

## 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-вязкопластического 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-вязкопластического поведения твердой фазы.

Разработанное программное обеспечение позволяет на каждом этапе формирования 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).

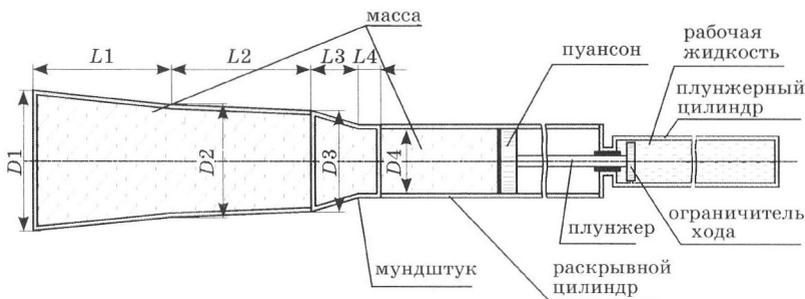


Рис. 2. Схема процесса мундштучного прессования керамической массы с противодавлением

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  $40\text{—}50^\circ$ ;
- 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 противодавления  $9\text{—}12\%$  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

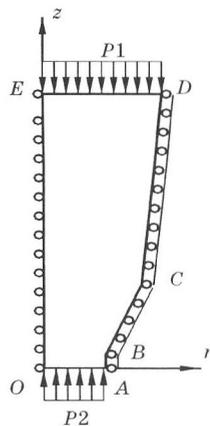


Рис. 3. Расчетная схема ПМП

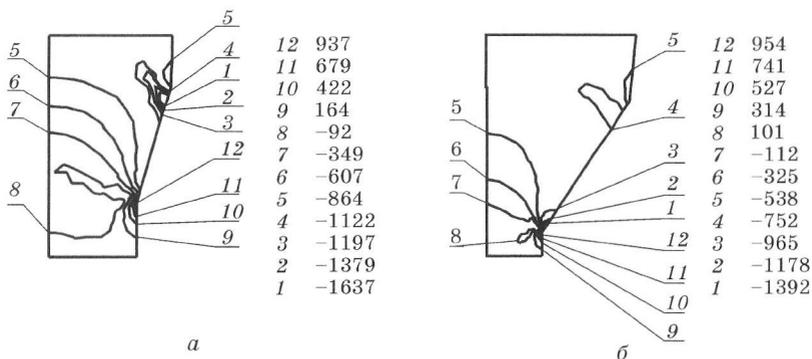


Рис. 4. Распределение напряжений (Па) в объеме керамической массы в фиксированный момент времени при разных степенях деформации:  
 а —  $K = 1,9$ ; б —  $K = 3,1$

(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 формировании 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 С.В. Моделирование поведения дисперсных систем у неравноважных процессах харчових виробництв / С. 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 «ХП»: зб. наук. пр. Тематичний випуск «Хімія, хімічна технологія та екологія».—Х.: НТУ «ХП»,— 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.*