

УДК 29.03

КҮЙДІРУДЕН КЕЙІНГІ КЕРАМИКАНЫҢ ҚҰРЫЛЫМ-ФАЗАЛЫҚ АЛМАСУЫН ЗЕРТТЕУ

^{1,3)} Н. Қантай, ²⁾ Н.К. Касмамытов, ³⁾ Б.К. Рахадиев, ¹⁾ С.В. Плотников¹⁾ Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті, Өскемен, Қазақстан²⁾ ҚР ҰҒА Физикалық-техникалық және материалтану мәселелер институты, Бишкек, Қырғызстан³⁾ С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік университеті, Өскемен, , Қазақстан

Мақалада жергілікті шикізат негізінде жоғарывольттық фарфорлы керамика дайындалды. МЕМСТ 7025-91 бойынша тығыздығы, су сіңіргіштігі, көлемдік шөгуі анықталды, құрылымы растрлы электронды микроскопия көмегімен талданып, рентген-фазалық талдау жасалды. Бастапқы күйде негізі гексагоналды (SiO_2) және аз мөлшерде моноклинді тордан, 1150 °C-тан жоғары негізі гексагоналды (SiO_2) және муллит ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{13}$) ортомблы тордан тұратындығы анықталды.

КІРІСПЕ

Электр энергиясын кеңінен тасымалдау және қауіпсіз пайдалануда электр оқшаулағыш жоғарывольттық фарфорлы керамикалардың (ЖФК) атқарар рөлі зор. Жоғарывольттық фарфорлы керамикалар механикалық қасиеттерінің жоғары болуымен қатар, жоғары кернеулерді оқшаулағыштық қасиетке ие болуы өте маңызды [1–2]. Қазіргі кезде көптеген жоғары кернеуді оқшаулағыштар талапқа сай келе бермейді, соның салдарынан қауіпсіздік шаралары бұзылып, өрт апаттары жиі орын алады. Сондай-ақ, электр тоғының шығындары экономикалық жағынан тиімсіздік тудыруда. Осы маселені шешу үшін соңғы онжылдықта ЖФК-ның күрделі ішкі микроқұрылымдық-фазалық өзгерісін зерттеп, қызметтік қасиетін жақсарту ғалымдардың негізгі зерттеу бағыттарының біріне айналды. Композицияның күрделілігіне байланысты фарфордың фазалық және микроқұрылымдық эволюциясын түсіну кезінде қиындықтар туындайды [3–5]. Фарфор үшін пайдаланылатын шикізатты үш топқа бөлуге болады. Фарфордың құрамында саз балшық бөлшектердің мөлшерін қамтамасыз етеді және жақсы пластикалықты қалыптастырады. Дала шпаты ағын ретінде әсер етеді, жоғары температурада тұтқыр сұйықтық бөліп және витрификацияға арналған қосалқы ортаны құруға көмектеседі. Дала шпаты жер қыртысының шамамен 60% құрайтын әлемдік минералдың ірі тобы болып табылады және көптеген елдерде магмалық, метаморфтық және шөгінді ретінде кездеседі [6]. Оксидтердің салыстырмалы пайыздық мөлшерінің дәрежесі оның қасиетіне әсерін тигізеді, бұл қосымша зерттеуді қажет етеді.

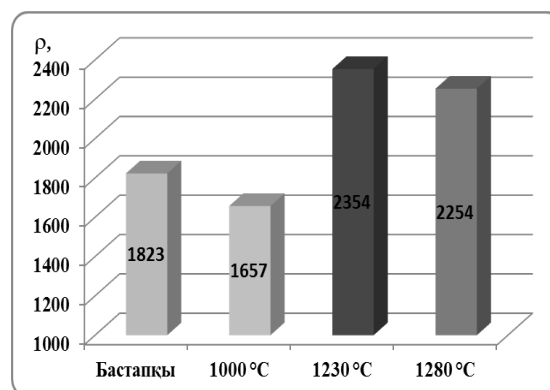
Жұмыста күйдіруден кейінгі керамиканың құрылым-фазалық алмасуы және физико-механикалық қасиеттері зерттелді.

