

Эффективность микроволновой обработки глинистых композиций при подборе шихты в технологии керамики

Представлены результаты исследования микроволновой обработки полев СВЧ глинистых композиций при подборе шихты на основе легкоплавких суглинков Калининского и Хлыстовского месторождений и модифицирующего компонента. Показано влияние обработки глинистой композиции полев СВЧ на прочностные свойства обожженных изделий. В качестве модификатора опробованы композиции на основе гальванического шлама, содержащего производные оксида алюминия, и добавок, содержащих производные оксида кальция и магния – мела и отхода содового производства – кека. Выявлены оптимальные составы модифицирующей добавки и глинистых компонентов. Получено значительное увеличение прочности обожженных образцов после обработки подготовленной сырьевой композиции полев СВЧ. Методом термического и рентгенофазового анализа показано для составов на основе калининской глины различие в поведении при нагреве масс, обработанных и не обработанных полев СВЧ. Отмечена связь повышения прочности обожженных образцов с возрастанием доли фазы силлиманита Al_2SiO_5 и уменьшением размера кристаллита до 30 нм.

Ключевые слова: глиняные композиции, алюмосодержащий гальванический шлам, мел, кек – отход содового производства, поле СВЧ, прочность обожженных изделий.

I.A. ZHENZHURIST, Candidate of Sciences (Engineering) (ir.jenjur@yandex.ru)
Kazan State University of Architecture and Engineering (1, Zelenaya Street, Kazan, 420043, Russian Federation)

Efficiency of Micro-Wave Treatment of Clay Compositions when Selecting the Charge in Technology of Ceramics

Results of the study of microwave treatment of clay compositions with the UHF field when selecting the charge on the basis of low-melting loams of Kalininskoye and Khlystovskoye deposits and a modifying component are presented. The influence of the treatment of the clay composition with the UHF field on the strength property of burned products is shown. Compositions on the basis of galvanic sludge containing derivatives of aluminum oxide and additives containing derivatives of calcium oxide and magnesium – chalk and cake – waste of soda production were tested as a modifier. At the specified ratio of components for each composition of the modifying agent after the treatment of the prepared composition with the UHF field it is possible to obtain the significant improvement of strength of burned samples. Using the method of thermal and X-ray phase analyses, the difference in behavior of masses treated and untreated with the UHF field for compositions on the basis of Kalininskaya clay is shown. The connection of increasing the strength of burned samples with an increase in the fraction of a phase of sillimanite Al_2SiO_5 and the decrease of the crystallite size up to 30 nm is noted.

Keywords: clay compositions, aluminos containing galvanic sludge, chalk, cake – waste of soda production, UHF field, strength of burned products.

Одним из важнейших условий получения керамического материала с требуемыми техническими параметрами является подбор состава шихты и условий ее технологической переработки. Традиционный способ разработки состава и технологии получения материала не всегда приводит к желаемому результату из-за проблем при технологической переработке исходных компонентов шихты. Традиционно необходимая дисперсность компонентов достигается путем длительного размала в сухом или увлажненном состоянии с большими энергетическими затратами.

С точки зрения снижения энергоемкости заслуживают внимания способы интенсификации технологических процессов за счет использования энергии электромагнитного поля сверхвысоких частот (СВЧ) в качестве источника энергии. Применение электромагнитного излучения диапазона миллиметровых длин волн открывает возможности создания перспективной энергосберегающей технологии, разработки методов обработки материалов, которые наряду с ускорением физико-химических процессов обеспечивают сохранение и улучшение их свойств [1–4].

Нагрев, сушка, обжиг полев СВЧ используются в технологии различных диэлектрических и полупроводниковых материалов, к которым относятся оксиды кремния и алюминия, составляющие основу глинистой керамики [1–4].

