

## Реферати статей

Дослідження залежності властивостей зразків із діоксиду цирконію, стабілізованого СаО, на фосфатній зв'язці від вмісту  $P_2O_5$  та температури термообробки / В. В. Мартиненко, В. В. Примаченко, І. Г. Шулик, Т. Г. Гальченко, Т. Г. Тишина, В. В. Варганов (АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного», м. Харків, Україна). *Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки* : зб. наук. пр. 2018. № 118. С. 3—15.

Досліджено залежність основних властивостей зразків із діоксиду цирконію, стабілізованого СаО, на фосфатній зв'язці із ортофосфорної кислоти від вмісту  $P_2O_5$  (0,8; 1,4; 2,0; 2,6 %) та температури їх термообробки (200, 400, 1000, 1200, 1400, 1580, 1750, 2000 °С). Встановлено оптимальну кількість фосфатної зв'язки (2,0 % по  $P_2O_5$ ), що забезпечує деяке підвищення міцності вогнетривів із діоксиду цирконію, стабілізованого СаО, за температур  $\sim 1750$ —2000 °С порівняно з іншими кількостями  $P_2O_5$ .

З використанням петрографічного та рентгенофазового методів досліджено залежність фазового складу та структури зразків із діоксиду цирконію, стабілізованого СаО, на фосфатній зв'язці від температури термообробки та вмісту  $P_2O_5$ .

У результаті виконаних досліджень дороблено технологію виготовлення набивної маси із стабілізованого СаО діоксиду цирконію та виробів із неї на зв'язці із ортофосфорної кислоти, що призначені для температури служби до 2350 °С. Вироби, які виготовлено за доробленою технологією, забезпечать підвищення їх стійкості в службі та збільшення терміну експлуатації високотемпературних промислових агрегатів.

*Ключові слова:* властивості, фазовий склад та структура зразків, стабілізований діоксид цирконію, фосфатна зв'язка, температура термообробки, стійкість в службі, термін експлуатації.

*Бібліогр.:* 12 назв.

Исследование зависимости свойств образцов из диоксида циркония, стабилизированного СаО, на фосфатной связке от содержания  $P_2O_5$  и температуры термообработки / В. В. Мартыненко, В. В. Примаченко, И. Г. Шулик, Т. Г. Гальченко, Т. Г. Тишина, В. В. Варганов (АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного», г. Харьков, Украина). *Научные исследования по огнеупорам и технической керамике* : сб. науч. тр. 2018. № 118. С. 3—15.

Исследована зависимость основных свойств образцов из диоксида циркония, стабилизированного СаО, на фосфатной связке из ортофосфорной кислоты от содержания  $P_2O_5$  (0,8; 1,4; 2,0; 2,6 %) и температуры их термообработки (200, 400, 1000, 1200, 1400, 1580, 1750, 2000 °С). Установлено оптимальное количество фосфатной связки (2,0 % по  $P_2O_5$ ), обеспечивающее некоторое повышение прочности огнеупоров из диоксида

циркония, стабилизированного CaO, при температурах  $\sim 1750$ — $2000$  °C по сравнению с другими количествами  $P_2O_5$ .

С использованием петрографического и рентгенофазового методов исследована зависимость фазового состава и структуры образцов из диоксида циркония, стабилизированного CaO, на фосфатной связке от температуры термообработки и содержания  $P_2O_5$ .

В результате выполненных исследований доработана технология изготовления набивной массы из стабилизированного CaO диоксида циркония и изделий из нее на связке из ортофосфорной кислоты, предназначенных для температуры службы до  $2350$  °C. Изделия, изготовленные по доработанной технологии, обеспечат повышение их стойкости в службе и увеличение продолжительности эксплуатации высокотемпературных промышленных агрегатов.

*Ключевые слова:* свойства, фазовый состав и структура образцов, стабилизированный диоксид циркония, фосфатная связка, температура термообработки, стойкость в службе, продолжительность эксплуатации.

*Библиогр.:* 12 назв.

**The investigation of properties dependence of samples from zirconia stabilized by CaO on a phosphate binder on the  $P_2O_5$  content and the thermal treatment temperature / V. V. Martynenko, V. V. Primachenko, I. G. Shulik, T. G. Galchenko, T. G. Tishina, V. V. Varganov (JSC “URIR named after A. S. Berezhnoy”, Kharkov, Ukraine). *Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers*, 2018, no. 118, pp. 3—15.**

The dependence of main properties of samples from zirconia stabilized by CaO, on a phosphate binder from orthophosphoric acid on the  $P_2O_5$  content (0.8, 1.4, 2.0, 2.6 %) and their thermal treatment temperature (200, 400, 1000, 1200, 1400, 1580, 1750, 2000 °C) has been investigated. The optimal amount of the phosphate binder (2.0 % in  $P_2O_5$ ) was established, providing some increase in the strength of refractories made of zirconia stabilized by CaO, at temperatures of  $\sim 1750$ — $2000$  °C compared with other quantities of  $P_2O_5$ .

Using the petrographic and X-ray phase methods, the dependence of phase composition and structure of samples from zirconia stabilized by CaO, on the phosphate binder on the thermal treatment temperature and  $P_2O_5$  content was investigated.

As a result of the carried out studies, the production technology of ramming mass from CaO-stabilized zirconia and products from it on the binder made of orthophosphoric acid, designed for service temperatures up to  $2350$  °C, has been improved. Products manufactured according to the improved technology will increase their durability in the service and increase the operation duration of high-temperature industrial units.

*Key words:* properties, phase composition and structure of samples, stabilized zirconia, phosphate binder, thermal treatment temperature, durability in the service, operation duration.

*Bibliogr.:* 12 titles.

**Дослідження впливу зернового складу шихти на властивості корундооксидцирконійсилікатних та корундохромоксидцирконійсилікатних вогнетривів / В. В. Примаченко, І. Г. Шулик, Ю. С. Мішньова, К. І. Куценко, Ю. О. Крахмаль (АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного», м. Харків, Україна). *Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.* 2018. № 118. С. 16—25.**

Проведено порівняльні дослідження впливу зернового складу шихт із заповнювачем з електроплавленого корунду з максимальним розміром зерен 2,0 або 1,0 мм на властивості корундооксидцирконійсилікатних марки КЦС та корундохромоксидцирконійсилікатних марок КХЦС-30 і КХЦС-15 вогнетривів. Встановлено, що з шихт з максимальним розміром зерен 2,0 мм і вмістом в них фракції < 0,5 мм 20 % можливе отримання вогнетривів з властивостями, які наближаються за значеннями до властивостей вогнетривів з шихт з максимальним розміром зерен 1,0 мм і вмістом в них фракції < 0,5 мм 10 %. Показано, що для виготовлення корундохромоксидцирконійсилікатних вогнетривів з шихт оптимального зернового складу доцільно використання металургійного і пігментного оксиду хрому у співвідношенні 2 : 1 або повна заміна оксиду хрому шламом, що утворюється під час механічної обробки хромоксидних вогнетривкових виробів. Розроблені склади шихт дозволяють підвищити ефективність використання електроплавленого корунду при виготовленні корундооксидцирконійсилікатних та корундохромоксидцирконійсилікатних вогнетривів. Отримані результати використані при виготовленні виробів для скловарної печі промислової установки виробництва скловолокна зі скла «Е».

*Ключові слова:* корундооксидцирконійсилікатні та корундохромоксидцирконійсилікатні вогнетриви, шихта, зерновий склад, металургійний та пігментний оксид хрому, шлам, властивості, скловарна піч.

*Бібліогр.: 11 назв.*

**Исследование влияния зернового состава шихты на свойства корундооксидцирконийсилікатных и корундохромоксидцирконийсилікатных огнеупоров / В. В. Примаченко, И. Г. Шулик, Ю. С. Мишньова, К. И. Куценко, Ю. А. Крахмаль (АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного», г. Харьков, Украина). *Научные исследования по огнеупорам и технической керамике : сб. науч. тр.* 2018. № 118. С. 16—25.**

Проведены сопоставительные исследования влияния зернового состава шихт с заполнителем из электроплавленого корунда с максимальным размером зерен 2,0 либо 1,0 мм на свойства корундооксидцирконийсилікатных марки КЦС и корундохромоксидцирконийсилікатных марок КХЦС-30 и КХЦС-15 огнеупоров. Установлено, что из шихт с максимальным размером зерен 2,0 мм и содержанием в них фракции < 0,5 мм 20 % возможно получение огнеупоров со свойствами, приближающимися по значениям к свойствам огнеупоров из шихт с максимальным размером зерен 1,0 мм и содержанием фракции < 0,5 мм 10 %. Показано, что для изготовления корундохромоксидцирконийсилікатных огнеупоров из шихт оптимального зернового состава целесообразно использование

металлургического и пигментного оксида хрома в соотношении 2 : 1 либо полная замена оксида хрома шламом, образующимся при механической обработке хромоксидных огнеупорных изделий. Разработанные составы шихт позволяют повысить эффективность использования электроплавляемого корунда при изготовлении корундооксидцирконийсиликатных и корундохромоксидцирконийсиликатных огнеупоров. Полученные результаты использованы при изготовлении изделий для стекловаренной печи промышленной установки производства стекловолокна из стекла «Е».

*Ключевые слова:* корундооксидцирконийсиликатные и корундохромоксидцирконийсиликатные огнеупоры, шихта, зерновой состав, металлургический и пигментный оксид хрома, шлам, свойства, стекловаренная печь.

*Библиогр.: 11 назв.*

**Research of grain composition batch influence on alumina-zirconium silicate and alumina-chromia-zirconium silicate refractories properties / V. V. Primachenko, I. G. Shulik, Yu. Ye. Mishnyova, K. I. Kushchenko, Yu. O. KrakhmaI (JSC “URIR named after A. S. Berezhnoy”, Kharkov, Ukraine). *Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers*, 2018, no. 118, pp. 16—25.**

Comparative researches of grain composition batch influence with electrofusion corundum aggregate with a maximum grain size 2.0 mm or 1.0 mm on properties of alumina-zirconium silicate KTSS brand and alumina-chromia-zirconium silicate KCHTSS-30 and KCHTSS-15 brands refractories were carried out. It was established that, from batches with maximum grain size 2.0 mm and fraction content < 0.5 mm 20 % it is possible to obtain refractories with properties that approximate to the properties of refractories from batches with maximum grain size 1.0 mm and fraction content < 0.5 mm 10 %. It was shown that, for the manufacture of alumina-chromia-zirconium silicate refractories from optimal grain composition batches it is advisable to use metallurgical and pigment chromic oxide in the ratio of 2 : 1 or complete replacement of chromic oxide with mud, forming during mechanical treatment of chrome oxide refractory products. The developed compositions of batches make possible to increase efficiency of using electrofusion corundum in the manufacture of alumina-zirconium silicate and alumina-chromia-zirconium silicate refractories. Obtained results are used at making of products for glass melting furnace of industrial lining for fiberglass production from E glass.

