

**ВАТ «Український науково-дослідний інститут вогнетривів
імені А. С. Бережного»**

Збірник наукових праць ВАТ «УкрНДІВогнетривів імені А. С. Бережного»

Collection of scientific proceedings
of the OJSC «The Ukrainian research institute
of refractories named after A. S. Berezhnoy»

Заснований у 1927 р.

№ 110

Харків
«Каравела»
2010

УДК 666.76
ББК 35.41

Збірник складено за матеріалами Міжнародної науково-технічної конференції «Фізико-хімічні проблеми в технології тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів» до 100-річчя від дня народження видатного вченого в галузі фізико-хімії оксидних систем та технології вогнетривів, колишнього директора УкрНДІВогнетривів, академіка НАН України Анатолія Семеновича Бережного та 125-річчя НТУ «ХП», яка відбулася 20—23 вересня 2010 року у ВАТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного». У статтях збірника розглянуто сучасні фізико-хімічні процеси в технології тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів — кераміки, вогнетривів, наноматеріалів, скла, емалей та склокристалічних матеріалів і покриттів, в'язучих і будівельних матеріалів.

Збірник призначений для наукових працівників, аспірантів, студентів, спеціалістів з виготовлення і застосування вогнетривів і технічної кераміки у печах і теплових агрегатах різних галузей промисловості.

***Збірник включено ВАК України
до переліку видань, в яких можуть публікуватися
результати дисертаційних робіт***

***Збірник зареєстровано
у Державному комітеті телебачення та радіомовлення
України (свідоцтво про державну реєстрацію друкованого
засобу масової інформації серія КВ № 8081 від 30.10.2003 р.)***

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Гол. редактор — засл. діяч науки і техніки України, д-р техн. наук, с.н.с. *В. В. Примаченко*; заст. гол. редактора — канд. техн. наук, с.н.с. *В. В. Мартиненко*; відпов. секр. — канд. техн. наук *Н. М. Казначеева*; члени редколегії — канд. техн. наук, с.н.с. *Л. О. Бабкіна*; д-р техн. наук, проф. *Л. Л. Брагіна*; канд. техн. наук, доц. *О. В. Дуніков*; засл. діяч науки і техніки України, д-р геол.-мінер. наук, проф. *П. В. Заріцький*; канд. техн. наук *П. П. Криворучко*; д-р техн. наук, проф. *Г. В. Лісачук*; д-р техн. наук, проф. *Я. М. Пітак*; д-р техн. наук, проф. *М. І. Рищенко*; д-р техн. наук, проф. *Г. Д. Семченко*; канд. техн. наук *Ю. О. Спірін*; д-р техн. наук, проф. *Р. Д. Ситник*; д-р техн. наук, проф. *Г. М. Шабанова*; канд. техн. наук *І. Г. Шулик*.

**Затверджено до видання
Вченою Радою ВАТ «УкрНДІВ імені А. С. Бережного»
(протокол № 17 від 21.12.2010 р.)**

ISBN 978-966-586-156-0

© ВАТ «УкрНДІВогнетривів
імені А. С. Бережного», 2010

$\text{Na}_2\text{SO}_4 : \text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{NaNO}_3 = 10 : 8 : 2$. Отримані покриття за показниками міцності та водопоглинання не поступаються аналогам порівняння гідроізоляційних матеріалів проникної дії, представлених на ринку України.

Бібліографічний список

1. Современные гидроизоляционные материалы / [Войтов А. И., Козачук В. Л., Лайкин В. В., Шкуратовский А. А.]. — К.: АО «Мастера», 2006. — 192 с.
2. Формирование фазового состава цементного камня в присутствии некоторых солей проникающей гидроизоляции [Электронный ресурс] / Овчаренко Г. И., Бровкина Н. Г., Вагапова К. С. [и др.] // Сб. докл. 3-го (XI) Междунар. совещания по химии и технологии цемента, 27—29 окт. 2009 г., Москва, Экспоцентр. — М., 2009. — С. 41—44.
3. Сравнительные исследования гидроизоляционных систем проникающего действия [Электронный ресурс] / [Овчаренко Г. И., Бровкина Н. Г., Потапова Е. П., Чуева А. В.] // Высокотемпературные материалы и технологи в XXI веке: материалы науч.-практ. конф., 12—13 нояб., 2008, РХТУ им. Д. И. Менделеева, Москва. — М., 2008.
4. *Кривенко П. В.* Долговечность шлакощелочного бетона / П. В. Кривенко, Е. К. Пушкарёва. — К.: Будівельник, 1993. — 224 с.
5. *Суханевич М. В.* Гідроізоляційні матеріали на основі органо-мінеральних в'язучих речовин / М. В. Суханевич, С. Г. Гузій // Нова тема. — К., КНУБА, 2009. — № 3(22). — С. 21—25.

