

лению пластической прочности и влажности ячеистого бетона / под ред. *Б.А Качура*. – Х.: МПСМ УССР, 1983. – 78 с. **6.** Пат. 62242 Российская Федерация, МПК G01N 9/00. Пластомер / Авторы и патентообладатели Кондращенко В.И., Гузенко С.В., Гребенников Д.А., Кудрявцева В.Д. – № 2006144305/22; заявл. 14.12.06; опубл. 27.03.07, Бюл. № 9. **7.** Пат. 80239 Российская Федерация, МПК G01N 9/00. Прибор для определения вязкопластических свойств бетонной и растворной цементно-песчаной смеси / Кондращенко В.И., Гребенников Д.А., Гузенко С.В., Кудрявцева В.Д., Чан Тхи Тху Ха; заявитель и патентообладатель Кондращенко В.И. – № 2008126432; заявл. 01.07.08; опубл. 27.01.09, Бюл. № 3. **8.** Пат. 2370749 Российская Федерация, МПК G01N 3/28. Способ определения вязкопластических свойств бетонной и растворной цементопесчаной смеси / Кондращенко В.И., Гребенников Д.А., Гузенко С.В., Чан Тхи Тху Ха, заявитель и патентообладатель Кондращенко В.И. – № 2008126430; заявл. 01.07.08; опубл. 20.10.09, Бюл. № 29.

Поступила в редколлегию 09.04.12

УДК 621.315.62:666.3

В.И. СТРЕЛЬНИКОВ, канд. техн. наук, ст. препод., УИПА, Славянск,
Ю.Н. ШУМИЛОВ, докт. техн. наук, проф., НИИВН, Славянск

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ИЗОЛЯТОРОВ. К ВОПРОСУ О ПРОЧНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ФАРФОРА

Проведений аналіз літературних даних про взаємовплив складу маси, технологічних параметрів, структури (текстури) сформованих заготовок і міцнісних характеристик високовольтних фарфорових ізоляторів. Як об'єкт досліджень вибрана глиноземвмістка маса і технологічні операції отримання заготовок для стрижньових ізоляторів. Планується розробити технологічні параметри виробництва ізоляторів підвищеної міцності.

Проведен анализ литературных данных о взаимовлиянии состава массы, технологических параметров, структуры (текстуры) сформированных заготовок и прочностных характеристик высоковольтных фарфоровых изоляторов. В качестве объекта исследований выбрана глиноземсодержащая масса и технологические операции получения заготовок для стержневых изоляторов. Планируется разработать технологические параметры производства изоляторов повышенной прочности.

The analysis of literary data is conducted about influence of composition of mass, technological parameters, structure (texture) of the formed purveyances and durabil descriptions of high-voltage porcelain insulators. As an object of researches aluminacontained mass and technological operations of receipt of purveyances is chosen for the cored insulators. It is planned to develop the technological parameters of production of extra-strong insulators.

Существующая технология производства линейных и аппаратных высоковольтных изоляторов из фарфора сложилась еще в 50-х годах прошлого столетия и до сегодняшнего дня значительных изменений не претерпела.

В то же время исследования, проводимые в области создания новых модифицированных составов фарфора и в целом керамических материалов, дали существенные результаты в развитии конструкционной керамики, использованию ее в тех областях техники, где ранее это считалось невозможным.

При этом значительно изменилась технология получения керамического материала и способы, а также технологическое оборудование для производства изделий из него.

Однако, далеко не все достижения науки о фарфоре сегодня нашли реализацию непосредственно в производстве.

Так, например, разработка глиноземсодержащих составов масс технического фарфора дала возможность производить изоляторы с более высоким уровнем прочностных характеристик [1 – 3].

В тоже время достоинства такого материала, полученные при испытании стандартных образцов, резко снижаются непосредственно в изделиях, что свидетельствует о несовершенстве применяемой технологии производства.

В связи с этим целесообразным представляется перенос акцента исследований в сферу изучения технологических аспектов производства.

Объектом исследования в данной работе выбран состав фарфоровой массы, а также процесс получения и переработки ее на технологическом оборудовании в заготовки для стержневых высоковольтных изоляторов класса 35 кВ. При этом основной задачей исследований явилось изучение влияния технологических параметров измельчения исходных компонентов массы и процесса переработки ее на вакуум-прессе в заготовки для изоляторов на стабильность прочностных характеристик обожженных фарфоровых изделий.

Практическое применение изделий из специальной керамики в значительной степени определяется прочностными характеристиками. Для высоковольтных фарфоровых изоляторов таковой является электрическая и механическая прочность. Носителями прочности могут выступать как различные минералы, чистые окислы и их смеси, так и технологические особенности получения материала в условиях конкретного производства [4]. Причины не позволяющие достичь желаемой прочности как раз и находятся в весьма сложном взаимном влиянии состава на технологию и наоборот.