*Key words:* alumina-zirconium silicate and alumina-chromia-zirconium silicate refractories, batch, grain composition, metallurgical and pigment chromic oxide, mud, properties, glass melting furnace.

*Bibliogr.: 11 titles.*

**Дослідження впливу вологості і тиску пресування на здатність до пресування маси із діоксиду цирконію, стабілізованого оксидом ітрію,**

і властивості зразків із неї / В. В. Примаченко, І. Г. Шулик, Т. Г. Гальченко, О. Б. Процак, Л. В. Белік (АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного», м. Харків, Україна). *Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.* 2018. № 118. С. 26—33.

Досліджено здатність до пресування маси конкретного складу — із плавленого діоксиду цирконію, стабілізованого  $\sim 10\%$  оксиду ітрію, і властивості зразків із неї залежно від її вологості (2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5 %) і питомого тиску пресування (50, 75, 100 Н/мм<sup>2</sup>). Встановлено оптимальну вологість формувальної маси (3,5—4,0 %) і тиску пресування (100 Н/мм<sup>2</sup>), які забезпечують отримання свіжосформованих зразків з максимально можливою для даної маси уявною щільністю 4,78—4,79 г/см<sup>3</sup>, висушених — з уявною щільністю 4,71—4,72 г/см<sup>3</sup> і з уявною щільністю, відкритою пористістю і границею міцності при стисненні випалених зразків відповідно 4,66—4,67 г/см<sup>3</sup>, 21,0—21,4 %, 38,6—39,0 Н/мм<sup>2</sup>. У результаті виконаних досліджень допрацьовано технологію виготовлення способом напівсухого пресування виробів марки ЦИС-1Т із плавленого діоксиду цирконію, стабілізованого  $\sim 10\%$  оксиду ітрію, що забезпечує зниження їх відкритої пористості на  $\sim 2\text{--}3\%$  і збільшення міцності при стисненні на  $\sim 11,4\%$  (відн.). Застосування цих виробів в установках вирощування монокристалів забезпечить більш високу їх стійкість в службі і тривалість експлуатації цих високотемпературних установок.

*Ключові слова:* вологість, тиск пресування, стабілізований діоксид цирконію, оксид ітрію, свіжосформовані, висушені та випалені зразки, властивості.

*Бібліогр.: 9 назв.*

**Исследование влияния влажности и давления прессования на пресуемость массы из диоксида циркония, стабилизированного оксидом иттрия, и свойства образцов из нее / В. В. Примаченко, И. Г. Шулик, Т. Г. Гальченко, Е. Б. Процак, Л. В. Белик (АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного», г. Харьков, Украина). *Научные исследования по огнеупорам и технической керамике: сб. науч. тр.* 2018. № 118. С. 26—33.**

Исследована пресуемость массы конкретного состава — из плавленого диоксида циркония, стабилизированного  $\sim 10\%$  оксида иттрия, и свойства образцов из нее в зависимости от ее влажности (2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5 %) и удельного давления прессования (50, 75, 100 Н/мм<sup>2</sup>). Установлены оптимальная влажность формовочной массы (3,5—4,0 %) и давление прессования (100 Н/мм<sup>2</sup>), обеспечивающие получение свежесформованных образцов с максимально возможной для данной массы кажущейся плотностью 4,78—4,79 г/см<sup>3</sup>, высушенных — с кажущейся плотностью 4,71—4,72 г/см<sup>3</sup> и с кажущейся плотностью, открытой пористостью и пределом прочности при сжатии обожженных образцов соответственно 4,66—4,67 г/см<sup>3</sup>, 21,0—21,4 %, 38,6—39,0 Н/мм<sup>2</sup>. В результате выполненных исследований доработана технология изготовления способом полусухого прессования изделий марки ЦИС-1Т из плавленого диоксида циркония, стабилизированного  $\sim 10\%$  оксида иттрия, обеспечивающая

сниження їх відкритої пористості на  $\sim 2\text{--}3\%$  і збільшення міцності при стисненні на  $\sim 11,4\%$  (відн.). Застосування цих виробів в установках вирощування монокристалів забезпечить більш високу їх стійкість в службі і продовжителю експлуатації цих високотемпературних установок.

*Ключевые слова:* вологість, тиск пресування, стабілізований діоксид цирконія, оксид іттрію, свіжесформовані, висушені і обожжені зразки, властивості.

*Библиогр.:* 9 назв.

**The influence investigation of moisture and pressure on the compressibility of mass from zirconia stabilized by yttrium oxide and the properties of samples from it / V. V. Primachenko, I. G. Shulik, T. G. Galchenko, E. B. Protsak, L. V. Belik (JSC “URIR named after A. S. Berezhnoy”, Kharkov, Ukraine). *Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers*, 2018, no. 118, pp. 26—33.**

The compressibility of mass with a particular composition — from fused zirconia, stabilized by  $\sim 10\%$  yttrium oxide, as well as the properties of samples from it depending on its moisture (2.5; 3.0; 3.5; 4.0; 4.5 %) and specific pressure (50, 75, 100 N/mm<sup>2</sup>) have been investigated. The optimum moisture content of the forming mass (3.5—4.0 %) and pressure (100 N/mm<sup>2</sup>) were established, providing fresh-formed samples with the maximum possible for the given mass apparent density of 4.78—4.79 g/cm<sup>3</sup>, dried — with an apparent density of 4.71—4.72 g/cm<sup>3</sup> and with an apparent density, open porosity and cold crushing strength of the fired samples respectively 4.66—4.67 g/cm<sup>3</sup>, 21.0—21.4 %, 38.6—39.0 N/mm<sup>2</sup>. As a result of the carried out studies, the production technology of TsIS-1T brand products from fused zirconia, stabilized by  $\sim 10\%$  yttrium oxide, by the method of semi-dry pressing was improved. This technology ensures a reduction in open porosity of these products by  $\sim 2\text{--}3\%$  and an increase in their cold crushing strength by  $\sim 11.4\%$  (rel.) The use of these products in single crystal growing plants will provide their higher durability in service and the operation duration of these high temperature plants.

*Key words:* moisture, pressure, stabilized zirconia, yttrium oxide, fresh-formed, dried and fired samples, properties.

*Библиогр.:* 9 titles.

**Дослідження впливу кількості добавки «Carbonxide» на властивості карбідкремнієвих вогнетривів на нітридкремнійвмісній зв'язці після випалу за температури 1450 °C у середовищі газоподібного азоту / В. В. Примаченко, Л. О. Бабкіна, Л. К. Савіна, Е. Л. Карякіна, Л. М. Щербак, А. С. Тінігін (АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного», м. Харків, Україна). *Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.* 2018. № 118. С. 34—48.**

Досліджено вплив кількості добавки «Carbonxide» на властивості пресованих карбідкремнієвих виробів на нітридкремнійвмісній зв'язці. Встановлено оптимальну кількість вказаної добавки.

На основі проведених досліджень можна зробити висновок про те, що поряд із добавками феросіліцію та нафтового коксу при виготовленні карбідкремнієвих виробів на нітридкремнійвмісній зв'язці товщиною більше 50 мм може бути використано добавку «Carbonxide».

Використання добавки «Carbonxide» замість добавок феросіліцію і нафтового коксу у складі шихти вогнетриву сприяє створенню мікропористої структури матеріалу та утворюванню зв'язки багатофазового складу ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\beta$ -сіалон,  $\beta$ -SiC, AlN), що загалом підвищує міцність вогнетриву.

Вироби з добавкою «Carbonxide» у кількості 2,5 % (понад 100 %) характеризуються наступними показниками фізико-хімічних властивостей: масова частка: SiC — 71,0 %,  $\text{Si}_{\text{ост.}}$  — 0,41 %, N — 7,15 %; границя міцності при стисненні — 216,0 Н/мм<sup>2</sup>, відкрита пористість — 16,8 %, уявна щільність — 2,58 г/см<sup>3</sup>, температура деформації під навантаженням 0,2 Н/мм<sup>2</sup> — > 1700 °С і відповідають вимогам технічних умов для марки КЖНК.

*Ключові слова:* карбідкремнієві вогнетриви на нітридкремнійвмісній зв'язці, добавка «Carbonxide», феросіліцій, нафтовий кокс, мікропориста структура, багатофазовий склад, міцність.

*Бібліогр.: 14 назв.*

**Исследование влияния количества добавки «Carbonxide» на свойства карбидкремниевых огнеупоров на нитридкремнийсодержащей связке после обжига при температуре 1450 °С в среде газообразного азота / В. В. Примаченко, Л. А. Бабкина, Л. К. Савина, Э. Л. Карякина, Л. М. Щербак, А. С. Тинигин (АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного», г. Харьков, Украина). *Научные исследования по огнеупорам и технической керамике* : сб. науч. тр. 2018. № 118. С. 34—48.**

Исследовано влияние количества добавки «Carbonxide» на свойства пресованных карбидкремниевых изделий на нитридкремнийсодержащей связке. Установлено оптимальное количество указанной добавки.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что наряду с добавками ферросилиция и нефтяного кокса при изготовлении карбидкремниевых изделий на нитридкремнийсодержащей связке толщиной более 50 мм может быть использована добавка «Carbonxide».

Использование добавки «Carbonxide» взамен добавок ферросилиция и нефтяного кокса в составе шихты огнеупора способствует созданию микропористой структуры материала и образованию связки многофазового состава ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\beta$ -сіалон,  $\beta$ -SiC, AlN), что в целом увеличивает прочность огнеупора.

