Реферати статей

Освоєння удосконаленої технології пресованих виробів із ZrO_2, стабілізованого ~ 10 % Y_2O_3, для установок вирощування монокристалів з використанням добавки на полікарбонатній основі / І. Г. Шулик, Т. Г. Гальченко, В. В. Примаченко, О. Б. Процак, Л. В. Бєлік (АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного», м. Харків, Україна). ***Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.*** **2021. № 121. С. 3—10.**

З метою підвищення конкурентоспроможності на сучасному ринку вогнетривкої продукції, яку виготовляють в АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного», в інституті постійно проводяться дослідження, які спрямовані на подальше удосконалення вже розроблених технологій виробів широкої гами складів, у тому числі цирконійоксидних, покращення службових характеристик, зниження собівартості їх виготовлення, що базуються на використанні сучасних сировинних матеріалів і нових ефективних добавок.

В АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного» освоєно удосконалену технологію виробів вищої вогнетривкості із плавленого ZrO_2, стабілізованого ~ 10 % Y_2O_3, з використанням нової пластифікуючої добавки на полікарбонатній основі. За удосконаленою технологією виготовлено дослідні вироби промислового формату (загальною масою ~ 4 кг) з високими показниками властивостей, що відповідають вимогам ТУ У 23.2-00190503-451:2020 (для марки ЦІС-1Т). Ці вироби передані одному із споживачів для служби в установках вирощування монокристалів.

Розроблено й введено в дію зміну до технологічної інструкції, яка регламентує процес виготовлення виробів вищої вогнетривкості із плавленого ZrO_2, стабілізованого ~ 10 % Y_2O_3, призначених для служби в установках вирощування монокристалів. Ця інструкція передбачає використання вітчизняної добавки ЛСТ, а в разі необхідності, як альтернативної, імпортної добавки на полікарбонатній основі.

Ключові слова: пресовані вироби, діоксид цирконію, добавка на полікарбонатній основі, установки вирощування монокристалів.

Бібліогр.: 11 назв.

Освоение усовершенствованной технологии прессованных изделий из ZrO_2, стабилизированного ~ 10 % Y_2O_3, для установок выращивания монокристаллов с использованием добавки на поликарбонатной основе / И. Г. Шулик, Т. Г. Гальченко, В. В. Примаченко, 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.*** **2021. № 121. С. 3—10.**

С целью повышения конкурентоспособности на современном рынке огнеупорной продукции, изготовляемой в АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного», в институте постоянно проводятся исследования, направленные на дальнейшее совершенствование уже разработанных технологий изде-

лий широкой гаммы составов, в том числе цирконийоксидных, улучшение служебных характеристик, снижение себестоимости их изготовления, которые базируются на использовании современных сырьевых материалов и новых эффективных добавок.

В АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного» освоена усовершенствованная технология изделий высшей огнеупорности из плавленого ZrO_2, стабилизированного $\sim 10\ \%$ Y_2O_3, с использованием новой пластифицирующей добавки на поликарбонатной основе. По усовершенствованной технологии изготовлены опытные изделия промышленного формата (общей массой ~ 4 кг) с высокими показателями свойств, соответствующими требованиям ТУ У 23.2-00190503-451:2020 (для марки ЦИС-1Т). Эти изделия переданы одному из потребителей для службы в установках выращивания монокристаллов.

Разработано и введено в действие изменение к технологической инструкции, регламентирующее процесс изготовления изделий высшей огнеупорности из плавленого ZrO_2, стабилизированного $\sim 10\ \%$ Y_2O_3, предназначенных для службы в установках выращивания монокристаллов. Эта инструкция предусматривает использование отечественной добавки ЛСТ, а в случае необходимости, в качестве альтернативной, импортной добавки на поликарбонатной основе.

Ключевые слова: прессованные изделия, диоксид циркония, добавка на поликарбонатной основе, установки выращивания монокристаллов.

Библиогр.: 11 назв.

Mastering the improved technology of pressing products made of ZrO_2, stabilized by $\sim 10\ \%$ Y_2O_3, for single crystal growing units using an additive on a polycarbonate basis / I. G. Shulyk, T. G. Galchenko, V. V. Primachenko, O. B. Protsak, L. V. Belik (JSC "URIR named after A. S. Berezhnoy", Kharkiv, Ukraine). ***Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers,*** **2021, no. 121, pp. 3—10.**

In order to increase competitiveness in the modern market of refractory products manufactured at JSC "URIR named after A. S. Berezhnoy", the Institute constantly conducts research aimed at further improving the technologies already developed for products of a wide range of compositions, including zirconia, as well as improving performance, reducing the cost of their manufacture, which are based on the use of modern raw materials and new effective additives.

In JSC "URIR named after A. S. Berezhnoy" an improved technology of higher refractoriness products from fused ZrO_2, stabilized by $\sim 10\ \%$ Y_2O_3, with using of a new plasticizing additive on a polycarbonate basis, was mastered. According to the improved technology, experimental products of an industrial format (with a total weight of ~ 4 kg) were manufactured with high performance indicators that meet the requirements of TU U 23.2-00190503-451: 2020 (for the grade of "TsIS-1T"). These products were transferred to one of the consumers for service in single crystal growing units.

A change to the technological instruction was developed and put into effect, regulating the process of manufacturing products of higher refractoriness from fused ZrO_2, stabilized by $\sim 10\ \%$ Y_2O_3, intended for service in the single crystal growing units. This instruction provides for the use of a domestic additive grade of "LST", and, if necessary, as an alternative, imported additive on a polycarbonate basis.

Key words: pressing products, zirconia, additive on a polycarbonate basis, single crystal growing units.

Bibliogr.: 11 titles.

Вплив виду зернистої складової та співвідношення компонентів шихти на властивості пресованих глиноземно-хромоксидно-цирконійоксидно-кремнеземних вогнетривів з масовою часткою 60 % Cr_2O_3 / Ю. Є. Мішньова, І. Г. Шулик, К. І. Кущенко, П. О. Кущенко, Ю. О. Крахмаль (АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного», м. Харків, Україна). ***Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.*** **2021. № 121. С. 11—22.**

Проведено дослідження впливу виду зернистої складової та співвідношення компонентів шихти на властивості пресованих глиноземно-хромоксидно-цирконійоксидно-кремнеземних вогнетривів з вмістом 60 % Cr_2O_3.

Встановлено оптимальний склад шихти, яка включає лом бакорових виробів, обрізь хромоксидних виробів, глинозем і металургійний оксид хрому, що забезпечує після випалу в окислювальній атмосфері отримання зразків вогнетривів з відкритою пористістю 23,1 %, уявною щільністю 3,52 г/см^3, межею міцності під час стискання 120 Н/мм^2, термостійкістю за режимом 950 °C — вода 5 теплозмін.

Показано, що введення до складу шихти зернистого табулярного глинозему (замість зернистого плавленого білого корунду) призводить до зменшення відкритої пористості зразків, хоча і меншою мірою, ніж при введенні лому бакорових виробів.

Встановлено, що у зразків, у складі яких міститься 60 % металургійного оксиду хрому, введення лому бакорових виробів замість плавленого білого корунду не призводить до істотного зменшення їх відкритої пористості.

Показано, що випал у відновній атмосфері і добавка оксиду титану істотно не впливають на підвищення уявної щільності і межі міцності під час стискання досліджених зразків.

Порівняльними дослідженнями корозійної стійкості глиноземно-хромоксидно-цирконійоксидно-кремнеземних вогнетривів з вмістом 60 % Cr_2O_3 різного складу до розплавів скла «Е» і базальту встановлено, що скло «Е» і базальт просочують вогнетриви, а під впливом скла «Е» відбувається незначне роз'їдання деяких зразків. Зразки розробленого оптимального складу меншою мірою піддаються просоченню порівняно зі зразками інших складів і не піддаються роз'їданню склом «Е» та базальтом, що дозволяє прогнозувати підвищення стійкості означених вогнетривів у службі в скловарних печах виробництва скловолокна зі скла «Е» та базальту.

У результаті проведених досліджень допрацьовано технологію глиноземно-хромоксидно-цирконійоксидно-кремнеземних вогнетривів з вмістом 60 % Cr_2O_3.

Ключові слова: глиноземно-хромоксидно-цирконійоксидно-кремнеземні вогнетриви з вмістом 60 % Cr_2O_3, шихта, заповнювач, напівсухе пресування, властивості.

Бібліогр.: 8 назв.

Влияние вида зернистой составляющей и соотношения компонентов шихты на свойства прессованных глиноземно-хромоксидно-цирконийоксидно-кремнеземных огнеупоров с массовой долей 60 % Cr_2O_3 / Ю. Е. Мишнева, И. Г. Шулик, К. И. Кущенко, П. А. Кущенко, Ю. А. Крахмаль (АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного», г. Харьков, Украина). *Научные исследования по огнеупорам и технической керамике : сб. науч. тр.* 2021. № 121. С. 11—22.

Проведены исследования влияния вида зернистой составляющей и соотношения компонентов шихты на свойства прессованных глиноземно-хромоксидно-цирконийоксидно-кремнеземных огнеупоров с содержанием 60 % Cr_2O_3.

Установлен оптимальный состав шихты, которая включает лом бакоровых изделий, обрезь хромоксидных изделий, глинозем и металлургический оксид хрома, обеспечивающий после обжига в окислительной атмосфере получение образцов огнеупоров с открытой пористостью 23,1 %, кажущейся плотностью 3,52 г/см^3, пределом прочности при сжатии 120 Н/мм^2, термостойкостью по режиму 950 °С — вода 5 теплосмен.

Показано, что введение в состав шихты зернистого табулярного глинозема (вместо зернистого плавленого белого корунда) приводит к уменьшению открытой пористости образцов, хотя и в меньшей мере, чем при введении лома бакоровых изделий.

Установлено, что у образцов, в составе которых содержится 60 % металлургического оксида хрома, введение лома бакоровых изделий вместо плавленого белого корунда не приводит к существенному уменьшению их открытой пористости.

Показано, что обжиг в восстановительной атмосфере и добавка оксида титана существенно не влияют на повышение кажущейся плотности и предела прочности при сжатии исследованных образцов.

Сравнительными исследованиями коррозионной стойкости глиноземно-хромоксидно-цирконийоксидно-кремнеземных огнеупоров с содержанием 60 % Cr_2O_3 разного состава к расплавам стекла «Е» и базальта установлено, что стекло «Е» и базальт пропитывают огнеупоры, а под влиянием стекла происходит незначительное разъедание некоторых образцов. Образцы разработанного оптимального состава в меньшей степени подвергаются пропитке по сравнению с образцами других составов и не подвергаются разъеданию стеклом «Е» и базальтом, что позволяет прогнозировать повышение устойчивости указанных огнеупоров в службе в стекловаренных печах производства стекловолокна из стекла «Е» и базальта.

В результате проведенных исследований доработана технология глиноземно-хромоксидно-цирконийоксидно-кремнеземных огнеупоров с содержанием 60 % Cr_2O_3.

Ключевые слова: глиноземно-хромоксидно-цирконийоксидно-кремнеземные огнеупоры с содержанием 60 % Cr_2O_3, шихта, заполнитель, полусухое прессование, свойства.

Библиогр.: 8 назв.

Influence of the granular component type and the ratio of batch components on the properties of pressed alumina-chromia-zirconia-silica refractories with a mass fraction of 60 % Cr_2O_3 / Yu. Ye. Mishnyova, I. G. Shulyk, K. I. Kushchenko, P. O. Kushchenko, Yu. O. Krakhmal (JSC "URIR named after A. S. Berezhnoy", Kharkiv, Ukraine). ***Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers,*** **2021, no. 121, pp. 11—22.**

Investigations on the influence of granular component type and ratio of batch components on the properties of pressed alumina-chromia-zirconia-silica refractories with a content of 60 % Cr_2O_3 have been carried out.

The optimal composition of batch, which includes scrap bakor products, scrap chromia products, alumina and metallurgical chromium oxide, was established. This composition provides, after firing in an oxidizing atmosphere, obtaining refractory samples with an open porosity of 23.1 %, an apparent density of 3.52 g/cm^3, cold crushing strength 120 N/mm^2, thermal shock resistance 950 °C — water 5 thermal cycles.

It was shown that, the introduction of granular tabular alumina into the batch composition (instead of granular fused white alumina) leads to a decrease in the open porosity of samples, although to a lesser extent than with the introduction of scrap bakor products.

It was established that, for samples containing 60 % metallurgical chromium oxide, the introduction of scrap bakor products instead of fused white alumina does not lead to a significant decrease in their open porosity.

It was shown that, firing in a reducing atmosphere and titanium oxide addition do not significantly affect the increase in apparent density and cold crushing strength of the studied samples.

Comparative studies of the corrosion resistance of alumina-chromia-zirconia-silica refractories containing 60 % Cr_2O_3 of different composition to melts of E glass and basalt have found that, E glass and basalt impregnate refractories, and under the influence of glass, some samples were slightly corroded. The samples of developed optimal composition were less impregnated than samples of other compositions and were not corroded by E glass and basalt, which makes it possible to predict an increase in the stability of these refractories in service in glass furnaces for the production of glass fiber from E glass and basalt.

As a result of the carried out research, the technology of alumina-chromia-zirconia-silica refractories with a content of 60 % Cr_2O_3 has been improved.

Key words: alumina-chromia-zirconia-silica refractories containing 60 % Cr_2O_3, batch, filler, semi-dry pressing, properties.

Bibliogr.: 8 titles.

Залежність властивостей хромоксидних і глиноземно-хромоксидно-цирконійоксидно-кремнеземних з масовою часткою 30 % Cr_2O_3 вогнетривів від виду оксиду хрому / В. В. Мартиненко, П. О. Кущенко, І. Г. Шулик, Ю. Є. Мішньова, К. І. Кущенко, Ю. О. Крахмаль (АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного», м. Харків, Україна). ***Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.*** **2021. № 121. С. 23—35.**

В АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного» розроблені і виготовляються хромоксидні вогнетриви для футерівки басейну та фідера скловарних печей виробництва скловолокна зі скла «Е», які контактують з розплавом скла, та глиноземно-хромоксидно-цирконійоксидно-кремнеземні вогнетриви з вмістом 30 % Cr_2O_3 для служби у верхній будові цих печей, в ділянках, що зазнають впливу компонентів скляної шихти і розплаву скла. Основним сировинним матеріалом для виготовлення хромоксидних виробів є металургійний оксид хрому. При виготовленні глиноземно-хромоксидно-цирконійоксидно-кремнеземних виробів як хромоксидний компонент шихти використовують металургійний оксид хрому або суміш металургійного і пігментного оксиду хрому у співвідношенні 2 : 1. Випробування нових матеріалів, таких як оксид хрому нової марки, в технологіях хромоксидних і глиноземно-хромоксидно-цирконійоксидно-кремнеземних вогнетривів є актуальним.

Досліджено вплив оксиду хрому нової марки на властивості хромоксидних вогнетривів. Встановлено, що зразки з оксиду хрому нової марки, відпресовані при оптимальних значеннях вологості маси і питомого тиску пресування, характеризуються невисокою уявною щільністю сирцю порівняно зі зразками, виготовленими з металургійного оксиду хрому. Після випалу зразки з оксиду хрому нової марки за показниками властивостей не поступаються зразкам із металургійного оксиду хрому, але мають значні зміни лінійних розмірів при випалі, що може призводити до утворення тріщин, тому питання отримання хромоксидних виробів із шихт з заміною металургійного оксиду хрому на оксид хрому нової марки з метою підвищення уявної щільності виробів потребує додаткових досліджень.

Проведено дослідження впливу оксиду хрому нової марки на властивості глиноземно-хромоксидно-цирконійоксидно-кремнеземних вогнетривів з вмістом 30 % Cr_2O_3. Встановлено, що в шихті для виготовлення цих вогнетривів, яка містить металургійний і пігментний оксид хрому, можливі повна заміна пігментного оксиду хрому на оксид хрому нової марки або збільшення вмісту в шихті оксиду хрому нової марки замість частини металургійного оксиду хрому до співвідношення металургійного оксиду хрому та оксиду хрому нової марки 1 : 2.

Ключові слова: оксид хрому, хромоксидні вогнетриви, глиноземно-хромоксидно-цирконійоксидно-кремнеземні вогнетриви, напівсухе пресування, властивості.

Бібліогр.: 14 назв.

Зависимость свойств хромоксидных и глиноземно-хромоксидно-цирконийоксидно-кремнеземных с массовой долей 30 % Cr_2O_3 огнеупоров

от вида оксида хрома / В. В. Мартыненко, П. А. Кущенко, И. Г. Шулик, Ю. Е. Мишнева, К. И. Кущенко, Ю. А. Крохмаль (АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного», г. Харьков, Украина). ***Научные исследования по огнеупорам и технической керамике : сб. науч. тр.*** **2021. № 121. С. 23—35.**

В АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного» разработаны и изготавливаются хромоксидные огнеупоры для футеровки бассейна и фидера стекловаренных печей производства стекловолокна из стекла «Е», которые контактируют с расплавом стекла, и глиноземно-хромоксидно-цирконийоксидно-кремнеземные огнеупоры с 30 % Cr_2O_3 для службы в верхнем строении этих печей, в участках, испытывающих влияние компонентов стеклянной шихты и расплава стекла. Основным сырьевым материалом для производства хромоксидных изделий является металлургический оксид хрома. При изготовлении глиноземно-хромоксидно-цирконийоксидно-кремнеземных изделий в качестве хромоксидного компонента шихты используют металлургический оксид хрома или смесь металлургического и пигментного оксида хрома в соотношении 2 : 1. Опробование новых материалов, таких как оксид хрома новой марки, в технологиях хромоксидных и глиноземно-хромоксидно-цирконийоксидно-кремнеземных огнеупоров является актуальным.