Эффект микроволнового нагрева основан на поглощении электромагнитной энергии. Поле СВЧ проникает на значительную глубину, взаимодействует с веществом на атомном и молекулярном уровнях, влияет на движение электронов, что приводит к преобразованию СВЧ-энергии в тепло. При этом изменяется обычное

прохождение химических реакций, открываются широкие перспективы для управления и стимулирования структурообразования, процессов сушки и спекания материала [1–4].

Изменяя геометрию и напряженность электрического поля, можно создать условия, при которых температура в центре изделия будет выше, чем на его поверхно-

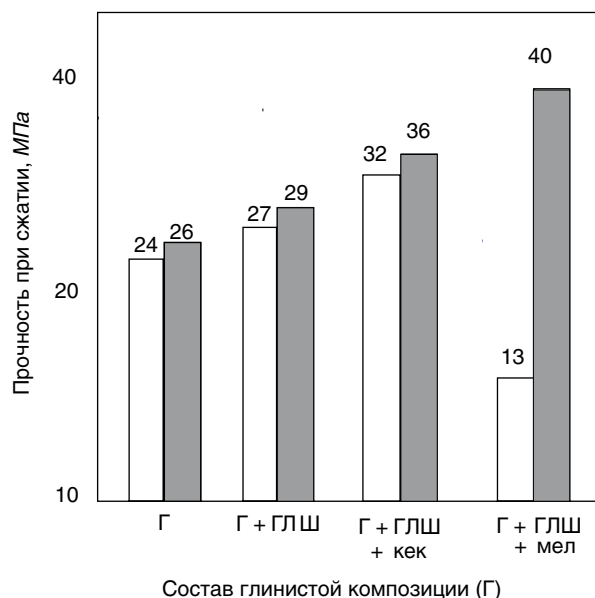


Рис. 1. Прочность при сжатии обожженных при 1000°C образцов из масс с 20% композиционной добавкой при соотношении мел/ГЛШ=1; КЕК/ГЛШ=1: □ – без обработки СВЧ; ■ – с обработкой СВЧ

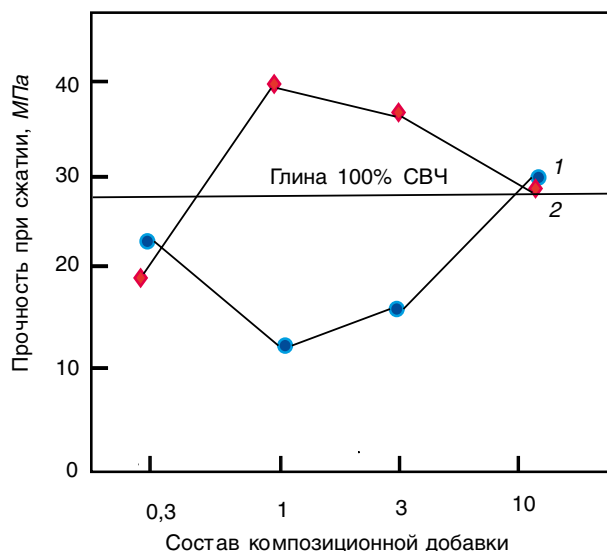


Рис. 2. Зависимость прочности при сжатии обожженных при 1000°C образцов с 20% композиционной добавкой и соотношением компонентов (мел/гальванический шлам): 1 – без обработки полем СВЧ; 2 – обработанные полем СВЧ

сти. Достижимый при этом объемный нагрев изделия позволяет значительно интенсифицировать процесс термообработки; повысить качество готовых изделий и экономические показатели процесса; уменьшить площадь, занимаемую нагревательными установками; организовать и интенсифицировать технологические процессы [5].

СВЧ-энергия – удобный источник тепла, обладающий в ряде случаев несомненными преимуществами перед другими источниками. Он не вносит загрязнений при нагреве, при его использовании отсутствуют продукты сгорания. Кроме того, легкость, с которой СВЧ-энергия преобразуется в тепло, позволяет получить очень высокую скорость нагрева, при этом в материале не возникает разрушающих термомеханических напряжений. Оборудование полностью электронное и работает практически безынерционно, благодаря чему уровень мощности СВЧ и момент ее подачи можно изменять практически мгновенно [4–6].

