

# Получение пористой трубки из порошка карбида титана

М. И. Алымов, В. С. Шустов, А.Б. Анкудинов, В. А. Зеленский

---

Исследован процесс получения пористого изделия в виде трубки из порошка карбида титана. Открытая пористость полученного изделия не меньше 33 %.

**Ключевые слова:** трубка, прессование, спекание, карбид титана, пористость.

---

Process of porous tube synthesise has researched. The tube base on titanium carbide powder and has open porosity more than 33%.

**Key words:** tube, pressing, sintering, titanium carbide, porosity.

---

## Введение

Для порошковых пористых материалов и изделий характерна равномерно распределённая по объёму пористость, которая является важной технической характеристикой, определяющей возможность широкого применения таких материалов в различных отраслях техники. Объём пор может варьироваться в широком диапазоне: 10 – 13 % (фрикционные материалы), 15 – 35 % (антифрикционные материалы), 25 – 50 % (фильтры) и от более 50 % до 95 – 98 % (соответственно высокопористые и так называемые пеноматериалы). Десятки отраслей промышленности нуждаются в том или ином типе таких пористых изделий. Фильтры, например, необходимы в медицине, при очистке воды, улавливании пыли, в измерительной технике и т.п. Развитие атомной энергетики и ракетной техники потребовало создания пористых материалов для тонкой очистки жидкометаллических и газообразных теплоносителей, пороховых газов, масел гидросистем высокого давления, для ионизации металлических паров в ионных ракетных двигателях и т.п. [1]. Но, наделяя порошковый материал нужными эксплуатационными свойствами, пористость одновременно уменьшает его прочность, что заставляет изыскивать технологические приемы, улучшающие развитие межчастичных связей при формовании и спекании изделий.

Порошковые фильтры на основе карбида титана могут работать при высоких (до 1000 °С) температурах, устойчивы к воздействию кислот и щелочей. Это особенно важно для пористых материалов, поскольку гидравлическое сопротивление, размер пор, состояние поверхности пор и другие характеристики фильтров могут меняться при эксплуатации в результате механического и коррозионного износа. Пористые материалы на основе карбида титана могут использоваться как фильтрующие элементы в фильтрах тонкой очистки агрессивных жидкостей и газов, фильтры тонкой очистки расплавов металлов и полимеров [2, 3]. Монокристаллические нанопорошки карбида титана имеют высокий уровень коррозионной стойкости в химических средах [4, 5].

К преимуществам порошковых фильтров можно отнести простоту и экономичность изготовления, простоту их регенерации после загрязнения, простоту и удобство монтажа [1, 6].

В данной работе исследованы процессы получения пористого изделия в виде трубки из порошка карбида титана.

## Материалы и методы исследования

Для исследования использовали монокристаллический порошок карбида титана фракцией менее 56 мкм, полученный методом плавления в электро-

дуговой печи расходоуемого электрода в графитовом тигле с последующим дроблением и рассевом плавленного слитка. Частицы этого порошка имеют осколочную форму, характерную для дробленных хрупких материалов. Содержание в нём фазы TiC с параметром решетки  $a = 4,3238 \text{ \AA}$  составило 98,87 об.%, графита — 1,13 об.%. Средний размер частиц порошка, рассчитанный по размерам 50 частиц, составлял около 6 мкм. Содержание углерода общего — 19,2 масс. %, углерода свободного — 1,0 масс. % [7].

Для изготовления пористых изделий необходимой формы, заданных свойств и размеров обычно применяют методы порошковой металлургии — прессование и спекание порошков. В данной работе использовали метод гидростатического прессования, заключающийся в том, что на засыпку, находящуюся в эластичной оболочке, передается сжимающее усилие, создаваемое жидкостью. Так как при гидростатическом прессовании порошок на всех участках сжимается до практически одинаковой плотности, можно, регулируя плотность различных участков исходной засыпки или толщину слоя, получать изделия сложной формы. При этом величина давления прессования для достижения заданной плотности значительно меньше, чем при широко используемом одноосном прессовании в пресс-формах. К недостаткам гидростатического прессования надо отнести трудности выдерживания размеров изделий, близким к заданным размерам, и необходимость применения механической обработки при изготовлении изделий точных форм и размеров, а также небольшую производительность процесса [8].

Полученную прессовку спекали в шахтной электропечи СШВ-1.25/24-И1 в вакууме не менее  $10^{-2}$  Па. Температуру спекания измеряли платиновой термомпарой с точностью  $10^\circ\text{C}$ .

Плотность изделия и его открытую пористость определяли методом гидростатического взвешивания в воде. Плотность карбида титана  $4,92 \text{ г/см}^3$  [9]. Относительная погрешность определения плотности составила 1,0%, а открытой пористости — 5,6%. При этом следует учитывать, что вода могла не проникнуть во все поры.

### Результаты и их обсуждение

Для получения порошка с высокой сыпучестью и уменьшения нагрузок прессования, при которой получались бы достаточно прочные прессовки, из порошка плавленного карбида титана был приготовлен гранулированный порошок, содержащий 5 масс. % поливинилового спирта (ПВС). Для этого в раствор ПВС на основе дистиллированной воды засыпали

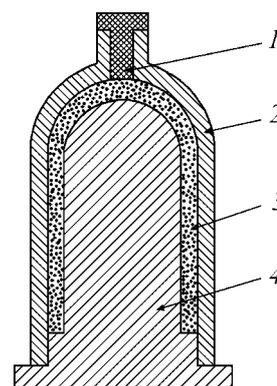


Рис. 1. Схема пресс-формы для получения изделий в виде трубок: 1 — пробка, закрывающая отверстие для засыпки порошка; 2 — эластичная оболочка; 3 — порошок; 4 — стальной стержень.