Исследовано влияние оксида хрома новой марки на свойства хромоксидных огнеупоров. Установлено, что образцы из оксида хрома новой марки, отпрессованные при оптимальных значениях влажности массы и удельного давления прессования, характеризуются невысокой кажущейся плотностью сырца по сравнению с образцами, изготовленными из металлургического оксида хрома. После обжига образцы из оксида хрома новой марки по показателям свойств не уступают образцам из металлургического оксида хрома, но имеют большие изменения линейных размеров при обжиге, что может приводить к образованию трещин, поэтому вопрос получения хромоксидных изделий из шихт с заменой металлургического оксида хрома на оксид хрома новой марки с целью повышения кажущейся плотности изделий требует дополнительных исследований.

Проведено исследование влияния оксида хрома новой марки на свойства глиноземно-хромоксидно-цирконийоксидно-кремнеземных огнеупоров с содержанием 30 % Cr_2O_3. Установлено, что в шихте для изготовления этих огнеупоров, содержащей металлургический и пигментный оксид хрома, возможны полная замена пигментного оксида хрома на оксид хрома новой марки или увеличение содержания в шихте оксида хрома новой марки вместо части металлургического оксида хрома до соотношения металлургического оксида хрома и оксида хрома новой марки 1 : 2.

Ключевые слова: оксид хрома, хромоксидные огнеупоры, глиноземно-хромоксидно-цирконийоксидно-кремнеземные огнеупоры, полусухое прессование, свойства.

Библиогр.: 14 назв.

Properties dependence of chromia and alumina-chromia-zirconia-silica refractories with a mass fraction of 30 % Cr_2O_3 on the type of chromium oxide / V. V. Martynenko, P. O. Kushchenko, I. G. Shulyk, Yu. Ye. Mishnyova,

K. I. Kushchenko, Yu. O. Krakhmal (JSC "URIR named after A. S. Berezhnoy", Kharkiv, Ukraine). ***Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers,*** **2021, no. 121, pp. 23—35.**

In JSC "URIR named after A. S. Berezhnoy" chromia refractories for the lining of pool and feeder of glass-making furnaces for the production of glass fiber from E glass, which are in contact with the glass melt, and alumina-chromia-zirconia-silica refractories with 30 % Cr_2O_3 for service in the topsides of these furnaces, in areas affected by components of the glass batch and glass melt, have been developed and manufactured. The main raw material for the chromia products manufacturing is metallurgical chromium oxide. In the manufacture of alumina-chromia-zirconia-silica products, metallurgical chromium oxide or a mixture of metallurgical and pigment chromium oxide in a ratio of 2 : 1 is used as the chromium oxide component of the batch. The testing of new materials, such as a new grade of chromium oxide, in the technologies of chromia and alumina-chromia-zirconia-silica refractories is relevant.

The effect of a new grade of chromium oxide on the properties of chromia refractories has been investigated. It was found that samples of a new grade of chromium oxide, pressed at optimal values of moisture content of the mass and specific pressing pressure, are characterized by a low apparent density of the raw material in comparison with samples made of metallurgical chromium oxide. After firing, samples from chromium oxide of the new grade are not inferior to those of metallurgical chromium oxide in terms of properties, but they have large changes in linear dimensions during firing, which can lead to the formation of cracks, therefore, the issue of obtaining chromia products from mixtures with the replacement of metallurgical chromium oxide with chromium oxide of the new grade in order to increase the apparent density of products requires additional research.

A study on the effect of new grade of chromium oxide on the properties of alumina-chromia-zirconia-silica refractories with a content of 30 % Cr_2O_3 has been carried out. It was established that, in the batch for the manufacture of these refractories, containing metallurgical and pigment chromium oxide, it is possible to completely replace the pigment chromium oxide with chromium oxide of the new grade or to increase the content in the batch of chromium oxide of the new grade instead of a part of metallurgical chromium oxide to the ratio of metallurgical chromium oxide and chromium oxide of the new grade = 1 : 2.

Key words: chromium oxide, chromia refractories, alumina-chromia-zirconia-silica refractories, semi-dry pressing, properties.

Bibliogr.: 14 titles.

Розробка технології вібролитих корундошпінельних ковшових стаканів для вакуумного розливання сталі / В. В. Мартиненко, І. Г. Шулик, П. О. Кущенко, Л. М. Золотухіна (АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного», м. Харків, Україна). ***Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.*** **2021. № 121. С. 36—45.**

Вивчено вплив зернового складу крупнозернистої частини шихти на властивості корундошпінельної вібролитої маси (вологість, розтікання під час вібрації) і на властивості невипалених і випалених за температури 1580 °С вібролитих зразків із неї. Встановлено оптимальний зерновий склад крупнозернистої частини вібролитої корундошпінельної маси, її вологість і розтікання під час вібрації, що забезпечують досягнення найбільш високих показників властивостей виробів з неї: відкрита пористість 14,3 %, уявна щільність 3,33 г/см^3, межа міцності під час стискання 365 Н/мм^2.

З урахуванням отриманих результатів досліджень в АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного» виготовлені способом вібролиття дослідні ковшові стакани корундошпінельного складу з високими показниками властивостей: масова частка Al_2O_3 — 96,0 %, MgO — 1,5 %, SiO_2 — 0,6 %, відкрита пористість 14,0—14,5 %, уявна щільність 3,32—3,35 г/см^3, межа міцності під час стискання 320—360 Н/мм^2.

Проведеними промисловими випробуваннями в службі на одному з металургійних підприємств України цих ковшових стаканів при вакуумному розливанні сталі із промковшів встановлено, що вони забезпечують безперервне розливання сталі від 240 до 450 т за температури 1580—1650 °С і характеризуються високою корозійною стійкістю (мають незначний знос сталерозливного каналу, який не перевищує ~ 3—5 мм).

Виконаними петрографічними дослідженнями зразка ковшового стакана після служби встановлено, що, внаслідок контакту розплавленої сталі з вогнетривом, у ньому утворюється смуга шириною до ~ 0,2 мм із шпінелі, яка стримує проникнення розплавленого металу по порах і мікротріщинах у структуру стакана і перешкоджає його зносу, тим самим підвищуючи його корозійну стійкість.

У результаті виконаних досліджень в АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного» розроблено технологію вібролитих корундошпінельних ковшових стаканів для вакуумного розливання сталі із промковшів, які за показниками властивостей не поступаються кращим світовим аналогам.

Застосування високоякісних ковшових стаканів при вакуумному розливанні сталі із промковшів забезпечить виробництво великогабаритних відливок із сталі високої якості з підвищеними експлуатаційними характеристиками, що призведе до більш тривалого терміну служби сталевих конструкцій та металевих деталей машин і механізмів у споживачів різних галузей промисловості.

Ключові слова: вібролиті корундошпінельні ковшові стакани, вакуумне розливання сталі, промковш.

Бібліогр.: 10 назв.

Разработка технологии вибролитых корундошпинельных ковшевых стаканов для вакуумной разливки стали / В. В. Мартыненко, И. Г. Шулик, П. А. Кущенко, Л. Н. Золотухина (АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного», г. Харьков, Украина). ***Научные исследования по огнеупорам и технической керамике : сб. науч. тр.*** **2021. № 121. С. 36—45.**

Изучено влияние зернового состава крупнозернистой части шихты на свойства корундошпинельной вибролитой массы (влажность, растекание при вибрации) и на свойства необожженных и обожженных при температуре 1580 °С вибролитых образцов из нее. Установлен оптимальный зерновой состав крупнозернистой части вибролитой корундошпинельной массы, ее влажность и растекание при вибрации, обеспечивающие достижение наиболее высоких показателей свойств изделий из нее: открытая пористость 14,3 %, кажущаяся плотность 3,33 г/см^3, предел прочности при сжатии 365 Н/мм^2.

С учетом полученных результатов исследований в АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного» изготовлены способом вибролитья опытные ковшевые стаканы корундошпинельного состава с высокими показателями свойств: мас. доля Al_2O_3 — 96,0 %, MgO — 1,5 %, SiO_2 — 0,6 %, открытая пористость 14,0—14,5 %, кажущаяся плотность 3,32—3,35 г/см^3, предел прочности при сжатии 320—360 Н/мм^2.

Проведенными промышленными испытаниями в службе на одном из металлургических предприятий Украины этих ковшевых стаканов при вакуумной разливке стали из промковшей установлено, что они обеспечивают беспрерывную разливку стали от 240 до 450 т при температуре 1580—1650 °С и характеризуются высокой коррозионной стойкостью (имеют незначительный износ сталеразливного канала, который не превышает ~ 3—5 мм).

Выполненными петрографическими исследованиями образца ковшевого стакана после службы установлено, что, вследствие контакта расплавленной стали с огнеупором, в нем образуется полоса шириной до ~ 0,2 мм из шпинели, которая сдерживает проникновение расплавленного металла по порам и микротрещинам в структуру стакана и препятствует его износу, тем самым повышая его коррозионную стойкость.

В результате выполненных исследований в АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного» разработана технология вибролитых корундошпинельных ковшевых стаканов для вакуумной разливки стали из промковшей, которые по показателям свойств не уступают лучшим мировым аналогам.

Применение высококачественных ковшевых стаканов при вакуумной разливке стали из промковшей обеспечит производство крупногабаритных отливок из стали высокого качества с повышенными эксплуатационными характеристиками, что приведет к более продолжительному сроку службы стальных конструкций и металлических деталей машин и механизмов у потребителей разных отраслей промышленности.

Ключевые слова: вибролитые корундошпинельные ковшевые стаканы, вакуумная разливка стали, промковш.

Библиогр.: 10 назв.

Development of the vibrocasting alumina-spinel ladle nozzles technology for vacuum casting of steel / V. V. Martynenko, I. G. Shulyk, P. O. Kushchenko, L. M. Zolotuhina (JSC "URIR named after A. S. Berezhnoy", Kharkiv, Ukraine). ***Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers,*** **2021, no. 121, pp. 36—45.**

The effect of grain size composition of the coarse-grained part of batch on the properties of alumina-spinel vibrocasting mass (moisture, flowability during vibration) and on the properties of unburned and fired at 1580 °C vibrocasting samples from it has been studied. The optimal grain size composition of the coarse-grained part of the vibrocasting alumina-spinel mass, its moisture content and flowability during vibration, ensuring the achievement of the highest properties of products from it (open porosity 14.3 %, apparent density 3.33 g/cm^3, cold crushing strength 365 N/mm^2) were established.

Taking into account the obtained research results, in JSC "URIR named after A. S. Berezhnoy", experimental ladle nozzles of alumina-spinel composition with high properties (chemical composition, wt. %: Al_2O_3 — 96.0 %, MgO — 1.5 %, SiO_2 — 0.6 %; open porosity 14.0—14.5 %; apparent density 3.32—3.35 g/cm^3; cold crushing strength 320—360 N/mm^2) were manufactured by the vibration casting method.

Industrial tests of these ladle nozzles carried out in service at one of the metallurgical enterprises of Ukraine during vacuum casting of steel from tundish found that, they provide continuous casting of steel from 240 to 450 tons at a temperature of 1580—1650 °C and are characterized by high corrosion resistance (they have insignificant wear of the steel-pouring channel, which does not exceed ~ 3—5 mm).

The petrographic studies of a ladle nozzle sample after service established that, due to the contact of molten steel with refractory, a strip up to ~ 0.2 mm wide from spinel forms in it, which restrains the penetration of molten metal through pores and microcracks into the ladle nozzle structure and prevents its wear, thereby increasing its corrosion resistance.

As a result of the carried out research, at JSC "URIR named after A. S. Berezhnoy", a technology of vibrocasting alumina-spinel ladle nozzles for vacuum casting of steel from tundish, which is not inferior to the best world analogues in terms of properties, has been developed.

The use of high-quality ladle nozzles in vacuum casting of steel from tundish will ensure the production of large-size castings from high-quality steel with increased operational characteristics, which will lead to a longer service life of steel structures and metal parts of machines and mechanisms for consumers in various industries.

Key words: vibrocasting alumina-spinel ladle nozzles, vacuum casting of steel, tundish.

Bibliogr.: 10 titles.

Вивчення впливу виду добавок ZrO_2 і SiO_2 на властивості високоглиноземних тиглів для плавки жароміцних сплавів і сталей / В. В. Примаченко, І. Г. Шулик, К. І. Кущенко, П. О. Кущенко, Ю. О. Крахмаль, Л. П. Ткаченко, Ю. Є. Мішньова (АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного», м. Харків, Україна). ***Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.*** **2021. № 121. С. 46—54.**

В АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного» розроблено та впроваджено технологію вібролиття високоякісних вогнетривів із зернистих мас різних за хімічним складом, розмірами, конфігурацією та вагою виробів, зокрема тиглів для індукційної плавки жароміцних сплавів. Мулітокорундові цирконвмісні тиглі за розробленою технологією містять $ZrO_2 \sim 8$ %, діоксидцирконійвмісні — ~ 17 %, корундові цирконвмісні — ~ 8 %, ~ 8—10 % і ~ 25 %, мають відкриту пористість < 20 %, межу міцності під час стискання залежно від використаної сировини і температури випалу у межах ~ 50—230 Н/мм^2, термостійкість > 20 теплозмін (1300 °C — вода).

У статті проведено дослідження з вивчення впливу виду добавок ZrO_2 і SiO_2, які введено цирконом або діоксидом цирконію в комбінації з кремнеземвмісною добавкою, на основні показники властивостей вібролитих зразків після випалу за 1580 °C.

У результаті проведених досліджень отримано високоглиноземні зразки з 10 % ZrO_2, що введено цирконом або порошком діоксиду цирконію, які характеризуються уявною щільністю 3,12 і 3,08 г/см^3, відкритою пористістю 14,4 і 15,5 %, межею міцності під час стискання 145 і 210 Н/мм^2, термостійкістю (1300 °C — вода) > 20 теплозмін і 6 теплозмін відповідно, тобто при практично однаковому хімічному складі зразки з цирконом мають кращі показники властивостей щодо відкритої пористості, уявної щільності і особливо щодо термостійкості, ніж зразки з діоксидом цирконію в комбінації з кремнеземом. Високу термостійкість зразків з цирконом можливо пояснити характером пор — видовжені, сполучені та неправильної конфігурації, а також наявністю мікротріщинуватої структури внаслідок розкладання циркону і утворення мікрокристалічного моноклінного діоксиду цирконію, в той час як у структурі зразків, до складу яких входив порошок діоксиду цирконію і кремнезему та суміш спільного помелу глинозему і кремнеземвмісної добавки, пори переважно круглі ізольовані. Враховуючи також, що циркон є вітчизняним матеріалом і є більш дешевим, ніж імпортний ZrO_2, для тиглів більш доцільним є використання циркону.

Ключові слова: високоглиноземні тиглі, циркон, діоксид цирконію, кремнеземвмісна добавка.

Бібліогр.: 10 назв.

Изучение влияния вида добавок ZrO_2 и SiO_2 на свойства высокоглиноземистых тиглей для плавки жаропрочных сплавов и сталей / В. В. Примаченко, И. Г. Шулик, К. И. Кущенко, П. А. Кущенко, Ю. А. Крахмаль, Л. П. Ткаченко, Ю. Е. Мишнёва (АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного», г. Харьков, Украина). ***Научные исследования по огнеупорам и технической керамике : сб. науч. тр.*** **2021. № 121. С. 46—54.**

В АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного» разработана и внедрена технология вибролитья высококачественных огнеупоров из зернистых масс различных по химическому составу, размерам, конфигурации и весу изделий, в частности тиглей для индукционной плавки жаропрочных сплавов. Муллитокорундовые цирконсодержащие тигли по разработанной технологии содержат ZrO ~ 8 %, диоксидцирконийсодержащие — ~ 17 %, корундовые цирконийсодержащие — ~ 8 %, ~ 8—10 % и ~ 25 %, имеют открытую пористость < 20 %, предел прочности при сжатии

в зависимости от используемого сырья и температуры обжига в пределах $\sim 50—230$ Н/мм^2, термостойкость > 20 теплосмен (1300 °С — вода).

В статье проведены исследования по изучению влияния вида добавок ZrO_2 и SiO_2, введенных цирконом или диоксидом циркония в комбинации с кремнеземсодержащей добавкой, на основные показатели свойств вибролитых образцов после обжига при 1580 °С.

В результате проведенных исследований получены высокоглиноземистые образцы с 10 % ZrO_2, введенным цирконом или порошком диоксида циркония, которые характеризуются кажущейся плотностью 3,12 и 3,08 г/см^3, открытой пористостью 14,4 и 15,5 %, пределом прочности при сжатии 145 и 210 Н/мм^2, термостойкостью (1300 °С — вода) > 20 теплосмен и 6 теплосмен соответственно, т. е. при практически одинаковом химическом составе образцы с цирконом имеют лучшие показатели свойств кажущейся плотности и особенно термостойкости, чем образцы с диоксидом циркония в комбинации с кремнеземом. Высокую термостойкость образцов с цирконом можно объяснить характером пор — удлиненные, сообщающиеся и неправильной конфигурации, а также наличием микротрещиноватой структуры вследствие разложения циркона и образования микрокристаллического моноклинного диоксида циркония, в то время как в структуре образцов, в состав которых входил порошок диоксида циркония и кремнезема и смесь совместного помола глинозема и кремнеземсодержащей добавки, поры преимущественно круглые изолированные. Учитывая также, что циркон является отечественным материалом и является более дешевым, чем импортный ZrO_2, для тиглей более целесообразно использование циркона.

Ключевые слова: высокоглиноземистые тигли, циркон, диоксид циркония, кремнеземсодержащая добавка.

Библиогр.: 10 назв.

