества. Приведены сведения по технологии пигментов и красок различных цветов и кристаллических структур. Описаны современные методы декорирования керамическими красками изделий из сортового стекла, фарфора, фаянса и майолики.

Книга предназначена для научных сотрудников, студентов, специализирующихся в области технологии керамики и стекла, а также для инженерно-технических работников, занятых в производстве керамических изделий и красок. Будет полезна для специалистов других отраслей промышленности, где применяются высокотемпературные пигменты.

Книга «Теоретические основы белизны и окрашивания керамики и портландцемента»

Автор – Зубехин А.П., Яценко Н.Д., Голованова С.П.

В книге представлены теоретические основы белизны и окрашивания керамических строительных материалов и белого портландцемента (БПЦ) с позиции теории цветности силикатных материалов в зависимости от их фазово-минерального состава, структуры, содержания хромофоров Fe, Mn и Ti, условий обжига и охлаждения (окислительных или восстановительных).

Установлены закономерности зависимости белизны, цвета и особенности окрашивания как пигментов, так и твердых растворов бесцветных фаз ионами-хромофорами от структуры, изовалентного или гетеровалентного изоморфизма, образования окрашивающих кластеров. Разработаны эффективные способы управления белизной и декоративными свойствами строительных керамических материалов (фарфора, фаянса, облицовочной плитки, кирпича) и белого портландцемента.

Книга «Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки»

Автор – Ищук М.К.

Обобщен отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки. Показана история проектирования и строительства таких зданий. На конкретных примерах зданий, возведенных в конце 1990-х гг. рассмотрены различные дефекты наружных стен с лицевым слоем из кирпичной кладки. Приведены результаты экспериментальных и расчетно-теоретических исследований наружных облегченных стен, инженерные методы расчета различных воздействий на наружные многослойные стены и др.

Монография «Пестроцветные глины Гжельского месторождения»

Авторы – Русович-Югай Н.С., Логинов В.М.

Под редакцией д-ра техн. наук Г.Н. Масленниковой

Монография посвящена изучению глин Гжельского месторождения с целью их использования в производствах тонкой керамики, майолики, народных промыслах, а также в архитектурной и художественной керамике. Представлены результаты геолого-разведочных работ. Показана структура и свойства глин, влияние гранулометрического, химического и минерального составов, структуры и текстуры на пластичность, пористость, огнеупорность. Изложены результаты исследования влияния различных технологических факторов и добавок на поведение различных глин Гжельского месторождения, предложена классификация глин.

Подробнее на www.rifsm.ru

Для приобретения специальной литературы обращайтесь в издательство
«СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»

Тел./факс: (499) 976-22-08, 976-20-36 E-mail: mail@rifsm.ru