ЗЕРТТЕУ МАТЕРИАЛЫ ЖӘНЕ ӘДІСТЕРІ

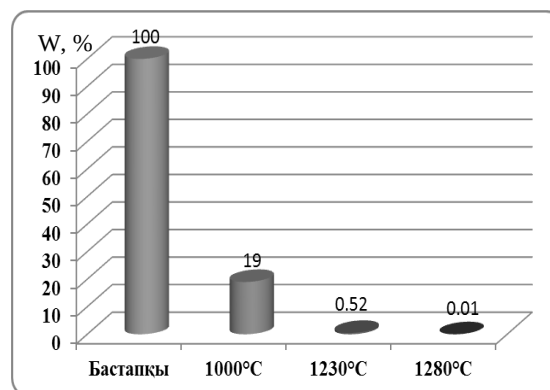
Зерттеуге жергілікті шикізат негізінде жоғарывольттық фарфорлы керамика дайындалды. Қолданылған әдістер: МЕМСТ 7025-91 бойынша тығыздығын, су сіңіргіштігін, көлемдік шөгуін анықтау; Xpert PRO дифрактометрінде рентген-фазалық талдау әдістемесі; беттік құрылымын растрлы электронды микроскопия көмегімен талдау.

ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ

Шикізаттарды ұнтақтап, дистилденген сумен араластырып саз балшық алынды. Саз балшықты диаметрі 18 мм цилиндр формада престеп, бөлме температурасында кептіріп, салмағы мен көлемі өлшенді және термиялық өңдеуден кейін де өлшеніп, тығыздықтары есептелді. Бөлме температурасында кептірілген үлгіні 1000 °C, 1230 °C және 1280 °C температурада 30 минут ұсталып баяу суытылды. Термиялық өңдеуден өткен үлгілерді МЕМСТ 7025-91 бойынша дистилденген суда 48 сағат ұстап су сіңіргіштігі анықталды.



a)

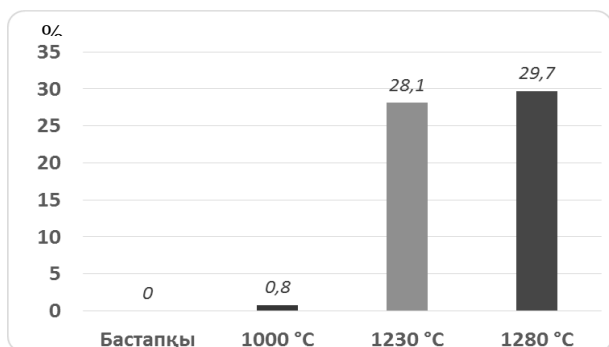


б)

1 – Суретте керамиканың бастапқы және түрлі температура кезіндегі тығыздығы (а) мен су сіңіргіштігі (б)

1, а – суреттен керамиканың бастапқы күйінде тығыздығы 1823 кг/м^3 -ті, 1000°C -та мөлшермен 1657 кг/м^3 -ді, температура артып 1230°C -қа жеткенде 2354 кг/м^3 -ге артты, ал 1280°C -да 2254 кг/м^3 -ге төмендеді. Температура әсерінен құрамындағы су буланып, көлемі кішірейді, салмағы жеңілдеді, сәйкесінше тығыздығы артты.

1, б – суреттен бастапқы үлгіні суға салғанда, үлгі сол мезетте ыдырап құмға айналып суға шөкті, ал 1000°C -та 19%, 1230°C -та 0,52% су сіңірді. Температура артып 1280°C -қа жеткенде су сіңіруі 0,01%-ға дейін төмендеді. Себебі температура артқан сайын ішкі түйіршіктік фазалық алмасулар жүріп, шыны тәрізді фазаның әсерінде бір-бірімен байланып су молекулаларының енуіне кедергі болады.