Study on the effect of ZrO_2 and SiO_2 additions type on the properties of high alumina crucibles for melting heat-resistant alloys and steels / V. V. Primachenko, I. G. Shulyk, K. I. Kushchenko, P. O. Kushchenko, Yu. O. Krakhmal, L. P. Tkachenko, Yu. Ye. Mishnyova (JSC "URIR named after A. S. Berezhnoy", Kharkiv, Ukraine). ***Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers,*** **2021, no. 121, pp. 46—54.**

The technology of vibrocasting high-quality refractories from granular masses of different chemical composition, size, configuration and weight of products, in particular crucibles for induction melting of heat-resistant alloys was developed and introduced by JSC "URIR named after A. S. Berezhnoy". According to the developed technology, mullite-alumina zircon-containing crucibles contain $ZrO_2 \sim 8$ %, zirconia-containing crucibles — ~ 17 %, alumina zircon-containing crucibles — ~ 8 %, $\sim 8—10$ % and ~ 25 %, have open porosity < 20 %, cold crushing strength depending on the used raw materials and firing temperature within $\sim 50—230$ N/mm^2, thermal shock resistance> 20 thermal cycles (1300 °C — water).

The article studies the effect of ZrO_2 and SiO_2 additives type introduced with zircon or zirconia in combination with a silica-containing additive on the main properties of vibrocasting samples after firing at 1580 °C.

As a result of the studies the high alumina samples with 10 % ZrO_2, introduced by zircon or zirconia powder, were produced, which are characterized by apparent density of 3.12 and 3.08 g/cm^3, open porosity of 14.4 and 15.5 %, cold crushing strength 145 and 210 N/mm^2, thermal shock resistance > 20 thermal cycles and 6 thermal cycles (1300 °C — water) respectively. That is, with practically the same chemical composition, samples with zircon have better indicators of apparent density and especially thermal shock resistance than samples with zirconia in combination with silica. The high thermal shock resistance of samples with zircon can be explained by a nature of the pores which long irregular in configuration and connected to each and, as well as microfractured structure due to the decomposition of zircon and the formation of microcrystalline monoclinic zirconia while in the structure of the samples, which included zirconia powder and silica and a mixture of joint grinding of alumina and a silica-containing additive, the pores are predominantly round isolated. Considering also that zircon is a domestic material and is cheaper than imported ZrO_2, it is more expedient to use zircon for crucibles.

Key words: high alumina crucibles, zircon, zirconia, silica-containing additive.

Bibliogr.: 10 titles.

Процеси фазоутворення та основні властивості цирконійоксидно-глиноземної набивної маси на фосфатній зв'язці в залежності від температури її термообробки / В. В. Мартиненко, П. О. Кущенко, В. В. Примаченко, І. Г. Шулик, О. Б. Процак, В. В. Варганов (АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного», м. Харків, Україна). ***Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.*** **2021. № 121. С. 55—64.**

Вивчено процеси фазоутворення і основні показники властивостей зразків цирконійоксидно-глиноземної набивної маси на фосфатній зв'язці, термооброблених в діапазоні температур 200—2100 °С. Встановлено, що найбільш повна взаємодія P_2O_5 з кубічним ZrO_2 відбувається в діапазоні температур 1200—1400 °С, це проявляється в значній дестабілізації кубічної фази ZrO_2 (кількість якої змінюється від 70 до 35 %) і супроводжується падінням міцності зразків ($\sigma_{ст.}$ змінюється від 62—72 до 35—44 Н/мм^2), яка залишається достатньою для збереження будівельної міцності футерівки. Процес дестабілізації кубічної фази ZrO_2 закінчується за температури 1700 °С. Підвищення температури термообробки зразків від 1700 до 2000 °С спричиняє розпад фосфатів алюмінію, кальцію і цирконію і призводить до повторної стабілізації ZrO_2. Вказані процеси сприяють ущільненню ($\rho_{уявна}$ зростає від 4,28 до 4,30 г/см^3) і зміцненню структури зразків ($\sigma_{ст.}$ зростає від 72 до 95 Н/мм^2). Подальше підвищення температури від 2000 до 2100 °С призводить до деякого

оплавлення поверхні зразків внаслідок плавлення алюмінію за температури 2050—2070 °С.

Встановлено, що в процесі фазоутворення в діапазоні температур 200—2000 °С міцність футерівки, виконаної із цирконійоксидно-глиноземної набивної маси, достатньо висока для забезпечення її конструкційної міцності в процесі служби. В зв'язку з вищевикладеним, максимальна температура служби футерівки, виконаної з розробленої цирконійоксидно-глиноземної набивної маси, не повинна перевищувати 2000 °С.

Результати виконаних досліджень використані при розробці нового виду продукції — цирконійоксидно-глиноземної набивної маси на фосфатній зв'язці, яку призначено для виконання робочого шару футерівки на межі камер горіння і змішування промислових реакторів виробництва технічного вуглецю.

Ключові слова: діоксид цирконію, оксид кальцію, глинозем, цирконійоксидно-глиноземна набивна маса, властивості, реактори виробництва технічного вуглецю.

Бібліогр.: 15 назв.

Процессы фазообразования и основные свойства цирконийоксидно-глиноземной набивной массы на фосфатной связке в зависимости от температуры ее термообработки / В. В. Мартыненко, П. А. Кущенко, В. В. Примаченко, И. Г. Шулик, Е. Б. Процак, В. В. Варганов (АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного», г. Харьков, Украина). ***Научные исследования по огнеупорам и технической керамике : сб. науч. тр.*** **2021. № 121. С. 55—64.**

Изучены процессы фазообразования и основные показатели свойств образцов цирконийоксидно-глиноземной набивной массы на фосфатной связке, термообработанных в диапазоне температур 200—2100 °С. Установлено, что наиболее полное взаимодействие P_2O_5 с кубическим ZrO_2 происходит в диапазоне температур 1200—1400 °С, это проявляется в значительной дестабилизации кубической фазы ZrO_2 (количество которой изменяется от 70 до 35 %) и сопровождается падением прочности образцов ($\sigma_{сж.}$ изменяется от 62—72 до 35—44 Н/мм^2), которая остается достаточной для сохранения строительной прочности футеровки. Процесс дестабилизации кубической фазы ZrO_2 заканчивается при температуре 1700 °С. Повышение температуры термообработки образцов от 1700 до 2000 °С вызывает распад фосфатов алюминия, кальция и циркония и приводит к повторной стабилизации ZrO_2. Указанные процессы способствуют уплотнению ($\rho_{каж.}$ увеличивается от 4,28 до 4,30 г/см^3) и упрочнению структуры образцов ($\sigma_{сж.}$ увеличивается от 72 до 95 Н/мм^2). Дальнейшее повышение температуры от 2000 до 2100 °С приводит к некоторому оплавлению поверхности образцов вследствие плавления корунда при температуре 2050—2070 °С.

Установлено, что в процессе фазообразования в диапазоне температур 200—2000 °С прочность футеровки, выполненной из цирконийоксидно-глиноземной набивной массы, достаточно высокая для обеспечения ее конструкционной прочности в процессе службы. В связи с вышеизложенным, максимальная температура службы футеровки, выполненной из разработанной цирконийоксидно-глиноземной набивной массы, не должна превышать 2000 °C.

Результаты выполненных исследований использованы при разработке нового вида продукции — цирконийоксидно-глиноземной набивной массы на фосфатной связке, предназначенной для выполнения рабочего слоя футеровки на границе камер горения и смешивания промышленных реакторов производства технического углерода.

Ключевые слова: диоксид циркония, оксид кальция, глинозем, цирконийоксидно-глиноземистая набивная масса, свойства, реакторы производства технического углерода.

Библиогр.: 15 назв.

Phase formation processes and main properties of zirconia-alumina ramming mix on a phosphate bond, depending on the temperature of its thermal treatment / V. V. Martynenko, P. O. Kushchenko, V. V. Primachenko, I. G. Shulyk, O. B. Protsak, V. V. Varganov (JSC "URIR named after A. S. Berezhnoy", Kharkiv, Ukraine). ***Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers,*** **2021, no. 120, pp. 55—64.**

The phase formation processes and the main properties of samples from zirconia-alumina ramming mix on a phosphate bond, thermal-treated in the temperature range 200—2100 °C, have been studied. It was found that, the most complete interaction of P_2O_5 with cubic ZrO_2 occurs in the temperature range 1200—1400 °C. This manifests itself in a significant destabilization of the cubic ZrO_2 phase (the amount of which varies from 70 to 35 %) and is accompanied by a drop in the samples strength (cold crushing strength varies from 62—72 to 35—44 N/mm^2), which remains sufficient to maintain the structural strength of lining. The destabilization process of the ZrO_2 cubic phase ends at a temperature of 1700 °C. An increase in the thermal treatment temperature of the samples from 1700 to 2000 °C causes the decomposition of aluminium, calcium and zirconium phosphates and leads to the re-stabilization of ZrO_2. These processes contribute to compaction (apparent density increases from 4.28 to 4.30 g/cm^3) and hardening of the samples structure (cold crushing strength increases from 72 to 95 N/mm^2). A further increase in temperature from 2000 to 2100 °C leads to some melting of the sample surface due to the melting of corundum at a temperature of 2050—2070 °C.

It has been established that, in the phase formation process in the temperature range 200—2000 °C the strength of lining made of zirconia-alumina ramming mix is sufficiently high to ensure its structural strength during service. In connection with the above, the maximum service temperature of the lining made of the developed zirconia-alumina ramming mix should not exceed 2000 °C.

The results of the carried out studies were used in the development of a new type of product — zirconia-alumina ramming mix on a phosphate bond, intended for making a working lining layer at the border of combustion chambers and mixing industrial reactors for carbon black production.

Key words: zirconium dioxide, calcium oxide, alumina, zirconia-alumina ramming mix, properties, carbon black production reactors.

Bibliogr.: 15 titles.

Залежність структурно-реологічних властивостей вогнетривкої вібролитої низькоцементної глиноземно-хромоксидної бетонної маси та властивостей зразків із неї від виду диспергуючих добавок / В. В. Примаченко, І. Г. Шулик, Т. Г. Гальченко, О. Б. Процак, Л. В. Бєлік (АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного», м. Харків, Україна). ***Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.*** **2021. № 121. С. 65—75.**

Досліджено вплив нової диспергуючої добавки (на полікарбонатній основі) в порівнянні з відомою добавкою на основі поліетиленгліколю на структурно-реологічні властивості низькоцементних глиноземно-хромоксидних бетонних мас з вологістю 4,5 % (розтікання під час вібрації свіжоприготовлених мас і кінетика зміни міцності їх структури в залежності від часу зберігання мас) та на основні показники властивостей зразків бетону з цих мас.

Проведеними дослідженнями розтікання свіжоприготовлених мас під час вібрації встановлено, що добавка на основі поліетиленгліколю має в 1,3 раза більшу розріджувальну здатність порівняно з добавкою на полікарбонатній основі, однак і остання також є придатною для виготовлення вібролитого глиноземно-хромоксидного бетону. Показано, що строк зберігання маси з добавкою на основі поліетиленгліколю становить 5,5—6,0 год, а маси з добавкою на полікарбонатній основі — 3,0—3,5 год. Протягом вказаного часу ці маси ще є рухливими і придатні для вібролиття.

Встановлено механізм утворення коагуляційно-конденсаційно-кристалізаційної структури в масі з диспергуючою добавкою на основі поліетиленгліколю. Остаточний механізм структуроутворення в масі з диспергуючою добавкою на полікарбонатній основі підлягає вивченню.

Показано, що при введенні досліджених у цій роботі добавок у низькоцементну глиноземно-хромоксидну бетонну масу зразки бетону з добавкою на основі поліетиленгліколю характеризуються суттєво більш високими показниками властивостей, ніж зразки бетону з добавкою на полікарбонатній основі, однак і останні зразки також мають показники властивостей, які відповідають заданим вимогам технічних умов. Властивості виготовлених висушених невипалених зразків з добавкою на основі поліетиленгліколю і на полікарбонатній основі відповідно: уявна щільність — 3,12 і 2,93 г/см^3; межа міцності під час стискання після гідратаційного твердіння протягом 7 діб — 64 і 56 Н/мм^2. Властивості зразків після випалу за температури 1580 °С: уявна щільність — 3,06 і 2,91 г/см^3; відкрита пористість — 19,8 і 21,9 %; межа міцності під час стискання — 196 і 70 Н/мм^2, відповідно з добавкою на основі поліетиленгліколю та з добавкою на полікарбонатній основі. Але властивості зразків з добавкою на полікарбонатній основі є достатньо високими і вона може використовуватися, в разі необхідності, як альтернативна добавка.

У результаті проведених досліджень розширено сировинну базу для виробництва крупнозернистого глиноземно-хромоксидного бетону та бетонних виробів із нього.

Ключові слова: низькоцементний глиноземно-хромоксидний бетон, диспергуюча добавка, розтікання, міцність структури.

Бібліогр.: 14 назв.

Зависимость структурно-реологических свойств огнеупорной вибролитой низкоцементной глиноземно-хромоксидной бетонной массы и свойств образцов из нее от вида диспергирующих добавок / 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.*** **2021. № 121. С. 65—75.**

Исследовано влияние новой диспергирующей добавки (на поликарбонатной основе) в сравнении с известной добавкой на основе полиэтиленгликоля на структурно-реологические свойства низкоцементных глиноземно-хромоксидных бетонных масс с влажностью 4,5 % (растекание при вибрации свежеприготовленных масс и кинетика изменения прочности их структуры в зависимости от времени хранения масс) и на основные показатели свойств образцов бетона из этих масс.

Проведенными исследованиями растекания свежеприготовленных масс при вибрации установлено, что добавка на основе полиэтиленгликоля имеет в 1,3 раза большую разжижающую способность по сравнению с добавкой на поликарбонатной основе, однако и последняя также пригодна для изготовления вибролитого глиноземно-хромоксидного бетона. Показано, что срок хранения массы с добавкой на основе полиэтиленгликоля составляет 5,5—6,0 ч, а массы с добавкой на поликарбонатной основе — 3,0—3,5 ч. В течение указанного времени эти массы являются еще подвижными и пригодны для вибролитья.

Установлен механизм образования коагуляционно-конденсационно-кристаллизационной структуры в массе с диспергирующей добавкой на основе полиэтиленгликоля. Окончательный механизм структурообразования в массе с диспергирующей добавкой на поликарбонатной основе подлежит изучению.

Показано, что при введении исследованных в этой работе добавок в низкоцементную глиноземно-хромоксидную бетонную массу образцы бетона с добавкой на основе полиэтиленгликоля характеризуются существенно более высокими показателями свойств, чем образцы бетона с добавкой на поликарбонатной основе, однако и последние образцы также имеют показатели свойств, соответствующие заданным требованиям технических условий. Свойства изготовленных высушенных необожженных образцов с добавкой на основе полиэтиленгликоля и на поликарбонатной основе соответственно: кажущаяся плотность — 3,12 и 2,93 г/см^3; предел прочности при сжатии после гидратационного твердения в течение 7 суток — 64 и 56 Н/мм^2. Свойства образцов после обжига при температуре 1580 °С: кажущаяся плотность — 3,06 и 2,91 г/см^3;

открытая пористость — 19,8 и 21,9 %; предел прочности при сжатии — 196 и 70 Н/мм^2, соответственно с добавкой на основе полиэтиленгликоля и на поликарбонатной основе. Но свойства образцов с добавкой на поликарбонатной основе являются достаточно высокими, и она может использоваться, в случае необходимости, как альтернативная добавка.

В результате проведенных исследований расширена сырьевая база для производства крупнозернистого глиноземно-хромоксидного бетона и бетонных изделий из него.

Ключевые слова: низкоцементный глиноземно-хромоксидный бетон, диспергирующая добавка, растекание, прочность структуры.

Библиогр.: 14 назв.

Dependence of the structural and rheological properties of a refractory vibrocasting low-cement alumina-chromia castable and the properties of samples from it on the type of dispersant additives / V. V. Primachenko, I. G. Shulyk, T. G. Galchenko, O. B. Protsak, L. V. Belik (JSC "URIR named after A. S. Berezhnoy", Kharkiv, Ukraine). ***Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers,*** **2021, no. 121, pp. 65—75.**

The effect of a new dispersant additive (on a polycarbonate basis) in comparison with a known additive based on polyethylene glycol on the structural and rheological properties of low-cement alumina-chromia castables with a moisture content of 4.5 % (flowability during vibration of freshly prepared castables and the kinetics of changes in the strength of their structure depending on holding time) and on the main properties of castables has been studied.

Studies of the freshly prepared castables flowability during vibration have established that the additive based on polyethylene glycol has a 1.3 times greater thinning ability compared to the additive on a polycarbonate basis, but the latter is also suitable for the manufacture of vibrocasting alumina-chromia castable. It has been shown that the shelf life of the mass with the addition based on polyethylene glycol is 5.5—6.0 hours, and the mass with the addition on the polycarbonate base is 3.0—3.5 hours. During the indicated time, these masses are still mobile and suitable for vibration casting.

The formation mechanism of a coagulation-condensation-crystallization structure in the mass with the dispersant additive based on polyethylene glycol has been established. The final mechanism of structure formation in the mass with the dispersant additive on a polycarbonate basis is to be studied.

It was shown that with the introduction of additives studied in this work into the low-cement alumina-chromia castable, castable samples with the additive based on polyethylene glycol were characterized by significantly higher property indices than castable samples with the additive on a polycarbonate base, however, the latter samples also have property indices that meet the specified requirements of the technical specifications.

