

5. G.M. Diamant, A.E. Saprykin and Yu. Yu. Sidorin. The effect of high hydrostatic pressure on silver azide electrical conductivity // *Reactivity of Solids*, 7 (1989) 375-381.
6. Кригер В.Г., Каленский А.В., Звеков А.А. Релаксация электронно-возбужденных продуктов твердофазной реакции в кристаллической решетке. // *Химическая физика*. 2012. Т. 31. № 1. С. 18.
7. Пекар С.И. Исследования по электронной теории кристаллов. - М.: Гостехиздат, 1951.- 256с.
8. Пол В., Варшауэр Д. Твердые тела под высоким давлением. - М.: Мир, 1966. - 524с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ШЛАКА В СОСТАВЕ
ДИСПЕРСНЫХ МАСС «СУГЛИНОК-ШЛАК» НА СВОЙСТВА ОБЖИГОВЫХ
КЕРАМИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ**

*Д.С. Горлов, студент гр. 17Г10, В.Ф. Торосян, к.пед.н., доцент
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета,
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: torosjaneno@mail.ru*

В связи со сложившейся тенденцией перехода промышленности на качественно новый уровень ресурсо- и энергосбережения существует необходимость в более детальном изучении суглинков и подборе оптимальных добавочных компонентов производства керамических изделий. В большинстве случаев суглинка характеризуются высокой чувствительностью к сушке, низкой прочностью на сжатие и на изгиб в обожженном состоянии, невысокой морозостойкостью. Все эти недостатки делают невозможным их применение без корректирующих добавок. При этом отмечается, что достаточно трудно подобрать такой добавочный компонент, который позволил бы устранить комплекс вышеперечисленных технологических проблем. Вследствие этого возникает необходимость корректировки шихтовых составов путём введения нескольких добавочных компонентов или минерализаторов в керамические массы, что приводит к удорожанию готовой продукции и увеличению материалоёмкости производства. Кроме того, при увеличении числа компонентов, слагающих керамическую массу, возникают дополнительные сложности, которые в итоге могут негативно сказаться на качестве обожженных изделий.

Наиболее важными свойствами глин являются пластичность, воздушная усадка (дообжиговые свойства), огнеупорность, спекание и огневая усадка (обжиговые свойства). Пластичность глин – способность глиняного теста изменять форму без разрыва и нарушения сплошности под действием внешних усилий и сохранять приданную форму после прекращения их действия. Пластичными свойствами каждая глина обладает в определенном диапазоне влажности. Пластичность зависит от вида и количества глинообразующих минералов в глине. Наибольшей пластичностью обладают монтмориллонитовые глины. Повышение дисперсности глин увеличивает их пластичность, а запесоченность, наоборот, снижает ее. Пластичность глин может быть повышена добавлениями пластичных добавок или отмучиванием песчаных частиц. Снижают пластичность введением непластичных добавок. Воздушная усадка – уменьшение объема образца при его сушке. При затворении глин водой происходит набухание, т.е. увеличение объема. Удаление из глин воды сопровождается воздушной усадкой в результате действия капиллярных сил. Величина относительной воздушной усадки может быть 2...10 % и более. Наибольшей усадкой обладают монтмориллонитовые глины, наименьшей – каолинитовые. Огнеупорность – способность глин, не расплавляясь, выдерживать действие высоких температур. По огнеупорности глины делят на три класса: огнеупорные – с огнеупорностью выше 1580 °С, тугоплавкие – 1580...1350, легкоплавкие – ниже 1350 °С. Способность глин при обжиге уплотняться с образованием камнепродобного материала называется спекаемостью. В процессе спекания масса уплотняется, вследствие чего происходит огневая усадка, которая у глин колеблется от 2 до 8 %.

Целью данной работы является исследование влияния сталеплавильных шлаков в составе грубозернистых масс «суглинок-шлак» на свойства обжиговых керамических образцов, полученных методом пластического формования, оценка возможности устранения негативных факторов низкосортного глинистого сырья.

При проведении исследований применялись два вида глин и электроплавильный мелкозернистый шлак металлургического производства завода ЮрМаш.