В условиях роста стоимости энергии для энергозатратных технологий, к которым можно отнести производство керамических материалов, повышается привлекательность высокочастотных источников энергии и СВЧ в том числе. При этом важную роль играют КПД и возможность автоматизации процесса [5].

Работы по синтезу глинистых частиц [7] и исследованию реакции глинистых композиций на поле СВЧ [8] показали, что в результате формируются частицы наноразмерного диапазона и увеличивается общая площадь их реакционной поверхности. При этом отмечается изменение адсорбционной способности, содержания водорастворимых веществ, повышаются качественные характеристики глины [7–9].

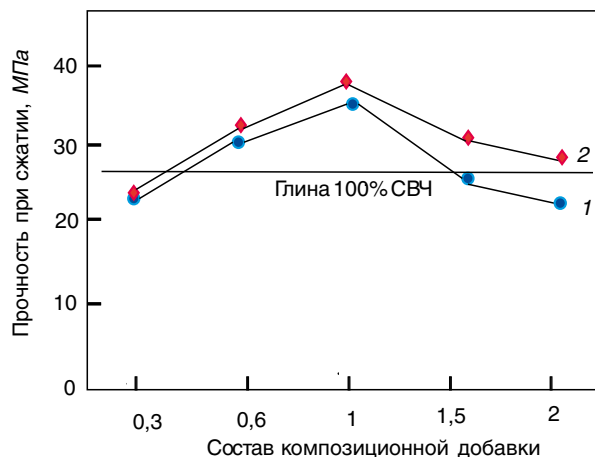


Рис. 3. Зависимость прочности при сжатии обожженных при 1000°C образцов с 20% композиционной добавкой и соотношением компонентов (кек/ гальванический шлам): 1 – без обработки полем СВЧ; 2 – обработанные полем СВЧ

Ранее проводимые работы по модификации глин гидрозолями оксида алюминия с целью улучшения технологических характеристик низкосортного глинистого сырья показали, что после облучения модифицированной глинистой композиции полем СВЧ наблюдаются изменения технологических параметров водных шликеров (меняется структура глиняных золь, приращение и текучесть суспензий), повышается прочность обожженных образцов [10].

Анализ имеющихся теоретических и экспериментальных данных показал перспективность дальнейших исследований в области модификации глинистых композиций производными оксида алюминия и его комбинаций с соединениями, входящими в состав высококачественных глин и керамических масс, изучения влияния на них электромагнитных полей. При этом важно было исследовать возможность интенсификации процесса фазообразования при облучении композиций полем СВЧ.

В рамках проектной части государственного заказа № 7.1955.2014/К в сфере научной деятельности по теме: «Разработка научно-технологических основ малотоннажной строительной химии как отрасли строительной индустрии России (эффективной отрасли национальной экономики России)» проведена работа по подбору состава композиции для строительной керамики на основе отходов производства и местных суглинков с целью повышения прочности керамического камня.

Для первоначальных исследований выбрана местная гидрослюдисто-монтмориллонитовая глина Калининского месторождения. В качестве компонента, содержащего оксид алюминия, использовали гальванический шлам фирмы «Росла» (г. Набережные Челны). Состав компонентов указан в табл. 1.

В качестве кальцийсодержащих компонентов использовали мел по ГОСТ 1285–88 состава, %: CaCO_3 и MgCO_3 – 98,2–98,4; R_2O_3 – 0,001; Fe_2O_3 – 0,15. Также использовали кек – отход содового производства состава %:

Таблица 1

Компоненты	Химический состав, мас. %								
	SiO_2	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	SO_3	ППП
Калининская глина	65,1–71,2	12,55–13,12	5,88–7,02	1,55–2,02	1,09–2,12	0,45–0,65	1,88–2,15	0,12–0,25	2,15–3,5
Хлыстовская Глина	62,4–70,9	11,42–12,87	4,54–5,63	1,15–2,29	1,54–2,41	1,28–1,54	1,55–2,25	0,1–0,14	2,2–3,8
Гальванический шлам	0,61	55,48	0,13	1,52	1,06	1,9	<0,01	9,47	29,7