The properties of prepared dried unfired samples with the additive based on polyethylene glycol and on a polycarbonate base, respectively: apparent density — 3.12 and 2.93 g/cm^3; cold crushing strength after hydration hardening for 7 days — 64 and 56 N/mm^2. The properties of samples after

firing at a temperature of 1580 °C: apparent density — 3.06 and 2.91 g/cm^3; open porosity — 19.8 and 21.9 %; cold crushing strength — 196 and 70 N/mm^2, respectively, with the additive based on polyethylene glycol and on a polycarbonate basis. But the properties of samples with the additive on a polycarbonate base are quite high, and it can be used, if necessary, as an alternative additive.

As a result of the carried out research, the raw material base for the production of coarse-grained alumina-chromia castable and castable products from it has been expanded.

Key words: low-cement alumina-chromia castable, dispersant additive, flowability, structure strength.

Bibliogr.: 14 titles.

Залежність показників властивостей зразків бетону із низькоцементної карбідкремнієвої бетонної суміші від температури випалу та газового середовища / П. О. Кущенко, В. В. Примаченко, І. Г. Шулик, Л. К. Савіна (АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного», м. Харків, Україна). *Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.* 2021. № 121. С. 76—85.

Досліджено вплив температури випалу 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1580 °С і середовища (повітряного та відновного) на основні показники властивостей зразків бетону із низькоцементної карбідкремнієвої бетонної суміші марки НКБС з комбінованою добавкою.

Показано, що зі збільшенням температури випалу у повітряному середовищі в інтервалі 1000—1580 °С вміст карбіду кремнію у зразках бетону зменшується. До температур 1200—1300 °С вміст карбіду кремнію в зразках бетону практично не змінюється, а окиснення уповільнюється за рахунок утворення на поверхні зерен карбіду кремнію в'язкого розплаву склофази алюмосилікатного складу. Збільшення температури випалу вище за 1300 °С призводить до більш інтенсивного окислення зерен карбіду кремнію до SiO_2, що обумовлює зміну пористості, щільності й міцності зразків. У результаті виконаних досліджень встановлено, що температура використання у повітряному середовищі вищевказаного низькоцементного карбідкремнієвого бетону не повинна перевищувати 1300 °С.

Встановлено, що після випалу у відновному середовищі в діапазоні температур 1000—1580 °С у зразках карбідкремнієвого бетону вміст карбіду кремнію залишається практично однаковим, а щільність і міцність підвищуються, що забезпечує ефективність його використання для футерівки теплових агрегатів, працюючих у відновному середовищі до температури 1580 °С.

Ключові слова: низькоцементна карбідкремнієва бетонна суміш, комбінована добавка, температура випалу, повітряне та відновне середовище, окиснення.

Бібліогр.: 13 назв.

Зависимость показателей свойств образцов бетона из низкоцементной карбидкремниевой бетонной смеси от температуры обжига и газовой среды / П. А. Кущенко, В. В. Примаченко, И. Г. Шулик, Л. К. Савина (АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного», г. Харьков, Украина). ***Научные исследования по огнеупорам и технической керамике : сб. науч. тр.*** **2021. № 121. С. 76—85.**

Исследовано влияние температуры обжига 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1580 °C и среды (воздушной и восстановительной) на основные показатели свойств образцов бетона из низкоцементной карбидкремниевой бетонной смеси марки НКБС с комбинированной добавкой.

Показано, что с увеличением температуры обжига в воздушной среде в интервале 1000—1580 °C содержание карбида кремния в образцах бетона уменьшается. До температур 1200—1300 °C содержание карбида кремния в образцах бетона практически не изменяется, а окисление замедляется за счет образования на поверхности зерен карбида кремния вязкого расплава стеклофазы алюмосиликатного состава. Увеличение температуры обжига выше 1300 °C приводит к более интенсивному окислению зерен карбида кремния до SiO_2, что обусловливает изменение пористости, плотности и прочности образцов. В результате выполненных исследований установлено, что температура использования в воздушной среде вышеуказанного низкоцементного карбидкремниевого бетона не должна превышать 1300 °C.

Установлено, что после обжига в восстановительной среде в диапазоне температур 1000—1580 °C в образцах карбидкремниевого бетона содержание карбида кремния остается практически одинаковым, а плотность и прочность повышаются, что обеспечивает эффективность его использования для футеровки тепловых агрегатов, работающих в восстановительной среде до температуры 1580 °C.

Ключевые слова: низкоцементная карбидкремниевая бетонная смесь, комбинированная добавка, температура обжига, воздушная и восстановительная среда, окисление.

Библиогр.: 13 назв.

Properties dependence of castable samples from low-cement silicon carbide castable on the firing temperature and the gas atmosphere / P. O. Kushchenko, V. V. Primachenko, I. G. Shulyk, L. K. Savina (JSC "URIR named after A. S. Berezhnoy", Kharkiv, Ukraine). ***Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers,*** **2021, no. 121, pp. 76—85.**

The influence of firing temperature of 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1580 °C and atmosphere (air and reducing) on the main properties of castable samples from low-cement silicon carbide castable grade of "NKBS" with a combined additive has been investigated.

It was shown that, in air with an increase in the firing temperature in the range 1000—1580 °C, the content of silicon carbide in the castable samples decreases. Up to temperatures of 1200—1300 °C, the content of silicon carbide in the castable samples practically does not change, and oxidation slows

down due to the formation of a viscous melt of a glassy phase of an alumina silicate composition on the surface of silicon carbide grains. An increase in the firing temperature above 1300 °C leads to a more intense oxidation of silicon carbide grains to SiO_2, which causes a change in the porosity, density and strength of the samples. As a result of the carried out studies, it was found that, the using temperature in the air of the above mentioned low-cement silicon carbide castable should not exceed 1300 °C.

It was found that, after firing in a reducing atmosphere in the temperature range of 1000—1580 °C in the samples of silicon carbide castable, the content of silicon carbide remains almost the same, and the density and strength increase, which ensures the efficiency of its use for lining thermal units operating in a reducing atmosphere up to temperatures of 1580 °C.

Key words: low-cement silicon carbide castable, combined additive, firing temperature, air and reducing atmosphere, oxidation.

Bibliogr.: 13 titles.

Дослідження впливу виду кварцовмісних добавок на властивості зразків бетону із низькоцементної глиноземно-кремнеземної бетонної суміші до і після термообробки / Л. К. Савіна, І. В. Хончик, П. О. Кущенко, І. Г. Шулик (АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного», м. Харків, Україна). *Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.* 2021. № 121. С. 86—93.

Забезпечення відповідності фізико-механічних показників властивостей бетонних виробів диференційованим вимогам експлуатації досягається шляхом оптимізації зернового складу шамотного заповнювача, використанням мікрозаповнювача з підвищеним вмістом оксиду алюмінію і реакційно-активних добавок у складі матричного компонента, вибором ефективних добавок дефлокулянтів і пластифікаторів та ін.

Досліджено вплив виду заповнювача, його зернового складу, кварцовмісних добавок (кварцовмісної добавки FS або суміші сумісного помелу глинозему α -форми і кварцовмісної добавки S), кількості цементу ВГЦ-73 на водопотребу, розтікання свіжовиготовленої маси і властивості зразків бетону із низькоцементної глиноземно-кремнеземної бетонної суміші після термообробки за температур 110, 800 і 1400 °C. Встановлено, що при частковій заміні в бетонній суміші шамоту на нормальний корунд, введенні добавки глинозему α -форми і кварцовмісного компоненту, підвищенні кількості високоглиноземного цементу ВГЦ-73 від 5 до 8 % знижується водопотреба і підвищується розтікання бетонної маси, підвищується міцність зразків бетону до і після термообробки.

У результаті виконаних досліджень розроблено технологію виготовлення низькоцементної глиноземно-кремнеземної бетонної суміші з вмістом Al_2O_3 52—56 % , яку освоєно в АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного».

Ключові слова: низькоцементна глиноземно-кремнеземна бетонна суміш, кварцовмісні добавки, високоглиноземний цемент, розтікання, міцність.

Бібліогр.: 8 назв.

Исследование влияния вида кварцесодержащих добавок на свойства образцов бетона из низкоцементной глиноземно-кремнеземной бетонной смеси до и после термообработки / Л. К. Савина, И. В. Хончик, П. А. Кущенко, И. Г. Шулик (АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного», г. Харьков, Украина). ***Научные исследования по огнеупорам и технической керамике : сб. науч. тр.*** **2021. № 121. С. 86—93.**

Обеспечение соответствия физико-механических показателей свойств бетонных изделий дифференцированным требованиям эксплуатации достигается путем оптимизации зернового состава шамотного заполнителя, использованием микрозаполнителя с повышенным содержанием оксида алюминия и реакционно-активных добавок в составе матричного компонента, выбором эффективных добавок дефлокулянтов и пластификаторов и др.

Исследовано влияние вида заполнителя, его зернового состава, кварцесодержащих добавок (кварцесодержащей добавки FS или смеси совместного помола глинозема α -формы и кварцесодержащей добавки S), количества цемента ВГЦ-73 на водопотребность, растекание свежеприготовленной массы и свойства образцов бетона из низкоцементной глиноземно-кремнеземной бетонной смеси после термообработки при температурах 110, 800 и 1400 °С. Установлено, что при частичной замене в бетонной смеси шамота на нормальный корунд, введении добавки глинозема α -формы и кварцесодержащего компонента, повышении количества высокоглиноземистого цемента ВГЦ-73 от 5 до 8 % уменьшается водопотребность и повышается растекание бетонной массы, увеличивается прочность образцов бетона до и после термообработки.

В результате выполненных исследований разработана технология изготовления низкоцементной глиноземно-кремнеземной бетонной смеси с содержанием Al_2O_3 52—56 %, которая освоена в АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного».

Ключевые слова: низкоцементная глиноземно-кремнеземная бетонная смесь, кварцесодержащие добавки, высокоглиноземистый цемент, растекание, прочность.

Библиогр.: 8 назв.

Investigation on the influence of quartz-containing additives type on the properties of castable samples from a low-cement alumina-silica castable before and after thermal treatment / L. K. Savina, I. V. Khonchyk, P. O. Kuschenko, I. G. Shulyk (JSC "URIR named after A. S. Berezhnoy", Kharkiv, Ukraine). ***Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers,*** **2021, no. 121, pp. 86—93.**

Ensuring compliance of the physical and mechanical properties of castable products with differentiated operating requirements is achieved by optimizing the grain size composition of the fireclay aggregate, using a microfiller with an increased content of aluminum oxide and reactive additives in the matrix component, choosing effective deflocculants and plasticizers additives, etc.

The influence of aggregate type, its grain size composition, quartz-containing additives (quartz-containing additive FS or a mixture of combined grinding of α -form alumina and quartz-containing additive S), amount of cement grade of "VGTs-73" on water demand, flowability of freshly prepared mass and properties of castable samples from low-cement alumina-silica castable after thermal treatment at temperatures of 110, 800 and 1400 °C. It was found that, with a partial replacement of fireclay in the castable with brown alumina, an addition introduction of α -form alumina and a quartz-containing component, an increase in the amount of high-alumina cement grade of "VGTs-73" from 5 to 8 %, the water demand decreases and the castable flowability increases, the strength of castable samples increases before and after thermal treatment.

As a result of the carried out research, a technology for the manufacture of low-cement alumina-silica castable with Al_2O_3 content 52—56 % has been developed and mastered in JSC "URIR named after A. S. Berezhnoy".

Key words: low-cement alumina-silica castable, quartz-containing additives, high alumina cement, flowability, strength.

Bibliogr.: 8titles.

Розрахунок температур та складів евтектик полікомпонентних перерізів системи (Mg, Ca, Sr, Ba)O—Al_2O_3—Cr_2O_3 / А. М. Корогодська[1], Г. М. Шабанова[1], С. М. Логвінков[2], О. В. Христич[3], М. М. Волобуєв[1, 4] ([1]НТУ «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; [2]Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця, м. Харків, Україна; [3]Національний університет цивільного захисту України, м. Харків, Україна; [4]Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна, м. Харків, Україна). *Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.* 2021. № 121. С. 94—102.

Зі зміною структури металургійного виробництва в Україні розширюється номенклатура використовуваних вогнетривких матеріалів: зростає частка неформованих вогнетривів високої якості, оскільки при цьому виключається значна за часом і енерговитратами операція випалу штучних виробів, а також спрощується операція створення футеровочного шару. Для встановлення максимально можливої температури експлуатації матеріалів, що розробляються на основі композицій оптимальних областей багатокомпонентної оксидної системи (Mg, Ca, Sr, Ba)O—Al_2O_3—Cr_2O_3, необхідно розрахувати температури й склади евтектик бінарних, потрійних та чотирикомпонентних перерізів, що є метою даного дослідження.

Для проведення розрахунків у бінарних перерізах найбільш прийнятним є метод Епстейна — Хоуленда, а у три- та чотирикомпонентних перерізах — розв'язання системи нелінійних рівнянь. Встановлено, що для отримання тугоплавкого неформованого матеріалу на основі кальцієвого алюмохромітного цементу з периклазом як заповнювачем необхідно коригувати фазовий склад цементу в сторону збільшеного вмісту $CaCr_2O_4$, а загальний склад композиції повинен містити не менше 75 мас. % периклаза або магнезіальної шпінелі. Крім того, в разі утворення в результаті протікання процесів гідратації цементу гідратів глинозему, магнезіальна

шпінель буде синтезуватися в складі тугоплавкого неформованого матеріалу в процесі служби. Для отримання тугоплавких неформованих матеріалів на основі стронцієвого алюмохромітного цементу й периклаза як заповнювача необхідно збільшувати вміст $SrAl_2O_4$ і мінімізувати вміст $Sr_3Al_2O_6$ у складі цементу, при цьому вміст заповнювача в складі композиції може варіюватися в широких межах, оскільки температура плавлення таких композицій буде складати понад 1700 °C. Для створення тугоплавких неформованих матеріалів на основі барієвих алюмохромітних цементів необхідно збільшувати вміст $BaAl_2O_4$ в складі цементу як найбільш гідравлічно активного і вогнетривкого компонента, а склад композиційного матеріалу створювати низько- або ультранизькоцементним для підвищення температури експлуатації. При цьому, в разі утворення в процесі гідратації алюмохромітного цементу гідроксидів хрому, в складі композиції при службі буде синтезуватися хромова шпінель, підвищуючи вогнетривкість отриманої композиції. Таким чином, варіюванням виду й фазового складу цементу та співвідношення цементу та заповнювача у складі бетону можливо отримувати неформовані матеріали широкого температурного спектру експлуатації для використання їх у теплонапружених ділянках високотемпературних агрегатів.

Ключові слова: багатокомпонентна система, переріз, евтектика, температура, ліквідус, неформовані матеріали, шпінель.

Бібліогр.: 14 назв.

Расчет температур и составов эвтектик поликомпонентных сечений системы (Mg, Ca, Sr, Ba)O—Al_2O_3—Cr_2O_3 / А. Н. Корогодская[1], Г. Н. Шабанова[1], С. М. Логвинков[2], Е. В. Христич[3], М. Н. Волобуев[1,4] ([1]НТУ «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина; [2]Харьковский национальный экономический университет им. С. Кузнеца, г. Харьков, Украина; [3]Национальний университет гражданской защиты Украины, г. Харьков, Украина; [4]Харковский национальный университет им. В. Н. Каразина, г. Харьков, Украина). ***Научные исследования по огнеупорам и технической керамике : сб. науч. тр.*** **2021. № 121. С. 94—102.**

С изменением структуры металлургического производства в Украине расширяется номенклатура используемых огнеупорных материалов: растет доля неформованных огнеупоров высокого качества, так как при этом исключается значительная по времени и энергозатратам операция обжига штучных изделий, а также упрощается операция создания футеровочного слоя. Для установления максимально возможной температуры эксплуатации материалов, разрабатываемых на основе композиций оптимальных областей многокомпонентной оксидной системы (Mg, Ca, Sr, Ba)O—Al_2O_3—Cr_2O_3, необходимо рассчитать температуры и составы эвтектик бинарных, тройных и четырехкомпонентных сечений, что и является целью данного исследования.

Для проведения расчетов в бинарных сечениях наиболее приемлемым является метод Эпстейна — Хоуленда, а в трех- и четырехкомпонентных сечениях — решение системы нелинейных уравнений. Установлено, что для получения тугоплавкого неформованного материала на основе кальциевого алюмохромитного цемента с периклазом в качестве заполнителя необходимо корректировать фазовый состав цемента в сторону увеличенного содержания $CaCr_2O_4$, а общий состав композиции должен содержать не менее 75 мас. % периклаза или магнезиальной шпинели. Кроме того, в случае образования в результате протекания процессов гидратации цемента гидратов глинозема, магнезиальная шпинель будет синтезироваться в составе тугоплавкого неформованного материала в процессе службы. Для получения тугоплавких неформованных материалов на основе стронциевого алюмохромитного цемента и периклаза как заполнителя необходимо увеличивать содержание $SrAl_2O_4$ и минимизировать содержание $Sr_3Al_2O_6$ в составе цемента, при этом содержание заполнителя в составе композиции может варьироваться в широких пределах, так как температура плавления таких композиций будет составлять более 1700 °C. Для создания тугоплавких неформованных материалов на основе бариевых алюмохромитных цементов необходимо увеличивать содержание $BaAl_2O_4$ в составе цемента как наиболее гидравлически активного и огнеупорного компонента, а состав композиционного материала создавать низко- или ультаранизкоцементным для повышения температуры эксплуатации. При этом, в случае образования в процессе гидратации алюмохромитного цемента гидроксидов хрома, в составе композиции при службе будет синтезироваться хромовая шпинель, повышая огнеупорность полученной композиции. Таким образом, варьированием вида и фазового состава цемента и соотношения цемента и заполнителей в составе бетона возможно получать неформованные материалы широкого температурного диапазона эксплуатации для использования в теплонапряженных участках высокотемпературных агрегатов.

Ключевые слова: многокомпонентная система, сечение, эвтектика, температура, ликвидус, неформованные материалы, шпинель.
Библиогр.: 14 назв.