Рецензент к. т. н. Нагорний А. О.

7. СУЧАСНЕ ОБЛАДНАННЯ СИЛКАТНИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 666.3.032.6:001.891.573

Канд. техн. наук Е. В. Штефан
(*Национальный университет пищевых технологий,*
г. Киев, Украина)

Информационные технологии проектирования оборудования для мундштучного прессования керамических масс

Введение

Экструзия керамических масс является одной из базовых технологических операций процессов мундштучного прессования (ПМП) при изготовлении цилиндрических заготовок для различных фарфоровых изделий. При этом используются такие основные элементы технологического оборудования, как формирующая система и мундштук, где происходит транспортирование массы, ее уплотнение и превращение в жгут необходимого диаметра.

Основой управления технологическими свойствами керамических масс является способ их образования, определяемый воздействием таких основных факторов, как физико-механическая модификация поверхности раздела фаз (физико-химические процессы в массе, введение добавок, составление смесей), механическая обработка в агрегатах, давление и температура [1—3].

До настоящего времени в основном применялся экспериментальный подход к исследованию структурообразования тиксотропных систем и дальнейшему совершенствованию и модернизации технологического оборудования [4; 5].

Данная работа посвящена разработке теоретического подхода к выбору рациональных конструктивно-технологических параметров оборудования для получения керамических заготовок.

Экспериментальная часть

Методика исследований основана на информационных технологиях проектирования (ИТП) процессов упруго-вязко-пластического деформирования тиксотропных дисперсных материалов с использованием современных компьютерных технологий [6; 7]. Предложенный вариант ИТП позволяет рассматривать технологический процесс обработки керамических масс в виде многокомпонентной системы взаимосвязанных объектов исследования: керамической массы, элементов технологического оборудования, термомеханического нагружения и др. Принципиальная схема ИТП типа: «математическая модель — интеллектуальная экспертная система — методика автоматизированного проектирования» представлена на рис. 1.

Аналитическая модель [8] как составная часть математической модели процесса механической обработки керамических масс представляет собою краевую задачу механики дисперсных сред [9], которая описывает поведение керамической массы в реальных пространственно-временных условиях. Алгоритмическая модель основана на поэтапном (шаговом) рассмотрении движения тела в неподвижной системе отсчета. Для решения сформулированной краевой задачи использованы проекционно-сеточные методы в форме метода конечных элементов (МКЭ) по пространственным переменным и конечных разностей (МКР) по временному аргументу [10]. На каждом шаге нагружения осуществляется перестройка сетки конечных элементов. При этом все параметры, характеризующие поведение тела в процессе деформирования, рассчитываются по отношению к начальной для каждого шага нагружения конечно-элементной модели тела.

Разработанные алгоритмы реализованы в виде цифровой модели (программного вычислительного комплекса) PLAST-EXTR-002, которая предназначена для моделирования неравновесных процессов деформирования дисперсных материалов при известном законе нагружения в режиме упруго-вязко-пластического поведения твердой фазы.

Разработанное программное обеспечение позволяет на каждом этапе формования керамической массы определять ее основные характеристики (степень разрушения и тиксотропии структуры, ориентацию структуры массы, изменение пористости в процессе обработки), напряженно-деформированное состояние массы (тензоры напряжений и деформаций, скорость и перемещение любой точки массы), суммарное усилие на дефор-

мирующем инструменте, уровень гидростатического давления и другие.



Рис. 1. Схема информационной технологии проектирования

Результаты и их обсуждение

В качестве объекта моделирования рассмотрен ПМП керамической массы с противодавлением (рис. 2) [11]. Вследствие осевой симметрии процесса прессования расчетная схема ПМП

представляет собой половину меридионального сечения заготовки (рис. 3). Результаты проведенных вычислительных экспериментов позволили определить напряженно-деформированное состояние керамической массы для различных конструктивно-технологических параметров ПМП (рис. 4).

