

**СРАВНЕНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ УПЛОТНЕНИЯ  
ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В КОЛЛЕКТОРНОЙ ПРЕСС-ФОРМЕ СПИРАЛЬНОГО ТИПА**

О.Л. Хасанов, Э.С. Двилис, П. Чартпук

Научный руководитель : профессор, д.т.н. О.Л. Хасанов

Томский политехнический университет, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [khasanov@tpu.ru](mailto:khasanov@tpu.ru)

**COMPARISON AND OPTIMIZATION OF EFFICIENCY DENSIFICATION PROCESS OF  
NANOPOWDER MATERIALS IN THE COLLECTOR MOLD OF SPIRAL TYPE**

O.L. Khasanov, E.S. Dvilis, P. Chartpuk

Scientific Supervisor: Prof., Dr. O.L. Khasanov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: [khasanov@tpu.ru](mailto:khasanov@tpu.ru)

*Relevance of the work is the need to develop methods for molding ceramic of nanopowders. The main objective during compaction of such powders is to get a quality product of complex shape with a uniform density distribution in terms of consolidation and to preserve the grain size in the nanoscale. This requires to reduce friction force during compaction without using plasticizers and lubricants and provide the purity of sintered of nanopowders. One of these methods - pressing the collector method, developed and patented in the TPU. Base on the principles of the collector was modeled compaction mold for compaction of cylindrical compacts with twelve alternating, oppositely-moving parts of the passive shaping surface with sliders, twisted at an angle of 36°. The process of compaction of the powder simulated by finite element method (FEM) software package COSMOS complex of solid modeling SolidWorks. In the model of proposed by the spiral variants of realization the collector is able to observe a similar zigzag bending of the layers of the peripheral zone. However, this distortion with the same number of passive formative elements is not as essential as a collector compaction method, and the local density gradients are less than the collector pressed. The results of comparative simulation showed that the relative density gradient along the vertical axis of compaction is reduced to 80-90% when compared with conventional static compaction and reduced to 24-43% when compared with collector compaction. The change of twist angle of the collector slide of spiral type in the range from 0 to 70° the dispersion is decreased monotonically, and in the range from 70 to 80° the dispersion is decreased immediately.*

Интенсивное развитие исследований в области применения наноматериалов обусловлено потребностями всех современных отраслей промышленности в качественно новых материалах. В этой связи весьма актуальной является разработка конкурентоспособных технологий производства изделий различного назначения из наноструктурной керамики, в частности, эффективных способов компактирования нанопорошков. Основная цель этапа компактирования состоит в получении изделий сложной формы с минимальным перепадом плотности. Наиболее перспективными являются методы снижения сил трения, реализованные без применения пластификаторов и смазок: сухое прессование с применением ультразвукового и коллекторного прессования. Разработанный в ТПУ метод УЗ-прессования порошков [1] позволяет существенно снизить силы пристенного трения и увеличить равномерность распределения плотности в порошковом теле средних габаритов, однако его эффективность существенно зависит от геометрии изделия. Коллекторный метод прессования [2] лишён этих недостатков, позволяет компактировать изделия разнообразных форм и размеров и открывает большие

возможности для дальнейшего совершенствования. На основе отличительных признаков коллекторного способа была смоделирована пресс-форма с двенадцатью чередующимися, встречно-движущимися частями пассивной формообразующей поверхности и с ползунами, скрученными под углом 36°. В кинематическую схему перемещения пассивных формообразующих элементов была добавлена вращательная составляющая, усиливающая эффект автовыравнивания плотности по высоте порошкового тела, рис. 1.

П-плунжер; И-порошковое тело «изделие»;

П1-составные части первого пассивного формообразующего элемента пресс-формы;

П2-составные части второго пассивного формообразующего элемента пресс-формы;

К-конструктивный элемент, удерживающий элементы п1 и п2 от неосевых

перемещений; Р-направление движения формообразующих элементов пресс-формы.

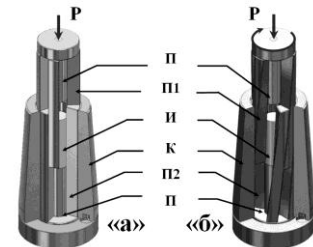


Рис. 1. Обычная «а» и спиральная «б» коллекторные пресс-формы.

Модель процесса компактирования порошка, выполненная методом конечных элементов «FEM» в пакете COSMOS и SolidWorks, показала хорошее совпадение с экспериментальными исследованиями характера распределения плотности по объёму цилиндрического порошкового тела, рис. 2.

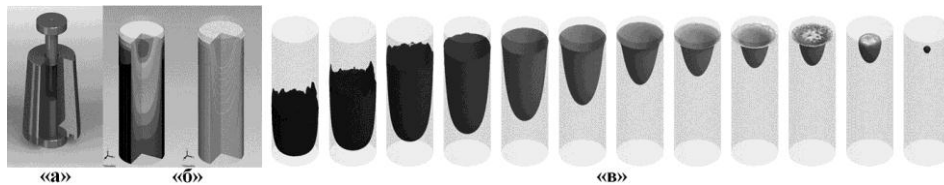


Рис. 2. Модель пресс-формы одноосного одностороннего прессования «а», деформированного в ней порошкового тела «б», и изослоёв его деформации «в», при одноосном одностороннем прессовании