Calculation of eutectics temperatures and compositions of multicomponent sections of the system (Mg, Ca, Sr, Ba)O—Al_2O_3—Cr_2O_3 / **A. N. Korohodska[1], G. N. Shabanova[1], S. M. Logvinkov[2], O. V. Khrystych[3], M. M. Volobuev[1, 4] ([1]NTU “Kharkiv Polytechnic Institute”, Kharkiv, Ukraine; [2]Kharkiv National Economic University named after S. Kuznets, Kharkiv, Ukraine; [3]National University of Civil Protection of Ukraine, Kharkiv, Ukraine; [4]Kharkiv National University named after V. N. Karazin, Kharkiv, Ukraine).** ***Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers,* 2021, no. 121, pp. 94—102.**

With change in the structure of metallurgical production in Ukraine, the range of used refractory materials is expanding: the share of unshaped high-quality refractories is growing, since this eliminates the time-consuming and energy-consuming operation of firing piece products, and also simplifies the operation of creating a lining layer. To establish the maximum possible operating temperature of materials developed on the basis of compositions of the optimal regions of multicomponent oxide system (Mg, Ca, Sr, Ba)O—Al_2O_3—Cr_2O_3, it was necessary to calculate the temperatures and compositions of the eutectics of binary, ternary and four-component sections, which was the purpose of this study.

For calculations in binary sections, the Epstein — Howland method is most acceptable, and in three- and four-component sections — the solution of nonlinear equations system. It was found that to obtain a refractory unshaped material based on calcium aluminium chromite cement with periclase as a filler, it is necessary to adjust the phase composition of the cement towards an increased $CaCr_2O_4$ content, and the total composition must contains at least 75 wt. % periclase or magnesium spinel. In addition, in the case of alumina hydrates formation as a result of cement hydration processes, magnesium spinel will be synthesized as part of a refractory unshaped material during service. To obtain refractory unshaped materials based on strontium aluminium chromite cement and periclase as filler, it is necessary to increase the $SrAl_2O_4$ content and minimize the $Sr_3Al_2O_6$ content in the cement composition, while the filler content in the composition can vary within wide limits, since the melting temperature of such compositions will be more than 1700 °C. To create refractory unshaped materials based on barium aluminium chromite cements, it is necessary to increase the content of $BaAl_2O_4$ in the cement composition as the most hydraulically active and refractory component and the composition of the composite material should be low- or ultra-low-cement in order to increase the operating temperature. In addition, in the case of chromium hydroxides formation during the hydration of aluminium chromite cement, chromium spinel will be synthesized in the composition during service, increasing the refractoriness of resulting composition. Thus, by varying the type and phase composition of cement and the ratio of cement and aggregates in the concrete composition, it is possible to obtain unshaped materials with a wide operating temperature range for use in heat-stressed areas of high-temperature aggregates.

Key words: multicomponent system, cross section, eutectic, temperature, liquidus, unshaped materials, spinel.

Bibliogr.: 14 titles.

Вплив типу реактивного глинозему на властивості корундошпінельних бетонів (огляд) / С. В. Чаплянко[1], В. В. Нікічанов[2] ([1]ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО «ДЕРЖАВНИЙ ІНСТИТУТ ПО ПРОЕКТУВАННЮ ПІДПРИЄМСТВ КОКСОХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ», м. Харків, Україна; [2]Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна). *Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.* 2021. № 121. С. 103—112.

З метою удосконалення технології виготовлення вогнетривких бетонів високої якості виконано огляд й аналіз деяких окремих результатів зарубіжних досліджень, спрямованих на вивчення впливу типу реактивного глинозему (за питомою поверхнею, розподілом частинок за розмірами, хімічною чистотою) на властивості корундошпінельних бетонів різного складу.

Показано ефективність застосування у корундошпінельному бетоні:

— композиційного матеріалу марки E-SY288 у порівнянні з глиноземом марки CL370 у частині покрашення показників відкритої пористості й модуля холодного розриву зразків незалежно від температури випалу;

— глинозему з меншим вмістом Na_2O (0,32 %) і розміром частинок (d_{50} = 2,51 мкм) у частині покрашення показників усадки й модуля холодного розриву випалених за 1450 °C зразків;

— глинозему з мінімальним вмістом Na_2O (0,034 %) і більшою питомою поверхнею (4,32 $м^2/г$) у частині покрашення показників розтікання маси і відкритої пористості, модуля холодного і гарячого розриву зразків незалежно від температури випалу;

— глинозему з більшим вмістом Na_2O (0,11 %) і найменшою питомою поверхнею (3,01 $м^2/г$), однак з особливим розподілом частинок за розмірами, у частині покрашення показників межі міцності під час стискання й модуля холодного розриву зразків незалежно від температури випалу, а також глинозему з найбільшою питомою поверхнею (7,40 $м^2/г$) у частині покрашення показника абразивостійкості зразків, глинозему з середньою питомою поверхнею (4,68 $м^2/г$) — у частині покрашення показника модуля гарячого розриву (за температур 1400 і 1500 °C) і термостійкості зразків.

Ключові слова: реактивний глинозем, корундошпінельний бетон, корунд, шпінель, цемент, дисперсант, розтікання, показники властивостей.

Бібліогр.: 9 назв.

Влияние типа реактивного глинозема на свойства корундошпинельных бетонов (обзор) / С. В. Чаплянко[1], В. В. Никичанов[2] ([1]ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРЕДПРИЯТИЙ КОКСОХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ», г. Харьков, Украина; [2]Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», г. Харьков, Украина). *Научные исследования по огнеупорам и технической керамике : сб. науч. тр.* 2021. № 121. С. 103—112.

С целью усовершенствования технологии изготовления огнеупорных бетонов высокого качества выполнен обзор и анализ некоторых отдельных результатов зарубежных исследований, направленных на изучение влияния типа реактивного глинозема (по удельной поверхности, распределению частиц по размерам, химической чистоте) на свойства корундошпинельных бетонов различного состава.

Показана эффективность применения в корундошпинельном бетоне:

— композиционного материала марки E-SY288 по сравнению с глиноземом марки CL370 в части улучшения показателей открытой пористости и модуля холодного разрыва образцов независимо от температуры обжига;

— глинозема с меньшим содержанием Na_2O (0,32 %) и размером частиц (d_{50} = 2,51 мкм) в части улучшения показателей усадки и модуля холодного разрыва обожженных при 1450 °C образцов;

— глинозема с минимальным содержанием Na_2O (0,034 %) и большей удельной поверхностью (4,32 $м^2/г$) в части улучшения показателей растекания массы и открытой пористости, модуля холодного и горячего разрыва образцов независимо от температуры обжига;

— глинозема с большим содержанием Na_2O (0,11 %) и наименьшей удельной поверхностью (3,01 м^2/г), однако с особым распределением частиц по размерам, в части улучшения показателей предела прочности при сжатии и модуля холодного разрыва образцов независимо от температуры обжига, а также глинозема с наибольшей удельной поверхностью (7,40 м^2/г) в части улучшения показателя абразивоустойчивости образцов, глинозема со средней удельной поверхностью (4,68 м^2/ч) — в части улучшения показателя модуля горячего разрыва (при температурах 1400 и 1500 °С) и термостойкости образцов.

Ключевые слова: реактивный глинозем, корундошпинельный бетон, корунд, шпинель, цемент, дисперсант, растекаемость, показатели свойств.

Библиогр.: 9 назв.

Influence of reactive alumina type on the properties of corundum-spinel castables (review) / S. V. Chaplianko[1], V. V. Nikichanov[2] ([1]STATE ENTERPRISE "STATE INSTITUTE FOR DESIGNING ENTERPRISES OF COKE OVEN AND BY-PRODUCT PLANTS", Kharkiv, Ukraine; [2]National Aerospace University named after N. Ye. Zhukovsky "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine) / *Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific paper,* 2021, no. 121, pp. 103—112.

In order to improve technology manufacture of high-quality refractory castables, have been executed review and analysis of some individual results on foreign studies aimed at researching the influence of reactive alumina's type (in terms of specific surface area, particle size distribution, chemical purity) on properties of corundum-spinel castables of various compositions.

It had been shown technological efficiency of corundum-spinel castables application:

— composite material of E-SY288 brand in comparison with alumina of CL370 brand in terms of samples's apparent porosity and cold modulus of rupture improving, regardless of the firing temperature;

— alumina with the lower Na_2O content (0.32 %) and particle size (d_{50} = 2.51 microns) in terms of samples's permanent linear changes and cold modulus of rupture improving, fired at 1450 °C samples;

— alumina with the minimum Na_2O content (0.034 %) and the larger specific surface area (4.32 m^2/g) in terms of mass's flowability and samples's apparent porosity, cold and hot modulus of rupture improving, regardless of the firing temperature;

— alumina with the high Na_2O content (0.11 %) and the smallest specific surface area (3.01 m^2/g), but with a specific particle size distribution, in terms of samples's cold crushing strength and cold modulus of rupture improving, regardless of the firing temperature, as well as alumina with the highest specific surface area (7.40 m^2/g) in terms of samples's abrasion resistance improving, alumina with an average specific surface area (4.68 m^2/g) in terms of samples's hot modulus of rupture (at temperatures of 1400 and 1500 °C) and thermal spalling resistance improving.

Key words: reactive alumina, corundum-spinel castable, corundum, spinel, cement, dispersant, flow, properties indicators.

Bibliogr.: 9 titles.

Розрахунки та аналіз температур та складів евтектик полікомпонентних перетинів системи $MgO—Al_2O_3—FeO—TiO_2$ / О. М. Борисенко[1], С. М. Логвінков[2], Г. М. Шабанова[1], А. М. Корогодська[1], І. А. Остапенко[3] ([1]НТУ «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; [2]ХНЕУ ім. С. Кузнеця, м. Харків, Україна; [3]ТОВ «Дружківський вогнетривкий завод», м. Дружківка, Україна). *Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.* 2021. № 121. С. 113—120.

Теплоізоляція та безпека цементних обертових печей забезпечується використанням сучасних і надійних вогнетривких матеріалів із комплексом заданих експлуатаційних характеристик. Система $MgO—Al_2O_3—FeO—TiO_2$ є фізико-хімічною основою для розробки складів периклазошпінельних вогнетривів для футерівки обертових печей цементного виробництва.

Оскільки периклазошпінельні вогнетриви, отримані на основі системи $MgO—Al_2O_3—FeO—TiO_2$, експлуатують в умовах підвищених температур, у статті проведено розрахунки температур та складів евтектик бінарних, потрійних та четверних перетинів системи з метою прогнозування появи розплаву у відповідних матеріалах та розробки технологічних рішень щодо раціональної кількості розплаву під час спікання і в якості затравки для набору обмазки.

Аналіз температур і складів евтектик полікомпонентних перетинів $MgO—FeO—Mg_2TiO_4—MgAl_2O_4$, $FeAl_2O_4—Mg_2TiO_4—FeO—Fe_2TiO_4$, $FeAl_2O_4—Mg_2TiO_4—MgAl_2O_4—FeO$ та $FeAl_2O_4—MgTiO_3—MgAl_2O_4—Al_2O_3$ системи $MgO—Al_2O_3—FeO—TiO_2$ підтверджує можливість синтезу периклазошпінельних вогнетривів з високими експлуатаційними характеристиками в цій системі та надає необхідну технологічну інформацію для цільового керування взаємозв'язком «склад—структура—властивості» під час їх отримання.

Ключові слова: евтектика, периклазошпінельні вогнетриви, алюмомагнезіальна шпінель, герциніт, ульвошпінель, кванділіт.

Бібліогр.: 14 назв.

Расчеты и анализ температур и составов эвтектик поликомпонентных сечений системы $MgO—Al_2O_3—FeO—TiO_2$ / О. Н. Борисенко[1], С. М. Логвинков[2], Г. Н. Шабанова[1], А. Н. Корогодская[1], И. А. Остапенко[3] ([1]НТУ «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина; [2]ХНЭУ им. С. Кузнеца, г. Харьков, Украина; [3]ООО «Дружковский огнеупорный завод», г. Дружковка, Украина). *Научные исследования по огнеупорам и технической керамике : сб. науч. тр.* 2021. № 121. С. 113—120.

Теплоизоляция и безопасность цементных вращающихся печей обеспечивается использованием современных и надежных огнеупорных материалов с комплексом заданных эксплуатационных характеристик. Система $MgO—Al_2O_3—FeO—TiO_2$ является физико-химической основой для разработки составов периклазошпинельных огнеупоров для футеровки вращающихся печей цементного производства.

Поскольку периклазошпинельные огнеупоры, полученные на основе системы $MgO—Al_2O_3—FeO—TiO_2$, эксплуатируют в условиях повышенных температур, в статье проведены расчеты температур и составов эвтектик бинарных, тройных и четверных сечений системы с целью прогнозирования появления расплава в соответствующих материалах и разработки технологических решений рационального количества расплава при спекании и в качестве затравки для набора обмазки.

Анализ температур и составов эвтектик поликомпонентных сечений $MgO—FeO—Mg_2TiO_4—MgAl_2O_4$, $FeAl_2O_4—Mg_2TiO_4—FeO—Fe_2TiO_4$, $FeAl_2O_4—Mg_2TiO_4—MgAl_2O_4—FeO$ и $FeAl_2O_4—MgTiO_3—MgAl_2O_4—Al_2O_3$ системы $MgO—Al_2O_3—FeO—TiO_2$ подтверждает возможность синтеза периклазошпинельных огнеупоров с высокими эксплуатационными характеристиками в этой системе и предоставляет необходимую технологическую информацию для целевого управления взаимосвязью «состав—структура—свойства» при их получении.

Ключевые слова: эвтектика, периклазошпинельные огнеупоры, алюмомагнезиальная шпинель, герцинит, ульвошпинель, квандилит.

Библиогр.: 14 назв.

Calculations and analysis of eutectics temperatures and compositions of multi-component sections of the $MgO—Al_2O_3—FeO—TiO_2$ system / O. M. Borysenko[1], S. M. Logvinkov[2], G. M. Shabanova[1], A. M. Korohodska[1], I. A. Ostapenko[3] ([1]NTU "Kharkiv Polytechnic Institute", Ukraine; [2]Kharkiv National Economic University named after S. Kuznets, Kharkiv, Ukraine; [3]LLC "Druzhkivskiy Vognetrivkiy zavod", Druzhkivka, Ukraine). ***Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers,*** **2021, no. 121, pp. 113—120.**

Thermal insulation and safety of cement rotary kilns is ensured by the use of modern and reliable refractory materials with a set of specified performance characteristics. The $MgO—Al_2O_3—FeO—TiO_2$ system is a physicochemical basis for the development of compositions of periclase-spinel refractories for lining rotary kilns of cement production.

Since periclase-spinel refractories obtained on the basis of the $MgO—Al_2O_3—FeO—TiO_2$ system are operated at elevated temperatures, in this article, the calculations of temperatures and compositions of eutectics of binary, triple and quadruple sections of the system are carried out in order to predict the appearance of a melt in the corresponding materials, and to develop technological solutions for a rational amount of melt during sintering and as a seed for a set of coatings.

Analysis of temperatures and compositions of eutectics of multicomponent sections $MgO—FeO—Mg_2TiO_4—MgAl_2O_4$, $FeAl_2O_4—Mg_2TiO_4—FeO—Fe_2TiO_4$, $FeAl_2O_4—Mg_2TiO_4—MgAl_2O_4—FeO$ and $FeAl_2O_4—MgTiO_3—MgAl_2O_4—Al_2O_3$ systems $MgO—Al_2O_3—FeO—TiO_2$ confirms the possibility of synthesis of periclase-spinel refractories with high performance in this system and provides the necessary technological information for targeted control of the relationship "composition—structure—properties" during their production.

Key words: eutectic, periclase-spinel refractories, magnesium aluminate spinel, hercynite, ulvospinel, quandilite.

Bibliogr.: 14 titles.

Створення електропровідної композиційної кераміки на основі облицювальної плитки з додаванням SiC / Г. В. Лісачук, М. Д. Сахненко, Я. М. Пітак, Р. В. Кривобок, М. С. Майстат, А. В. Захаров, В. В. Волощук, В. В. Сарай (НТУ «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна). ***Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.*** **2021. № 121. С. 121—128.**

У статті розглянуто створення електропровідної композиційної кераміки на основі облицювальної плитки з додаванням SiC із заданими електродинамічними характеристиками.

Для отримання прес-порошку сировинні матеріали в заданій кількості зважували, додавали 10, 20 та 30 % карбіду кремнію та піддавали мокрому помелу в шаровому млині. Отриманий шлікер висушували в сушильній шафі та пропускали крізь сито № 05. Готовий прес-порошок для облицювальної кераміки з SiC, зволожений до 8 %, відважували та засипали в форму для пресування, сила тиску становила 18—20 МПа. Отриманий сирець висушували у сушильній шафі. Готовий напівфабрикат випалювали у силітовій печі за температури випалу 1120—1140 °C із витримкою за максимальної температури 5—10 хв. Представлено хімічний склад отриманого прес-порошку та технологічну схему отримання зразків.

Отримані дані свідчать про те, що найкращим зразком була облицювальна кераміка з 30 % SiC, яка мала наступні властивості: водопоглинання — 5,9 %, відкрита пористість — 12,5 %, уявна щільність — 2,13 г/см^2, питомий опір — $0{,}43 \cdot 10^{-6}$ Ом · м. Отримана рентгенограма свідчить про наявність карбіду кремнію в зразку після випалу, що підтверджується даними з вивчення питомого об'ємного опору досліджуваної кераміки та отриманими практичними результатами.

Ключові слова: облицювальна кераміка, карбід кремнію, питомий опір, водопоглинання, відкрита пористість, щільність.

Бібліогр.: 16 назв.

