

ТЕХНИКА ИЛИМДЕРИ
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
TECHNICAL SCIENCES

Джусупова М.А., Касымова Г.М.

**ҮЧ КОМПОНЕНТТҮҮ КАРАПА ПЛИТАЛАРЫНЫН
 ФИЗИКО-МЕХАНИКАЛЫК ЖАНА СТРУКТУРАЛЫК
 МҮНӨЗДӨМӨЛӨРҮН ИЗИЛДӨӨ**

Джусупова М.А., Касымова Г.М.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ
 И СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ
 КЕРАМИЧЕСКИХ ПЛИТОК**

M.A. Djusupova, G.M. Kasymova

**STUDY OF PHYSICAL-MECHANICAL AND
 STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF THREE-COMPONENT
 CERAMIC TILES**

УДК: 666.646

Макалада карапа плиталарынын курамын жана касиеттерин талдоо жана оптималдаштыруу сунуш кылынат жана сапаттын талап баскычтарынын этабы курамы изилденген. Чопо жана каолиндин негизиндеги шликерлердин технологиялык касиеттери жана алардын гранулометрдик, минералогиялык, химиялык курамы аныкталган. Кара-Кече кенинен чыккан ак чопонун, Согутин каолининин, Чаткалдын волластанитинин жана Ак-Үлөң кенинин сиенитинин химиялык, минералогиялык, гранулометрдик курамы изилденип, аз компоненттүү массадан жука карапаны алуу мүмкүнчүлүгүн көргөздү. Патент – адабият булактарынын маалыматтарынын жана алдын ала жүргүзүлгөн изилдөөлөрдүн негизинде карапа массаларынын чийки заттарына диапазонун өзгөртүү мүмкүнчүлүгү белгиленген жана карапа буюмдарын үч компоненттүү аралашмалардан алуу тапшырмасы коюлду. Коомдук жана өнөржай имараттарында, жарандык бөлмөлөрдө санитардык, гигиеналык шарттарды жарататат жана жагымдуу эстетикалык, жогорку физико-механикалык касиеттеринин негизинде сырткы кооздук көрктүүлүгүн жогорулатат.

Негизги сөздөр: керамика, курамы, каолин, сиенит, волластанит, кен чыккан жер, күчү, чийки зат, чопо, талдоо.

В статье приведены анализ и оптимизация состава и свойств керамической плитки с требуемыми пока-

зателями качества и исследован ее фазовый состав. Определены технологические свойства шликеров на основе глины и каолинов и изучен их химический, минералогический, гранулометрический состав. Проведено исследование химического, минералогического, гранулометрического состава белой глины месторождения Кара-Кече, согутинского каолина и песчаника, волластанита Чаткальского и сиенита Ак-Уленского месторождений показали возможность получения изделий тонкой керамики из малокомпонентных масс. Показана целесообразность ввода волластанита в массы для скоростных обжигов. Такие массы можно обжигать при скорости подъема температуры 1000 °С в час. На основе информации патентно-литературных источников и проведенных предварительных исследований был установлен возможный диапазон изменения сырьевых материалов в керамических массах и поставлена задача получения керамических изделий из трехкомпонентной сырьевой смеси.

Ключевые слова: керамика, состав, каолин, сиенит, волластанит, месторождение, прочность, сырье, глина, анализ.

The article presents the analysis and optimization of the composition and properties of ceramic tiles with the required quality indicators and investigated its phase composition. The technological properties of slips based on clays and kaolins are determined and their chemical, mineralogical and particle size distribution is studied. A study was

conducted of the chemical, mineralogical, granulometric composition of white-burning clay from the Kara-Quiche deposit, from the Sogutin kaolin and sandstone, chatkal wollastonite and from the Ak-Ulenskiy syenite deposits, showed the possibility of producing fine ceramics from low-component masses. The expediency of introducing wollastonite into masses for high-speed roasting is shown. Such masses can be fired at a temperature rise rate of 1000°C per hour. Based on information from patent literature and preliminary studies, a possible range of variation of raw materials in ceramic masses was established and the task was to obtain ceramic products from a three-component raw mixture.

Key words: ceramics, composition, kaolin, syenite, wollastonite, field, strength, raw materials, clay, analysis.

Масштабный рост жилищно-гражданского строительства в Кыргызской Республике обуславливает повышение спроса на облицовочные материалы, в частности на керамическую плитку.

Основная масса керамических плиток различного назначения поставляется из стран ближнего и дальнего зарубежья, поэтому вопрос организации их производства для импортозамещения остается актуальным.