Таблица 2

Образец	Содержание обнаруженных фаз, об. %				Размер кристаллита ОКР, нм
	SiO ₂	Al ₂ SiO ₅	γ-Fe ₂ O ₃	(Na _{0,7} K _{0,3})(Al _{1,02} Si _{2,98} O ₈)	
1	55,99	8,69	3,5	31,83	127 >200 >200 26,8
2	48,99	12,23	3,41	35,38	139 29,6 (СВЧ) >200 34
3	50,3	18,65	3,42	27,9	>200 29,8 (СВЧ) >200 28,7
4	45,03	27.15	3,4	24,41	>200 89 >200 30,7

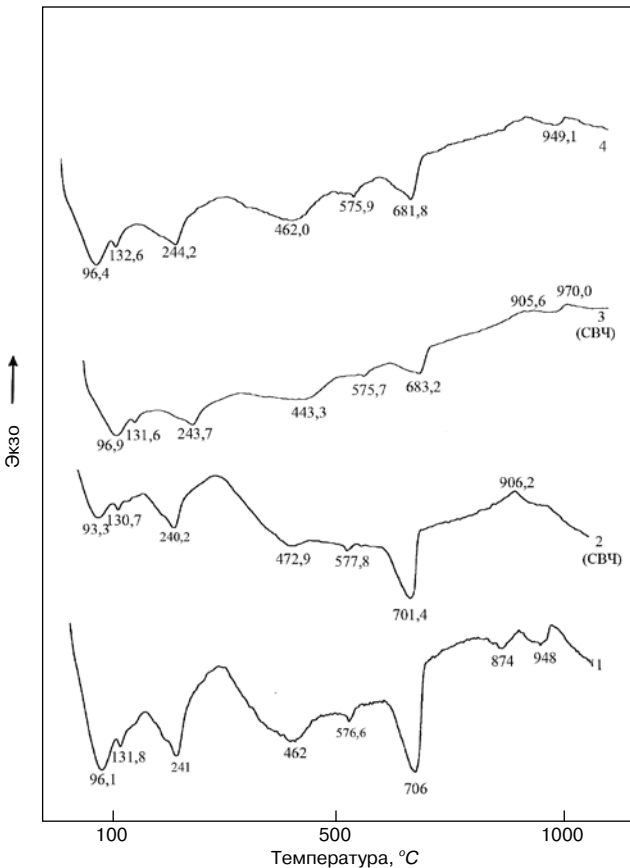


Рис. 4. Термограммы ДТА глиняных композиций, не обработанных (1, 4) и обработанных полем СВЧ (2, 3), с композиционной добавкой: 1, 2 – мел / ГЛШ = 1, 3, 4 – кека / ГЛШ = 1

CaO – 43–45,1; CaCO₃ – 40,8–54,6; Ca(OH)₂ – 7,7–10,4; Mg(OH)₂, CaSO₄ – 10,9–13,2; SiO₂ – 1,3–2,2; R₂O₃ – 2,1–4.

Облучение полем СВЧ проводили в микроволновой печи при выходной мощности излучения установки 800 Вт на рабочей частоте 2,45 ГГц. Работу сопровождает интенсивное магнитное поле, создаваемое током промышленной частоты 50 Гц, протекающим в системе электропитания печи.

Сырьевые композиции готовили из предварительно подготовленных компонентов шихты, размолотых и

просеянных через сито с диаметром отверстий 1 мм. Композиции усредняли в шаровой мельнице в течение 0,5 ч. Полученную смесь делили пополам. Одну половину обрабатывали полем СВЧ в течение 3 мин. Полученные композиции увлажняли одинаковым количеством дистиллированной воды до пластичного теста и формовали образцы размером 30×30×30 мм, которые сушили до постоянной массы и обжигали при температуре 1000°C.

