

**ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОБОЛОЧКИ И РЕЖИМОВ  
КВАЗИИЗОСТАТИЧЕСКОГО ПРЕССОВАНИЯ НА ДЕФОРМАЦИЮ ПОРОШКОВОГО ТЕЛА**

Т.Р. Алишин

Научный руководитель: др. физ.-мат. наук Э.С. Двилис  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 2, 634028  
E-mail: [alishin.95@mail.ru](mailto:alishin.95@mail.ru)

**THE EFFECT OF GEOMETRIC PARAMETERS OF THE ENVELOPE AND QUASISOSTATIC  
PRESSING MODES ON THE DEFORMATION OF THE POWDER BODY**

T.R. Alishin

Scientific Supervisor: Dr. Phis.-Mat. Sciences E.S. Dvilis  
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 2, 634028  
E-mail: [alishin.95@mail.ru](mailto:alishin.95@mail.ru)

***Abstract.** This work is devoted to obtaining ceramics products using the method of quasiisostatic pressing. The influence of the geometric parameters of the elastic shell and the pressing regimes on the deformation of the powder body will be studied.*

**Введение.** Получение высокоплотной керамики является одной из важнейших задач материаловедения. Существует множество методов, позволяющих получить керамику с плотностью более 99% от теоретической, однако большинство из них не обеспечивают высокой равномерности распределения плотности по объёму изделий, особенно, сложной геометрической формы.

Для достижения высокой равномерности распределения плотности, как правило, используют изостатические методы прессования, которые классифицируются в зависимости от среды, передающей давление на порошковое тело. Получение деталей сложной формы с использованием таких методов требует дополнительной токарно-фрезерной обработки. Частичным решением проблемы является использование метода квазиизостатического прессования (КИП), в котором в качестве среды, передающей давление компактируемому порошkovому телу, используется квазижидкость – эластичное тело, которое, подобно жидкости, распределяет усилие, приложенное к пуансону, одинаково во всех направлениях, поэтому уплотнение порошка происходит равномерно со всех сторон, что позволяет получать изделия с высокой равномерностью распределения плотности по объёму [1]. В отличие от гидростатического прессования, КИП позволяет изготавливать изделия более сложной формы, требующие гораздо меньшего объема последующей обработки [2].

Однако при использовании КИП также наблюдается искривление формообразующих поверхностей оболочки в процессе прессования, вследствие чего полученные компакты имеют форму, отличную от формы внутренней полости оболочки. Корректный учёт этого эффекта на стадии проектирования оболочки позволит минимизировать величину отклонения формы компакта от заданной.

Целью работы является изучение влияния геометрических параметров оболочки и режимов квазиизостатического прессования на деформацию порошkovого тела.

**Материал и методика эксперимента.** В качестве исходного материала для получения компактов использовали наноразмерный порошок частично-стабилизированного иттрием диоксида циркония  $ZrO_2+3 \text{ моль.}\% Y_2O_3$  (TZ-3YS, Tosoh). Для изготовления эластичных оболочек использовали полиуретан «Силагерм 6030».

Прессование порошка проводили в параллелепипедной полости толстостенной оболочки, помещенной в жесткую цилиндрическую пресс-форму диаметром 50 мм для одноосного одностороннего прессования. Продольный разрез оболочки представлен на рисунке 1, геометрические параметры оболочки приведены в таблице 1. Прессование изделий проводили с использованием гидравлического пресса ИП-500М авто (ЗАО «ЗИПО», Россия).

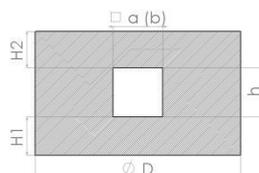


Рис. 1. Продольный разрез эластичной оболочки

Таблица 1

Геометрические параметры оболочки

D	H1	H2	a	b	h
50	9,54	9,88	12,95	12,95	11,9

Измерение размеров компактов, полученных после прессования, с точностью 10 мкм проводили с помощью электронных микрометра и штангенциркуля. На рисунке 1 представлена модель образца, полученного КИП, и его поперечное сечение с обозначением определяемых размеров.