На металлургическом производстве завода ЮрМаш выплавка стали осуществляется в электропечах. При этом производится около 3000т/год шлаков. Для оценки возможности использования

электроплавильных шлаков в строительных материалах необходимо знать их химический состав. В табл.1 представлена характеристика шлака, а также приведены расчетные значения модуля основности шлака (M_o), модуля активности шлака (M_a) и его гидравлическая активность (K).

Таблица 1

Химический состав электроплавильного шлака, %(мас.)														
Оксиды эле-ментов	CaO	SiO ₂	MgO	MnO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	SO ₃	Sc ₂ O ₃	M_o	M_a	K
%(мас)	52,46	25,85	11,93	3,04	3,22	1,83	0,14	0,12	0,16	0,31	0,94	2,44	0,07	2,30

Процентное содержание каждого оксида в шлаковой фракции дает возможность определить модуль основности (M_o) по формуле (1).

$$M_o = (CaO + MgO + MnO + Fe_2O_3 + K_2O + TiO_2) : (SiO_2 + Al_2O_3 + Cr_2O_3 + SO_3 + Sc_2O_3). \quad (1)$$

Модуль активности M_a по формуле (2).

$$M_a = Al_2O_3 / SiO_2. \quad (2)$$

Гидравлическая активность шлака определяется коэффициентом качества, который отражает содержание наиболее существенных компонентов шлака и определяется по формуле (3), если содержание MgO до 10%:

$$K = (CaO + MgO + Al_2O_3) : (TiO_2 + SiO_2). \quad (3)$$

Если содержание MgO более 10%:

$$K = (CaO + Al_2O_3 + 10) : (TiO_2 + SiO_2) + (MgO - 10). \quad (4)$$

В зависимости от численного значения модуля основности M_o различают основные шлаки ($M_o > 1$) и кислые ($M_o < 1$).

Электроплавильный шлак металлургического производства ЮрМаш имеет высокий модуль основности и являются основным. Важно отметить, что гидравлическая активность шлаков, в большинстве случаев, с увеличением модуля основности M_o и особенно модуля активности M_a возрастает. Важно заметить, что для изготовления шлакощелочных цементов можно применять как основные, так и кислые шлаки. Шлаки с $K > 1,9$ отличаются повышенной активностью, с $K = 1,6$, имеют среднюю активность, с $K < 1,6$ — малоактивны. Электроплавильный шлак металлургического производства ЮрМаш имеет высокую гидравлическую активность ($K=2,30$) и может быть использован в строительных материалах.

Фазовый состав мелкозернистого шлака представлен фазами шеннонита γ -2 CaO·SiO₂, и периклаза MgO, которые в обычных условиях не обладают вяжущими свойствами [3], что делает невозможным процесс гидравлического твердения без применения дорогостоящей гидротермальной обработки или же путём ввода активного компонента. В современных условиях их применение в области производства вяжущих веществ не даёт существенной выгоды вследствие высоких затрат энергетических и материальных ресурсов. Вследствие этого важно исследовать возможность их применения в качестве добавочного компонента в грубозернистых керамических массах с последующим их обжигом с целью устранения проблем качества продукции, возникающих при использовании низкосортного глинистого сырья.

По зерновому составу глины характеризуются значительным содержанием глинистого вещества (частиц мельче 0,005 мм) и делятся на высокодисперсные, дисперсные и губкодисперсные.

В составе масс керамических применялись:

1. Суглинок Болотнинского месторождения, который относится к легкоплавкому глинистому сырью с высоким содержанием Fe₂O₃ = 5,23 % и является полукислым суглинком (Al₂O₃ прок = 14,22 %). Технологические характеристики суглинка приведены в табл. 2.