Создание электропроводящей композиционной керамики на основе облицовочной плитки с добавлением SiC / Г. В. Лисачук, Н. Д. Сахненко, Я. Н. Питак, Р. В. Кривобок, Н. С. Майстат, А. В. Захаров, В. В. Волощук, В. В. Сарай (НТУ «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина). ***Научные исследования по огнеупорам и технической керамике : сб. науч. тр.*** **2021. № 121. С. 121—128.**

В статье рассмотрено создание электропроводящей композиционной керамики на основе облицовочной плитки с добавлением SiC с заданными электродинамическими характеристиками.

Для получения пресс-порошка сырьевые материалы в заданном количестве взвешивали, добавляли 10, 20 и 30 % карбида кремния и подвергали мокрому помолу в шаровой мельнице. Полученный шликер высушивали в сушильном шкафу и пропускали сквозь сито № 05. Готовый пресс-порошок для облицовочной керамики с SiC, увлажненный до 8 %, отвешивали и засыпали в форму для прессования, сила давления составляла 18—20 МПа. Полученный сырец высушивали в сушильном шкафу. Готовый полуфабрикат обжигали в силлитовой печи при температуре

обжига 1120—1140 °С с выдержкой при максимальной температуре 5—10 мин. Представлены химический состав полученного пресс-порошка и технологическая схема получения образцов.

Полученные данные свидетельствуют о том, что лучшим образцом была облицовочная керамика с 30 % SiC, которая имела следующие свойства: водопоглощение — 5,9 %, открытая пористость — 12,5 %, кажущаяся плотность — 2,13 г/см^2, удельное сопротивление — $0{,}43 \cdot 10^{-6}$ Ом · м. Полученная рентгенограмма свидетельствует о наличии карбида кремния в образце после обжига, что подтверждается данными по изучению удельного объемного сопротивления исследуемой керамики и полученными практическими результатами.

Ключевые слова: облицовочная керамика, карбид кремния, удельное сопротивление, водопоглощение, открытая пористость, плотность.

Библиогр.: 16 назв.

Creation of electrically conductive composite ceramics based on facing tiles with the addition of SiC / G. V. Lisachuk, N. D. Sakhnenko, Ya. M. Pitak, R. V. Krivobok, M. S. Maystat, A. V. Zakharov, V. V. Voloschuk, V. V. Saray (NTU "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine). *Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers,* 2021, no. 121, pp. 121—128.

In the article, the creation of electrically conductive composite ceramics based on facing tiles with the addition of SiC with specified electrodynamics' characteristics was considered.

To obtain a press powder, the raw materials in a predetermined amount were weighed, 10, 20 and 30 % silicon carbide were added and subjected to wet grinding in a ball mill. The resulting slip was dried in a drying oven and passed through a № 05 sieve. The finished press powder for facing ceramics with SiC, moistened to 8 %, was weighed and poured into a mold for pressing, the pressure force was 18—20 MPa. The resulting green was dried in a drying oven. The semi-finished product was burned in a sillite furnace at a firing temperature of 1120—1140 °C with a holding at a maximum temperature of 5—10 minutes. The chemical composition of obtained press powder and the technological scheme for obtaining samples were presented.

The obtained data shown that the best sample was facing ceramics with 30 % SiC, which had the following properties: water absorption — 5.9 %, open porosity — 12.5 %, apparent density — 2.13 g/cm^2, resistivity — $0.43 \cdot 10^{-6}$ Ohm · m. The obtained X-ray diffraction pattern indicated the presence of silicon carbide in the sample after firing, which was confirmed by the data on the study of specific volumetric resistance of the studied ceramics and the obtained practical results.

Key words: facing ceramics, silicon carbide, resistivity, water absorption, open porosity, density.

Bibliogr.: 16 titles.

Хімічна стійкість цельзіанової кераміки у кислотному та лужному реагентах / Г. В. Лісачук, Р. В. Кривобок, В. В. Волощук, Р. А. Масаликін,

Н. А. Кривобок (НТУ «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна). *Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.* 2021. № 121. С. 129—139.

У статті досліджено хімічну стійкість цельзіанової кераміки за різних температур випалу та вивчено структурно-фазові особливості отриманих зразків до та після взаємодії з лужним та кислотним середовищами.

Технологія отримання дослідних зразків є двостадійною. Перша стадія — синтез фази цельзіану в муфельній печі за температури 1200 °С з витримкою 2 год та подальшим охолодженням разом із піччю. Друга стадія проходила в силітовій печі за температур 1300, 1350 та 1400 °С зі швидкістю набору температури 15 град/хв та витримкою за максимальної температури 4 год. Хімічну стійкість цельзіанової кераміки визначали по відношенню до 20 % розчинів HCl та NaOH. Фазовий склад дослідних зразків визначали за допомогою методу рентгенофазового аналізу (РФА) із застосуванням дифрактометру ДРОН-3М. Вивчення мікроструктури дослідних зразків та морфології поверхні їх розломів здійснювали прямим методом растрової електронної мікроскопії з використанням сканувального електронного мікроскопа PhenomPro.

Встановлено, що по відношенню до 20 %-го розчину NaOH цельзіанова кераміка не розчинна і має значення лугостійкості у межах 99,47—99,67 %. Вивчення мікроструктури та фазового складу зразків цельзіанової кераміки після обробки 20 % розчином NaOH показало, що у всіх досліджуваних зразках присутня тільки кристалічна фаза цельзіану, тобто процесу корозії не відбувається. По відношенню до 20 %-го розчину HCl спостерігається процес корозії цельзіанової кераміки з повною хімічною взаємодією фази цельзіану з соляною кислотою та подальшим утворенням фази дигідрату хлориду барію.

Ключові слова: цельзіанова кераміка, кислотостійкість, лугостійкість, мікроструктура, рентгенофазовий аналіз.

Бібліогр.: 9 назв.

Химическая стойкость цельзиановой керамики в кислотном и щелочном реагентах / Г. В. Лисачук, Р. В. Кривобок, В. В. Волощук, Р. А. Масалыкин, Н. А. Кривобок (НТУ «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина). ***Научные исследования по огнеупорам и технической керамике : сб. науч. тр.*** **2021. № 121. С. 129—139.**

В статье исследована химическая стойкость цельзиановой керамики при различных температурах обжига и изучены структурно-фазовые особенности полученных образцов до и после взаимодействия с щелочной и кислотной средами.

Технология получения опытных образцов является двухстадийной. Первая стадия — синтез фазы цельзиана в муфельной печи при температуре 1200 °С с выдержкой 2 ч и последующим охлаждением вместе с печью. Вторая стадия проходила в силлитовой печи при температурах 1300, 1350 и 1400 °С со скоростью набора температуры 15 град/мин и с выдержкой при максимальной температуре 4 ч. Химическую устойчивость цельзиановой керамики определяли по отношению к 20 % растворам

HCl и $NaOH$. Фазовый состав опытных образцов определяли с помощью метода рентгенофазового анализа (РФА) с применением дифрактометра ДРОН-3М. Изучение микроструктуры опытных образцов и морфологии поверхности их разломов осуществляли прямым методом растровой электронной микроскопии с использованием сканирующего электронного микроскопа PhenomPro.

Установлено, что по отношению к 20 %-му раствору $NaOH$ цельзиановая керамика не растворимая и имеет значение щелочестойкости в пределах 99,47—99,67 %. Изучение микроструктуры и фазового состава образцов цельзиановой керамики после обработки 20 % раствором $NaOH$ показало, что во всех исследуемых образцах присутствует только кристаллическая фаза цельзиана, то есть процесс коррозии не происходит. По отношению к 20 %-му раствору HCl наблюдается процесс коррозии цельзиановой керамики с полным химическим взаимодействием фазы цельзиана с соляной кислотой и последующим образованием фазы дигидрата хлорида бария.

Ключевые слова: цельзиановая керамика, кислотостойкость, щелочестойкость, микроструктура, рентгенофазовый анализ.

Библиогр.: 9 назв.

Chemical resistance of celsian ceramics in acid and alkaline reagents / G. V. Lisachuk, R. V. Krivobok, V. V. Voloshchuk, R. A. Masalykin, N. A. Kryvobok (NTU "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine). *Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers,* 2021, no. 121, pp. 129—139.

In the article, the chemical stability of celsian ceramics at different firing temperatures was investigated and the structural-phase features of the obtained samples before and after interaction with alkaline and acid media were studied.

The technology of obtaining test samples was two-stage. The first stage was the synthesis of the celsian phase in a muffle furnace at a temperature of 1200 °C with a holding time of 2 hours and subsequent cooling together with the furnace. The second stage took place in a silitic furnace at temperatures of 1300, 1350 and 1400 °C with a set rate of 15 deg/min and holding at a maximum temperature of 4 hours. The chemical resistance of celsian ceramics was determined in relation to 20 % solutions of HCl and $NaOH$. The phase composition of the test samples was determined using the method of X-ray phase analysis (X-ray diffraction) using a DRON-3M diffractometer. The studies of the experimental samples microstructure and the surface morphology of their faults were carried out by the direct method of scanning electron microscopy using a scanning electron microscope PhenomPro.

It was found that in relation to the 20 % solution of $NaOH$ celsian ceramics was insoluble and has a value of alkali resistance in the range of 99.47—99.67 %. The study of microstructure and phase composition of celsian ceramics samples after treatment with 20 % $NaOH$ solution showed that in all studied samples there was only a crystalline phase of celsian, the corrosion process didn't occur. In relation to the 20 % HCl solution, the process of celsian ceramics corrosion was observed with the complete chemical interaction of the celsian phase with hydrochloric acid and the subsequent formation of the barium chloride dihydrate phase.

Key words: celsian ceramics, acid resistance, alkali resistance, microstructure, X-ray phase analysis.

Bibliogr.: 9 titles.

Сподуменвмісні склокристалічні матеріали технічного призначення / О. В. Саввова[1], С. О. Рябінін[2], Г. К. Воронов[1], О. І. Фесенко[1], В. Д. Тимофєєв[2] ([1]Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, м. Харків, Україна; [2]НТУ «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна). *Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.* 2021. № 121. С. 140—149.

Проаналізовано тенденції та сучасний стан ринку склокераміки з 2019 до 2024 року та встановлено збільшення попиту на склокристалічні матеріали будівельного та технічного призначення. Визначено, що спрямованість світового ринку склокераміки до фрагментації дозволить вітчизняним виробникам зменшити імпортозалежність та підвищити конкурентоспроможність вітчизняних склокерамічних матеріалів на світовому ринку.

Метою даної роботи є оцінка техніко-економічних показників технології розроблених сподуменвмісних склокерамічних матеріалів технічного призначення та проведення дослідно-лабораторних випробувань.

Дослідження структури та фазового складу склокерамічних матеріалів було здійснено з використанням взаємодоповнюючих методів фізико-хімічного аналізу. Фізико-хімічні властивості матеріалів визначали згідно з вимогами діючих нормативних документів до силікатних матеріалів. Балістичні властивості визначені за ДСТУ 8782:2018.

Обрано склади та технології одержання сподуменвмісних склокерамічних матеріалів на основі літійалюмосилікатних стекол для одержання вітчизняних елементів бронезахисту, теплотехніки та радіотехніки з урахуванням аспектів енерго- та ресурсозбереження. Дослідження структури розроблених матеріалів дало змогу встановити відмінності за механічними, термічними та оптичними властивостями, що дозволило обрати рекомендовані області їх застосування.

Порівняльна оцінка експлуатаційних властивостей та техніко-економічних показників відомих керамічних та склокерамічних матеріалів для бронезахисту дозволила встановити конкурентоспроможність розроблених вітчизняних сподуменвмісних матеріалів як елементів індивідуального захисту.

Ключові слова: сподуменвмісні склокерамічні матеріали, літійалюмосилікатні стекла, структура, механічні властивості, технічне призначення.

Бібліогр.: 17 назв.

Сподуменсодержащие стеклокристаллические материалы технического назначения / О. В. Саввова[1], С. А. Рябинин[2], Г. К. Воронов[1],

А. И. Фесенко[1], В. Д. Тимофеев[2] ([1]Харковский национальный университет городского хозяйства им. А. Н. Бекетова, г. Харьков, Украина; [2]НТУ «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина).
***Научные исследования по огнеупорам и технической керамике : сб. науч. тр.* 2021. № 121. С. 140—149.**

Проанализированы тенденции и современное состояние рынка стеклокерамики с 2019 до 2024 года и установлено увеличение спроса на стеклокристаллические материалы строительного и технического назначения. Определено, что направленность мирового рынка стеклокерамики к фрагментации позволит отечественным производителям уменьшить импортозависимость и повысить конкурентоспособность отечественных стеклокерамических материалов на мировом рынке.

Целью данной работы является оценка технико-экономических показателей технологии разработанных сподуменсодержащих стеклокерамических материалов технического назначения и проведение опытно-лабораторных испытаний.

Исследование структуры и фазового состава стеклокерамических материалов было осуществлено с использованием взаимодополняющих методов физико-химического анализа. Физико-химические свойства материалов определяли согласно требованиям действующих нормативных документов к силикатным материалам. Баллистические свойства определены по ГОСТ 8782: 2018.

Избраны составы и технологии получения сподуменсодержащих стеклокерамических материалов на основе литийалюмосиликатных стекол для получения отечественных элементов бронезащиты, теплотехники и радиотехники с учетом аспектов энерго- и ресурсосбережения. Исследование структуры разработанных материалов дало возможность установить различия по механическим, термическим и оптическим свойствам, что позволяет выбрать рекомендованные области их применения.

Сравнительная оценка эксплуатационных свойств и технико-экономических показателей известных керамических и стеклокерамических материалов для бронезащиты позволила установить конкурентоспособность разработанных отечественных сподуменсодержащих материалов как элементов индивидуальной защиты.

Ключевые слова: сподуменсодержащие стеклокерамические материалы, литийалюмосиликатные стекла, структура, механические свойства, техническое назначение.

Библиогр.: 17 назв.

Spodumene-containing glass-crystalline materials for technical purposes / O. V. Savvova[1], S. O. Riabinin[2], G. K. Voronov[1], O. I. Fesenko[1], V. D. Timofeev[2] ([1]KhNUMG named after O. M. Beketov, Kharkiv, Ukraine; NTU “Kharkiv Polytechnic Institute”, Kharkiv, Ukraine). ***Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers,* 2021, no. 121, pp. 140—149.**

The trends and current state of the glass-ceramic market from 2019 to 2024 have been analyzed, and an increase in demand for glass-crystalline

materials for construction and technical purposes has been established. It has been determined that the orientation of world glass-ceramic market towards fragmentation will allow domestic producers to reduce import dependence and increase the competitiveness of domestic glass-ceramic materials in the world market.

The aim of this work is to assess the technical and economic indicators of the technology developed spodumene-containing glass-ceramic materials for technical purposes and to conduct pilot laboratory tests.

The study of the structure and phase composition of glass-ceramic materials was carried out using complementary methods of physicochemical analysis. The physicochemical properties of the materials were determined in accordance with the requirements of the current regulatory documents in silicate materials. Ballistic properties are determined according to GOST 8782: 2018.

Compositions and technologies for the production of spodumene-containing glass-ceramic materials based on lithium-aluminum silicate glasses were selected for the production of domestic elements of armor protection, heat engineering and radio engineering, taking into account the aspects of energy and resource saving. The study of the developed materials structure made it possible to establish differences in mechanical, thermal, and optical properties, which makes it possible to select the recommended areas of their application.

A comparative assessment of the performance properties and technical and economic indicators of known ceramic and glass-ceramic materials for body armor made it possible to establish the competitiveness of the developed domestic spodumene-containing materials as elements of individual protection.

Key words: spodumene-containing glass-ceramic materials, lithium-aluminum silicate glasses, structure, mechanical properties, technical purpose.

Bibliogr.: 17 titles.

Розробка та дослідження властивостей керамоматричного композиційного матеріалу для отримання ультратонких великоформатних керамогранітних плит / О. Ю. Федоренко[1], С. В. Картишев[1], В. М. Іголкін[1], О. Я. Пітак[2] ([1]НТУ «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; [2]Каунаський технологічний університет, м. Каунас, Литва). ***Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.*** **2021. № 121. С. 150—161.**

У статті проаналізовано переваги та недоліки великоформатних ультратонких керамогранітних плит, показано необхідність та визначено шляхи підвищення їх міцності. Розроблено склад керамічної матриці, що забезпечує максимальний рівень спікання ($W \leq 0{,}5$ %) відповідно вимогам до керамічних плит класу BIa, а також обґрунтовано вибір армуючого наповнювача. Експериментально встановлено позитивний вплив мулітокремнеземних волокон на фізико-механічні властивості плит, що дозволяє втричі зменшити їх товщину, а отже суттєво знизити вагу виробів. Визначено фракційний склад продуктів подрібнення мулітокремнеземних волокон залежно від умов помелу та досліджено вплив кількісних та якісних характеристик армуючого наповнювача на основні властивості, що визначають якість керамогранітних плит. Визначено умови формування щільноспечених композиційних матеріалів із комплексом високих експлуатаційних властивостей. Показана можливість підвищення міцності на згин зразків до 57 МПа за рахунок введення 4 мас. % тонкодисперсних мулітокремнеземних волокон, переважна кількість яких ($\sim 60\,\%$) має довжину до 45 мкм, що досягається помелом в планетарному млині впродовж 3 хв за швидкості 300 об/хв. Встановлено структурно-фазові особливості зразків, отриманих в умовах швидкісного випалу, які полягають в утворенні підвищеної кількості мулітової фази в присутності мулітокремнеземних волокон. Останні не лише армують керамічну матрицю, а й виконують роль прекурсору при формуванні новоутворень муліту, кристали якого в присутності розплаву набувають ізометричної форми та сприяють підвищенню міцності виробів. Результати досліджень свідчать про перспективи отримання великоформатних ультратонких керамогранітних плит за технологією композиційних матеріалів. Поєднання відмінних технічних якостей, великих розмірів, зменшеної товщини плит відкриває нові можливості використання композитного керамограніту в дизайні меблів та приміщень великої площі за рахунок можливості створення суцільного безшовного покриття та суттєвого зменшення ваги виробів.