Изделия с добавкой «Carbonxide» в количестве 2,5 % (сверх 100 %) характеризуются следующими показателями физико-химических свойств: массовая доля: SiC — 71,0 %,  $\text{Si}_{\text{ост.}}$  — 0,41 %, N — 7,15 %; предел



прочности при сжатии — 216,0 Н/мм<sup>2</sup>, открытая пористость — 16,8 %, кажущаяся плотность — 2,58 г/см<sup>3</sup>, температура деформации под нагрузкой 0,2 Н/мм<sup>2</sup> — > 1700 °С и соответствуют требованиям технических условий для марки КЖКЖ.

*Ключевые слова:* карбидкремниевые огнеупоры на нитриднекремний-содержащей связке, добавка «Carbonxide», ферросилиций, нефтяной кокс, микропористая структура, многофазовый состав, прочность.

*Библиогр.: 14 назв.*

**Investigation of the amount influence of the “Carbonxide” additive on the properties of silicon carbide refractories on the nitride-silicon-containing binder after firing at a temperature of 1450 °C in a nitrogen gas medium / V. V. Primachenko, L. A. Babkina, L. K. Savina, E. L. Karyakina, L. M. Scherbak, A. S. Tinigin (JSC “URIR named after A. S. Berezhnoy”, Kharkov, Ukraine). *Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers*, 2018, no. 118, pp. 34—48.**

The amount influence of the “Carbonxide” additive on the properties of pressed silicon-carbide products on the nitride-silicon-containing binder has been studied. The optimal amount of the indicated additive was established.

On the basis of carried out studies, it can be concluded that, along with the addition of ferrosilicon and petroleum coke, in the manufacture of carbide-silicon products on a nitride-silicon-containing binder with a thickness of more than 50 mm, the “Carbonxide” additive can be used.

The use of the “Carbonxide” additive instead of the addition of ferrosilicon and petroleum coke as part of the refractory batch contributes to the creation of microporous structure of the material and the binder formation of multiphase composition (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, α -sialon, β -SiC, AlN), which generally increases the refractory strength.

Products with the “Carbonxide” addition in the amount of 2.5 % (in excess of 100 %) are characterized by the following indicators of physico-chemical properties: content, mass % : SiC — 71.0, Si<sub>residual</sub> — 0.41, N — 7.15; cold crushing strength — 216.0 N/mm<sup>2</sup>, open porosity — 16.8, apparent density — 2.58 g/cm<sup>3</sup>, refractoriness under load 0.2 N/mm<sup>2</sup> — > 1700 °C and meet the requirements of the technical conditions for the brand КЖКЖ.

*Key words:* silicon carbide refractories on the nitride-silicon-containing binder, “Carbonxide” additive, ferrosilicon, petroleum coke, microporous structure, multiphase composition, strength.

*Bibliogr.: 14 titles.*

**Дослідження фізико-механічних властивостей карбідкремнієвих матеріалів з використанням дистен-силіманітової сировини України / Д. А. Бражник, Г. Д. Семченко, Г. М. Шабанова, І. М. Рожко, В. В. Макаренко (НТУ «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна). *Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.* 2018. № 118. С. 49—55.**



Структурне руйнування є меншим у виробів, що застосовуються в різних печах чорної та кольорової металургії, на поверхні яких під час служби створюється розплав з високою в'язкістю. Враховуючи це, представляється доцільним використовувати карбідкремнієві матеріали, зерна яких вкрито кварцитовою плівкою, що захищає SiC від швидкого руйнування в кисневому середовищі. Для створення кварцитової плівки на зернах карборунду необхідно введення кварцвмісної сировини, зокрема, дистен-силіманітового концентрату, що дозволяє створити необхідний фазовий склад футерувальної маси в процесі підйому температури на початковому етапі роботи печі. У статті розглянуто питання можливості використання дистен-силіманітового концентрату виробництва України при розробці складів карбідкремнієвих матеріалів. Наведено різні типи зв'язуючого (етилсилікат ЕТС-40, ЕТС 40/60, ЛСТ, термопласт), варіації їх співвідношення поміж собою, а також з різною кількістю дистен-силіманітового концентрату. Показано можливість контролю фізико-механічних характеристик матеріалів шляхом регулювання співвідношення компонентів зв'язуючого і дистен-силіманітового концентрату. Встановлено найкраще поєднання характеристик карбідкремнієвих матеріалів, які досягаються при використанні конкретної кількості дистен-силіманітового концентрату.

*Ключові слова:* карбідкремнієві матеріали, дистен-силіманітовий концентрат, зв'язуюче, етилсилікат, термопласт, міцність, відкрита пористість.

*Бібліогр.: 9 назв.*

**Исследование физико-механических свойств карбидкремниевых материалов при использовании дистен-силлиманитового сырья Украины / Д. А. Бражник, Г. Д. Семченко, Г. Н. Шабанова, И. Н. Рожко, В. В. Макаренко (НТУ «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина). *Научные исследования по огнеупорам и технической керамике : сб. науч. тр.* 2018. № 118. С. 49—55.**

Структурное разрушение меньше у изделий, применяющихся в различных печах черной и цветной металлургии, на поверхности которых во время службы образуется расплав с высокой вязкостью. С учетом этого, представляется целесообразным использовать карбидкремниевые материалы, зерна которых покрыты кварцовой пленкой, защищающей SiC от быстрого разрушения в окислительной среде. Для образования кварцовой пленки на зернах карборунда необходимо введение кварцсодержащего сырья, в частности, дистен-силлиманитового концентрата, что позволяет создать необходимый фазовый состав футеровочной массы в процессе подъема температуры на начальном этапе работы печи. В статье рассматривается вопрос возможности использования дистен-силлиманитового концентрата производства Украины при разработке составов карбидкремниевых материалов. Приведены различные виды связующего (этилсиликат ЭТС-40, ЭТС 40/60, ЛСТ, термопласт), варианты их соотношения между собой, а также с различным количеством дистен-силлиманитового концентрата. Показана возможность контроля

физико-механических характеристик материалов путем регулирования соотношения компонентов связующего и дистен-силлиманитового концентрата. Установлено наилучшее сочетание характеристик карбидкремниевых материалов, которые достигаются при использовании конкретного количества дистен-силлиманитового концентрата.

*Ключевые слова:* карбидкремниевые материалы, дистен-силлиманитовый концентрат, связующее, этилсиликат, термопласт, прочность, открытая пористость.

*Библиогр.: 9 назв.*

**Investigation of physicomachanical properties of carbide-silicon materials using the disthen-sillimanite raw material of Ukraine / D. A. Brazhnik, G. D. Semchenko, G. N. Shabanova, I. N. Rozhko, V. V. Makarenko (NTU “Kharkov Polytechnic Institute”, Kharkov, Ukraine). *Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers*, 2018, no. 118, pp. 49—55.**

Structural destruction is less for products used in various furnaces of ferrous and non-ferrous metallurgy, on the surface of which a melt with a high viscosity is formed during service. With this in mind, it seems appropriate to use silicon carbide materials, the grains of which are coated with a quartz film that protects SiC from rapid destruction in an oxidizing medium. To form a quartz film on carborundum grains, it is necessary to introduce quartz-containing raw materials, in particular, disthen-sillimanite concentrate, which allows to create the necessary phase composition of the lining mass in the process of raising the temperature at the initial stage of the furnace operation. The article is considered the possibility of using the disthen-sillimanite raw materials of Ukraine in the development of carbide-silicon materials. Various types of binder (ethyl silicate ETS-40, ETS 40/60, TLS, thermoplastic), variants of their correlation among themselves, and also with a different amount of disthen-sillimanite concentrate, are given. The possibility of controlling the physical and mechanical characteristics of materials by adjustment of the components ratio of binder and disthen-sillimanite concentrate is shown. The best combination of characteristics of silicon carbide materials, which is achieved by using a specific amount of disthen-sillimanite concentrate, is established.

*Key words:* carbide-silicon materials, disthen-sillimanite concentrate, binder, ethyl silicate, thermoplastic, strength, open porosity.

*Bibliogr.: 9 titles.*

**Дослідження впливу кількості корундооксидцирконійсилікатного матеріалу на властивості набивної муліткорундової маси та зразків із неї / В. В. Примаченко, Л. О. Бабкіна, І. В. Хончик, Л. М. Нікуліна, А. С. Тінігін, Т. Г. Тишина (АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного», м. Харків, Україна). *Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.* 2018. № 118. С. 56—68.**

Виконані дослідження впливу кількості корундооксидцирконійсилікатного матеріалу на властивості набивної мулітокорундової маси марки ММК-90 та зразків із неї.

Встановлено оптимальну кількість вищевказаного матеріалу (40 мас. %), використання якого в складі набивної мулітокорундової маси забезпечує підвищення термостійкості виготовлених із неї зразків (~ в 2,0 раза) при достатньо високих показниках їх міцності та шлакостійкості, хоча й більш низьких, особливо суттєво по міцності, ніж зразків без корундооксидцирконійсилікатного матеріалу.

У результаті виконаних досліджень розроблено новий вид продукції — набивна мулітокорундова маса марки ММКЦ з діоксидцирконій-вмісним компонентом.

Набивна маса розробленого складу характеризується наступними показниками фізико-хімічних властивостей:  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — не менше 87,0 %;  $\text{SiO}_2$  — у межах 5,0—7,0 %;  $\text{ZrO}_2$  — у межах 1,0—3,0 %;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — не більше 1,0 %;  $\text{P}_2\text{O}_5$  — у межах 2,5—3,5 %; зерновий склад, мм — 3—0; границя міцності при стисненні зразків із маси після випалу за температури 1580 °С — не менше 80,0 Н/мм<sup>2</sup>.

Розроблена набивна маса рекомендується для виконання монолітних футерівок теплових агрегатів з температурою служби до 1700 °С, зокрема, індукційних каналних і тигельних печей, які експлуатуються в умовах різких температурних коливань, що виникають при циклічній роботі чи непередбачених зупинках агрегату.

*Ключові слова:* набивна мулітокорундова маса, корундооксидцирконійсилікатний матеріал, діоксидцирконійвмісний компонент, термостійкість, міцність, шлакостійкість, індукційні каналні та тигельні печі.

