

4. Горбачев В. В., Санков В. Е. Особенности рентгеноспектрального анализа стекольной шихты // Исследования по разработке технологии активации сырья и шихты с целью интенсификации стекловарения: сб. науч. тр. – М.: ГИС, 1987. – С. 3–6.
5. Rikken F. Focus on mixer performance and glass batch quality // Glass International. — 2004. — № 5. — P. 76–77.

ВЛИЯНИЕ УГЛЕПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ НА ФОРМОВОЧНЫЕ, СУШИЛЬНЫЕ И ОБЖИГОВЫЕ СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКОЙ МАССЫ

***А. Г. Ткачев, Е. А. Яценко, В. А. Смолий (vikk-toria@yandex.ru),
А. С. Косарев, Е. Б. Дзюба, Южно-Российский государственный
технический университет (Новочеркасский политехнический
институт), Ростовская обл., г. Новочеркасск***

Ключевые слова: отходы угольного производства, шахтные породы, утилизация, строительные материалы, керамическая масса, усадка, водопоглощение, плотность, пористость, прочность

Key words: waste of coal manufacture, mine breeds, recycling, building materials, ceramic weight, shrinkage, water absorption, density, porosity, durability

Отходы угольного производства – остатки деятельности шахт и обогатительных фабрик, попадая в окружающую среду, оказывают негативное влияние на природный ландшафт и здоровье человека. Утилизация углепромышленных отходов ведется крайне медленными темпами, как минимум, на порядок отстающими от темпов их накопления [1, 2]. В ближайшей перспективе доля углеродсодержащих отходов добычи и переработки угля будет неуклонно расти, поскольку энергетическая стратегия России до 2030 г. предполагает значительное увеличение доли угля в топливном балансе страны. По данным Госкомэкологии РФ, на территории Ростовской области ежегодно образуется 7–8 млн. т промышленных отходов, основная часть которых принадлежит предприятиям угледобывающей промышленности Восточного Донбасса. К твердым отходам добычи, обогащения и использования угля относятся свежедобываемые и перегоревшие шахтные породы, а также отходы углеобогатительных фабрик и тепловых электростанций – золошлаки.

Между тем особенности вещественного состава и технологических свойств углепромышленных отходов позволяют рассматривать их как вторичное минеральное сырье, которое может быть успешно использовано для производства строительных материалов в промышленных масштабах [3, 4]. Практика работы многих кирпичных заводов показала, что шахтные породы – отходы угледобычи и углеобогащения – в большинстве случаев могут найти применение в качестве добавок в шихту для изготовления кирпича. Влияние таких добавок на технологические и эксплуатационные свойства готового продукта проявляется по-разному. Если отход не содержит заметного количества углеродсодержащих веществ, то в керамической массе он выполняет роль отошающего компонента, улучшающего сушильные свойства массы. Что касается прочности обожженных образцов, изготовленных с использованием отходов, то изменение данной характеристики предсказать сложно. Это относится и к формовочным свойствам керамической массы [5–9]. Методики расчета численного влияния пород-отходов на технологические свойства и показатели качества готового продукта неизвестны, в связи с чем выявлять это влияние приходится экспериментальным путем. Однако на практике установлено, что в том случае, если глинистое сырье и отход совместно удовлетворяют предъявляемым требованиям, то применять отход наиболее целесообразно при пластическом способе производства кирпича.

Для экспериментального изучения влияния добавок различных отходов углеобогащения на формовочные, сушильные и обжиговые свойства керамической массы в качестве исходного сырья использовали глину Ильичевского месторождения (Ростовская обл.) и ее смеси с разными количествами отходов углеобогащения. Опыт работы Ильичевского кирпичного завода (Ростовская обл., г. Новошахтинск, пос. Ильичевка) свидетельствует о том, что такое сырье вполне пригодно для получения продукции, удовлетворяющей требованиям

ГОСТ 530-2007 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия». Химический состав глины (в мас. %): SiO₂ 58,55, Al₂O₃ + TiO₂ 5,79, Fe₂O₃ + FeO 5,79, CaO 8,77, MgO 2,72, SO₃ 0,35, Na₂O + K₂O 0,45, п.п.п. 9,21. Керамико-технологические свойства глины: оптимальная температура обжига 950 °С, формовочная способность удовлетворительная, формовочная влажность 15,3–16,8%, общая усадка 7,0–8,4%, коэффициент чувствительности к сушке 2,2, водопоглощение 15%, морозостойкость 15 циклов.