В настоящее время производство керамической плитки в Республике возобновлено китайскими специалистами ОСО «Тянь-Шань Керамик» и производится на территории бывшего фарфоро-фаянсового завода.

Исследования по изучению местного сырья для производства тонкой керамики проводились и показали положительные результаты [2,4,5]. Но многочисленные дальнейшие исследования по исследованию местного сырья посвящены в основном вопросам производства грубой строительной керамики.

Цель исследования: изучение местного беложгущегося глинистого сырья и возможности получения керамической плитки с требуемыми эксплуатационными характеристиками по энергосберегающей технологии.

В исследованиях рассматривались различные сырьевые материалы и изучались их физико-химические, минералогические характеристики.

В частности в качестве основных глинистых компонентов рассматривались глина месторождения Кара-Кече и Согутинский каолин.

Глина относится к основным, беложгущим-

ся, с низким содержанием красящих оксидов, и водорастворимых солей, а число пластичности – 9,6 относит ее к умеренно-пластичной. Химический состав представлен следующими оксидами, %: SiO₂-62,03; Al₂O₃-26,08; Fe₂O₃-0,78; TiO₂-0,61; CaO-0,29; MgO-1,03; K₂O-1,77; Na₂O-0,43; п.п.п-7,71.

Для снижения усадочных явлений при обжиге керамических масс необходимым условием является наличие так называемых отошителей.

Известно, что наличие волластонитовой руды в керамических массах позволяет значительно снизить усадочные явления и повысить физико-механические характеристики керамического черепка. Волластонит в керамической шихте при нагревании расплавляется лишь частично, а не расплавившиеся частицы волластонита создают плотный каркас из разнонаправленных кристаллов игольчатой структуры, который препятствует изменению объема черепка.

Таким отошителем в рассматриваемой керамической массе служила Волластонитовая порода месторождения Чаткал с содержанием волластонита 53-54 %, кварца и кальцита. Химический состав волластонитовой породы представлен оксидами, %: SiO₂-54,20; Al₂O₃-5,08; Fe₂O₃-0,52; TiO₂-сл.; CaO-39,9; MgO-сл.; K₂O-0,46; Na₂O-0,6; п.п.п-0,96.

Исследованиями [1] установлено, что полевые шпаты вводят в керамические массы для образования стекловидной фазы, которая действует тройным способом. Во-первых, она растворяет в себе другие составные; во-вторых, придает пиропластичность и прочность материалу при обжиге, делая его способным в некоторой мере противостоять деформирующим усилиям от собственной массы обжигаемого изделия, и, в-третьих, способствует кристаллизации новых фаз из расплава (в частности, муллита). Калиевый полевой шпат обуславливает повышение интервала спекания.

Местные Ак-Уленские сиениты представлены, %: SiO₂-61,56; Al₂O₃-16,25; Fe₂O₃-6,41; TiO₂-1,25; CaO-2,96; MgO-2,03; K₂O+Na₂O-3,28; п.п.п-2,23.

Более того, совместное использование сиенита и волластонитовой породы, в шихте спо-

ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ КЫРГЫЗСТАНА, № 1, 2019

способствует некоторому повышению жидкой фазы за счет легкоплавких примесей сиенита, частичного расплавления волластонита, интенсивного растворения кварца и связывания свободной CaO, образующейся при диссоциации кальцита, содержащегося в волластонитовой породе. Известно также, что введение в состав керамических масс оксидов щелочно-земельных материалов (RO) резко снижает влажностное расширение. Черепок керамических изделий из-за большой пористости (до 12% по водопоглощению) в процессе эксплуатации поглощает влагу и расширяется (набухает) на 0,07-0,12% [1].

Традиционная технология предполагает производство керамической плитки из многокомпонентных масс. Сокращение количества сырьевых компонентов керамических масс без потери качественных характеристик керамического черепка, позволило бы значительно сокра-

тить материальные и трудовые ресурсы и снизить себестоимость выпускаемых изделий.

Тонкокерамические массы требуют особенно тщательной подготовки.

При выполнении экспериментальных исследований реализован трехфакторный эксперимент по плану В₃.