*Бібліогр.: 11 назв.*

**Исследование влияния количества корундооксидцирконийсилікатного материала на свойства набивной муллитокорундовой массы и образцов из нее / В. В. Примаченко, Л. А. Бабкина, И. В. Хончик, Л. Н. Никулина, А. С. Тинигин, Т. Г. Тишина (АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного», г. Харьков, Украина). *Научные исследования по огнеупорам и технической керамике: сб. науч. тр.* 2018. № 118. С. 56—68.**

Выполнены исследования влияния количества корундооксидцирконийсилікатного материала на свойства набивной муллитокорундовой массы марки ММК-90 и образцов из нее.

Установлено оптимальное количество вышеуказанного материала (40 мас. %), использование которого в составе набивной муллитокорундовой массы обеспечивает повышение термостойкости изготовленных из нее образцов (~ в 2,0 раза) при достаточно высоких показателях их прочностных свойств и шлакоустойчивости, хотя и более низких, особенно существенно по прочности, чем образцов без корундооксидцирконийсилікатного материала.

В результате выполненных исследований разработан новый вид продукции — набивная муллитокорундовая масса марки ММКЦ с диоксидцирконийсодержащим компонентом.

Набивная масса разработанного состава характеризуется следующими показателями физико-химических свойств:  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — не менее 87,0 %;  $\text{SiO}_2$  — в пределах 5,0—7,0 %;  $\text{ZrO}_2$  — в пределах 1,0—3,0 %;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — не более 1,0 %;  $\text{P}_2\text{O}_5$  — в пределах 2,5—3,5 %; зерновой состав, мм — 3—0; предел прочности при сжатии образцов из массы после обжига при температуре 1580 °C — не менее 80,0 Н/мм<sup>2</sup>.

Разработанная набивная масса рекомендуется для выполнения монолитных футеровок тепловых агрегатов с температурой службы до 1700 °C, в частности, индукционных канальных и тигельных печей, работающих в условиях резких температурных колебаний, которые возникают при циклической работе или непредвиденных остановках агрегата.

*Ключевые слова:* набивная муллитокорундовая масса, корундооксидцирконийсиликатный материал, диоксидцирконийсодержащий компонент, термостойкость, прочность, шлакоустойчивость, индукционные канальные и тигельные печи.

*Библиогр.: 11 назв.*

**Investigation of the amount influence of corundum-zirconium-silicate material on the properties of ramming mullite-corundum mass and samples from it / V. V. Primachenko, L. A. Babkina, I. V. Khonchik, L. N. Nikulina, A. S. Tinigin, T. G. Tishina (JSC “URIR named after A. S. Berezhnoy”, Kharkov, Ukraine). *Scientific research on refractories and technical ceramics: collection of scientific papers*, 2018, no. 118, pp. 56—68.**

Investigations of the amount influence of corundum-zirconium-silicate material on the properties of ramming mullite-corundum mass of MMK-90 grade and samples from it are carried out.

The optimum amount of the above material (40 % by weight) is established, the use of which in the composition of ramming mullite-corundum mass provides an increase in thermal shock resistance of the samples made of it (~2.0 times more) with sufficiently high strength properties and slag resistance, albeit lower, especially significant in strength, than samples without corundum-zirconium-silicate material.

As a result of the carried out researches a new type of production is developed — ramming mullite-corundum mass of MMKTS grade with zirconium-containing component.

The ramming mass of developed composition is characterized by the following indices of physical and chemical properties:  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — not less than 87.0 %;  $\text{SiO}_2$  — within the range of 5.0—7.0 %;  $\text{ZrO}_2$  — in the range of 1.0—3.0 %;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — not more than 1.0 %;  $\text{P}_2\text{O}_5$  — in the range of 2.5—3.5 %; grain composition, mm — 3—0; cold crushing strength of samples from the mass after firing at a temperature of 1580 °C is not less than 80.0 N/mm<sup>2</sup>.

The developed ramming mass is recommended for making monolithic linings of thermal units with a service temperature of up to 1700 °C, in particular induction channel and crucible furnaces operating under conditions of sharp temperature fluctuations that occur during cyclic operation or unforeseen stops of the unit.

*Key words:* ramming mullite-corundum mass, corundum-zirconium-

silicate material, zirconium-containing component, thermal shock resistance, strength, slag resistance, induction channel and crucible furnaces.

*Bibliogr.: 11 titles.*

**Дослідження впливу дисперсності, виду тонкомеленої складової та виду диспергуючих добавок на властивості низькоцементної бетонної суміші основного складу та зразків із неї / В. В. Примаченко, Л. О. Бабкіна, І. В. Хончик, Л. М. Нікуліна, Т. Г. Тишина, Е. Л. Карякина (АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного», м. Харків, Україна). *Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки: зб. наук. пр.* 2018. № 118. С. 69—86.**

Проведено дослідження та розроблено технологічні параметри отримання низькоцементної периклазової бетонної суміші, бетону та виробів із неї на основі спеченого периклазу, лому периклазових виробів, високоглиноземистого цементу та диспергуючих добавок. Установлено можливість використання як цементу ВГЦ-73 власного виробництва АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного», так й цементу Gorkal-70 (Польща). Установлені дисперсність тонкомеленої складової шихти (переважно периклаз і в невеликій кількості високоглиноземистий цемент) та можливість використання як диспергуючі добавки Castament FS-10+ + Castament FW-10 (Німеччина), SioxX-Mag (Норвегія) і Lithopix P 5 (Німеччина). Більш ефективними, з точки зору отримання периклазових бетонних виробів з кращими службовими властивостями, є добавки Castament FS-10 + FW-10 і SioxX-Mag. Установлено температуру термообробки невивалених виробів (350 °С), температуру випалу виробів (~ 1450 °С) і можливу температуру використання вивалених виробів (1580 °С і вище).

Розроблені низькоцементні периклазові бетонні суміші та зразки з них характеризуються, залежно від використаних диспергуючих добавок, наступними показниками фізико-хімічних властивостей: масова доля MgO — 85—86 %, SiO<sub>2</sub> — 2,0—6,0 %, CaO — 1,5—2,5 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — не більше 2,0 %; зерновий склад, мм — 6—0; відкрита пористість зразків після термообробки за температури 350 і 1450 °С — 20,3—23,0 і 18,8—22,8 % відповідно; уявна щільність зразків після термообробки за температури 350 і 1450 °С — 2,63—2,69 і 2,74—2,86 г/см<sup>3</sup> відповідно; границя міцності при стисненні зразків після термообробки за температури 350, 1450 і 1580 °С — 19—38, 31—65 і 29—72 Н/мм<sup>2</sup> відповідно; температура початку деформації зразків під навантаженням 0,2 Н/мм<sup>2</sup> після термообробки за 1450 °С — 1450—1470 °С.

Розроблені низькоцементні периклазові бетонні суміші та вироби з них рекомендуються для служби в умовах, у першу чергу, дії основних шлаків. Виготовлення сумішей та виробів із них освоєно на дослідному виробництві АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного».

*Ключові слова:* низькоцементна периклазова бетонна суміш, тонкомелена складова, диспергуючі добавки, технологічні параметри, властивості, температура використання.

*Бібліогр.: 9 назв.*

**Исследование влияния дисперсности, вида тонкомолотой составляющей и вида диспергирующих добавок на свойства низкоцементной бетонной смеси основного состава и образцов из нее / В. В. Примаченко, Л. А. Бабкина, И. В. Хончик, Л. Н. Никулина, Т. Г. Тишина, Э. Л. Карякина (АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного», г. Харьков, Украина). *Научные исследования по огнеупорам и технической керамике* : сб. науч. тр. 2018. № 118. С. 69—86.**

Проведены исследования и разработаны технологические параметры получения низкоцементной периклазовой бетонной смеси, бетона и изделий из нее на основе спеченного периклаза, лома периклазовых изделий, высокоглиноземистого цемента и диспергирующих добавок. Установлена возможность применения как цемента ВПЦ-73 собственно производства АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного», так и цемента Gorkal-70 (Польша). Установлены дисперсность тонкомолотой составляющей шихты (преимущественно периклаз и в небольшом количестве высокоглиноземистый цемент) и возможность применения в качестве диспергирующих добавок Castament FS-10 + Castament FW-10 (Германия), SiохХ-Mag (Норвегия) и Lithopix P 5 (Германия). Более эффективными, с точки зрения получения периклазовых бетонных изделий с лучшими служебными свойствами, являются добавки Castament FS-10 + FW-10 и SiохХ-Mag. Установлены температура термообработки безобжиговых изделий (350 °С), температура обжига изделий (~ 1450 °С) и возможная температура применения обожженных изделий (1580 °С и выше).

Разработанные низкоцементные периклазовые бетонные смеси и образцы из них характеризуются, в зависимости от примененных диспергирующих добавок, следующими показателями физико-химических свойств: массовая доля MgO — 85—86 %, SiO<sub>2</sub> — 2,0—6,0 %, CaO — 1,5—2,5 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — не более 2,0 %; зерновой состав, мм — 6—0; открытая пористость образцов после термообработки при температурах 350 и 1450 °С — 20,3—23,0 и 18,8—22,8 % соответственно; кажущаяся плотность образцов после термообработки при температурах 350 и 1450 °С — 2,63—2,69 и 2,74—2,86 г/см<sup>3</sup> соответственно; предел прочности при сжатии образцов после термообработки при 350, 1450 и 1580 °С — 19—38, 31—65 и 29—72 Н/мм<sup>2</sup> соответственно; температура начала деформации образцов под нагрузкой 0,2 Н/мм<sup>2</sup> после термообработки при 1450 °С — 1450—1470 °С.

Разработанные низкоцементные периклазовые бетонные смеси и изделия из них рекомендуются для службы в условиях, прежде всего, воздействия основных шлаков. Изготовление смесей и изделий из них освоено на опытном производстве АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного».

*Ключевые слова:* низкоцементная периклазовая бетонная смесь, тонкомолотая составляющая, диспергирующие добавки, технологические параметры, свойства, температура применения.

*Библиогр.: 9 назв.*

**Effect investigation of the dispersion and type of fine-ground component, as well as the type of dispersing additives on the properties of low-cement**

periclase castable and samples from it / V. V. Primachenko, L. A. Babkina, I. V. Khonchik, L. N. Nikulina, T. G. Tishina, E. L. Karyakina (JSC “URIR named after A. S. Berezhnoy”, Kharkov, Ukraine). *Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers*, 2018, no. 118, pp. 69—86.