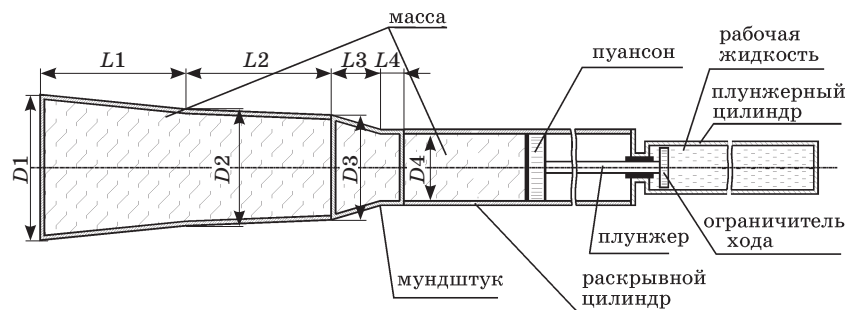


Рис. 2. Схема процесса мундштучного прессования керамической массы с противодействием

В результате моделирования поведения фарфоровой массы в процессе ее упруго-вязко-пластического деформирования в вакуум-прессе [11] была установлена область развития зоны растягивающих напряжений, которая локализуется в месте перехода конической части мундштука в цилиндрическую. Для минимизации этих напряжений предлагается:

- выбирать угол конусности мундштука в диапазоне 40—50°;
- увеличивать цилиндрическую часть мундштука таким образом, чтобы она была не меньше диаметра выходного отверстия мундштука;
- выполнять переход от конической к цилиндрической части мундштука с заданным радиусом кривизны.

Кроме того, как показали расчетные исследования процессов прессования, наложение противодействия 9—12 % от рабочего давления при деформировании керамических масс существенно изменяет напряженно-деформированное состояние заготовки, что повышает уровень сжимающих напряжений в очаге деформации. Это способствует «залечиванию» нарушений сплошности

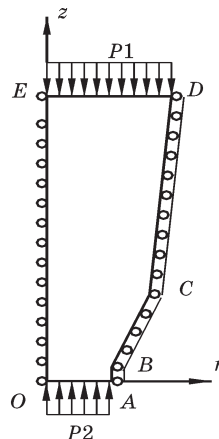


Рис. 3. Расчетная схема ПМП

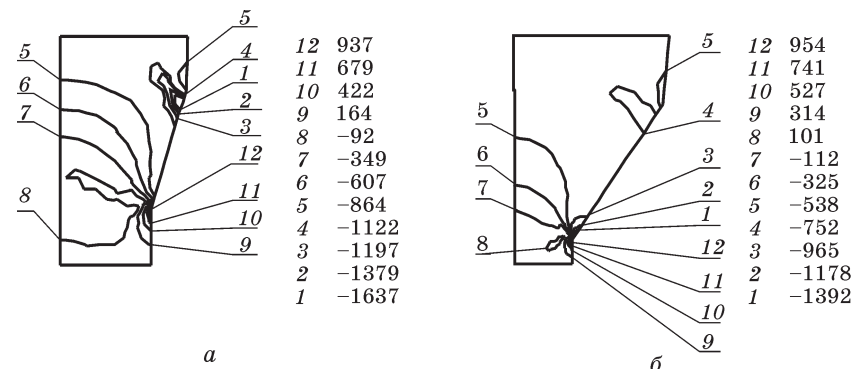


Рис. 4. Распределение напряжений (Па) в объеме керамической массы в фиксированный момент времени при разных степенях деформации: а — $K = 1,9$; б — $K = 3,1$

(пор, микропустот) и тем самым оказывает положительное влияние на качество получаемых изделий.

Заключение

Предложенная ИТП оборудования для механической обработки керамических масс мундштучного прессования позволяет эффективно выполнять проектировочные расчеты при выборе рациональных конструктивно-технологических параметров ПМП. Внедрение представленных методологических разработок позволит значительно ускорить, удешевить процесс создания надежного и экономичного технологического оборудования, в том числе машин и агрегатов для пластической обработки и формования керамических масс.