Ключові слова: великоформатний композитний керамограніт, мулітокремнеземне волокно, армуючий наповнювач, механічна міцність, фазовий склад.

Бібліогр.: 14 назв.

Разработка и исследование свойств керамоматричного композиционного материала для получения ультратонких крупноформатных керамогранитных плит / Е. Ю. Федоренко[1], С. В. Картышев[1], В. М. Иголкин[1], О. Я. Питак[2] ([1]НТУ «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина; [2]Каунасский технологический университет, г. Каунас, Литва). ***Научные исследования по огнеупорам и технической керамике : сб. науч. тр.*** **2021. № 121. С. 150—161.**

В статье проанализированы преимущества и недостатки крупноформатных ультратонких керамогранитных плит, показана необходимость и определены пути повышения их прочности. Разработан состав керамической матрицы, обеспечивающий максимальную степень спекания композиционного материала ($W \leq 0{,}5\,\%$) согласно требованиям к керамическим плитам класса BIa, а также обоснован выбор армирующего наполнителя. Экспериментально установлено положительное влияние муллитокремнеземных волокон на физико-механические свойства плит, что позволяет втрое уменьшить их толщину и существенно снизить вес изделий. Определен фракционный состав продуктов измельчения муллитокремнеземных волокон в зависимости от параметров планетарного помола и исследовано влияние количественных и качественных характеристик армирующего наполнителя на основные свойства, определяющие

качество керамогранитных плит. Определены условия формирования плотноспеченных композиционных материалов с комплексом высоких эксплуатационных свойств. Показана возможность повышения прочности на изгиб образцов до 57 МПа за счет введения 4 мас. % тонкодисперсных муллитокремнеземных волокон, большинство которых (~ 60 %) имеет длину до 45 мкм, что достигается помолом в планетарной мельнице в течение 3 мин при скорости 300 об/мин. Установлены структурно-фазовые особенности образцов, полученных в условиях скоростного обжига, которые заключаются в образовании повышенного количества муллитовой фазы в присутствии муллитокремнеземных волокон. Последние не только армируют керамическую матрицу, но и выполняют роль прекурсора при формировании новообразований муллита, кристаллы которого в присутствии расплава приобретают изометрическую форму и способствуют повышению прочности изделий. Результаты исследований свидетельствуют о перспективности получения крупноформатных ультратонких керамогранитных плит по технологии композиционных материалов. Сочетание отличных технических качеств, больших размеров, уменьшенной толщины плит открывает новые возможности использования композитного керамогранита в дизайне мебели и помещений большой площади за счет возможности создания сплошного бесшовного покрытия и существенного уменьшения веса изделий.

Ключевые слова: крупноформатный композитный керамогранит, муллитокремнеземное волокно, армирующий наполнитель, механическая прочность, фазовый состав.

Библиогр.: 14 назв.

Development and study of the properties of a ceramic-matrix composite material for the production of ultra-thin large-format ceramic granite slabs / O. Yu. Fedorenko[1], S. V. Kartishev[1], V. M. Igolkin[1], O. Ya. Pitak[2] ([1]NTU "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine; [2]Kaunas Technological University, Kaunas, Lithuania). ***Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers,*** **2021, no. 121, pp. 150—161.**

The article analyzes the advantages and disadvantages of large-format ultra-thin ceramic granite slabs, shows the need and identifies ways to increase their strength. The composition of the ceramic matrix has been developed, provides the maximum level of sintering ($W \leq 0.5$ %) in accordance with the requirements for ceramic plates of class BIa, and the choice of the reinforcing filler has also been substantiated. It has been experimentally established that mullite-silica fibers have a positive effect on the physical and mechanical properties of the slabs, which makes it possible to reduce their thickness by three times, and therefore significantly reduce the weight of products. The fractional composition of the grinding products of mullite-silica fibers was determined depending on the grinding conditions, and the influence of the quantitative and qualitative characteristics of the reinforcing filler on the main properties that determine the quality of ceramic granite slabs was investigated. The conditions for the formation of densely sintered composite materials with a complex of high-performance properties have been determined. It was shown the possibility of increasing the samples bending strength up to 57 MPa by introducing 4 wt. % of finely dispersed mullite-silica fibers, most of which (~ 60 %) have a length up to 45 microns, which is achieved by 3 min grinding in a planetary mill at a speed of 300 rpm. The structural-phase features of the samples obtained under the high-speed firing conditions, which consist in the increased amount of the mullite phase formation in the presence of mullite-silica fibers, have been established. The latter not only reinforce the ceramic matrix, but also act as a precursor of new mullite formations, the crystals of which, in the presence of a melt, acquire an isometric shape and contribute to an increase in the products strength. The research results indicate the promising obtain large-format ultra-thin ceramic granite slabs using composite materials technology. The combination of excellent technical qualities, large dimensions, and reduced slabs thickness opens up the new possibilities for using composite ceramic granite in design of furniture and large rooms due to the possibility of creating a continuous seamless coating and a significant reduction in the products weight.

Key words: large-format composite ceramic granite, mullite-silica fiber, reinforcing filler, mechanical strength, phase composition.

Bibliogr.: 14 titles.

Динамічне пресування як спосіб інтенсифікації структурно-фазових перетворень при спіканні керамічних матеріалів / Л. П. Щукіна, В. Ф. Болюх, С. Л. Лігезін, Я. М. Пітак (НТУ «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна). ***Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.*** **2021. № 121. С. 162—168.**

У статті наведено результати досліджень магнітно-імпульсного пресування стосовно керамічних мас на основі неспікливого суглинку з добавкою відходів флотації вугілля й показано можливість його використання як способу інтенсифікації структурно-фазових перетворень при спіканні мас. Наведена порівняльна характеристика властивостей керамічних матеріалів, отриманих за звичайного режиму термообробки за температури 950 °С методом магнітно-імпульсного пресування з різною амплітудою ударної сили. Для визначення впливу параметрів роботи магнітно-імпульсного преса на властивості зразків їх пресування проводилося з регульованою напругою за постійної ємності конденсатора. Встановлено, що збільшення амплітуди ударної сили з 6 до 15 кН призводить до зниження водопоглинання керамічних зразків з 21,6 до 12,1—15,0 %, відкритої пористості з 34,6 до 21,6—27,0 % і збільшення механічної міцності втричі. Порівняно зі зразками статичного пресування межа міцності під час стискання зразків динамічного пресування збільшується на 34 % (з 8,7 до 13,1 МПа) навіть за мінімальної амплітуди ударної сили (6 кН). При вивченні макроструктури, фазового складу і властивостей керамічних зразків динамічного пресування, отриманих за температур випалу 920 і 950 °С, встановлено, що зразки мають практично однаковий рівень технічних характеристик (водопоглинання, щільність, міцність), схожі за структурою і фазовим складом (кварц, мікроклин, α-гематит,

рентгеноаморфна фаза). Встановлено можливість отримання керамічних матеріалів із завершеним процесом формування структурно-фазового складу і властивостей за меншої температури випалу.

На підставі проведених досліджень показано можливість використання динамічного пресування як способу інтенсифікації структурно-фазових перетворень при спіканні керамічних матеріалів, який може служити резервом енергозбереження при отриманні рядової конструкційної будівельної кераміки підвищеної марочності.

Ключові слова: магнітно-імпульсне пресування, суглинок, паливно-мінеральна добавка, керамічні матеріали, механічна міцність, водопоглинання, фазовий склад, енергозбереження.

Бібліогр.: 8 назв.

Динамическое прессование как способ интенсификации структурно-фазовых превращений при спекании керамических материалов / Л. П. Щукина, В. Ф. Болюх, С. Л. Лигезин, Я. Н. Питак (НТУ «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина). *Научные исследования по огнеупорам и технической керамике : сб. науч. тр.* 2021. № 121. С. 162—168.

В статье приведены результаты исследований магнитно-импульсного прессования применительно к керамическим массам на основе неспекающегося суглинка с добавкой отходов флотации угля и показана возможность его использования в качестве способа интенсификации структурно-фазовых превращений при спекании масс. Приведена сравнительная характеристика свойств керамических материалов, полученных по обычному режиму термообработки при температуре 950 °С методом магнитно-импульсного прессования с разной амплитудой ударной силы. Для определения влияния параметров работы магнитно-импульсного пресса на свойства образцов их прессование производилось с регулируемым напряжением при постоянной емкости конденсатора. Установлено, что увеличение амплитуды ударной силы с 6 до 15 кН приводит к снижению водопоглощения керамических образцов с 21,6 до 12,1—15,0 %, открытой пористости с 34,6 до 21,6—27,0 % и увеличению механической прочности в три раза. В сравнении с образцами статического прессования предел прочности при сжатии образцов динамического прессования увеличивается на 34 % (с 8,7 до 13,1 МПа) даже при минимальной амплитуде ударной силы (6 кН). При изучении макроструктуры, фазового состава и свойств керамических образцов динамического прессования, полученных при температурах обжига 920 и 950 °С, установлено, что образцы обладают практически одинаковым уровнем технических характеристик (водопоглощение, плотность, прочность), схожи по структуре и фазовому составу (кварц, микроклин, α-гематит, рентгеноаморфная фаза). Установлена возможность получения керамических материалов с завершенным процессом формирования структурно-фазового состава и свойств при меньшей температуре обжига.

На основании проведенных исследований показана возможность использования динамического прессования как способа интенсификации структурно-фазовых превращений при спекании керамических материалов, который может служить резервом энергосбережения при получении рядовой конструкционной строительной керамики повышенной марочности.

Ключевые слова: магнитно-импульсное прессование, суглинок, топливно-минеральная добавка, керамические материалы, механическая прочность, водопоглощение, фазовый состав, энергосбережение.

Библиогр.: 8 назв.

Dynamic pressing as a way of intensification of structural-phase transformations during sintering of ceramic materials / L. P. Schukina, V. F. Bolyukh, S. L. Lihezin, Ya. M. Pitak (NTU "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine). ***Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers,*** **2021, no. 121, pp. 162—168.**

The article presents the studies results of magnetic-pulse pressing in relation to ceramic masses based on non-sintering loam with the addition of coal flotation waste and the possibility of its use as a method for intensifying structural and phase transformations during sintering of masses was shown. A comparative characteristic of the properties of ceramic materials obtained by the usual mode of heat treatment at a temperature of 950 °C by the method of magnetic-pulse pressing with different amplitude of impact force was presented. To determine the operating parameters influence of the magnetic-pulse press on the samples properties, their pressing was carried out with a controlled voltage at a constant capacitance of the capacitor. It was found that an increase in the amplitude of the impact force from 6 kN to 15 kN leads to a decrease in the water absorption of ceramic samples from 21.6 % to 12.1—15.0 %, open porosity from 34.6 % to 21.6—27.0 %, and a threefold increase in mechanical strength. In comparison with samples of static pressing, the cold crushing strength of dynamic pressing samples increases by 34 % (from 8.7 MPa to 13.1 MPa) even with the minimum amplitude of the impact force (6 kN). The macrostructure, phase composition and properties of dynamic pressing ceramic samples obtained at firing temperatures of 920 °C and 950 °C have been studied. It was found that the samples had practically the same level of technical characteristics (water absorption, density, and strength) and they were similar in structure and phase composition (quartz, microcline, α-hematite, X-ray amorphous phase). The possibility of obtaining ceramic materials with a completed process of the structural-phase composition formation and properties at a lower firing temperature has been established.

On the basis of carried out studies, the possibility of using dynamic pressing as a method for intensifying structural-phase transformations during sintering of ceramic materials has been shown, which can serve as a reserve for energy saving when obtaining ordinary structural building ceramics of increased grade.

Key words: magnetic-pulse pressing, loam, fuel and mineral additive, ceramic materials, mechanical strength, water absorption, phase composition, energy saving.

Bibliogr.: 8 titles.

Використання вогнетривких матеріалів при художньому моліруванні скляних панелей / Л. Л. Брагіна[1], С. О. Ветвицька[1], С. К. Фомічов[2], О. Є. Старолат[1] ([1]НТУ «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; [2]ПП «+object», м. Харків, Україна). ***Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.*** **2021. № 121. С. 169—177.**

На основі аналізу еволюції використання скла в архітектурі та будівництві показано необхідність вдосконалення або пошуку нових видів стекол як елемента інтер'єру чи екстер'єру та способів їх декорування й доцільність використання художнього молірування. Метою даної роботи було його застосування при виготовленні декоративних елементів архітектурно-будівельного призначення з різноманітними фактурою поверхні та рельєфом з полірованого листового флоат-скла з використанням вогнетривких матеріалів при одночасному забезпеченні суттєвого ресурсо- та енергозбереження. Обладнання та матеріали, що застосовували, включали: шліфувальний верстат Z. Bavelloni; муфельну піч CGB-100.150.55-10-380 для молірування та відпалу; пульверизатор типу LVLP 1,3 мм INTERTOOL PT-0132 для напилення тонкодисперсної каолінової суспензії; знежирювальний розчин; скляні панелі товщиною 6 мм з безкольорового полірованого флоат-скла наступного хімічного складу, мас. %: SiO_2 — 73,0; Al_2O_3 — 1,0; Fe_2O_3 — 0,1; CaO — 8,6; MgO — 3,6; Na_2O — 13,4; SO_3 — 0,3; вогнетривкі плити LYTX—264В та термостійкий папір LYTX—236В, виготовлені з керамічних волокон. Коефіцієнт температурного лінійного розширення стекол та вогнетривів визначали з використанням кварцового вертикального дилатометра.

У результаті виконаних досліджень показано можливість отримання заданої фактури та об'ємного рельєфу поверхні архітектурно-будівельних декоративних виробів з листового полірованого флоат-скла художнім моліруванням з використанням вогнетривких матеріалів.

Встановлено фактори, які є визначальними при виборі таких матеріалів та їх ефективності.

Досягнуто значне спрощення та здешевлення способу виготовлення декоративного скла художнім моліруванням завдяки тому, що для отримання кожного ефекту на поверхні виробу достатньо лише заміняти вогнетривкі фрагменти композиції та порядок їх розташування замість виготовлення нових опорних пластин.

Подальші дослідження процесів формування та фазових новоутворень у композиціях на основі застосованих та нових вогнетривких матеріалів та їх відходів сприятимуть значному розширенню асортименту та областей використання художньо-декоративних скляних виробів.

Ключові слова: архітектурно-будівельні скляні панелі, художнє молірування, вогнетривкі плити з керамічного волокна, коефіцієнт температурного лінійного розширення.

Бібліогр.: 17 назв.

Использование огнеупорных материалов при художественном моллировании стеклянных панелей / Л. Л. Брагина[1], С. А. Ветвицкая[1], С. К. Фомичов[2], Е. Е. Старолат[1] ([1]НТУ «Харьковский политехнический

институт», г. Харьков, Украина; [2]ПП «+ object», г. Харьков, Украина). *Научные исследования по огнеупорам и технической керамике : сб. науч. тр.* 2021. № 121. С. 169—177.

На основе анализа эволюции использования стекла в архитектуре и строительстве показана необходимость совершенствования или поиска новых видов стекол как элемента интерьера или экстерьера и способов их декорирования и целесообразность использования художественного моллирования. Целью данной работы явилось его применение при изготовлении декоративных элементов архитектурно-строительного назначения с различными фактурой поверхности и рельефом из полированного листового флоат-стекла при одновременном обеспечении существенного ресурсо- и энергосбережения с использованием огнеупорных материалов. Оборудование и материалы, которые применили, включали: шлифовальный станок Z. Bavelloni; муфельную печь CGB-100.150.55-10-380 для моллирования и отжига; пульверизатор типа LVLP 1,3 мм INTERTOOL PT-0132 для напыления тонкодисперсной каолиновой суспензии; обезжиривающий раствор; стеклянные панели толщиной 6 мм из бесцветного полированного флоат-стекла следующего химического состава, мас. %: SiO_2 — 73,0; Al_2O_3 — 1,0; Fe_2O_3 — 0,1; CaO — 8,6; MgO — 3,6; Na_2O — 13,4; SO_3 — 0,3; огнеупорные плиты LYTX—264B и термостойкую бумагу LYTX—236B, изготовленные из керамических волокон. Коэффициент температурного линейного расширения стекол и огнеупоров определяли с использованием кварцевого вертикального дилатометра.

В результате выполненных исследований показана возможность получения заданной фактуры и объемного рельефа поверхности архитектурно-строительных декоративных изделий из листового полированного флоат-стекла художественным моллированием с использованием огнеупорных материалов.

Установлены факторы, которые являются определяющими при выборе таких материалов и их эффективности.

Достигнуто значительное упрощение и удешевление способа изготовления декоративного стекла художественным моллированием благодаря тому, что для получения каждого эффекта на поверхности изделия достаточно лишь заменять огнеупорные фрагменты композиции и порядок их расположения вместо изготовления новых опорных пластин.

Дальнейшие исследования процессов формирования и фазовых новообразований в композициях на основе применяемых и новых огнеупорных материалов и их отходов будут способствовать значительному расширению ассортимента и областей использования художественно-декоративных стеклянных изделий.

Ключевые слова: архитектурно-строительные стеклянные панели, художественное моллирование, огнеупорные плиты из керамического волокна, коэффициент температурного линейного расширения.

Библиогр.: 17 назв.