Таблица 2

Технологические характеристики суглинка			
Суглинок	Фракция 0,5 мм	Фракции менее 0,5	Химический состав
Болотнинское месторождение, на окраине с. Болотное. Разведано Росгеолнерудразведкой в 1969г. Разрабатывает Болотнинский КСМ объединения «Новосибирскстройматериалы»	6,5-14,4%	мельче 0,005мм - 17,3 - 20,6%; 0,005 - 0,05 мм - 61,1 - 63,8 %; 0,05 - 1 мм - 15,5 - 21,6	SiO ₂ - 61,8 - 64,2; Al ₂ O ₃ - 12,0 - 14,66; Fe ₂ O ₃ - 5,23 - 5,84; CaO- 3,09 - 5,21; MgO -1,31 - 2,24; P ₂ O ₅ - 17,27 - 20,5; п.п.п. - 6,91 - 9,57

2. Глина огнеупорная и тугоплавкая марки НУФ Нижне-Увельского месторождения, которая относится к исключительно ценным месторождениям огнеупорных глин, сосредоточенных на восточном склоне Южного Урала - Нижне-Увельское месторождение огнеупорных глин находится в непосредственной близости от ст. Нижне-Увельской Южноуральской железной дороги в 5 км от г. Южноуральска, в 40 км к северу от г. Троицка Челябинской области. Как по запасам, так и по качеству огнеупорная глины этих месторождений занимают одно из первых мест среди других месторождений Российской Федерации и стран СНГ. Объем добычи глин этих месторождений составляет 44,1% от всей добычи по стране. Однако в целом залежи тугоплавких глин малочисленны и невелики по объему запасов. На месторождении выделены две характерные литологические разновидности глин: пестроцветная и серая. Глины отличаются значительным разнообразием как по химическому составу, так и по окраске в сыром виде и содержанию минеральных примесей. Химический состав глины приведен в табл. 3.

Таблица 3

Глина	Химический состав огнеупорных глин Южного Урала										Гигроскопическая влага, %
	Содержание оксидов, %										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	ППП	
Нижне-Увельское Месторождение, марка (участок «Бугор»)	54,27-63,09	22,63-29,04	2,60-3,28	1,35-1,53	0,65-1,05	0,62-0,95	0,65-1,00	0,24		7,62-10,03	

По гранулометрическому составу нижеувельские глины относятся к тонкодисперсным. Содержание фракции менее 1 мкм изменяется в значительных пределах. По содержанию оксида алюминия глины относятся к основным и полукислым. Глины пластичные, хорошо разжижаются традиционными электролитами (жидким стеклом и содой).

В лабораторных условиях были подготовлены экспериментальные составы керамических масс. Подготовка сырья включала следующие стадии переработки:

- сушка сырья, измельчение в мельнице сухого помола, пропуск через сито;
- образцы в форме кубиков 30х30х30 готовили методом пластического формования;
- при пластическом способе формования смесь увлажняли до оптимальной формовочной влажности, подвергали вылежке в течение суток до полного образования адсорбированных гидратных оболочек;
- предварительную сушку образцов проводили в естественных условиях в течение 4 дней при комнатной температуре 23-25⁰С, а затем в сушильном шкафу при 100-110⁰С, до остаточной влажности менее 1 %;
- обжигали в муфельной печи при температуре 1000-1050⁰С в течение 1 часа.