2 – Суретте термиялық өңдеуден кейінгі көлемдік шөгуді

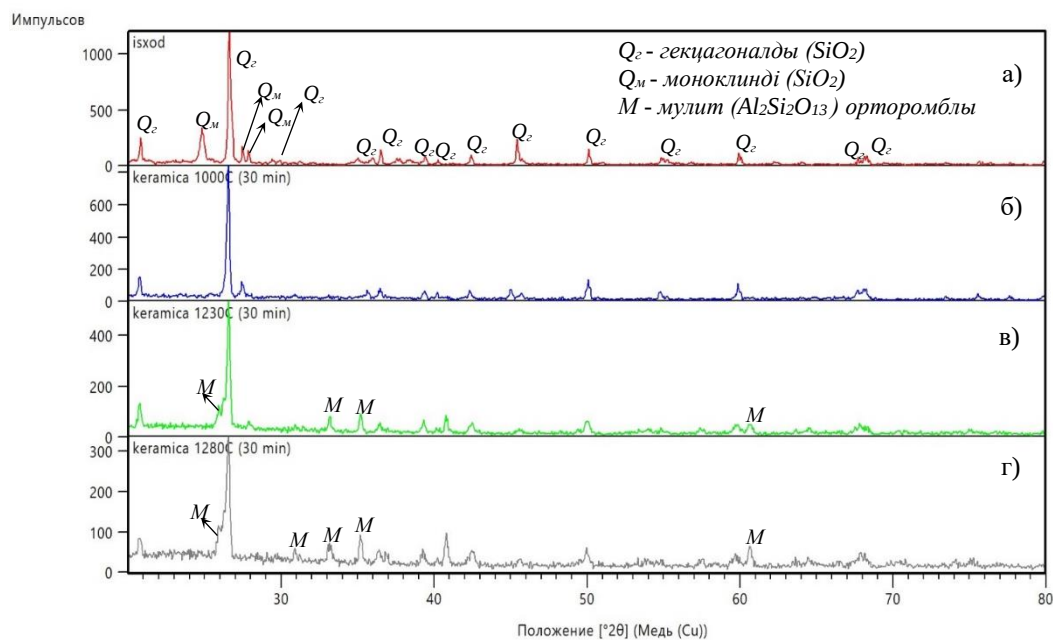
Жоғарыда 2-суреттен үлгіні 1280°C -қа дейін қыздыру барысында температура артқан сайын құрамындағы су буланып үлгі өзінің көлемін 30%-ға азайтты. Термиялық өңдеудің температурасы артқан

сайын керамиканың құрамындағы кейбір фазалар еріп, түйіршік аралық қуыстар жоғалып, шыны тәрізді фазалар бір-бірімен тығыздалып байланып, көлемі кішірейді. Бұл жоғардағы 1, а – суреттегі су сіңіргіштік пен 1, б – суреттегі тығыздықтың өзгеріс графигінен нақты көрінді.

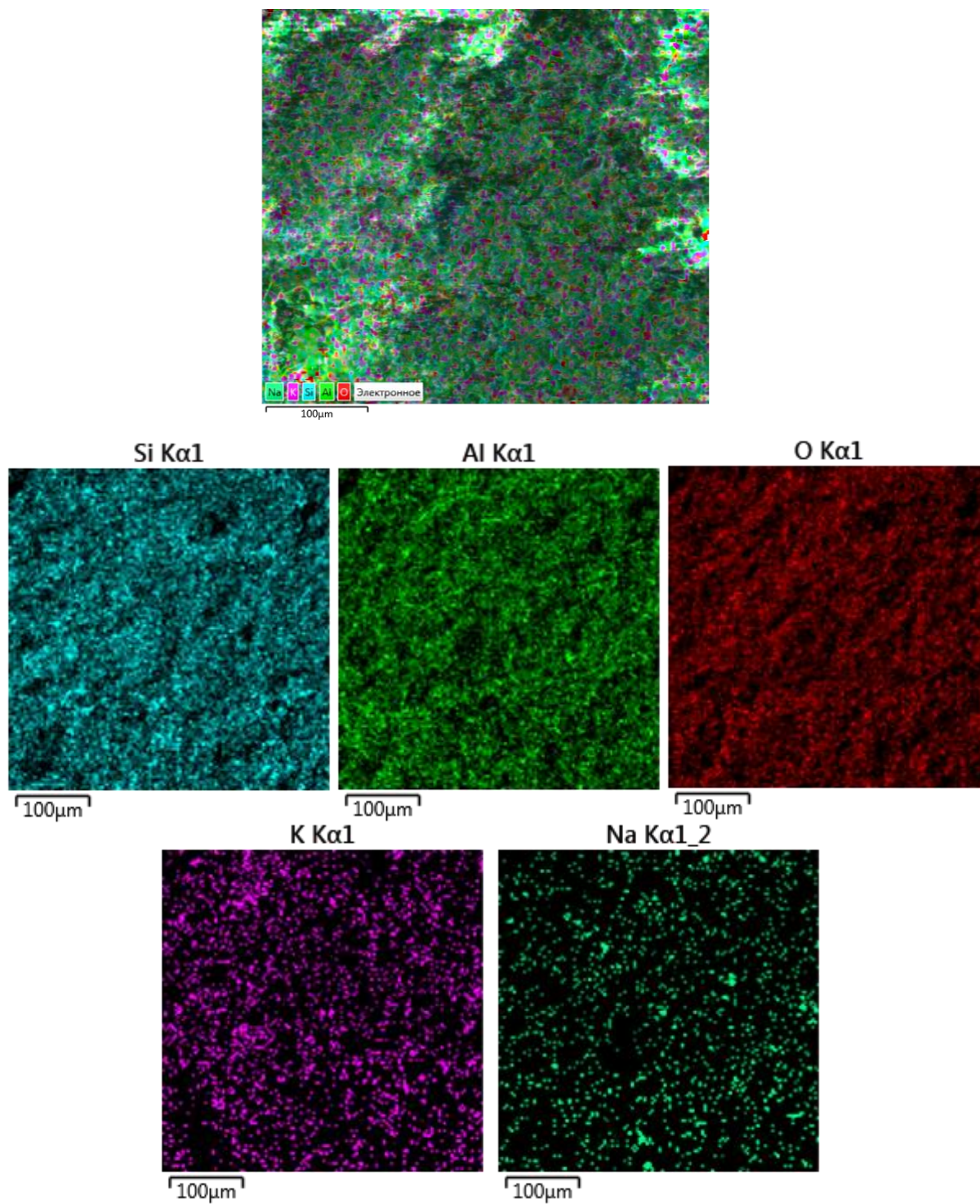
Бастапқы және 1000°C , 1230°C , 1280°C температураларда 30 минут термиялық өңдеуден кейінгі алынған дифрактограмма сызықтарына қарап керамиканың 1000°C -қа дейін моноклинді және орторомблы тордан тұратындығы, 1230°C және 1280°C -тағы дифрактограмма сызықтарының өзгерісіне қарап, кейбір фазаның сызықтарының өскенін, кейбірінің еріп жоғалғандығын, жаңа фазалардың сызықтарының пайда болғанын көруге болады (3, б, в, г суретте). Жоғары температура әсерінен фазалық алмасулар жүріп мулит ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{13}$) орторомблы тордың түзілгенін көруге болады. Мулиттің түзілуімен физикалық және механикалық қасиеті артты.