Свойства всякого твердого тела во многом зависят от его структуры.

Фарфор представляет собой технический камень, по составу и структуре имеет близкое сходство с мелкозернистыми горными породами.

Структура этих материалов характеризуется неравномерным распределением составляющих компонентов и взаимным расположением между собой. Иногда в различных участках многокомпонентного материала наблюдается разная структура.

Сочетание неоднородных структурных участков характеризует текстуру данного тела и определяет неравномерность свойств в различных плоскостях.

Примерами разновидностей текстур [5], способствующих деформации, треску и в целом снижению прочности керамического черепка могут служить следующие разнородные структуры:

- образованные в результате неравномерного распределения компонентов в массе;
- возникшие вследствие различной ориентации плоских минеральных частиц в массе;
- полученные из сопрягающихся конструктивных деталей изделий с различной ориентацией частиц.

Безусловно, что неоднородные по составу участки в материале претерпевают различные усадочные явления в процессе сушки и обжига. Поэтому у границы раздела таких зон возникают механические напряжения, вызывающие деформацию или растрескивание.

Ориентированная структура характерна при расположении частиц составляющих компонентов с одноименной осью в одном направлении. Основным условием образования такой структуры является: анизоморфность составляющих частиц, наличие легкоподвижной среды и воздействие одностороннего давления [6]. Все эти условия присущи фарфоровой массе благодаря чешуйчатости и волокнистости глинообразующих минералов, удлиненной угловатой форме обломков кварца и полевого шпата. Твердые частицы, находясь в водной среде, легко поворачиваются под нагрузкой и располагаются длинной осью поперек направления одностороннего давления. В этом же направлении растягиваются частицы влаги и газа (воздуха), т.е. создается определенно выраженная текстура массы [7].

Величина и стабильность прочностных характеристик керамического черепка напрямую зависит от структуры и степени её однородности [8].

Максимальная однородность структуры соответствует хаотическому распределению компонентов в пространстве и взаимному сочетанию друг с

другом. Это состояние достигается перемешиванием шликера и промином рабочей массы [6]. В свою очередь способ промина массы также существенно изменяет ее структуру.

Промин катковыми мялками, например, задает направление расположения частиц длиной своей осью поперек направления давления катков и пода, поршневой пресс гарантирует продольное направление, т.е. частицы расположены перпендикулярно давлению стенок; для массы прошедшей уплотнение на шнековом вакуум-прессе свойственна структура в виде архимедовой спирали и концентрических колец. Такую структуру, вернее текстуру в массе наблюдаем чаще всего в производстве изоляторов и она в процессе сушки и обжига вызывает S-образные и слоистые трещины. Рассматривая технологический цикл получения фарфора обозначим постадийно «узкие» места с точки зрения достижения нужной прочности. Начальная операция измельчения исходных сырьевых материалов, как известно [9], способствует повышению прочностных показателей благодаря достижению заданного дисперсного состава и лучшей реакционной способности окислов.

Снижение размеров частиц материалов ведет так же к достижению более равномерного распределения минеральных составляющих, что также способствует стабилизации прочности. Однако, как при совместном, так и совместно-раздельном способе измельчения, процесс дробления и истирания идет тем эффективнее, чем меньше прочность кристаллической решетки минерала. Следовательно, в получаемой при мокром помоле фарфоровой массе не гарантировано достижение дисперсности того или иного минерала (окисла), которая должна обеспечить максимально полный эффект от его присутствия.

Известно, что дисперсность глинозема, как носителя прочности, должна быть не более 5 мкм (не менее 90 процентов всех частиц), а для кварца, как основного стеклообразующего минерала, размер зерен – $20 + 40$ мкм. При этом в производственном процессе контроль завершенности операции мокрого помола традиционно ведется по достижению нужного остатка на сите с сеткой № 0063 или № 0056, что абсолютно не показательно в свете вышеизложенного, хотя при совместном помоле достигается лучшая усредненность керамической суспензии.

Следующая за помолом операция по частичному обезвоживанию суспензии на фильтр-прессах действует на массу крайне отрицательно. В силу

протекающих при этом гидромеханических процессов она становится весьма неоднородной по влажности, минералогическому и зерновому составу.

Далее при операции переработки массы в вакуум-прессах снова преследуется та же цель – достичь однородности структуры, удалить воздушные включения, уплотнить и сформировать заготовку заданного сечения, длины.

Однако, при этом наблюдается новый вариант разупорядочения – образуется пространственная текстура массы из свилей, скручивания и расслоения по плоскостям скольжения частиц материала. Детальному изучению физико-механических процессов, протекающих в движущейся под действием шнекового вала массе и уплотняющейся в мундштуке вакуум-пресса посвящено немало работ [6 – 7].