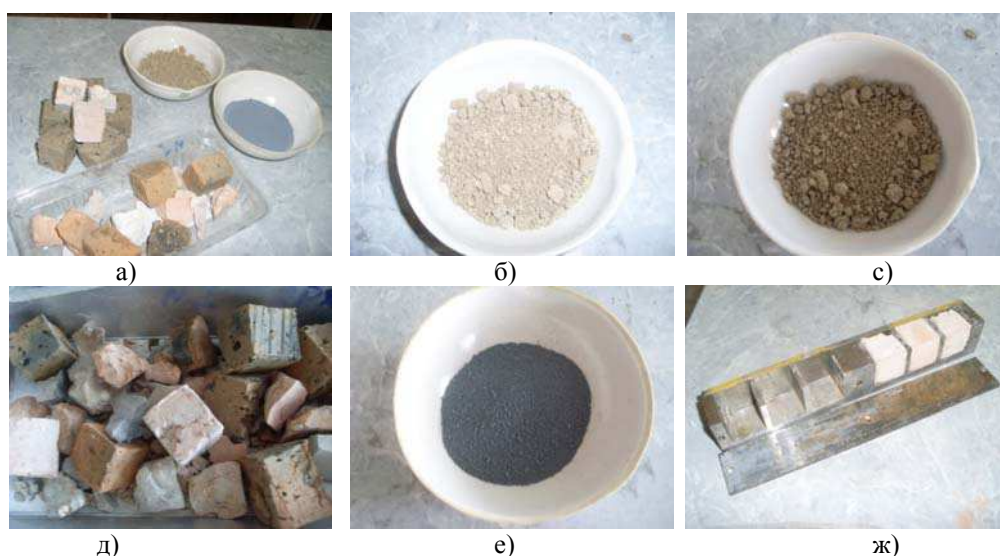


Рис. 1. а) керамические образцы после обжига; б) металлургический шлак; в) глина
д) керамические образцы; е) микрокремнезем; ж) форма для образцов

На Юргинском кирпичном заводе для производства кирпича в качестве глинистого сырья применяются легкоплавкие суглинки с высоким содержанием $Fe_2O_3 = 5,23\%$ и являются кислыми или полукислыми суглинками ($Al_2O_3_{\text{прок}} = 14,22\%$). Технологические характеристики их аналогичны суглинкам Болотнинского месторождения (табл. 2).



Рис. 2. Образцы состава «суглинок-шлак» после обжига

Для сравнения с продукцией Юргинского кирпичного завода был взят кирпич-сырец, сформованный на заводе, разделен на кубики размером 30x30x30 и подвергнут обжигу при одинаковых условиях в муфельной печи при температуре 1000–1050 °С в течение 1 час вместе с экспериментальными образцами. Образцы после обжига подвергались физико-механическим испытаниям. Результаты приведены в таблице 3.

Таблица 4

Средняя масса испарившейся воды и выпарившейся при обжиге образцов

Образцы, №	Глина Юрга	Глина Урал	Шлак металлургический	Микрокремнезём	Жидкое стекло	Масса воды испарившейся после сушки	Масса воды выпарившаяся после обжига
1	50%	50%				12,35	9,8
2		90%	10%			13,35	5,36
3		80%	20%			10,51	3,01
4		60%	40%			12,81	2,80
5		40%	60%			8,67	3,15
6		80%	10%		10%	13,07	3,17
7		60%	30%		10%	12,59	3,36
8		40%	40%		20%	10,79	5,41

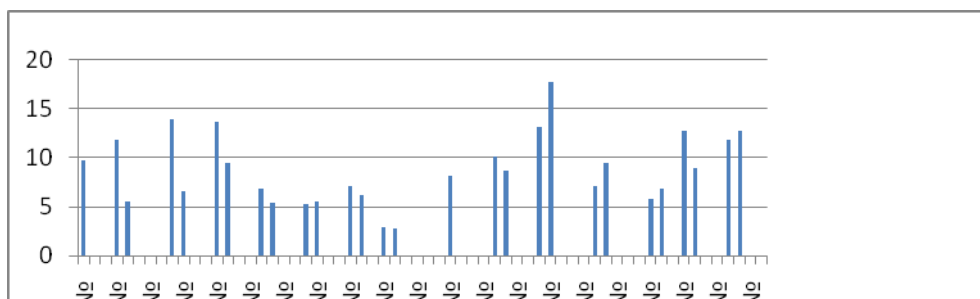


Рис. 3. Масса испарившейся воды, кг

На основании проведённых экспериментов были подобраны оптимальные составы керамических масс при использовании суглинков и сталеплавильных шлаков. Наиболее целесообразно при изготовлении кирпича методом пластического формования применять составы «суглинок – мелкозернистый шлак» при соотношении компонентов – 75:25. При этом отмечается, что введение сталеплавильных шлаков в шихту обуславливает увеличение формовочной влажности керамических масс.