Керамиканың бастапқы күйінің беттік құрылымына элементтік талдау нәтижесі (4-сурет) негізгі құрамында Si және Al оксиді және K мен Na оксиді бар екені сонымен қатар қоспа ұнтақтардың ұсақ түйіршікті құрылым мен қуыстардың көптігі байқалды. Себебі: қоспа ұнтақтар судың көмегімен өзара бірігіп, бір-бірімен ажырамай ұстап тұрды, әрі бөлме температурасында алынғандықтан фазалық алмасу өтпеді.

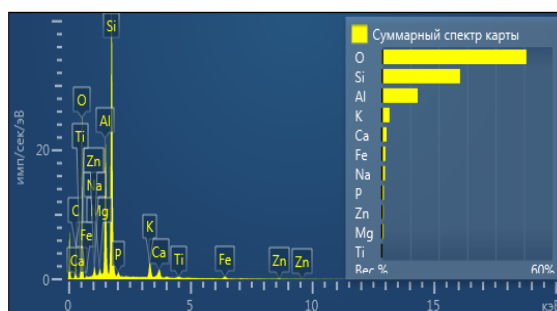
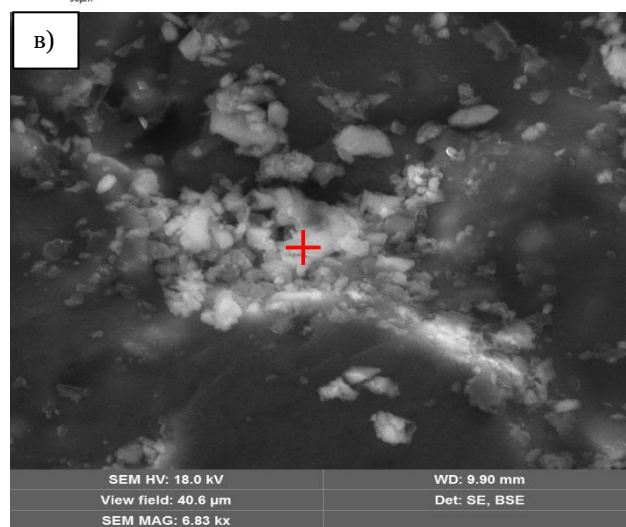
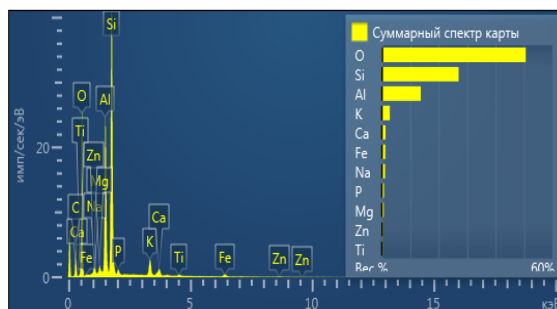
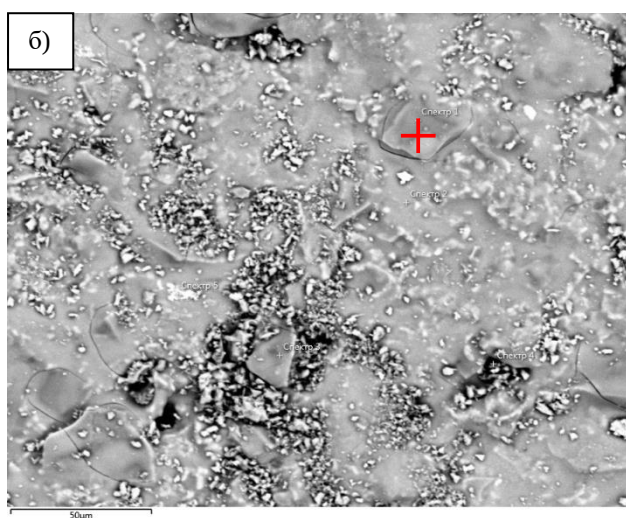
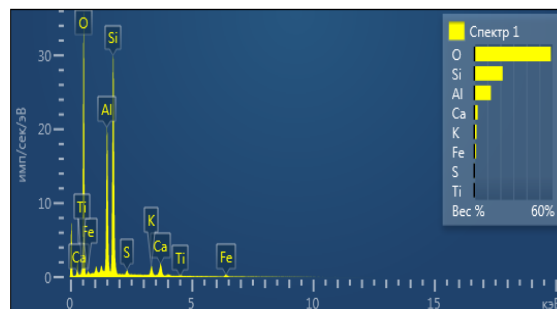
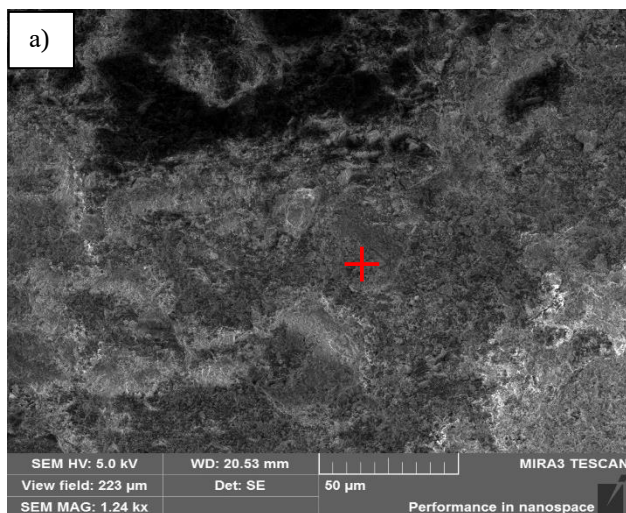
Керамиканың бастапқы күйінің беттік құрамын элементтік талдау нәтижесі 4-суретте көрсетілгендей негізі Si және Al – дің тотығы құрайтындығын, сонымен бірге аз мөлшерде K және Na тотығы бар екені анықталды.



3 – Сурет керамиканың бастапқы және термиялық өңдеуден кейінгі фазалық өзгеріс дифрактограммасы



4 – Суретте керамиканың бастапқы күйінің беттік құрамын элементтік талдау



(a) – 1000 °C (30 минут); (б) – 1230 °C (30 минут); (в) – 1280 °C (30 минут)

5 – Сурет керамиканың термиялық өңдеуден кейінгі беттік құрылымының элементтік талдауы

Жоғарыдағы 5 суретте беттік құрылымның элементтік талдауынан бастапқы күйімен салыстырғанда термиялық өңдеу температурасы артып, 1000 °C-қа жеткенде түйіршіктердің бірігіп өскенін,

сонымен қатар қуыстардың азайғандығын көруге болады, арықарай температура 1230 °C және 1280 °C-қа жеткенде құрылымы айтарлықтай өзгеріп, яғни фазалық алмасу жүрді. (5, б, в суретте), негізгі фаза

краңғы түсті SiO_2 гексагоналды торлы және ақшыл бұлт түстес $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{13}$ мулиттің түзілгенін көруге болады. Рентген-фазалық талдау нәтижесінде дәлелдеп көрсетілді (3, в, г сурет).