Входными параметрами выбраны: волластонит $X_1 = 15 \pm 15\%$, сиенит $X_2 = 15 \pm 15\%$ и X_3 температура обжига $1000 \pm 50^\circ\text{C}$, остальное глина. Выходными параметрами являлись основные показатели качества керамического черепка: прочность на изгиб и сжатие, средняя плотность, общая усадка и влажностное расширение. Контрольный состав представлен чистой глиной без примеси сиенита и волластонита. План эксперимента и полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

План и результаты трехфакторного эксперимента типа В₃

№	План эксперимента			Y ₁ R _{сж} МПа	Y ₂ R _{изг} МПа	Y ₃ – Водопогл. W %	Y ₄ Ср.плотн ρ _{ср} г/см ³	Y ₅ Усадка L _{общ} %	Y ₆ Влажн. расшир. Вр
	X ₁	X ₂	X ₃						
1.	+	+	+	52,72	13,42	9,698	2,12	1,76	0,2
2.	+	+	-	25,88	4,24	11,791	2,04	0,32	0,47
3.	+	-	+	65,51	24,63	7,171	2,064	1,84	0,2
4.	-	+	+	67,28	22,22	8,393	2,244	4,76	0,7
5.	-	-	-	47,28	14,32	16,873	1,637	2,82	0,8
6.	-	-	+	74,4	23,97	10,579	2,003	5,1	0,3
7.	-	+	-	18,35	4,41	16,621	1,88	0,4	0,8
8.	+	-	-	54,08	21,26	15,836	1,878	2,22	0,3
9.	+	0	0	62,58	21,6	12,785	1,982	2,55	0,46
10.	-	0	0	43,22	21,7	13,165	1,982	4,82	1,14
11.	0	+	0	63,9	20,34	11,34	2,37	0,05	0,46
12.	0	-	0	46,75	23,27	11,66	1,97	5	1,6
13.	0	0	+	80,90	33,03	8,88	2,18	5,56	0,55
14.	0	0	-	42,9	15,38	14,606	1,9	3,34	0,3
15.	0	0	0	66,9	28,1	10,7	1,91	5,2	0,56

После реализации эксперимента и обработки результатов методом наименьших квадратов были рассчитаны коэффициенты регрессии экспериментально-статистических моделей свойств керамического черепка, представленные в таблице 2. По моделям прочностных показателей (R_{сж} и R_{изг}) можно отметить, что значительное влияние из трех факторов оказывает температура обжига (x₃). Для прочности R_{сж} линейный эффект составил (b₃ = 15,20) и для R_{изг} (b₃ = 5,80).

Коэффициенты ЭСМ свойств керамического черепка

№ пп	Коэффициенты моделей свойств	Y_1 Rсж МПа	Y_2 $R_{изг}$ МПа	Y_3 – Водопогл. W %	Y_4 Ср.плотн $\rho_{ср}$ г/см ³	Y_5 Усадка $L_{обж}$ %	Y_6 Влажн. расшир. Bp
1.	b_0	67,90	27,57	11,66	2,01	5,29	0,66
2.	b_1	1,10	-0,75	-0,84	0,04	-0,92	-0,19
3.	b_2	-6,00	-4,29	-0,43	0,12	-0,91	0,01
4.	b_3	15,20	5,80	-3,0	0,13	0,10	-0,16
5.	b_{11}	-1,60	-2,78	1,10	-0,17	-0,05	0,09
6.	b_{22}	0,70	-5,60	-0,40	0,14	-0,81	-0,13
7.	b_{33}	-19,60	-3,20	-0,16	-0,01	-2,53	-0,19
8.	b_{12}	-0,66	-2,10	0,12	-0,031	0,10	0,03
9.	b_{13}	-4,76	-1,90	0,48	-0,06	-0,70	0,08
10.	b_{23}	4,70	1,79	0,60	-0,02	0,49	-0,02

Квадратичные эффекты со знаком минус (-) показывают наличие отрезка оптимального количества в шихте первых двух факторов волластонита и сиенита ($b_{11} = -1,60$ и $b_{22} = 0,70$).

Водопоглощение керамического черепка в первую очередь зависит от температуры обжига ($b_3 = -3,0$) и волластонитовой породы ($b_1 = -0,84$). Наличие волластонитовой и сиенитовой породы снижает усадку черепка при обжиге ($b_1 = -0,92$ и $b_2 = 0,91$).