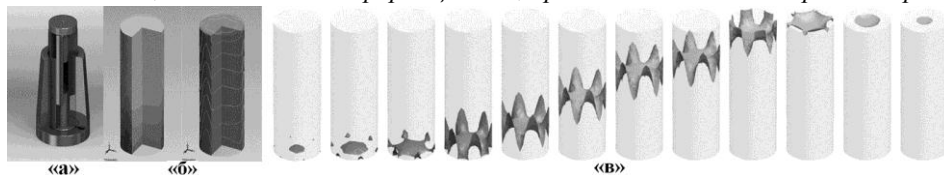


Рис. 3. Модель коллекторной пресс-формы «а», деформированного в ней порошкового тела «б», и изослоёв его деформации «в», при коллекторном прессовании

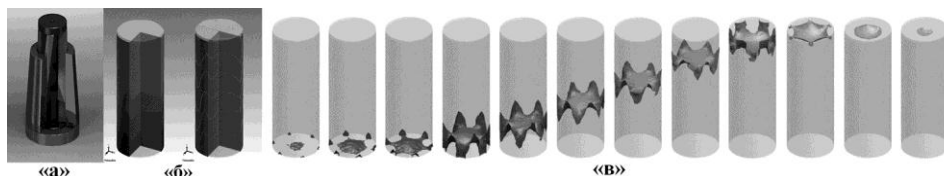


Рис. 4. Модель коллекторной пресс-формы спирального типа «а», деформированного в ней порошкового тела «б», и изоповерхностей его деформации «в», при спиральном коллекторном прессовании

Из рисунков видно, что плотность прессовки наименьшая в нижней части пресс-формы; в верхней части под прессующим пуансоном плотность максимальна. В случае коллекторного прессования, рис.3, существенно улучшается равномерность распределения плотности по объёму порошкового тела и искривление слоёв прессовки происходит в периферийной зоне боковой поверхности прессовки. Кроме того, уже в приповерхностных зонах и глубже к оси симметрии искривление слоёв практически исчезает. Решением проблемы формирования градиентов плотности в поверхностных слоях прессовки может являться увеличение количества чередующихся встречно движущихся пассивных формообразующих элементов коллекторной пресс-формы. Однако данный вариант предполагает усложнение конструкции пресс-формы и увеличение затрат на её изготовление. Другим вариантом является добавление в кинематическую схему

взаимного перемещения формообразующих элементов вращательной составляющей, которая позволит сместить относительно друг друга периоды максимумов и минимумов периферийных зон зигзагообразного искривления изоповерхностей деформации прессовки. В модели «рис. 4», наблюдается аналогичное зигзагообразное искривление слоёв периферийной зоны порошкового тела. Однако это искривление не столь существенное: на небольшом удалении от периферии искривление слоёв также снижается. Средняя в каждом сечении плотность слоя остаётся постоянной на любой высоте порошкового тела.

Как было показано, характер распределения плотности при реализации предложенного варианта циклического смещения максимумов искривления изоповерхностей деформации остаётся таким же, как и при обычном коллекторном прессовании. Однако за счёт регулярного смещения периодов чередования этих максимумов при спиральном коллекторном прессовании дисперсия распределения плотности снизилась на 24–43% по сравнению со случаем обычного коллекторного прессования. Зигзагообразное искривление на периферии может быть дополнительно минимизировано увеличением угла скручивания пассивных формообразующих элементов коллекторной пресс-формы и увеличением количества встречно движущихся частей пассивной формообразующей поверхности. Для оптимизации этого параметра были проведены аналогичные модельные эксперименты уплотнения по коллекторной схеме с различным значением угла скручивания ползунов.

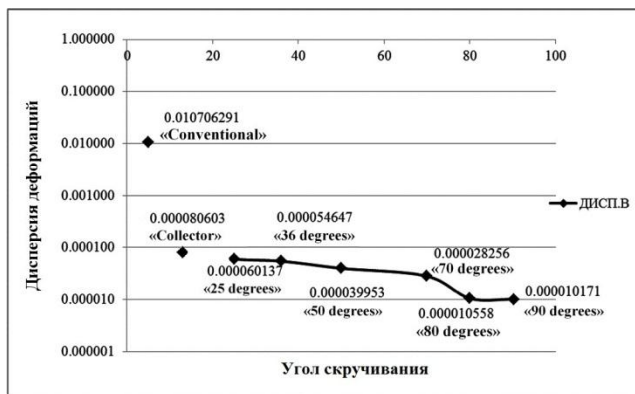


Рис.5. Дисперсия величины деформаций в зависимости от угла скручивания ползунов коллекторной пресс-формы спирального типа.

Анализ полученной зависимости, рис. 5, показывает, что дисперсия плотности при использовании коллекторного прессования может быть снижена на два порядка, а при использовании коллекторной схемы спирального типа может быть достигнуто дополнительное восьмикратное снижение дисперсии. При этом изменение угла скручивания в диапазоне от 0 до 70 градусов приводит к монотонному трёхкратному снижению, а в диапазоне от 70 до 80

градусов - к скачкообразному дополнительному трёхкратному снижению величины дисперсии. Таким образом, для значимого повышения качества прессовок, изготавливаемых коллекторным способом прессования спирального типа, целесообразно использовать угол скручивания ползунов 80-90 градусов.

*Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ «госконтракт №13.G25.31.0021; проекты 3.2233.2011; 3.2372.2011».*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хасанов О.Л., Похолков Ю.П., Соколов В.М. и др. Ультразвуковое компактирование циркониевой керамики из ультрадисперсных порошков // Стекло и керамика.– 1995.– №7.– С.15 – 18.
2. Патент РФ № 2225280. Способ прессования изделий из порошковых материалов (варианты) и устройство для его осуществления. / Э.С Двилис., О.Л Хасанов., В.М. Соколов Ю.П. Похолков (Патентообладатель – Томский политехнический университет). Заявлено 10.03.2004.