ҚОРЫТЫНДЫ

Керамиканың бастапқы күйінде тығыздығы 1823 кг/м^3 температура артып, 1230°C -та 2354 кг/м^3 -ге жоғарлады, 1280°C -қа жеткенде керісінше тығыз-

дығы 100 кг/м^3 -ге азайып, үлгі өзінің көлемін 30%-ға кішірейтті. Керамика температура 1000°C -тан 1280°C -қа дейін артқанда суды сіңіргіштігі 0,01%-ға дейін төмендеді. Рентген-фазалық талдау нәтижесінде бастапқы күйде негізі гексагоналды (SiO_2) және аз мөлшерде моноклинді тордан, 1150°C -тан жоғары негізі гексагоналды (SiO_2) және мулит ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{13}$) орторомблы тордан тұратындығы анықталды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. Chen Li, Wang Jia-Qing. Related problems in ultrasonic detection of porcelain insulator. In: Proceedings of 17th world conference on nonconductive testing, Shanghai, China; 25–28 October 2008.
2. Medvedovski E., Low-temperature sintering of ceramics for the production of low voltage insulators. Intergram 1996;45(2):82–6.
3. Rado P., “The strange case of hard porcelain”, Trans. Brit. Ceram. Soc. 70, 6 (1971) 131-139.
4. Vasquez S. B., Valequez J. C., Gausa M. J. R., “Alumina addition affects elastic properties of electric porcelains”, Am. Ceram. Soc. Bull. 77, 4 (1988) 81-85.
5. Carty W. M., Senapati U., “Porcelain raw materials processing, phase evolution and mechanical behaviour”, J. Am. Ceram. Soc. 81, 3 (1998) 3-20.
6. Vidyadhar A., Hanumantha Rao K., “Adsorption mechanism of mixed cationic-anionic collectors in feldspar-quartz flotation system”, J. Colloid Interface Sci. 306, 2 (2007) 195-204.
7. Kasmamyrov N.K., Makayeva K.K., etc. The composition and microstructure of high-voltage porcelain ceramics based on local raw materials // Journal of Physics IPTPiM NAS KR. -2016. - No. 1. -p. 176-182.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО ОБМЕНА КЕРАМИКИ ПОСЛЕ ОБЖИГА

^{1,3)} Кантай Н., ²⁾ Касмамытов Н.К., ³⁾ Рахадиллов Б.К., ¹⁾ Плотников С.В.

¹⁾ Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
Усть-Каменогорск, Казахстан

²⁾ Институт физико-математических наук НАН РК, Бишкек, Кыргызстан

³⁾ Восточно-Казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова,
Усть-Каменогорск, Казахстан

На основе данной статьи в качестве местного сырья была подготовлена высоковольтная фарфоровая керамика. По ГОСТ 7025-91 были определены плотность, водопоглощение, количество объемной усадки. Был проведен структурный анализ с помощью растрового электронного микроскопа, а так же проведен рентгено-фазовый анализ на дифрактометре Xpert PRO. Было установлено, что в исходном состоянии керамика состоит из гексагональной решетки (SiO_2) и в малом количестве из моноклинной фазы, выше температуры 1150°C состоит из гексагональной (SiO_2), орторомбической решетки, а так же содержит мулит ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{13}$).

STUDY OF STRUCTURAL-PHASE CERAMIC EXCHANGE AFTER FIRING

^{1,3)} N. Kantai, ²⁾ N.K. Kasmamyrov, ³⁾ B.K. Rakhadilov, ¹⁾ S.V. Plotnikov

¹⁾ East Kazakhstan State Technical University named after D. Serikbayev, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

²⁾ Institute of Physical and Mathematical Sciences of NAS RK. Bishkek, Kyrgyzstan

³⁾ East Kazakhstan State University named after S. Amanzholov, Ust-Kamenogorsk, , Kazakhstan

Based on this article, high-voltage porcelain ceramics was prepared as local raw materials. According to state standard (GOST 7025-91), density, water absorption, and volume shrinkage were determined. A structural analysis was carried out using a scanning electron microscope, and an X-ray phase analysis was carried out on an Xpert PRO diffractometer. It was found, that in the initial state, ceramics consist of hexagonal (SiO_2) and in a small amount of monoclinic phase, above a temperature of 1150°C it consists of hexagonal (SiO_2), an orthorhombic lattice, and also contains mullite ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{13}$).