Установлено, что в корпусе пресса масса уплотняется и движется сплошным потоком. Периферийные слои, находящиеся у корпуса пресса движутся быстрее и деформируются больше. В слоях массы, находящихся ближе к ступице винтового вала движение замедляется и деформация менее выражена. Масса в корпусе пресса кроме поступательного имеет и вращательное движение. Головка и мундштук является основными рабочими деталями ленточного пресса, исключить их невозможно, поэтому необходимым представляется проведение исследований соответствия между конструкцией пресса и характером движения фарфоровой массы. С такими дефектами масса в виде заготовок необходимого размера поступает либо на штамп-пресс или копировальный станок, либо на формовочный агрегат, где под воздействием внешней нагрузки её дефектность только частично устраняется, а чаще всего она еще больше усугубляется.

При изготовлении стержневых изоляторов заготовка, как правило, обрабатывается петлевыми резцами на обточном или копир-станке. Срезаемый с заготовки наружный слой массы содержит меньше расслоений и свилей, а в центральном стволе (теле заготовки) зачастую остается максимальная дефектность созданная шнеком и выпарной лопастью вакуум-пресса. Эти расслоения в текстуре заготовки служат концентраторами отрицательных напряжений, которые возникают затем при сушке и обжиге.

Дальнейшие переделы производства как бы фиксируют напряженное состояние, исправить структуру уже невозможно. Если к тому же при сушке и обжиге нарушаются параметры процесса, например, слишком резкий подъем температуры или недостаточная влажность сушильного агента в период про-

гревания массы, происходит образование микро- и макротрещин и, как следствие, недостижение нужной прочности изделия, треск, деформация.

В керамических изделиях трещины и деформация являются самыми распространенными пороками. Вопросы правильного распознавания причин растрескивания и деформации, а также установление способов их устранения составляют важнейшую задачу керамической технологии.

В ходе выполнения исследований и решения поставленной задачи следует изучить характер изменений в структуре потока массы по мере продвижения ее к выходному отверстию мундштука.

С учетом того, что формующая система различных вакуум-прессов в принципе идентична, подгонка массы под условия формования, равно как изменение формующей системы применительно к массе не гарантирует устранение дефектности структуры.

Необходимым представляется решение вопроса о том, как образовавшаяся структура массы использовать с максимальной выгодой для получения качественных заготовок стержневых изоляторов.

Результатом планируемых исследований должен стать ответ на вопрос какую структуру нужно обеспечить массе в производстве стержневых изоляторов и какой вариант формующей системы позволит этого добиться.

Список литературы: 1. Разработка высоковольтного электротехнического фарфора с механической прочностью 75 МПа в изделиях / [P.Г. Орлова и др.]; ВНИИЭК. – М., 1985. – (Отчет о НИР). – 42 с. – Деп. в ВНИИЭК. – № 02840010087. 2. Медведовский Е.Я. Оптимизация свойств электроизоляционных высокоглиноземистых керамических материалов / Е.Я. Медведовский, Ф.Я. Харитонов // Стекло и керамика. – 1985. – № 8. – С. 24 – 25. 3. А.с. 1581712 СССР, МКИ³ С04В 35/20. Шихта для изготовления керамического материала / Харитонов Ф.Я., Масленникова Г.Н., Соколова Э.А., Макаров В.А. (СССР). – № 4603033/23-33; заявл. 04.10.88; опубли. 30.07.90, Бюл. № 28. 4. Dannheim H. Einfluß der Herstellungsparameter auf die Streuung von Festigkeitswerten bei technischem Porzellan / H. Dannheim, H.J. Oel, P. Rivera // CFI: Ber. DKG. – 1991. – Vol. 68, № 3. – С. 66 – 71. 5. Ахьян А.М. Причины деформации фарфоровых изделий / А.М. Ахьян // Стекло и керамика. – 1959. – № 1. – С. 21 – 26. 6. Ахьян А.М. S-образные трещины в фарфоровых высоковольтных изоляторах / А.М. Ахьян. – М.: Госэнергоиздат, 1956. – 92 с. 7. Ничипоренко С.П. О формировании керамических масс в ленточных прессах / С.П. Ничипоренко, М.Д. Абрамович, М.С. Комская. – К.: Наукова думка, 1971. – 75 с. 8. Martens Th. Zur Beeinflussung von Gefüge und Festigkeit von Tonerdeporzellan. Teil 1. Literaturüberblick / Th. Martens, H.W. Hennicke // Keram. Z. – 1990. – Vol. 42, № 8. – С. 569 – 572. 9. Августиник А.И. Керамика / А.И. Августиник. – [2-е изд., перераб.]. – Л.: Стройиздат, 1975. – 592 с.

Поступила в редколлегию 07.05.12