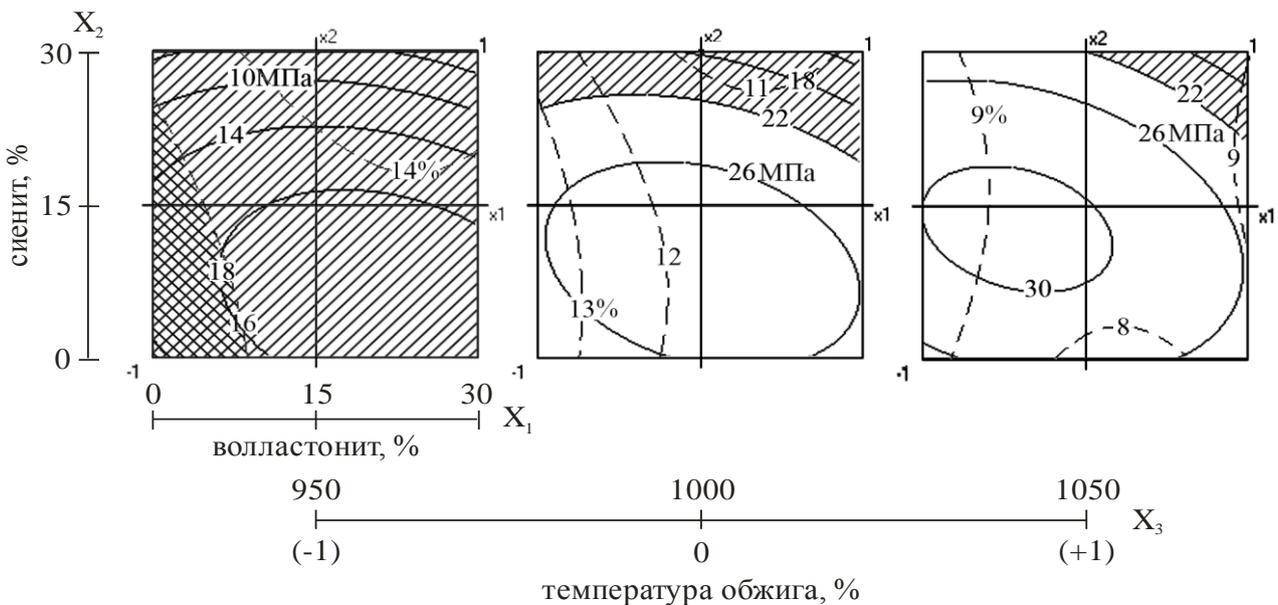


Рис. 1. Оптимальная область (белое поле) рецептов керамической массы при температурах обжига 950;1000;1050 °С.

На показатель влажностного расширения почти равнозначно оказывает влияние как первый фактор-волластонитовая порода, так и третий-температура обжига.

На рисунке 1 показаны номограммы изученных свойств керамического черепка, где показана область рецептур (белое поле) с повышенными прочностными показателями и требуемыми показателями водопоглощения $W \leq 10\%$ при температурах обжига 950; 1000; 1050°C.

Основным параметром, обеспечивающим повышенные прочности керамического черепка $R_{сж} \geq 30$ МПа является температура обжига 1050°C. Содержание волластонита может колебаться в пределах 0-15%, а сиенита 7-17%. Установлено, что средняя плотность черепка при обжиге 950°C равна 1,6 г/см³, а при температуре 1050°C плотность достигает 2,0 г/см³ и при наличии добавок сиенита 30% и волластонита 10-20% в оптимальном количестве она составляет 2,3 г/см³. Это обусловлено заполнением мелких пор расплавом образовавшейся жидкой фазы при повышенной температуре обжига.

Таким образом, показана возможность получения керамических плиток для внутренней облицовки из местного сырья: волластонита 20-30% и сиенита 5-10%, остальное глина Кара-Кече и температуре обжига 1000-1050 °С.

Литература:

1. Павлов В.Ф. Физико-химические основы обжига изделий строительной керамики. - М.: Стройиздат, 1977. - С. 240.
2. Джусупова М.А., Атаходжаев Ш.Х. Оптимизация состава облицовочных плиток из сырья Кыргызстана / 45 Международный семинар по моделированию и оптимизации композитов. - Одесса, 2006. - С. 83.
3. Дегтярь Е.П. Использование волластонитовых масс в производстве облицовочных плиток. - М.: Наука, 1982. - С. 93-96.
4. Абдыкалыков А.А., Караханиди С.Г. Использование волластонита при производстве санитарно-фаянсовых изделий // Инф. Листок Кырг. НИИТИ №32, сер. 67.09. - Бишкек, 1994.
5. Ассакунова Б.Т., Джусупова М.А., Атаходжаев Ш.Х., Маразыкова Б.Б. Керамические плитки на местном сырье / Сборник научных трудов НАН КР. ч.1. - С. 70-76.

Рецензент: к.т.н., доцент Болотов Т.Т.