Состав композиции для сравнительных испытаний выбирали из ранее отработанных для каждой добавки составов, брали состав, показавший наибольшую прочность образцов после обжига.

Результаты испытания приведены на рис. 1. Очевидно, что для всех составов наблюдается общая тенденция повышения прочности образцов, полученных из масс, обработанных полем СВЧ. Состав добавки в шихте материала оказывает влияние на прочность материала.

Для уточнения действия поля СВЧ на композицию из калининской глины были выбраны составы с добавкой гальванического шлама, мела, кека, показавшие наибольшие различия в прочности образцов, обработанных и не обработанных полем СВЧ. На рис. 2 и 3 показано, как влияет соотношение компонентов смеси на активность массы после облучения полем СВЧ. На рис. 2 видно, что при соотношении компонентов гальванического шлама и мела 1:1 достигаются наибольшие различия в прочности образцов из массы, обработанной и не обработанной полем СВЧ. Для масс с добавкой кека, в состав которой кроме карбоната кальция и магния, как у мела, входят другие соединения кальция, наблюдается другая зависимость. Для всех масс, прошедших обработку полем СВЧ, прочность обожженных образцов равномерно превышает прочность образцов, не обработанных полем СВЧ. Только для составов с соотношением компонентов добавки более 1,5 различия в прочности увеличиваются. Наибольшая прочность образцов была получена при соотношении кека/ГЛШ=1. На такой результат может влиять сложный, многокомпонентный состав кека.

Составы, показавшие максимальные значения и различия прочности образцов (рис. 2 – образцы 1 и 2 с отношением мел/ГЛШ=1; рис. 3 – образцы 3 и 4 с отношением кека/ГЛШ=1), полученных из масс, обработанных и не обработанных полем СВЧ, были исследованы термическим и рентгенофазовым анализами.

Были получены термограммы для сырьевых композиций (рис. 4), а для обожженных при 1000°C образцов – дифрактограммы. Изменения в количестве и размере основных фаз для составов выбранных образцов приведены в табл. 2.

Анализ характера термограмм показывает, что обработка сырьевых композиций полем СВЧ не приводит к их существенным изменениям. У составов масс с добавками мела и кека, обработанных полем СВЧ, для которых получены максимальные значения прочности, в диапазоне температуры 870–920°C наблюдаются экзотермические процессы; у состава с комплексной добавкой кека также и при 970°C. Для составов с кеком можно отметить большое количество эндотермических пиков, которые отражают многостадийный процесс дегидратации массы, вероятно, связанный со сложным составом кека.

Рентгенофазовый анализ обожженных образцов не показал существенного отличия фазового состава образцов с комплексными добавками, представленного в табл. 2. Основное отличие отмечено в количестве и размере кристаллитов фазы силлиманита Al₂SiO₅. Для состава с комплексной добавкой гальванический шлам–мел (образец 1, 2, табл. 2) обработка сырьевой массы

полем СВЧ приводит после обжига к увеличению объема и резкому снижению размера кристаллита Al_2SiO_5 с более чем 200 до 29,6 нм. Для этих образцов отмечена наибольшая прочность (рис. 2).

Для состава с комплексной добавкой кека при соотношении компонентов кек/ГЛШ=1 и для массы, обработанной полем СВЧ, отмечен наименьший размер кристаллита 29,8 нм и наибольшая прочность обожженного образца этого состава (рис. 3). Для данного состава с добавкой кека, обработанного и не обработанного полем СВЧ, не наблюдается значительного различия объема и размера кристаллита Al_2SiO_5 . Для этих составов прочность обожженных образцов также незначительно отличается (рис. 3), хотя для массы с наибольшей прочностью (рис. 4, кривая 3) наблюдается экзотермический эффект.