Researches have been carried out, as well as technological parameters have been developed for obtaining of low-cement periclase castable and products from it based on sintered periclase, periclase scrap, high alumina cement and dispersing additives. The possibility of using as cement brand of “VGTS-73” of own production of JSC “URIR named after A. S. Berezhnoy”, as well as cement Gorkal-70 (Poland) is established. The dispersion of fine-ground component of charge (mainly periclase and in a small amount of high-alumina cement) and the possibility of using Castament FS-10 + Castament FW-10 (Germany), SiOX-Mag (Norway) and Lithopix P 5 (Germany) are established. Castament FS-10 + FW-10 and SiOX-Mag are more effective in terms of obtaining periclase castable products with better service properties. The temperature of thermal treatment of unburned products (350 °C), the firing temperature of products (~ 1450 °C) and the possible application temperature of fired products (1580 °C and above) are established.

The developed low-cement periclase castables and samples from them are characterized, depending on the used dispersing additives, by the following indicators of physicochemical properties: content, wt. %: MgO — 85—86, SiO<sub>2</sub> — 2.0—6.0, CaO — 1.5—2.5, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — not more than 2.0; grain composition, mm — 6—0; open porosity of the samples after thermal treatment at temperatures of 350 and 1450 °C is 20.3—23.0 and 18.8—22.8 %, respectively; apparent density of the samples after thermal treatment at temperatures of 350 and 1450 °C is 2.63—2.69 and 2.74—2.86 g/cm<sup>3</sup>, respectively; cold crushing strength of the samples after thermal treatment at 350, 1450 and 1580 °C — 19—38, 31—65 and 29—72 N/mm<sup>2</sup>, respectively; refractoriness under a load of 0.2 N/mm<sup>2</sup> of the samples after thermal treatment at 1450 °C is 1450—1470 °C.

The developed low-cement periclase castables and products from them are recommended for service in the conditions, above all, the impact of basis slags. The manufacture of castables and products from them is mastered at the pilot production of JSC “URIR named after A. S. Berezhnoy”.

*Key words:* low-cement periclase castable, fine-ground component, dispersing additives, technological parameters, properties, application temperature.

*Bibliogr.:* 9 titles.

**Дослідження реологічних і ливарних властивостей глиноземистих шликерів і зразків із них, що містять нову диспергуючу добавку та її комбінації зі зміцнюючою добавкою / В. В. Примаченко, К. І. Кущенко, Ю. О. Крахмаль, Ю. Є. Мішньова (АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного», м. Харків, Україна). *Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.* 2018. № 118. С. 87—101.**



В АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного» розроблено й впроваджено технологію корундової кераміки, яка передбачає виготовлення високовогнетривких корундових особливощільних виробів різними методами формування, серед яких значне місце займає шликерне лиття у гіпсову форму. Перевагою даного методу є простота обладнання, відносно невисока вартість форм і оснастки, а також можливість виготовлення виробів, різноманітних за формою, розмірами та масою.

Залежно від товщини стінки виробу застосовують два способи шликерного лиття: наливний, яким відливають вироби складної конфігурації, ізолятори, стрижні, пластини, ступки та товчачики, а також вироби з товщиною стінки 4—5 мм і більше, для чого рекомендують використовувати глиноземистий шликер зі щільністю 2,5 г/см<sup>3</sup> з глинозему марки MARTOXID з диспергуючою добавкою (на основі водного розчину амонієвої солі акрилового сополімеру), та зливний спосіб, яким відливають порожнисті вироби у вигляді тиглів, чохлів, труб, кювет, човників і т. п. з товщиною стінки 1—3 мм, для чого рекомендують використовувати глиноземистий шликер зі щільністю 2,1 г/см<sup>3</sup> з глинозему марки MARTOXID з тієї ж диспергуючою добавкою (на основі водного розчину амонієвої солі акрилового сополімеру), але в комбінації зі зміцнюючою добавкою (водного дисперсного полімеру).

У роботі виконано дослідження реологічних властивостей глиноземистих шликерів із глинозему марки MARTOXID, що містять нову диспергуючу добавку на основі карбонової кислоти та її комбінацію зі зміцнюючою добавкою.

Встановлено, що оптимальні значення реологічних та ливарних властивостей шликерів, щоб забезпечити отримання виливків з максимальною щільністю, досягаються при введенні 0,3 і 0,2 % диспергуючої добавки в шликери зі щільністю 2,5 та 2,1 г/см<sup>3</sup> відповідно.

Встановлено, що, хоча при використанні диспергуючої добавки на основі карбонової кислоти щільність сирцю корундової кераміки виходить нижчою, ніж з диспергуючою добавкою водного розчину амонієвої солі акрилового сополімеру, однак вона є достатньою для отримання таких самих високоякісних випалених за 1580 °С виробів (відкрита пористість не > 0,8%) при декілька більш високому їх зсідання при випалюванні, тобто застосування зазначеної добавки, в разі необхідності, можливо.

*Ключові слова:* реологічні та ливарні властивості, глинозем, глиноземисті шликери, диспергуюча добавка, зміцнююча добавка.

*Бібліогр.: 14 назв.*

**Исследование реологических и литьевых свойств глиноземистых шликеров и образцов из них, содержащих новую диспергирующую добавку и ее комбинации с упрочняющей добавкой / В. В. Примаченко, К. И. Кущенко, Ю. А. Крахмаль, Ю. Е. Мишнева (АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного», г. Харьков, Украина). *Научные исследования по огнеупорам и технической керамике: сб. науч. тр.* 2018. № 118. С. 87—101.**

В АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного» разработана и внедрена технология корундовой керамики, предусматривающая изготовление

высокоогнеупорных корундовых особоплотных изделий различными методами формования, среди которых значительное место занимает шликерное литье в гипсовую форму. Преимуществом данного метода является простота оборудования, относительно невысокая стоимость форм и оснастки, а также возможность изготовления изделий, разнообразных по форме, размерам и массе.

В зависимости от толщины стенки изделия применяют два способа шликерного литья: наливной, которым отливают изделия сложной конфигурации, изоляторы, стержни, пластины, ступки и пестики, а также изделия с толщиной стенки 4—5 мм и более, для чего рекомендуют использовать глиноземистый шликер с плотностью 2,5 г/см<sup>3</sup> из глинозема марки MARTOXID с диспергирующей добавкой (на основе водного раствора аммониевой соли акрилового сополимера), и сливной способ, которым отливают полые изделия в виде тиглей, чехлов, труб, кювет, лодочек и т. п. с толщиной стенки 1—3 мм, для чего рекомендуют использовать глиноземистый шликер с плотностью 2,1 г/см<sup>3</sup> из глинозема марки MARTOXID с той же диспергирующей добавкой (на основе водного раствора аммониевой соли акрилового сополимера), но в комбинации с упрочняющей добавкой (водного дисперсного полимера).

В работе выполнены исследования реологических свойств глиноземистых шликеров из глинозема марки MARTOXID, содержащих новую диспергирующую добавку на основе карбоновой кислоты и ее комбинацию с упрочняющей добавкой.

Установлено, что оптимальные значения реологических и литьевых свойств шликеров, обеспечивающие получение отливок с максимальной плотностью, достигаются при введении 0,3 и 0,2 % диспергирующей добавки в шликеры с плотностью 2,5 и 2,1 г/см<sup>3</sup> соответственно.

Установлено, что, хотя при использовании диспергирующей добавки на основе карбоновой кислоты плотность сырца корундовой керамики получается более низкой, чем с диспергирующей добавкой водного раствора аммониевой соли акрилового сополимера, однако она является достаточной для получения таких же высококачественных обожженных при 1580 °С изделий (открытая пористость не > 0,8 %) при несколько более высокой их усадке в обжиге, то есть применение указанной добавки, в случае необходимости, возможно.

*Ключевые слова:* реологические и литьевые свойства, глинозем, глиноземистые шликеры, диспергирующая добавка, упрочняющая добавка.

*Библиогр.: 14 назв.*

**Research of the rheological and casting properties of alumina slips and samples from them containing a new dispersing addition and its combination with a hardening addition / V. V. Primachenko, K. I. Kushchenko, Yu. A. Krakhamal, Yu. Ye. Mishnyova (JSC “URIR named after A. S. Berezhnoy”, Kharkov, Ukraine). *Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers*, 2018, no. 118, pp. 87—101.**

The corundum ceramics technology has been developed and implemented at JSC “The URIR named after A. S. Berezhnoy”, which involves the production of high refractory corundum high density products using different methods of forming. A slip casting in gypsum form is one of the often used for forming a corundum ceramics production. The advantage of this method is the simplicity of the equipment, the relatively low cost of forms, as well as the possibility of manufacturing products of various shapes, sizes and weights.

In depending of the wall thickness of the product using two methods of slip casting: bulk method with using a slip with a density of  $2.5 \text{ g/cm}^3$  of alumina MARTOXID brand with a dispersing addition (based on an aqueous solution of an ammonium salt of an acrylic copolymer) in an amount of 0.4 % for casting products of complex configuration, insulators, rods, plates, mortars, pestles, and for casting thick-walled products (4—5 mm and more) and a drain method with using a slip with a density of  $2.1 \text{ g/cm}^3$  of alumina MARTOXID brand with a dispersing addition in an amount of 0.3 % and a hardening addition in an amount of 0.2 % for casting hollow articles in the form of crucibles, covers, pipes, a ditch, boats, etc. for casting thin-walled products (1—3 mm).

The researches of rheological properties of alumina slips from alumina MARTOXID brand which contain a new dispersing addition based on carboxylic acid and its combination with a hardening addition were carried out in this work.

The optimum values of rheological and casting properties of the slips, ensuring the production of castings with a maximum density, are achieved with the introduction of 0.3 and 0.2 % dispersing addition into the slips with a density of 2.5 and  $2.1 \text{ g/cm}^3$  respectively were established.