Во всех случаях обжиг образцов производился при температуре 1000–1050°C при изотермической выдержке в течение 1 часа. Важно отметить, что при содержании шлака в составе керамических образцов от 10% до 40% прочность образцов на сжатие возрастает; при повышении содержания шлака от 40% до 60% прочность образцов на сжатие значительно убывает; введение жидкого стекла в состав керамического образца с содержанием шлака до 10% способствует снижению прочности образцов на сжатие. Особое внимание мы уделяли рассмотрению влияния шлаков на цветность образцов. Важно отметить, что цвет керамического черепка состава без добавок красный. При введении в образцы сталеплавильного шлака они приобретают от бежевого до жёлтого цвета. Что позволяет использовать в более широком назначении.

Литература.

1. Лыгина Т.З., Садыков Р.К. и др. Состояние производства стеновых керамических материалов в Российской Федерации // Строительные материалы. - 2009. - №4. - С. 10-11.
2. Гуров Н.Г., Котлярова Л.В., Иванов Н.Н. Расширение сырьевой базы для производства высококачественной стеновой керамики // Строительные материалы. - 2007. - №4. - С. 62-64.
3. Горшков В.С., Александров С.Е., Иващенко С.И. Использование металлургических шлаков в промышленности строительных материалов // Журнал Всесоюзного химического общества им. Менделеева. - Т. XXVII. - 1982. - №5. - С. 566-568.
4. ГОСТ 530–2007. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия.
5. Мороз И.И. Технология строительной керамики. - Киев: Вища школа, 1980. - 384 с.
6. Альперович И.А. Новое в технологии лицевого керамического кирпича объёмного окрашивания // Строительные материалы. - 1993. - №7. - С. 5-9.
7. Гуров Н.Г., Котлярова Л.В., Иванов Н.Н. Производство керамического кирпича светлых тонов из красножгущегося глинистого сырья // Строительные материалы. - 2005. - №9. - С. 58-59.

**ДЕФОРМАЦИЯ ПРОСЛОЙКИ НИКЕЛЯ В ПРОЦЕССЕ СОЕДИНЕНИЯ
ТИТАНОВОГО СПЛАВА И НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ**

*Р.Г. Хазгалиев, м.н.с., М.Х. Мухаметрахимов, м.н.с., к.т.н., Р.Я. Лутфуллин, зав. лаб., д.т.н.,
Р.Р. Мулюков, директор, д.ф.-м.н.*

*Институт проблем сверхпластичности металлов РАН
450001, г. Уфа, ул. Ст. Халтурина, 39, тел. (347) 282 38 14
Email: sloth.usatu@gmail.com*

Создание современных технических устройств, в частности, парогенераторов и теплообменников ядерных энергетических установок, диктует необходимость получения надежного соединения титановых сплавов с другими материалами [1]. Традиционные методы соединения либо утяжеляют конструкцию крепежными элементами, либо не позволяют, например сваркой плавлением, получить надежного соединения. Исключение крепежных элементов позволяет не только снизить вес и размер ответственных изделий, но и осуществить принципиально новые конструктивные решения [2].

Твердофазное соединение титанового сплава с нержавеющей сталью сопровождается образованием хрупких интерметаллидных фаз на основе Fe – Cr – Ti и Fe – Ti и возникновением остаточных напряжений из-за несоответствия коэффициентов термического расширения соединяемых материалов. Существует множество методов преодоления проблемы образования вредных интерметаллидных выделений в зоне контакта свариваемой пары [3]. Одним из путей решения этой проблемы является применение никелевой прокладки [4]. На качество твердофазного соединения оказывают влияние различные факторы, например температура и давление, при которых проводится соединение, время выдержки при заданных условиях, структура материала, наличие пластической деформации в зоне соединения [5]. Имеется немало экспериментальных и теоретических работ, показывающих, что коэффициент диффузии по границам зерен может на порядки превышать значения в объеме зерен [6 - 8]. Использование никелевой прокладки в наноструктурированном состоянии может улучшить качество соединения как за счет большей плотности сетки границ зерен, обеспечивающих более активную диффузию в материале, так и в результате облегченной пластической деформации ультромелкозернистого материала.

В работе исследована твердофазная свариваемость титанового сплава и нержавеющей стали через наноструктурированную никелевую прослойку толщиной 0,2 мм. Определены значения де-