Библиографический список

1. Ничипоренко С. П. О формовании керамических масс в ленточных прессах / С.П. Ничипоренко М.Д., Абрамович, М.С. Комская. — К.: Наук. думка, 1971. — 123 с.
2. Овчинников П. Ф. Реология тиксотропных систем / П. Ф. Овчинников, Н. Н. Круглицкий, Н. В. Михайлов. — К.: Наук. думка, 1972. — 213 с.
3. Круглицкий Н. Н. Очерки по физико-химической механике / Н. Н. Круглицкий. — К.: Наук. думка, 1988. — 228 с.
4. Гогоци Г. А. Аттестация современной керамики по механическим свойствам / Г. А. Гогоци, В. П. Завада // Пробл. прочности. — 1994. — № 1.
5. Быхова А. Ф. О выборе технологии производства керамических масс / А. Ф. Быхова, С. П. Ничипоренко, В. В. Хилько. — К.: Наук. думка, 1980. — 52 с.

6. Штефан Є.В. Моделювання поведінки дисперсних систем у нерівноважних процесах харчових виробництв / Є. В. Штефан // Наукові праці УДУХТ.— 2000.— № 8.— С. 63—66.

7. Абрамов В. И. Разработка информационной технологии проектирования процессов производства электротехнического фарфора с повышенными прочностными характеристиками / В. И. Абрамов, Е. В. Штефан, Н. Г. Крищук // Энергетика и электрификация.— 1999.— № 6.— С. 47—58.

8. Штефан Е. В. Построение аналитической модели процессов деформирования дисперсных материалов / Е. В. Штефан, С. И. Блаженко // Обработка дисперсных материалов и сред. Теория, исследования, технологии, оборудование: междунар. периодич. сб. науч. тр.— Одесса: НПО «ВОТУМ», 2003.— Вып. 13.— С. 26—33.

9. Нигматулин Р.И. Методы механики сплошной среды для описания многофазных смесей / Р. И. Нигматулин // ПММ.— 1970.— Т. 34, № 6.— С. 1097—1112.

10. Штефан Е. В. Математическое моделирование процессов механической обработки дисперсных материалов / Е. В. Штефан // Вісник Нац. техн. унт-ту «ХПІ»: зб. наук. пр. Тематичний випуск «Хімія, хімічна технологія та екологія».—Х.: НТУ «ХПІ».— 2009.— № 25.— С. 23—28.

11. Абрамов В. І. Напружено-деформований стан стрижневих ізоляторів: автореф. дис. канд. техн. наук: 01.02.04 / Абрамов Владислав Іванович; Національний технічний університет України «КПІ».— К., 2000.— 19 с.

Рецензент к. т. н. Питак Я. О.

УДК 666.1.031.2/6

*С. Е. Костенко, канд. техн. наук В. И. Онищук, Н. Ф. Жерновая
(Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Российская Федерация)*

Пути повышения технико-экономических показателей современных стекловаренных печей и оптимизация гидродинамической картины электрической стекловаренной печи

Введение

Производство стекла и стеклоизделий является одной из наиболее энергоемких отраслей промышленности, при этом, до 80 % топливно-энергетических ресурсов затрачивается непосредственно на процесс стекловарения [1].

Стекловаренная печь является основным агрегатом, от работы которого в значительной степени зависят все технико-экономические показатели деятельности предприятия.

Теоретически для получения 1 т стекломассы требуется 820,68 кВт·ч энергии, но промышленность потребляет намного больше из-за потерь, которые связаны с неэффективностью работы стекловаренных печей. В среднестатистической печи до 40 % энергии уходит на нагрев шихты и обеспечение необходимой температуры для протекания реакций силикато- и стеклообразования. Около 30 % энергии теряется через ограждающие конструкции печи, а еще 30 % уносится с дымовыми газами. В итоге для получения 1 т стекломассы затрачивается до 2520,66 кВт·ч.

Стекловаренные печи принято делить на газопламенные, электрические и печи с комбинированным отоплением. Расход энергии на получение 1 т стекломассы в печах различной конструкции представлен на рис. 1 [2].

В настоящее время все большее внимание уделяется повышению технической эффективности стекловаренных печей. По механизму воздействия на процесс стекловарения способы интенсификации можно классифицировать следующим образом: химические, термические и гидродинамические, а также возможно ускорение процесса путем конструктивного совершенствования стекловаренных печей [3].

Ввиду того, что исследования стекловаренных печей ведутся в основном для газопламенных печей и на данный момент по это-