В качестве отходов были отобраны четыре вида шахтных пород из района добычи и обогащения угля в окрестностях г. Шахты и пос. Аюта (Ростовская обл.). Два из них (№ 1 и 4) представляли собой негорелую породу, а два других (№ 2 и 3) – горелую. Средний химический состав отобранных проб приведен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав отходов

Номер отхода	Содержание компонентов, мас. %											Σ
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	п.п.п.	
1	49,43	15,71	4,81	1,63	1,69	0,43	0,82	3,45	1,16	0,08	19,59	98,80
2	60,63	18,83	6,01	1,60	1,93	0,20	0,93	3,72	1,58	0,09	2,96	98,48
3	54,93	20,67	5,76	0,57	1,72	0,41	0,89	4,45	0,81	0,04	8,60	98,85
4	54,12	16,43	5,12	1,61	1,86	0,18	0,73	2,97	1,63	0,10	13,86	98,61

Подготовка сырьевых материалов (как глины, так и отходов) заключалась в отборе проб, высушивании их до воздушно-сухого состояния, измельчении и просеивании через сито с ячейками размером 1 мм. Из подготовленных порошков готовили смеси – шихты, в состав которых вводили 10, 20 и 30% отходов каждого вида; контрольным был состав из глины без добавок. Затем смеси затворяли водой до нормальной рабочей консистенции по общепринятой методике [9] и использовали для выявления влияния отходов на свойства массы и обожженного черепка. Важнейшие, определяющие качество производимого кирпича свойства керамической массы, на которые может повлиять введение отхода, – это пластичность, воздушная, огневая и полная усадка, водопоглощение, плотность, открытая пористость и прочность при сжатии.

Число пластичности шихт определяли по ГОСТ 5499-59 (табл. 2). Установлено, что при введении в керамическую массу до 30% отходов всех видов пластичность уменьшается по сравнению с пластичностью глины без добавок незначительно и остается в пределах нормы для формования кирпича пластическим способом.

Таблица 2

Результаты определения числа пластичности

Номер отхода	Количество отхода в шихте, мас. %	Масса навески на границе текучести, г		Масса навески на границе раскатывания, г		Число пластичности
		до сушки	после сушки	до сушки	после сушки	
–	0	10	8	10	11,1	14
1	10	10	8,2	10	9,1	12
1	20	10	8,3	10	9,3	12
1	30	10	8,5	10	9,3	10
2	10	10	8,2	10	9,3	14
2	20	10	8,3	10	9,4	14
2	30	10	8,7	10	9,6	11
3	10	10	8,3	10	9,7	8
3	20	10	8,5	10	9,5	10
3	30	10	8,6	10	9,5	13
4	10	10	8,4	10	9,1	10
4	20	10	8,4	10	9,3	12
4	30	10	8,7	10	9,5	10

Воздушную, огневую и полную усадку устанавливали по методике [9]. Как и предполагалось, воздушная усадка по мере увеличения содержания отходов в массе уменьшается, но незначительно. Это относится и к другим видам усадки – огневой и полной. Таким образом, введение отходов во всем исследованном диапазоне содержания оказывает благоприятное влияние на данные характеристики керамической массы.

Водопоглощение, плотность и открытую пористость определяли по ГОСТ 7025-91 «Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости», а прочность при сжатии – по ГОСТ 8462-85 «Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе». Результаты испытаний образцов, обожженных при температуре 950 и 1000 °С, представлены на рис. 1–8 (■ – отход № 1; ■ – отход № 2; ■ – отход № 3; ■ – отход № 4).