It was established that, at use of the dispersing addition based on carboxylic acid the apparent density of green body corundum ceramics lower than with the dispersing addition based on an aqueous solution of an ammonium salt of an acrylic copolymer, but it is sufficient to produce the same high-quality products after firing at  $1580^\circ\text{C}$  (open porosity is not  $> 0.8\%$ ) with a slightly higher shrinkage during firing, i. e. the use of this addition, if necessary, is possible.

*Key words:* rheological and casting properties, alumina, alumina slips, dispersing addition, hardening addition.

*Bibliogr.: 14 titles.*

**Дослідження пластичної міцності глиноземистих мас для формування корундової кераміки методом екструзії залежно від їх вологості / В. В. Примаченко, К. І. Куценко, Ю. О. Крахмаль, Ю. С. Мішньова (АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного», м. Харків, Україна). *Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки* : зб. наук. пр. 2018. № 118. С. 102—110.**

Однією з характеристик, яка дозволяє оцінити пластичність керамічних мас, є пластична міцність структури — максимальна напруга

зсуву, яку може витримати пластична маса при статичній напрузі. Виконано дослідження залежності пластичної міцності глиноземистих мас із глиноземів марки MARTOXID та СТ 3000 на зв'язці з борошна від їх вологості і часу зберігання. Визначення пластичної міцності мас здійснювали на конічному пластометрі КП-3, для чого використовували конус з кутом при вершині  $30^\circ$  (маса конуса разом зі штангою складає 0,8056 кг). Встановлено, що оптимальна вологість глиноземистих мас для формування виробів із корундової кераміки методом екструзії з глинозему марки MARTOXID становить 19 %, а з глинозему марки СТ 3000 — 20 %, вилежування вищезазначених мас та час їх зберігання залежно від технологічної необхідності і можливостей може становити 1—7 діб. Зразки виробів корундової кераміки, які отримано методом екструзії з глиноземів марки MARTOXID та СТ 3000 з оптимальною вологістю маси, після випалу за  $1580^\circ\text{C}$  характеризуються низькою відкритою пористістю та відповідають вимогам до виробів високовогнетривких корундових особливоцільних (відкрита пористість не більше 0,8 %).

*Ключові слова:* глинозем, глиноземисті маси, корундова кераміка, метод екструзії, пластометр, пластична міцність, пористість, вологість, час зберігання.

*Бібліогр.:* 12 назв.

**Исследование пластической прочности глиноземистых масс для формования корундовой керамики методом экструзии в зависимости от их влажности / В. В. Примаченко, К. И. Куценко, Ю. А. Крахмаль, Ю. Е. Мишнева (АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного», г. Харьков, Украина). *Научные исследования по огнеупорам и технической керамике* : сб. науч. тр. 2018. № 118. С. 102—110.**

Одной из характеристик, позволяющей оценить пластичность и формуемость керамических масс, является пластическая прочность структуры — предельное напряжение сдвига, которое может выдержать пластичная масса при статическом напряжении. Выполнены исследования зависимости пластической прочности глиноземистых масс из глиноземов марки MARTOXID и СТ 3000 на мучной связке от их влажности и времени хранения. Определение пластической прочности масс осуществляли на коническом пластометре КП-3, для чего использовали конус с углом при вершине  $30^\circ$  (масса конуса вместе со штангой составляет 0,8056 кг). Установлено, что оптимальная влажность глиноземистых масс для формования изделий из корундовой керамики методом экструзии из глинозема марки MARTOXID составляет 19 %, а из глинозема марки СТ 3000 — 20 %, вылеживание вышеуказанных масс и время их хранения в зависимости от технологической необходимости и возможностей может составлять 1—7 суток. Образцы изделий корундовой керамики, полученные методом экструзии из глиноземов марки MARTOXID и СТ 3000 с оптимальной влажностью массы, после обжига при  $1580^\circ\text{C}$  характеризуются низкой открытой пористостью и соответствуют требованиям к изделиям высокоогнеупорным корундовым особопрочным (открытая пористость не более 0,8 %).

*Ключевые слова:* глинозем, глиноземистые массы, корундовая керамика, метод экструзии, пластометр, пластичная прочность, пористость, влажность, время хранения.

*Библиогр.: 12 назв.*

**Research of the plastic strength of alumina mass for molding corundum ceramics by extrusion depending on them humidity / V. V. Primachenko, K. I. Kushchenko, Yu. A. Krakhmal, Yu. Ye. Mishnyova (JSC “URIR named after A. S. Berezhnoy”, Kharkov, Ukraine). *Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers*, 2018, no. 118, pp. 102—110.**

One of the characteristics that makes it possible to evaluate the plasticity and formability of ceramic masses is the plastic strength of structure — the ultimate shear stress that the plastic mass can withstand under static stress. The dependence researches of the plastic strength of alumina masses from alumina MARTOXID and CT 3000 brands on a flour binder on their humidity and keeping time were carried out. The determination of the plastic strength of the masses was carried out on a KP-3 conical plastometer, for which purpose a cone with an apex angle of 30° was used (mass of the cone together with rod is 0.8056 kg). The optimum humidity of alumina masses for the molding of corundum ceramics by extrusion from alumina MARTOXID brand is 19 % and from alumina CT 3000 brand is 20 % were established. In depending on technological needs and capabilities were set that, the keeping time of alumina masses with the optimum humidity can be 1—7 days. The samples of corundum ceramics received by extrusion from the alumina mass of alumina MARTOXID and CT 3000 brands with optimum humidity after firing at 1580 °C are characterized by low open porosity and correspond to high refractories corundum high-density products requirements (open porosity no more 0.8 %).

*Key words:* alumina, alumina mass, corundum ceramics, extrusion method, plastometer, plastic strength, porosity, humidity, keeping time.

*Bibliogr.: 12 titles.*

**Дослідження термічних властивостей муліто-кордієритових матеріалів / О. В. Саввова, О. І. Фесенко, В. Д. Тимофєєв, Я. В. Повідерна (НТУ «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна). *Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.* 2018. № 118. С. 111—118.**

На основі аналізу існуючих муліто-кордієритових ситалів визначена необхідність створення високоміцних матеріалів даного типу для індивідуального та локального захисту від високошвидкісного навантаження зі зниженою собівартістю, за рахунок проведення низькотемпературної короткотривалої термічної обробки з використанням вітчизняної сировини. Важливим аспектом забезпечення ефективної захисної дії бронееlementу, окрім його бронестійкості та живучості,

є здатність протистояти дії відкритого полум'я та горючих сумішей, яка визначається термічними властивостями ситалів. Метою даної роботи є дослідження термічних властивостей, а саме, термічного коефіцієнту лінійного розширення та вогнестійкості, розроблених раніше висококоміцних муліто-кордієритових ситалів. Температурний коефіцієнт лінійного розширення встановлювали з використанням кварцового вертикального дилатометру ДКВ-5А (ASTM C 372-94 (2007)), вогнестійкість — за ГОСТ 33000—2014.

За даними рентгенофазового та диференціально-термічного аналізів, за механізмом формування структури та фазового складу скломатеріалів при термічній обробці дослідні зразки були поділені на дві групи, для кожної з яких було визначено вплив хімічного та фазового складів на термічний коефіцієнт лінійного розширення вихідних муліто-кордієритових скломатеріалів та склокристалічних матеріалів (ситалів), термооброблених за технологією двостадійної термічної обробки. Дослідження вогнестійкості розроблених склокристалічних матеріалів дозволило встановити, що вони витримують термічне навантаження за визначеним режимом впродовж 360 хв.

Встановлено, що забезпечення високих термо- та вогнестійкості ( $RE\ 360\ (h)$ ) є визначальним фактором при створенні зміцнених склокристалічних матеріалів, які здатні протистояти без руйнування різкій зміні температури.

*Ключові слова:* магнійалюмосилікатні матеріали, фазовий склад, кордієрит, муліт, температурний коефіцієнт лінійного розширення, вогнестійкість.

*Бібліогр.:* 8 назв.

**Исследование термических свойств мулито-кордиеритовых материалов / О. В. Саввова, А. И. Фесенко, В. Д. Тимофеев, Я. В. Повидерная (НТУ «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина). *Научные исследования по огнеупорам и технической керамике* : сб. науч. тр. 2018. № 118. С. 111—118.**

На основе анализа существующих мулито-кордиеритовых ситаллов определена необходимость создания высокопрочных материалов данного типа для индивидуальной и локальной защиты от высокоскоростной нагрузки с пониженной себестоимостью, за счет проведения низкотемпературной кратковременной термической обработки с использованием отечественного сырья. Важным аспектом обеспечения эффективного защитного действия бронезлемента, кроме его бронестойкости и живучести, является способность противостоять воздействию открытого пламени и горючих смесей, которая определяется термическими свойствами ситаллов. Целью данной работы является исследование термических свойств, а именно термического коэффициента линейного расширения и огнестойкости, разработанных ранее высокопрочных мулито-кордиеритовых ситаллов. Температурный коэффициент линейного расширения определяли с использованием кварцового вертикального дилатометра ДКВ-5А (ASTM C 372-94 (2007)), огнестойкость по ГОСТ 33000—2014.

По данным рентгенофазового и дифференциально-термического анализов, по механизму формирования структуры и фазового состава стекломатериалов при термической обработке опытные образцы были разделены на две группы, для каждой из которых было определено влияние химического и фазового составов на термический коэффициент линейного расширения исходных муллито-кордиеритовых стекломатериалов и стеклокристаллических материалов (ситаллов), термообработанных по технологии двухстадийной термической обработки. Исследование огнестойкости разработанных стеклокристаллических материалов позволило установить, что они выдерживают термическую нагрузку по определенному режиму в течение 360 мин.

Установлено, что обеспечение высоких термо- и огнестойкости ( $RE\ 360\ (h)$ ) является определяющим фактором при создании упрочненных стеклокристаллических материалов, которые способны противостоять без разрушения резкой смене температур.

*Ключевые слова:* магнийалюмосиликатные материалы, фазовый состав, кордиерит, муллит, температурный коэффициент линейного расширения, огнестойкость.