Для уточнения выявленных закономерностей влияния обработки полем СВЧ глинистой композиции шихты составы были опробованы на глине Хлыстовского месторождения Татарстана, химический состав которой представлен в табл. 1. Результаты показаны на рис. 5. Видна общая тенденция увеличения прочности после обжига образцов, приготовленных из масс, обработанных полем СВЧ.

На данной стадии исследования можно сделать вывод, что обработка глиняных композиций полем СВЧ позволяет увеличить прочность образцов после обжига. Подбор шихты на основе легкоплавкого суглинка и модифицирующей добавки, включающей производные оксида алюминия, кальция и магния, и обработка массы полем СВЧ позволяют значительно увеличить прочность изделия после обжига. Исследования в этом на-

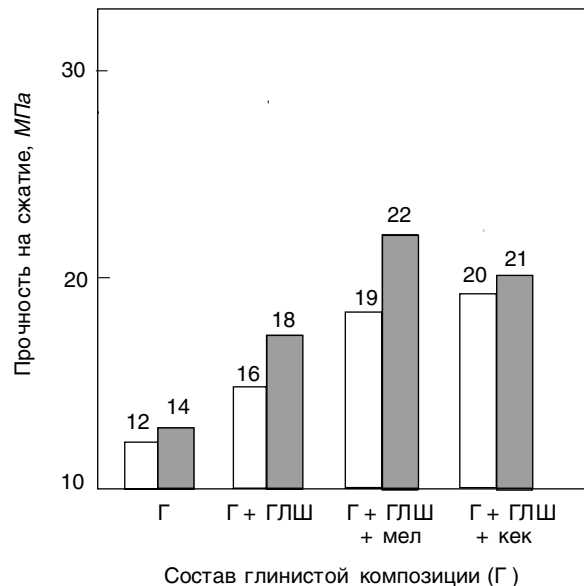


Рис. 5. Прочность при сжатии обожженных при 1000 °С образцов из хлыстовской глины с 20% композиционной добавкой при соотношении мел/ГЛШ=1; кек/ГЛШ=1: □ – без обработки СВЧ; ■ – с обработкой СВЧ

правлении позволят понять механизм формирования керамических масс и разработать энергетически рациональную технологию получения керамических материалов с повышенными эксплуатационными характеристиками.

Список литературы

1. Филиппов В.А., Филиппов Б.В. Перспективные технологии обработки материалов сверхвысококачественными электромагнитными колебаниями // *Вестник ЧГПУ им. И.Я. Яковлева*. 2012. № 4 (76). С. 181–184.
2. Пушкарёв О.И., Шумячер В.М., Мальгинова Г.М. Микроволновая обработка порошков тугоплавких соединений электромагнитным полем СВЧ // *Огнеупоры и техническая керамика*. 2005. № 1. С. 7–9.
3. Park S.S., Meek T.T. Characterization of $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ composites sintered in a 2,45 GHz electromagnetic field. *J. of materials Science*. 1991. V. 26, pp. 6309–6313.
4. Патент РФ 2312733. Способ СВЧ-термообработки керамических литейных форм. Тюрин Н.А., Заморенов А.Т., Семенов В.Е., Деев В.В. Оpubл. Б.И. № 35. 20.12.2007 г.
5. Морозов О., Каргин А., Савенко Г., Требух В., Воробьев И. Промышленное применение СВЧ-нагрева // *Электроника: Наука, Технология, Бизнес*. 2010. № 3. С. 2–6.
6. Волков В.В., Барабаш Д.Е., Лазукин В.В. Перспективы использования СВЧ-излучений при укладке полимермодифицированных асфальтобетонных смесей // *Строительные материалы*. 2009. № 11. С. 55–57.
7. Патент РФ 2440295. Процесс для синтеза частиц глины. Пател Махеш Дахьябхаи. Оpubл. Б.И. № 2. 20.01.2012 г.
8. Прохина А.В., Шаповалов Н.А., Латыпова М.М. Модификация поверхности глинистых минералов с высоким содержанием монтмориллонита в электромагнитном поле высокой частоты // *Современные наукоемкие технологии*. 2011. № 1. С. 135–136.
9. Знаменский Л.Г., Варламов А.С. Низкотемпературный синтез муллита в керамике по золь-гель процессу при электроимпульсном воздействии на коллоиды // *Огнеупоры и техническая керамика*. 2014. № 4–5. С. 2–5.
10. Женжурист И.А. Перспективные направления наномодифицирования в строительной керамике // *Строительные материалы*. 2014. № 4. С. 36–39.