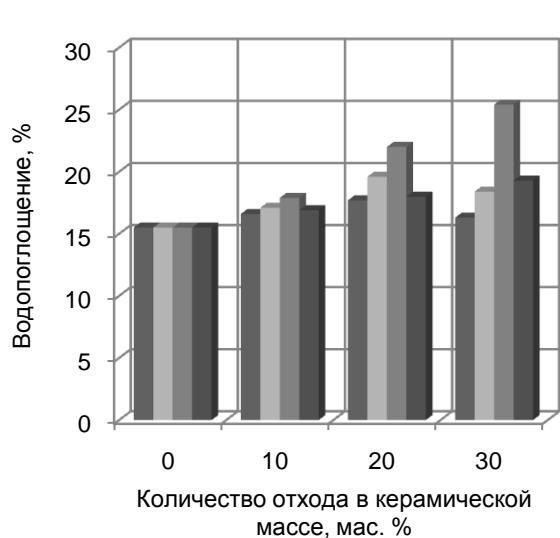


Рис. 1. Водопоглощение кирпича, обожженного при 950 °С

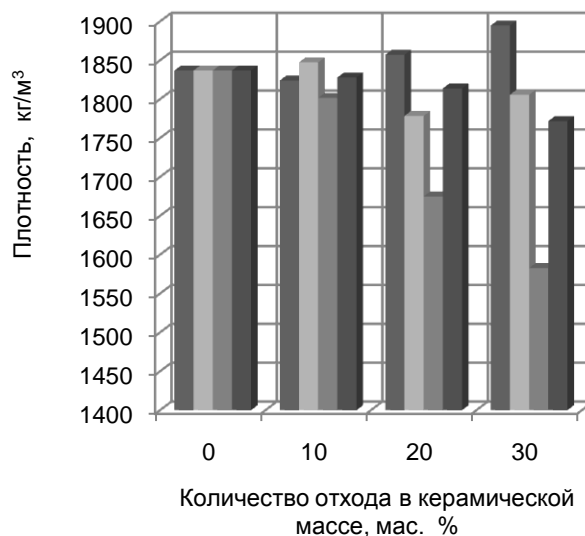


Рис. 2. Плотность кирпича, обожженного при 950 °С

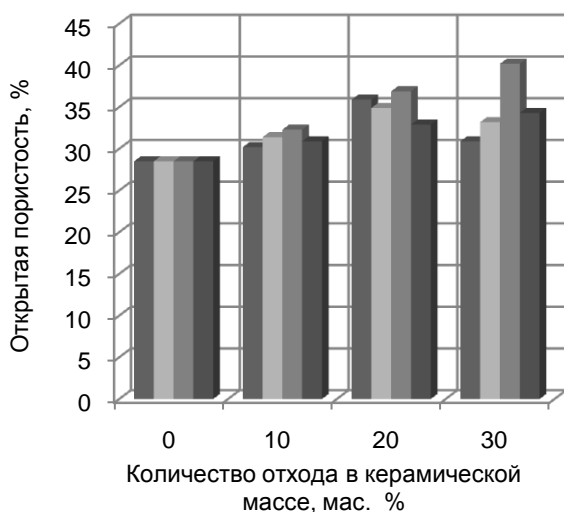


Рис. 3. Открытая пористость кирпича, обожженного при 950 °С

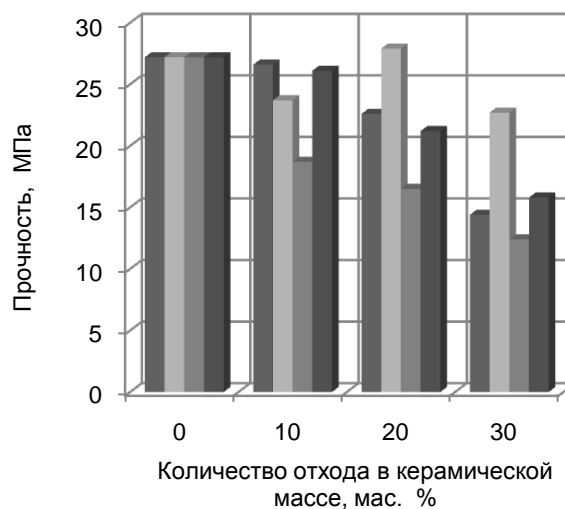


Рис. 4. Прочность кирпича, обожженного при 950 °С

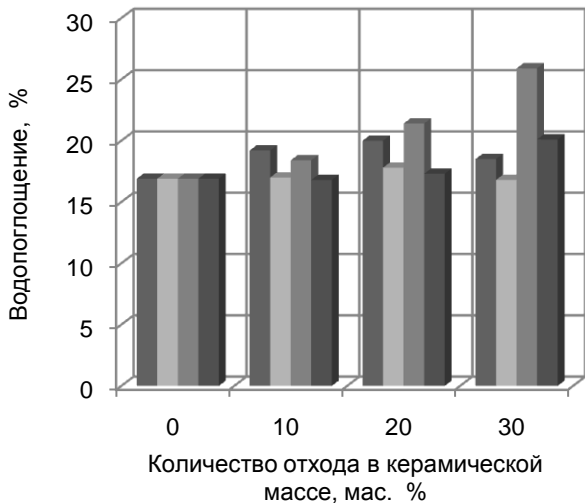


Рис. 5. Водопоглощение кирпича, обожженного при 1000 °С

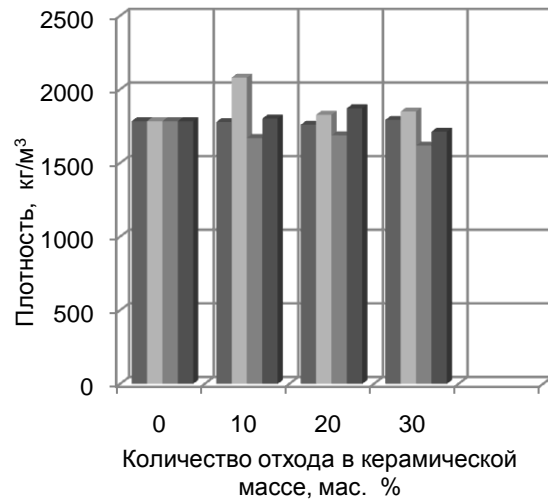


Рис. 6. Плотность кирпича, обожженного при 1000 °С

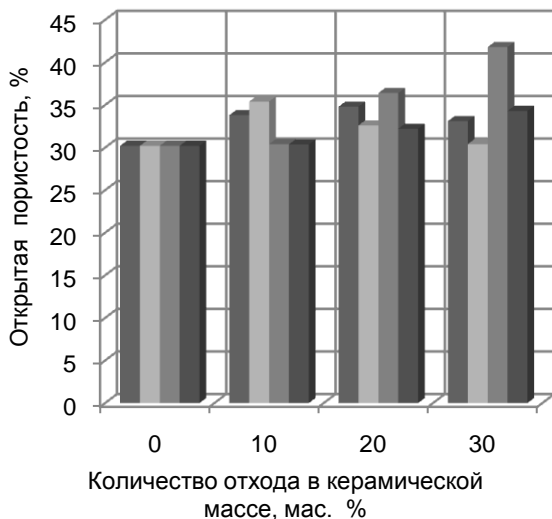


Рис. 7. Открытая пористость кирпича, обожженного при 1000 °С

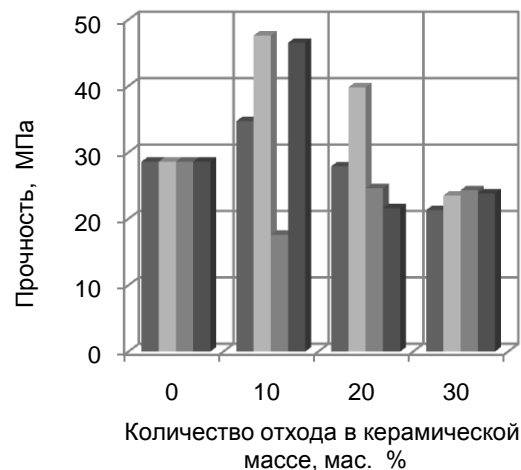


Рис. 8. Прочность кирпича, обожженного при 1000 °С

Выявлено, что по плотности и открытой пористости все образцы полностью удовлетворяют предъявляемым требованиям. Что касается водопоглощения, то по этому параметру исследованные массы пригодны для производства только рядовых изделий, поскольку водопоглощение лицевых изделий не должно превышать 14% (ГОСТ 530-2007). Вместе с тем при более тщательной подготовке керамической массы вполне возможно получение и лицевого кирпича. Результаты определения прочности при сжатии показывают, что все массы обеспечивают получение кирпича марки 100 и более. Однако в целом прослеживается тенденция к снижению прочности по мере увеличения содержания отходов. На основании полученных экспериментальных данных можно однозначно утверждать, что введение любого из отобранных отходов в количестве до 20% позволяет получить керамический кирпич достаточной прочности. Использование отхода № 2 с обжигом массы при температуре 1000 °С дает возможность достичь максимальной прочности, поэтому его применение наиболее предпочтительно.