The use of refractory materials in the artistic painting of glass panels / L. L. Bragina[1], S. O. Vetvytska[1], S. K. Fomichov[2], O. E. Starolat[1]

([1]NTU "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine; [2]PP "+ object", Kharkiv, Ukraine). *Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers,* **2021, no. 121, pp. 169—177.**

Based on the analysis of the glass use evolution in architecture and construction, the need to improve or search for new types of glass as an element of the interior or exterior and ways to decorate them and the feasibility of using artistic painting was shown. The purpose of this work was its use in the manufacture of decorative elements for architectural and construction purposes with different surface textures and relief of polished float sheet glass while providing significant resource and energy savings with the use of refractory materials. The equipment and materials which were used included: Z. Bavelloni grinder; muffle furnace CGB-100.150.55-10- 380 for painting and annealing; sprayer type LVLP 1.3 mm INTERTOOL PT-0132 for spraying fine kaolin suspension; degreasing solution; panels from the polished float glass with the following chemical composition, wt. % : SiO_2 — 73.0; Al_2O_3 — 1.0; Fe_2O_3 — 0.1; CaO — 8.6; MgO — 3.6; Na_2O — 13.4; SO_3 — 0.3 and 6 mm thick; refractory plates LYTX—264B and heat-resistant paper LYTX—236B from ceramic fibers. The coefficient of thermal linear expansion of glasses and refractories was determined using a quartz vertical dilatometer.

As a result of the carried out researches the possibility of obtaining the set texture and three-dimensional relief of the surface of architectural and construction decorative products from polished float glass sheet by artistic painting with the use of refractory materials was shown.

The factors that are decisive in the choice of such materials and their effectiveness were identified.

Significant simplification and cheapening of the method of making decorative glass by artistic painting has been achieved due to the fact that to obtain each effect on the surface of the product it is enough to replace the refractory fragments of the composition and their arrangement instead of making new support plates.

Further research of forming processes and phase generations in compositions based on applied and new refractory materials and their waste will contribute to a significant expansion of the range and areas of use the artistic and decorative glass products use.

Key words: architectural and construction glass panels, artistic painting, refractory ceramic fiber boards, coefficient of thermal linear expansion.

Bibliogr.: 17 titles.

Діяльність АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного» в галузі стандартизації вогнетривів у 2020 році / В. В. Мартиненко, П. О. Кущенко, Л. В. Бєляєва, 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*****. 2021. № 121. С. 178—185.**

Акціонерне товариство «Український науково-дослідний інститут вогнетривів імені А. С. Бережного» (АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного») виконує функції секретаріату технічного комітету стандартизації «Вогнетриви» (ТК 7) — здійснює організаційне забезпечення діяльності ТК 7 та координує його роботу.

ТК 7 «Вогнетриви» бере участь у роботі міжнародного технічного комітету зі стандартизації ISO/TC 33 як активний член, європейського технічного комітету CEN/NC 187 — як спостерігач.

За відсутності національних стандартів на вогнетривку продукцію або у разі необхідності конкретизації чи доповнення певних вимог, інститут на замовлення виробників продукції розробляє технічні умови. Також, з метою підвищення якості продукції та (або) продовження терміну дії технічних умов на дослідні партії вогнетривкої продукції, що виготовляється АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного», інститут проводить роботи з розробки технічних умов та змін до ТУ.

2020 року розроблено, узгоджено, затверджено, зареєстровано одинадцять технічних умов та вісімнадцять змін до чинних ТУ, у тому числі: одні технічні умови та п'ять змін до ТУ на серійну продукцію, що виготовляється вогнетривкими підприємствами України, десять технічних умов та тринадцять змін до ТУ на дослідні партії вогнетривкої продукції, що виготовляється інститутом.

Розробка технічних умов проводиться відповідно до сучасних вимог нормативної документації державної системи стандартизації України (СОУ КЗПС 74.9-02568182-003:2016, ДСТУ 1.5:2015; СОУ МПП 01.120-090:2005).

Ключові слова: ТК 7 «Вогнетриви», вогнетриви, стандартизація, технічні умови, зміни до діючих технічних умов, серійна вогнетривка продукція, дослідна партія вогнетривів.

Бібліогр.: 13 назв.

Деятельность АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного» в области стандартизации огнеупоров в 2020 году / В. В. Мартыненко, П. А. Кущенко, 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.* 2021. № 121. С. 178—185.

Акционерное общество «Украинский научно-исследовательский институт огнеупоров имени А. С. Бережного» (АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного») выполняет функции секретариата технического комитета стандартизации «Огнеупоры» (ТК 7) — осуществляет организационное обеспечение деятельности ТК 7 и координирует его работу.

ТК 7 «Огнеупоры» участвует в работе международного технического комитета по стандартизации ISO/TC 33 как активный член, европейского технического комитета CEN/NC 187 — в качестве наблюдателя.

При отсутствии национальных стандартов на огнеупорную продукцию или в случае необходимости конкретизации или дополнения определенных требований, институт по заказу производителей продукции разрабатывает технические условия. Также, с целью повышения качества продукции и (или) продления срока действия технических условий на опытные партии огнеупорной продукции, производимой АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного», институт проводит работы по разработке технических условий и изменений к техническим условиям.

В 2020 году разработаны, согласованы, утверждены, зарегистрированы одиннадцать технических условий и восемнадцать изменений к действующим ТУ, в том числе: одни технические условия и пять изменений к ТУ на серийную продукцию, которая изготавливается огнеупорными предприятиями Украины, десять технических условий и тринадцать изменений к ТУ на опытные партии огнеупорной продукции, производимой институтом.

Разработка технических условий производится в соответствии с современными требованиями нормативной документации государственной системы стандартизации Украины (СОУ КЗПС 74.9-02568182-003:2016, ДСТУ 1.5:2015; СОУ МПП 01.120-090:2005).

Ключевые слова: ТК 7 «Огнеупоры», огнеупоры, стандартизация, технические условия, изменения к действующим техническим условиям, серийная огнеупорная продукция, опытная партия огнеупоров.

Библиогр.: 13 назв.

Activities of JSC "The Ukrainian research institute of refractories named after A. S. Berezhnoy" in the field of refractories standardization in 2020 / V. V. Martynenko, P. O. Kuschenko, L. V. Belyaeva, I. Yu. Kostyrko, T. F. Pahomova (JSC "URIR named after A. S. Berezhnoy", Kharkiv, Ukraine). ***Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers,*** **2021, no. 121, pp. 178—185.**

Joint Stock Company "The Ukrainian Research Institute of Refractories named after A. S. Berezhnoy" (JSC "URIR named after A. S. Berezhnoy") serves as the secretariat of the technical committee for standardization "Refractories" (TC 7), that is, it provides organizational support for the activities of TC 7 and coordinates its work.

TC 7 "Refractories" participates in the work of the international technical committee for standardization ISO/TC 33 as an active member, the European technical committee CEN/NC 187 as an observer.

In the absence of national standards for refractory products or if it is necessary to concretize or supplement certain requirements, the Institute develops technical specifications at the request of product manufacturers. Also, in order to improve the quality of products and (or) extend the validity of technical specifications for pilot batches of refractory products manufactured by JSC "URIR named after A. S. Berezhnoy", the Institute carries out work on the development of technical specifications and changes to specifications.

In 2020, eleven technical specifications and eighteen changes to the current technical specifications were developed, agreed, approved, registered, including: one technical specifications and fife changes to the technical specifications for serial products manufactured by refractory enterprises of Ukraine, ten technical specifications and thirteen changes to the specifications for pilot batches of refractory products manufactured by the Institute.

The development of technical specifications was carried out in accordance with the modern requirements of the normative documentation of the state standardization system of Ukraine (SOU KZPS 74.9-02568182-003: 2016, DSTU 1.5: 2015; SOU MPP 01.120-090: 2005).

Key words: TC 7 “Refractories”, refractories, standardization, technical specifications, changes to the current TSs, serial refractory products, pilot batches of refractories.

Bibliogr.: 13 titles.

Методика визначення межі міцності під час стискання зразків вогнетривких вкладишів для складених плит шиберних затворів / П. О. Кущенко, О. В. Дуніков, О. М. Реброва, Л. В. Грицюк, О. І. Синюкова (АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного», м. Харків, Україна). *Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.* 2021. № 121. С. 186—191.

Затвор, що ковзає, є найбільш досконалим типом розливного пристрою. Конструкція цього затвора ґрунтується на дії двох вогнетривких плит, що щільно стикаються між собою, одна з яких ковзає по іншій, закріпленій нерухомо. Затвори, що ковзають, можуть бути двох видів: з нижньою рухомою плитою, що здійснює зворотно-поступальний рух у горизонтальному напрямку за допомогою гідроциліндра, і з нижньою рухомою плитою, що обертається навколо осі. Затвор першого виду називають шиберним, другого — поворотним.

Контролювання властивостей, зокрема міцності, вогнетривких вкладишів сприяє підвищенню надійності функціонування складених плит шиберних затворів у сталерозливних ковшах. Однак застосувати існуючі стандарти для визначення міцності під час стискання зазначених вогнетривких виробів неможливо, через те що в цих стандартах не передбачені випробні зразки з розмірами менше ніж 20 мм. Тому для контролювання міцності під час стискання вогнетривких вкладишів для складених плит шиберних затворів в АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного» була розроблена і впроваджена методика МВ 322-39-2021. Згідно з цією методикою застосовують такий метод вимірювання межі міцності під час стискання: визначають площу поперечного перерізу випробного зразка, вимірюють максимальне навантаження під час стискання, що призводить до руйнування випробного зразка, і обчислюють межу міцності під час стискання.

Ключові слова: шиберний затвор, вогнетривкий вкладиш, методика, межа міцності під час стискання.

Бібліогр.: 8 назв.

Методика определения предела прочности при сжатии образцов огнеупорных вкладышей для составных плит шиберных затворов / П. А. Кущенко, А. В. Дуников, Е. Н. Реброва, Л. В. Грицюк, Е. И. Синюкова (АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного», г. Харьков, Украина). *Научные исследования по огнеупорам и технической керамике : сб. науч. тр.* 2021. № 121. С. 186—191.

Скользящий затвор является наиболее совершенным типом разливочного устройства. Конструкция этого затвора базируется на действии двух огнеупорных плит, которые плотно соприкасаются между собой, одна из которых скользит по другой, закрепленной неподвижно. Скользящие затворы могут быть двух видов: с нижней подвижной плитой, которая осуществляет обратно-поступательное движение в горизонтальном направлении при помощи гидроцилиндра, и с нижней подвижной плитой, которая поворачивается вокруг оси. Затвор первого вида называют шиберным, второго — поворотным.

Контролирование свойств, в частности прочности, огнеупорных вкладышей способствует повышению надежности функционирования составных плит шиберных затворов в сталеразливочных ковшах. Однако применять существующие стандарты для определения прочности при сжатии указанных огнеупорных изделий невозможно, потому что в этих стандартах не предусмотрены испытуемые образцы с размерами меньше, чем 20 мм. Поэтому для контролирования прочности при сжатии огнеупорных вкладышей для составных плит шиберных затворов в АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного» разработана и внедрена методика МВ 322-39-2021. Согласно этой методике применяют такой метод измерения предела прочности при сжатии: определяют площадь поперечного сечения испытуемого образца, измеряют максимальную нагрузку при сжатии, которая приводит к разрушению испытуемого образца, и вычисляют предел прочности при сжатии.

Ключевые слова: шиберный затвор, огнеупорный вкладыш, методика, предел прочности при сжатии.

Библиогр.: 8 назв.

Procedure of determination of the cold compressive strength of samples of refractory inserts for composite plates of shuttles / P. O. Kushchenko, O. V. Dunikov, O. M. Rebrova, l. V. Grytsyuk, O. I. Synyukova (JSC "The URIR named after A. S. Berezhnoy", Kharkiv, Ukraine). ***Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers,*** **2021, no. 121, pp. 186—191.**

The slide gate is the most advanced type of casting device. The design of this gate is based on the action of two refractory plates, which are in close contact with each other, one of which slides on the other, fixed motionlessly. Sliding gates can be of two types: with a lower movable plate, which carries out a back-and-forth movement in the horizontal direction using a hydraulic cylinder, and with a lower movable plate, which rotates around an axis. The shutter of first type is called a slide gate; the second is a rotary shutter.

Monitoring of properties in particular strength of refractory inserts facilitates increase in operation reliability of constituent plates of sliding shutters in steel casting ladles. However, it is not possible to apply the existing standards for the compressive strength determination of these refractory products, because these standards do not provide for test samples with dimensions less than 20 mm. That's why the procedure MB 322-39-2021 was developed and implemented by JSC "URIR named after A. S. Berezhnoy" with

the purpose of monitoring of cold compressive strength of refractory inserts for constituent plates of sliding shutters. According to this procedure, a method for measuring the compressive strength is used: the cross-sectional area of the test sample is determined, the maximum compressive load that leads to the test sample failure is measured, and the compressive strength is calculated.

Key words: sliding shutter, refractory insert, procedure, cold compressive strength.

Bibliogr.: 8 titles.

Міжлабораторні порівняння якості роботи хіміко-аналітичних підрозділів ряду підприємств вогнетривкої галузі України в 2020 році / О. В. Бірюкова, В. В. Варганов, Н. М. Кончинко (АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного», м. Харків, Україна). ***Наукові дослідження з вогнетривів та технічної кераміки : зб. наук. пр.*** **2021. № 121. С. 192—198.**

Одним із способів, що дозволяє перевірити правильність використання міжнародних норм, є міжлабораторні порівняння результатів роботи випробувальних лабораторій. Такі роботи проводяться АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного» понад 20 років і дозволяють оцінити відтворюваність і збіжність результатів проведення хімічного аналізу вогнетривів і вогнетривкої сировини при виготовленні вогнетривів та їх сертифікації в хіміко-аналітичному підрозділі інституту і в лабораторіях підприємств-партнерів.

Виконано міжлабораторне порівняння якості роботи хіміко-аналітичних підрозділів ряду підприємств вогнетривкої галузі України (ПрАТ «КДЗ», АТ «ЧВК», ПРАТ «ВАВК») і АТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного». Розбіжність між середніми результатами хімічного аналізу у хіміко-аналітичних підрозділах вогнетривких підприємств і в лабораторії інституту не перевищує допустиму величину γ за НД. Якість роботи хіміко-аналітичних підрозділів центральних заводських лабораторій усіх вищезазначених вогнетривких підприємств задовільна. Рекомендації щодо підвищення точності результатів хімічного аналізу в лабораторіях вогнетривких підприємств, які брали участь в тестах, не потрібні.

Ключові слова: міжлабораторні порівняння, відтворюваність і збіжність результатів, хімічний аналіз, вогнетривкі підприємства.

Бібліогр.: 9 назв.

Межлабораторное сравнение качества работы химико-аналитических подразделений ряда предприятий огнеупорной отрасли Украины в 2020 году / Е. В. Бирюкова, В. В. Варганов, Н. Н. Кончинко (АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного», г. Харьков, Украина). ***Научные исследования по огнеупорам и технической керамике : сб. науч. тр.*** **2021. № 121. С. 192—198.**

Одним из способов, позволяющих проверить правильность использования международных норм, является межлабораторное сравнение результатов работы испытательных лабораторий. Такие работы проводятся АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного» больше 20 лет и позволяют оценить воспроизводимость и сходимость результатов проведения химических анализов огнеупоров и огнеупорного сырья при изготовлении огнеупоров и их сертификации в химико-аналитическом подразделении института и в лабораториях предприятий-партнеров.

Выполнено межлабораторное сравнение качества работы химико-аналитических подразделений ряда предприятий огнеупорной отрасли промышленности Украины (ЧАО «КДЗ», АО «ЧОК», ЧАО «ВАОК») и АО «УкрНИИО имени А. С. Бережного». Расхождения между средними результатами химического анализа в химико-аналитических подразделениях огнеупорных предприятий и в лаборатории института не превышают допускаемую величину γ по НД. Качество работы химико-аналитических подразделений центральных заводских лабораторий всех вышеперечисленных огнеупорных предприятий удовлетворительное. Рекомендаций по повышению точности результатов химического анализа в лабораториях огнеупорных предприятий, участвовавших в тестах, не требуется.

Ключевые слова: межлабораторное сравнение, воспроизводимость и сходимость результатов, химический анализ, огнеупорные предприятия.

Библиогр.: 9 назв.

Interlaboratory comparison of the work quality of chemical-analytical units of a number of refractory industry enterprises in Ukraine in 2020 / O. V. Birukova, V. V. Varganov, N. M. Konchynko (JSC "The URIR named after A. S. Berezhnoy", Kharkiv, Ukraine). ***Scientific research on refractories and technical ceramics : collection of scientific papers,*** **2021, no. 121, pp. 192—198.**

One of the ways to check the correctness of international standards use is interlaboratory comparison of the work results of testing laboratories. Such work has been carried out by JSC "The URIR named after A. S. Berezhnoy" for more than 20 years and allows one to assess the reproducibility and repeatability of chemical analyzes results of refractories and refractory raw materials at the manufacture of refractories and their certification in the both the chemical-analytical unit of the institute and laboratories of partner enterprises.

The interlaboratory comparison of work quality of chemical-analytical units of a number of refractory industry enterprises in Ukraine (JSC "KDZ", JSC "CRP", JSC "VRP") and JSC "The URIR named after A. S. Berezhnoy" was carried out. The discrepancy between the average results of chemical analysis in the chemical-analytical unit of refractory enterprises and in the laboratory of institute did not exceed the permissible value of γ in terms of ND. The work quality of chemical-analytical units of central refractory laboratories of all the above mentioned refractory enterprises was satisfactory. Recommendations for improving the accuracy of the chemical analysis results in the refractory enterprises laboratories that participated in the tests were not required.

Key words: interlaboratory comparison, reproducibility and repeatability of results, chemical analysis, refractory enterprises.

Bibliogr.: 9 titles.