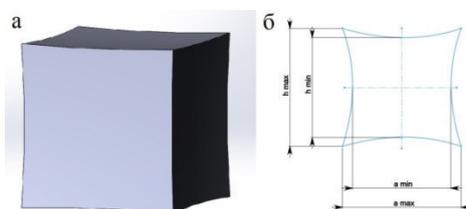


Рис. 2: а - модель образца, полученного КИП; б – контур поперечного сечения образца

За величину, характеризующую неравномерность деформации формообразующих поверхностей внутренней полости эластичной оболочки в процессе прессования, приняли относительное отклонение размеров компакта от заданного, найденное как разность максимального  $x_{\max}$  и минимального  $x_{\min}$  размеров спрессованного образца, выраженную в процентах от соответствующего исходного размера  $x$  внутренней полости оболочки.

**Результаты исследования и их обсуждение.** На рисунке 3 представлена зависимость параметра  $(x_{\max} - x_{\min})/x$  от давления прессования.

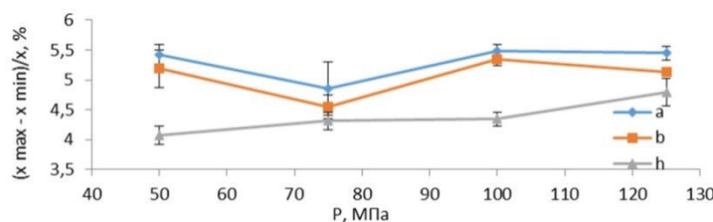


Рис. 3. Зависимость величины  $(x_{\max} - x_{\min})/x$  от давления прессования

Анализ результатов показал, что относительное отклонение, определённое для трёх ортогональных размеров образца во всем изученном диапазоне давлений прессования, находится в диапазоне от 4 до 4,5 % и меняется для каждого из размеров в пределах, не более  $\pm 0,8\%$ . Это позволяет принять указанное отклонение за постоянную величину для выбранной геометрии КИП с достаточной для практики точностью.

При изучении влияния изменений геометрических параметров оболочки, обусловленных дополнительными требованиями, на относительное отклонение размеров компакта изменялась только толщина верхней стенки эластичной оболочки, а остальные параметры и условия (включая давление прессования) оставались неизменными. Зависимость относительного отклонения размеров компактов от изменения толщины верхней стенки эластичной оболочки, выраженной в процентах от исходной высоты формообразующей полости, представлена на рисунке 4.

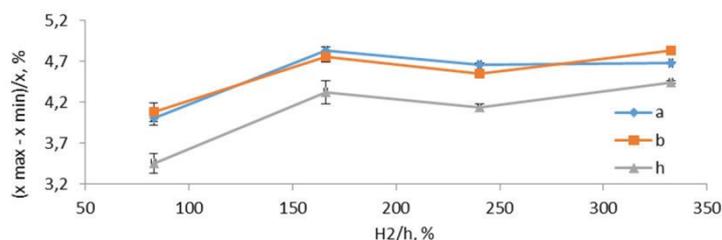


Рис. 4. Зависимость величины  $(x_{\max} - x_{\min})/x$  от толщины верхней стенки

Эксперимент показал, что увеличение толщины стенки оболочки в диапазоне от 82 до 333 % от соответствующего размера исходной формообразующей полости приводит к изменению относительного отклонения трёх ортогональных размеров компакта в пределах не более 1%.

**Заключение.** Изменение давления прессования и толщины стенки эластичной оболочки в исследованных диапазонах не приводит к существенному изменению величины относительного отклонения размеров. Наблюдаемое изменение в пределах менее 1% является удовлетворительным для большинства изделий, изготавливаемых методом КИП. Для получения образцов с минимальным отклонением от заданной полостью формы необходимо использовать оболочку, имеющую противоположное по знаку отклонение формы – компенсируемую в процессе прессования кривизну поверхностей. Ввиду малой величины относительного отклонения трёх ортогональных размеров компакта в зависимости от изученных в работе условий возможно использовать оболочку, корректно учитывающую деформацию формообразующих поверхностей в широком диапазоне давлений прессования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чайка Э.В., Акимов Г.Я., Тимченко И.М. Особенности использования холодного изостатического прессования в технологии конструкционной керамики из ультрадисперсных оксидных порошков. Огнеупоры и техническая керамика. – 2006. – №8. С. 27-32.
2. Кузнецов П.А., Мертенс К.К., Гоциридзе А.В. Опыт эластостатического прессования порошковых изделий сложной формы // Обработка металлов давлением. – 2004. – № 2 (20), – С. 17-19.