Работа выполнена в рамках реализации Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» Министерства образования и науки РФ (государственный контракт № 14.516.11.0052).

ЛИТЕРАТУРА

1. Шпирт М. Я., Рубан В. А., Иткин Ю. В. Рациональное использование отходов добычи и обогащения углей. – М.: Недра, 1990. – 224 с.
2. Элинзон М. П., Васильков С. Г. Топливосодержащие отходы промышленности в производстве строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1980. – 223 с.
3. Мадоян А. А., Ефимов Н. Н. Природоохранные технологии на ТЭС: учеб. пособие. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2009. – 228 с.
4. Минерально-сырьевая база углей Восточного Донбасса / В. А. Бранчугов, А. И. Жигуленкова, Б. И. Журбицкий [и др.]. – Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2003. – 264 с.
5. Юсипов Н. Х. Особенности сырьевых смесей с включением углеотходов // Цемент. – 1989. – № 12. – С. 8–9.
6. Рассказов В. Ф., Ашмарин Г. Д., Ливада А. Н. Производство строительных материалов с использованием техногенных отходов // Стекло и керамика. – 2009. – № 1. – С. 5–9.
7. Щадов В. М. Переработка углей в России в 21 веке // Уголь. – 2007. – № 8. – С. 28–31.
8. Столбушкин А. Ю., Стороженко Г. И. Отходы углеобогащения как сырьевая и энергетическая база заводов керамических стеновых материалов // Строительные материалы. – 2011. – № 4. – С. 43–46.
9. Лукин Е. С., Андрианов Н. Г. Технический контроль производства керамики. – М.: Стройиздат, 1975. – 271 с.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГИДРАТАЦИИ И ТВЕРДЕНИЯ ШЛАКОЩЕЛОЧНЫХ ВЯЖУЩИХ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОТЕРМОФОСФОРНЫХ ШЛАКОВ

Б. К. Сарсенбаев (stroitelstvo_ukgu@mail.ru), Н. Б. Сарсенбаев (nurali_777@mail.ru), Т. С. Аубакирова, К. Ш. Абдираманова, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова; С. Д. Карымсахов (ksattar@yandex.ru), ТОО «Умит-СД», г. Шымкент, Республика Казахстан

Ключевые слова: гидратация, твердение, шлакощелочные вяжущие, аморфит, кристаллит
Key words: hydration, hardening, slagalkaline binders, amorfite, crystallite

Механизму гидратации и твердения шлако- и стеклосодержащих вяжущих посвящено немало научно-исследовательских работ.

По утверждению М. М. Сычева [1], гидратация и твердение безобжиговых шлаковых вяжущих происходят путем образования кремниевой кислоты, в дальнейшем взаимодействующей с гидроксидом кальция. В результате этого физико-химического процесса образуются гидросиликаты кальция гелеобразной, субкристаллической и кристаллической форм. По мере накопления данные новообразования связывают между собой частицы твердеющей системы, которая, уплотняясь со временем, приобретает плотность и прочность.

В работах [2, 3] твердение известковошлаковых вяжущих рассматривается как результат кристаллизации и рекристаллизации гидратных фаз, формирующихся в системе в процессе гидратации ее шлаковых составляющих.

Как полагают З. А. Естемесов и др. [4], в твердеющей шлаковой системе происходят реакции замещения, присоединения и комплексообразования. Существенное влияние на гидратацию и твердение вяжущих при этом оказывают донорно-акцепторное взаимодействие реагирующих частиц, а также природа шлака и активизирующих компонентов. Считается, что при гидратации и твердении безобжиговых вяжущих образование гидратных фаз может происходить как через раствор, так и через твердофазную реакцию (топохимически).

Наиболее близок к нашим представлениям механизм гидратации и твердения шлакощелочных вяжущих, разработанный В. Д. Глуховским и его сотрудниками, поэтому далее рассматривается его видение этого механизма [5].