References

1. Filippov V.A., Filippov B. V. Perspective technologies of processing of materials superhigh-frequency electromagnetic oscillations. *Vestnik ChGPU im. I.Ja. Yakovleva*. 2012. No. 4 (76), pp. 181–184. (In Russian).
2. Pushkarev O.I., Shumyacher V.M., Malginova G.M. Microwave processing of powders of refractory connections by electromagnetic field microwave oven. *Ogneupory i tehničeskaja keramika*. 2005. No. 1, pp. 7–9. (In Russian).
3. Park S.S., Meek T.T. Characterization of $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ composites sintered in a 2,45 GHz electromagnetic field. *J. of materials Science*. 1991. V. 26, pp. 6309–6313.
4. Patent 2312733 RF. Sposob SVCh-termoobrabotki keramicheskikh litejnyh form [Way of microwave heat treatment of ceramic casting molds]. Tyurin N.A., Zamorenov A.T., Semenov V.E., Deyev V.V. Published Bulletin No. 35. 20.12.2007.
5. Frosts O., Kargin A., Savenko G., Trebukh V., Vorobey And. Industrial application of microwave heating. *JELEKTRONIKA: Nauka, Tehnologija, Biznes*. 2010. No. 3, pp. 2–6. (In Russian).
6. Wolves V.V., Barabash D.E., Lazukin V. V. Prospects of use of microwave radiations when laying the polymermodifitsirovannykh of asphalt concrete mixes. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials] 2009. No. 11, pp. 55–57. (In Russian).
7. Patent 2440295 RF. Process dlja sinteza chastic gliny [Process for synthesis of particles of clay.] Patel Mahesh Dakhyabkhai. Published Bulletin No. 2. 20.01.2012. (In Russian).
8. Prochina A.V., Shapovalov N.A., Latypova M.M. Modification of a surface of clay minerals with the high content of montmorillonite in an electromagnetic field of high frequency. *Sovremennye naukoemkie tehnologii*. 2011. No. 1, pp. 135–136. (In Russian).
9. Znamensky L.G., Varlamov A.S. Low-temperature synthesis of mullite in ceramics on zol-gel to process at electropulse impact on colloids. *Ogneupory i tehničeskaja keramika*. 2014. No. 4–5, pp. 2–5. (In Russian).
10. Zhenzhurist I.A. The perspective directions of nanomodifying in construction ceramics. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 4, pp. 36–39. (In Russian).

СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО
СКБ СТРОЙПРИБОР
ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ



тел/факс в Челябинске:
 (351) 790-16-13, 790-16-85, 796-64-14
 в Москве: (495) 964-95-63, 220-38-58
 e-mail: stroypribor@chel.surnet.ru
 www.stroypribor.ru

ИЗМЕРИТЕЛИ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА, КИРПИЧА

ИПС-МГ4.01 / ИПС-МГ4.03
 ударно-импульсный

автоматическая обработка измерений



диапазон 3...100 МПа

УКС-МГ4 / УКС-МГ4 С
 ультразвуковой

поверхностное и сквозное прозвучивание



частота 60...70 кГц
 диапазон 10...2000 мкс

ПОС-50МГ4 / ПОС-50МГ4 Д /
ПОС-50МГ4 "Скол"