*Библиогр.: 8 назв.*

**Investigation of the thermal properties of mullite-cordierite materials / O. V. Savvova, O. I. Fesenko, V. D. Timofeev, Ya. V. Poviderna (NTU “Kharkov Polytechnic Institute”, Kharkov, Ukraine). *Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers*, 2018, no. 118, pp. 111—118.**

Based on the analysis of existing mullite-cordierite sitalls, the need to create high-strength materials of this type for individual and local protection against high-speed loads has been determined. They should be characterized by lower cost, due to low-temperature short-term heat treatment using domestic raw materials. An important aspect of ensuring the effective protective effect of an armor-element, in addition to its armor resistance and survivability, is the ability to withstand the effects of open flame and combustible mixtures, which is determined by the thermal properties of the sitalls. The aim of this work is to study the thermal properties, namely thermal expansion coefficient and fire resistance, high strength mullite-cordierite glass-ceramics that they are developed by us earlier. The temperature coefficient of linear expansion was determined using a quartz vertical dilatometer QVD-5A (ASTM C 372-94 (2007)), fire resistance according to GOST 33000—2014.

According to X-ray diffraction and differential thermal analyzes, the experimental samples were divided into two groups according to the formation mechanism of structure and phase composition of glass materials during heat treatment. For each of the materials groups, the influence of the chemical and phase compositions on the thermal coefficient of linear expansion of the original mullite-cordierite glass materials and glass-ceramic materials (sitalls) thermally treated using two-stage heat treatment was determined. The study of the fire resistance of the developed glass-ceramic materials



made it possible to establish that they withstand the thermal load in a certain mode for 360 minutes.

It has been established that providing high thermal- and fire resistance (*RE 360 (h)*) is a determining factor in the production of hardened glass crystalline materials that are able to resist to thermal destroying at sharp temperature change.

*Key words:* magnesiumaluminumsilicate materials, phase composition, cordierite, mullite, temperature coefficient of linear expansion, fire resistance.

*Bibliogr.: 8 titles.*

**Закономірності фазоутворення, структура та властивості хімічно і термічно стійких керамічних матеріалів / М. І. Рищенко, О. Ю. Федоренко, М. Ю. Лісюткіна, О. В. Шевцов, К. В. Білогубкіна, Н. М. Регеда (НТУ «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна). *Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки* : зб. наук. пр. 2018. № 118. С. 119—131.**

На основі композицій системи  $MgO-Al_2O_3-TiO_2-SiO_2$  шляхом спрямованого синтезу тіалітової і мулітової фаз отримано хімічно і термічно стійку кераміку за температури випалу  $1250^\circ C$ . Вивчено вплив альтернативної сировини природного і техногенного походження на експлуатаційні властивості і фазовий склад пористого і щільноспеченого керамічних матеріалів. Встановлено доцільність використання пірофілітвмісних відходів видобування кварцитів та відходів феротитанового виробництва як фазоутворюючих компонентів керамічних мас. Досліджено механізм структуро- і фазоутворення тіалітвмісної і муліт-тіалітвмісної керамік. Встановлено, що стабілізація тіалітової фази за температури  $1200-1250^\circ C$  відбувається за умови збереження співвідношення оксидів  $TiO_2/Al_2O_3 \sim 1,4$  та наявності  $1,3$  мас. %  $Fe_2O_3$  як мінералізуючої складової, що міститься у складі відходів. Доведено можливість отримання тіалітвмісних керамічних матеріалів за зниженої температури випалу ( $1200^\circ C$ ) за рахунок утворення тіалітового твердого розчину ( $Mg_{0,3}Al_{1,4}Ti_{1,5}O_5$ ) при збереженні співвідношення оксидів  $MgO : TiO_2 = 0,18$ . Розроблено технологічні принципи отримання хімічно і термічно стійкої кераміки як зі щільноспеченою, так і з поруватою структурою, загальна пористість яких відповідно становить  $0,41$  та  $60\%$ . Визначено проникну здатність поруватих керамічних матеріалів муліт-тіалітового складу (коефіцієнт проникності водою  $P = 5,39 \cdot 10^{-5}$   $cm^2/c$  та параметри сорбційних процесів — швидкість дифузії іонів  $Cr_2O_7^{2-}$  та  $MnO_4^-$  складає  $6,38 \cdot 10^{-6}$  та  $1,06 \cdot 10^{-5}$   $cm^2/c$  відповідно). Це свідчить про можливість використання розробленої пористої кераміки при виготовленні фільтрів для очищення стічних вод промислових підприємств. Комплексними дослідженнями фазового складу, структури та властивостей розроблених керамічних матеріалів підтверджено перспективність їх використання для виготовлення деталей обладнання, що працює в агресивних середовищах.

*Ключові слова:* хімічна і термічна стійкість, структура і фазовий склад, муліт, тіаліт, техногенна сировина, енерго- і ресурсозбереження.  
*Бібліогр.: 16 назв.*

**Закономерности фазообразования, структура и свойства химически и термически стойких керамических материалов / М. И. Рищенко, Е. Ю. Федоренко, М. Ю. Лисюткина, А. В. Шевцов, К. В. Белогубкина, Н. М. Регеда (НТУ «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина). *Научные исследования по огнеупорам и технической керамике* : сб. науч. тр. 2018. № 118. С. 119—131.**

На основе композиций системы  $MgO-Al_2O_3-TiO_2-SiO_2$  путем направленного синтеза тиаляитовой и муллитовой фаз получена химически и термически стойкая керамика при температуре обжига  $1250^\circ C$ . Изучено влияние альтернативного сырья природного и техногенного происхождения на эксплуатационные свойства и фазовый состав пористого и плотноспеченного керамических материалов. Установлена целесообразность использования пиррофилитсодержащих отходов добычи кварцитов и отходов ферротитанового производства как фазообразующих компонентов керамических масс. Исследован механизм структуро- и фазообразования тиаляитсодержащей и муллит-тиаляитсодержащей керамик. Установлено, что стабилизация тиаляитовой фазы при температуре  $1200-1250^\circ C$  происходит при сохранении соотношения оксидов  $TiO_2/Al_2O_3 \sim 1,4$  и наличии  $1,3 \text{ мас. \% } Fe_2O_3$  как минерализующей составляющей, входящей в состав отходов. Доказана возможность получения тиаляитсодержащих керамических материалов при пониженной температуре обжига ( $1200^\circ C$ ) за счет образования тиаляитового твердого раствора ( $Mg_{0,3}Al_{1,4}Ti_{1,5}O_5$ ) при сохранении соотношения оксидов  $MgO : TiO_2 = 0,18$ . Разработаны технологические принципы получения химически и термически стойкой керамики как с плотноспеченной, так и с пористой структурой, общая пористость которых соответственно составляет  $0,41$  и  $60 \%$ . Определена проницаемость пористых керамических материалов муллит-тиаляитового состава (коэффициент проницаемости водой  $P = 5,39 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$ ), а также параметры сорбционных процессов (скорость диффузии ионов  $Cr_2O_7^{2-}$  и  $MnO_4^-$  составляет  $6,38 \cdot 10^{-6}$  и  $1,06 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$  соответственно). Это свидетельствует о возможности использования разработанной пористой керамики при изготовлении фильтров для очистки сточных вод промышленных предприятий. Комплексными исследованиями фазового состава, структуры и свойств разработанных керамических материалов подтверждена перспективность их использования для изготовления деталей оборудования, работающего в агрессивных средах.

*Ключевые слова:* химическая и термическая стойкость, структура и фазовый состав, муллит, тиаляит, техногенное сырье, энерго- и ресурсосбережение.

*Библиогр.: 16 назв.*

**Regularities of phase formation, structure and properties of chemically and thermally resistant ceramic materials / M. I. Ryschenko,**

O. Yu. Fedorenko, M. Yu. Lisytkina, O. V. Shevtsov, K. V. Bilohubkina, N. M. Reheda (NTU “Kharkov Polytechnic Institute”, Kharkov, Ukraine). *Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers*, 2018, no. 118, pp. 119—131.

Based on the compositions of  $\text{MgO—Al}_2\text{O}_3\text{—TiO}_2\text{—SiO}_2$  system, the chemically and thermally resistant ceramic was obtained at a firing temperature of 1250 °C by the directed synthesis of tialite and mullite phases. The influence of alternative raw materials of natural and technogenic origin on the operational properties and phase composition of porous and densely-sintered ceramic materials was studied. The using expediency of pyrophyllite containing waste of quartzite mining and ferrotitanium production wastes as the phase forming components of ceramic masses is established. The mechanism of structure- and phase formation of tialite and mullite-tialite ceramics was investigated. It was established that, stabilization of the tialite phase at a temperature of 1200—1250 °C occurs while maintaining the ratio of  $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  oxides  $\sim 1.4$  and the presence of 1.3 wt. %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , as the mineralizing component included in the waste. The possibility of obtaining tialite containing ceramic materials at a lower firing temperature (1200 °C) due to the formation of a tialite solid solution ( $\text{Mg}_{0.3}\text{Al}_{1.4}\text{Ti}_{1.5}\text{O}_5$ ) while maintaining the ratio of  $\text{MgO} : \text{TiO}_2$  oxides = 0.18 was proved. Technological principles of the production of chemically and thermally resistant ceramics both with the densely-sintered and with the porous structure, the total porosity of which is respectively 0.41 and 60 %, have been developed. The permeability of porous ceramic materials of mullite-tialite composition was determined (water permeability coefficient  $P = 5.39 \cdot 10^{-5}$  cm<sup>2</sup>/s), as well as parameters of sorption processes (diffusion rate of  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  and  $\text{MnO}_4^-$  ions is  $6.38 \cdot 10^{-6}$  and  $1.06 \cdot 10^{-5}$  cm<sup>2</sup>/s respectively). This indicates the possibility of using the developed porous ceramics for the manufacture of industrial wastewater filters. Complex studies of the phase composition, structure and properties of the developed ceramic materials confirmed the promise of their use for the manufacture of parts of equipment operating in corrosive environments.

*Key words:* chemical and thermal resistance, structure and phase composition, mullite, tialite, technogenic raw materials, energy and resource saving.

*Bibliogr.:* 16 titles.

Дослідження з виявлення можливості використання відходів вуглезабагачення як енергетичної сировини в керамічних технологіях / М. І. Рищенко, Л. П. Щукіна, Я. М. Пітак, С. Л. Лігезін, Е. І. Гуміров (НТУ «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна). *Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.* 2018. № 118. С. 132—141.