отрыв со скалыванием и скалывание ребра



предельное усилие 60 кН
 диапазон 5...100 МПа

ПОС-2МГ4 П

испытание прочности ячеистых бетонов



предельное усилие вырыва 2,5 кН

ПЛОТНОМЕРЫ ГРУНТОВ ДИНАМИЧЕСКИЕ

ПДУ-МГ4 "Удар"

и ПДУ-МГ4 "Импульс"

определение динамического модуля упругости грунтов и оснований дорог методом штампа,

диапазон: 5...370 МН/м² ("Удар")
 5...300 МН/м² ("Импульс")



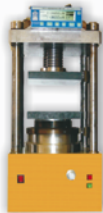
Прессы испытательные малогабаритные

ПГМ-100МГ4 / ПГМ-500МГ4 / ПГМ-1000МГ4

с гидравлическим приводом для испытания бетона, асфальтобетона, кирпича

■ предельная нагрузка 100 / 500 / 1000 кН

■ масса 70 / 120 / 180 кг



ПМ-1МГ4 / ПМ-2МГ4 / ПМ-3МГ4 / ПМ-5МГ4 / ПМ-10МГ4

с ручным / электрическим приводом для испытания утеплителей на изгиб и сжатие при 10% линейной деформации

■ предельная нагрузка 1 / 2 / 3 / 5 / 10 кН

■ масса 20 / 25 кг

ПСО-10МГ4 КЛ

испытание прочности сцепления в каменной кладке



предельное усилие отрыва 15 кН

АДГЕЗИМЕТРЫ

ПСО-МГ4

испытание прочности сцепления покрытия с основанием



предельная нагрузка 1 / 2,5 / 5 / 10 кН

ИЗМЕРИТЕЛИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

ИТП-МГ4 "100" / "250" / "Зонд"

стационарный и зондовый режимы



диапазон 0,02...1,5 Вт/м·К

АНЕМОМЕТРЫ, ГИГРОМЕТРЫ

ИСП-МГ4 / ИСП-МГ4.01
 анемометр-термометр

диапазон 0,1...20 (1...30) м/с
 -30...+100 °С



ТГЦ-МГ4 / ТГЦ-МГ4.01
 термогигрометр

диапазон 0...99,9 % / -30...+85 °С



ИЗМЕРИТЕЛИ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ

ИТП-МГ4.03 "Поток"

3...5, 10 и 100-канальные регистраторы



диапазон 10...999 Вт/м²
 -40...+70 °С

ИЗМЕРИТЕЛИ ВЛАЖНОСТИ

ВЛАГОМЕР-МГ4

для измерения влажности бетона, сыпучих, древесины
 диапазон 1...45 %



ИЗМЕРИТЕЛИ ТОЛЩИНЫ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА

ИПА-МГ4

диаметр контролируемой арматуры 3...40 мм
 диапазон измерения защитного слоя 3...140 мм



ТЕРМОМЕТРЫ

ТМР-МГ4 / ТЦЗ-МГ4 / ТЦЗ-МГ4.01

модульные регистрирующие для зимнего бетонирования и пропарочных камер (до 20 модулей в комплекте)
 зондовые / контактные
 1...2-канальные
 диапазон -40...+100 / 250 °С



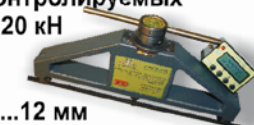
ИЗМЕРИТЕЛИ СИЛЫ НАТЯЖЕНИЯ АРМАТУРЫ

ДО-40 / 60 / 80МГ4

метод поперечной оттяжки

диапазон контролируемых усилий 2...120 кН

диаметр арматуры 3...12 мм



ИЗМЕРИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЙ В АРМАТУРЕ

ЭИН-МГ4

частотный метод

диаметр арматуры 3...32 мм

диапазон 100...1800 МПа



ПРОИЗВОДИМ: ИЗМЕРИТЕЛИ ВИБРАЦИИ, МОРОЗОСТОЙКОСТИ, ТОЛЩИНОМЕРЫ, ГИДРОСТАТИЧЕСКИЕ ВЕСЫ И ДР.

Реклама