У статті наведено результати дослідження високовуглецевих відходів вуглезабагачення, які передбачається використовувати в технології грубої будівельної кераміки для заміни технологічного палива на етапі

ізотермічної витримки при випалі напівфабрикатів. Вивчено мінеральний склад відходів, склад їх органічної частини, термічні і технологічні властивості. Наведено порівняльну характеристику властивостей керамічних матеріалів, отриманих на основі шихт з використанням глинистої сировини і вуглевідходів у різних кількостях. Матеріали отримано в лабораторних умовах за звичайного режиму термообробки за температури 950 °С і за спеціального режиму, який моделює самовипал за рахунок тепла реакцій окислення горючої частини вуглевідходів. Показано доцільність використання спеціальних окисників у вигляді комбінації нітратних солей амонію і кальцію, функція яких полягає у створенні окислювального середовища в об'ємі випалюваного матеріалу за рахунок утворення при термічному розкладі солей агентів-окисників  $O_2$ ,  $NO_2$  і  $N_2O$ . Встановлено, що механічна міцність керамічних зразків лише на 15 % менша за міцність зразків звичайного випалу і становить 8,5 Н/мм<sup>2</sup> для маси з 22 % вуглевідходів. На підставі проведених досліджень встановлено принципову можливість застосування спеціального режиму випалу без вживання енергоносія на стадії витримки для паливовмісних матеріалів з використанням вуглевідходів як енергетичної сировини.

*Ключові слова:* енергетична сировина, відходи вуглезабагачення, будівельна кераміка, випал, енергозбереження.

*Бібліогр.: 10 назв.*

**Исследования по установлению возможности использования отходов углеобогащения в качестве энергетического сырья в керамических технологиях / М. И. Рыщенко, Л. П. Щукина, Я. Н. Питак, С. Л. Лигезин, Э. И. Гумиров (НТУ «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина). *Научные исследования по огнеупорам и технической керамике : сб. науч. тр.* 2018. № 118. С. 132—141.**

В статье приведены результаты исследования высокоуглеродистых отходов углеобогащения, которые предполагается использовать в технологии грубой строительной керамики для замены технологического топлива на этапе изотермической выдержки при обжиге полуфабрикатов. Изучены минеральный состав отходов, состав их органической части, термические и технологические свойства. Приведена сравнительная характеристика свойств керамических материалов, полученных на основе шихт с использованием глинистого сырья и углеотходов в разных количествах. Материалы получены в лабораторных условиях по обычному режиму термообработки при температуре 950 °С и специальному режиму, который моделирует самообжиг за счет тепла реакций окисления горючей части углеотходов. Показана целесообразность использования специальных окислителей в виде комбинации нитратных солей аммония и кальция, функция которых заключается в создании окислительной среды в объеме обжигаемого материала за счет образования при термическом разложении солей агентов-окислителей  $O_2$ ,  $NO_2$  и  $N_2O$ . Установлено, что механическая прочность керамических образцов лишь на 15 % меньше образцов обычного обжига и составляет 8,5 Н/мм<sup>2</sup> для массы с 22 % углеотходов. На основании проведенных исследований показана принципиальная

возможность использования специального режима обжига без употребления энергоносителя на стадии выдержки для топливосодержащих материалов с использованием углеотходов в качестве энергетического сырья.

*Ключевые слова:* энергетическое сырье, отходы углебогачения, строительная керамика, обжиг, энергосбережение.

*Библиогр.: 10 назв.*

**Studies to establish the possibility of using coal-enrichment waste as an energy raw material in ceramic technologies / M. I. Ryschenko, L. P. Shchukina, Ya. N. Pitak, S. L. Lihezin, E. I. Humirov (NTU “Kharkov Polytechnic Institute”, Kharkov, Ukraine). *Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers*, 2018, no. 118, pp. 132—141.**

The article presents the results of a study of high-carbon coal-enrichment wastes that to be used in the technology of building ceramics to replace technological fuel at the stage of isothermal excerpt during the firing of semi-finished products. The mineral composition of the waste, the composition of its organic part, thermal and technological properties have been studied. The comparative characteristics of the properties of ceramic materials obtained on the basis of mixtures with the use of clay raw materials and coal waste in different quantities are given. In laboratory conditions, materials were obtained that were heat treated at a temperature of 950 °C under the usual regime and a special regime that simulates self-baking due to the heat of oxidation reactions of the combustible part of the coal waste. The expediency of using special oxidizing agents in the form of a combination of ammonium and calcium nitrate salts, whose function is to create an oxidizing medium in the fired material volume due to the formation of O<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O oxidizing agents during thermal decomposition, is shown. It is established that the mechanical strength of ceramic samples is only 15 % less than for conventional firing samples and is 8.5 N/mm<sup>2</sup> for mass with 22 % of coal waste. Based on the conducted studies, it is shown that it is possible in principle to use a special firing regime without consuming an energy carrier at the stage of excerpt for fuel-containing materials using coal waste as energy raw materials.

*Key words:* energy raw materials, waste of coal-mining, building ceramics, firing, energy saving.

*Библиогр.: 10 titles.*

**Розробка АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного» технічних умов та змін до ТУ на вогнетриви у 2017 році / В. В. Мартиненко, Л. В. Бесяєва, І. Ю. Костирко, Т. Ф. Пахомова (АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного», м. Харків, Україна). *Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.* 2018. № 118. С. 142—155.**

У статті наведено інформацію про розроблені у 2017 році в інституті технічні умови (ТУ) і зміни до діючих ТУ на вогнетриви. У 2017 р. розроблено, узгоджено з підприємствами згідно з вимогами державної системи стандартизації та затверджено: 12 змін до ТУ на серійну вогнетривку продукцію, яка виготовляється вогнетривкими підприємствами України, у тому числі перевірено та узгоджено 1 зміну на серійну вогнетривку продукцію, розроблену ПрАТ «КДЗ»; 10 нових технічних умов та 4 зміни до чинних ТУ на дослідні партії вогнетривів, які виготовляються АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного».

Зміни до технічних умов і нові технічні умови розроблено відповідно до вимог сучасної системи стандартизації України (СОУ КЗПС 74.9-02568182-003:2016, ДСТУ 1.5:2015, СОУ МПП 01.120-090:2005), погоджено з підприємствами — виробниками й споживачами продукції, перевірено на відповідність діючим законодавчим актам, технічним регламентам та нормативним документам і внесено до бази даних «Технічні умови України» — ДП «Харківстандартметрологія», затверджено технічним комітетом ТК 7 «Вогнетриви».

Інститутом планується продовжити роботи з розробки технічних умов на вогнетривку продукцію, вивчення й аналізу світового рівня стандартизації в галузі вогнетривів.

*Ключові слова:* вогнетриви, технічні умови, зміни до технічних умов, серійна вогнетривка продукція, дослідна партія вогнетривів.

*Бібліогр.: 9 назв.*

**Разработка АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного» технических условий и изменений к ТУ на огнеупоры в 2017 году / В. В. Мартыненко, Л. В. Беляева, И. Ю. Костырко, Т. Ф. Пахомова (АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного», г. Харьков, Украина). *Научные исследования по огнеупорам и технической керамике* : сб. науч. тр. 2018. № 118. С. 142—155.**

В статье приведена информация о разработанных в 2017 году в институте технических условиях (ТУ) и изменениях к действующим ТУ на огнеупоры. В 2017 году разработаны, согласованы с предприятиями в соответствии с требованиями государственной системы стандартизации и утверждены: 12 изменений к ТУ на серийную огнеупорную продукцию, изготавливаемую огнеупорными предприятиями Украины, в том числе проверено и согласовано 1 изменение на серийную огнеупорную продукцию, разработанное ЧАО «КДЗ»; 10 новых технических условий и 4 изменения к действующим ТУ на опытные партии огнеупоров, изготавливаемых АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного».

Изменения к техническим условиям и новые технические условия разработаны в соответствии с требованиями современной системы стандартизации Украины (СОУ КЗПС 74.9-02568182-003:2016, ДСТУ 1.5:2015, СОУ МПП 01.120-090:2005), согласованы с предприятиями — производителями и потребителями продукции, проверены на соответствии действующим законодательным актам, техническим регламентам и нормативным документам и внесены в базу данных «Технические

условия Украины» — ГП «Харьковстандартметрология», утверждены техническим комитетом ТК 7 «Огнеупоры».

Институтом планируется продолжить работы по разработке технических условий на огнеупорную продукцию, изучению и анализу мирового уровня стандартизации в области огнеупоров.

*Ключевые слова:* огнеупоры, технические условия, изменения к техническим условиям, серийная огнеупорная продукция, опытная партия огнеупоров.

*Библиогр.: 9 назв.*

**Development of the technical specifications and changes to the TSs for refractories by JSC “The Ukrainian research institute of refractories named after A. S. Berezhnoy” in 2017 / V. V. Martynenko, L. V. Belyaeva, I. Yu. Kostyrko, T. F. Pahomova (JSC “URIR named after A. S. Berezhnoy”, Kharkov, Ukraine). *Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers*, 2018, no. 118, pp. 142—155.**

This article includes information about development of the technical specifications (TS) and changes to the TSs for refractories by institute in 2017. In 2017 in accordance to the requirements of the state standardization system 12 change to TSs for serial refractory products, produced by Ukrainian enterprises, including verification and approval 1 change to TS for serial refractory products developed PrJSC “KDZ”, 10 TSs and 4 change to TSs for pilot batches of refractories manufactured by JSC “The URIR named after A. S. Berezhnoy” have been developed and endorsed by enterprises.

Changes to technical conditions and new technical conditions developed in accordance to the requirements of modern system to standardizations of the Ukraine (SOU KZPS 74.9-02568182-003:2016, DSTU 1.5:2015, SOU MPP 01.120-090:2005), have been endorsed by manufacturers and enterprise consumers, tested for compliance with current legislation, technical regulations and regulatory documents and entered into the database “Technical conditions of Ukraine” — SE “Kharkivstandartmetrology”, and approved by the technical committee TC 7 “Refractories”.

Institute plans to continue work on the development of TS and changes to the TSs for refractory products, study and analysis of the global level of standardization in the field refractories.

*Key words:* refractories, technical specifications, changes to the TSs, serial refractory products, pilot batches of refractories.

*Bibliogr.: 9 titles.*