порошок карбида титана. Полученную смесь сушили, а затем протирали через сито с размером ячейки 400 мкм. Кроме того, добавление к порошку связующего элемента позволяет в результате его выжигания получать более высокие значения пористости.

Гранулированный порошок порциями по 15–20 г (около 5 порций) засыпали в пресс-форму, которая обеспечивает получение образцов в виде стаканов со сферическим дном (рис. 1). При этом каждый раз после добавления очередной порции порошков, находящийся в оболочке, подвергали вибрированию — для обеспечения равномерной плотности засыпки.

Давление прессования было выбрано равным 138 МПа. Необходимое изделие в виде трубки получается отделением закруглённой части образца.

Спекание — одна из основных операций изготовления фильтров: при нагреве заготовки ее прочность должна увеличиваться и не должны существенно уменьшаться пористость или происходить закрытие пор. Пользуясь результатами, полученными в работе [10], температура спекания была выбрана равной  $1250^\circ\text{C}$  (при этой температуре спекания образцы из карбида титана имели большее значение открытой пористости и предела прочности на изгиб).

Спекание трубки из карбида титана проводили в несколько этапов. На первом этапе при  $500^\circ\text{C}$  на воздухе из трубки выжигали ПВС, при этом трубка находилась в засыпке из того же порошка плавленного карбида титана. Засыпку применяли для того, чтобы образец не разрушился после выжигания связующего элемента (ПВС). Далее образец в той же самой засыпке спекали в вакууме по режиму: нагрев до  $950^\circ\text{C}$  2 ч и выдержка при этой температуре в течение 10 мин, охлаждение с печью. Этот этап обеспечивает

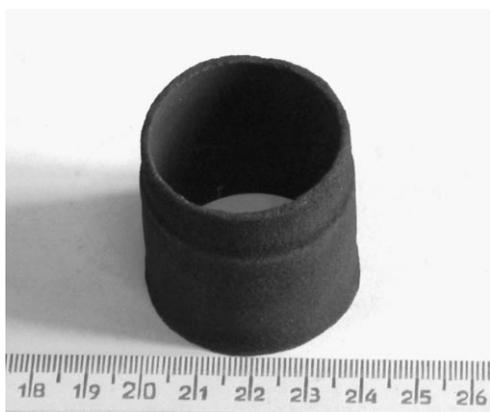


Рис. 2. Фотография полученной трубки из порошка карбида титана.

упрочнение трубки и при этом ещё возможно отделить её от засыпки. Заключительный этап спекания, при котором происходит окончательное формирование свойств пористого изделия, был проведён по следующему режиму: нагрев до 450 °С 15 мин, нагрев от 450 до 1250 °С 2 ч, выдержка при температуре 1250 °С в течение 2 ч, охлаждение до 450 °С 2 ч, далее охлаждение с печью.

Методом гидростатического взвешивания была определена плотность спеченной трубки, значение которой составило 3,03 г/см<sup>3</sup> (относительная плотность 61,5%). Значение открытой пористости составило не менее 32,6%.

На рис. 2 представлена фотография полученной трубки из карбида титана.

## Выводы

Получено прочное пористое изделие в виде трубки на основе карбида титана с высоким значением открытой пористости (33%).

*Алымов Михаил Иванович — Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, доктор технических наук, член-корреспондент РАН, заведующий лабораторией. Специалист в области порошковых материалов. E-mail: alymov@imet.ac.ru.*

*Шустов Вадим Сергеевич — Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, инженер-исследователь. Специалист в области консолидированных порошковых наноматериалов. E-mail: \_Neto\_73@mail.ru.*

*Анкудинов Алексей Борисович — Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, инженер-исследователь. Специалист в области консолидированных порошковых наноматериалов.*

*Зеленский Виктор Александрович — Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник. Специалист в области консолидированных порошковых материалов.*

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 08-08-00055).*

## Литература

1. Либенсон Г.А. Производство порошковых изделий: Учебник для техникумов. М.: Металлургия, 1990, 240 с.
2. Мармер Э.Н., Гурвич О.С., Мальцева Л.Ф. Высокотемпературные материалы. М.: Металлургия, 1967, 215 с.
3. Бабич Б.Н., Вершинина Е.В., Глебов В.А. и др. Под редакцией Левинского Ю.В. Металлические порошки и порошковые материалы: справочник. М.: ЭКОМЕТ, 2005, 520 с.
4. Синельникова В.С., Гурин В.Н. Методы получения и свойства монокристаллов карбидов переходных металлов. В кн.: Карбиды и сплавы на их основе. Киев: Наук. думка, 1976, с. 9 – 15.
5. Фальковский В.А., Клячко Л.И. Твердые сплавы. М.: Изд. Дом “Руда и металлы”, 2005, 416 с.
6. Магсумов М.И., Федотов А.С., Цодиков М.В. и др. Закономерности протекания реакций C<sub>1</sub>-субстратов в каталитических нанореакторах. Российские нанотехнологии, 2006, № 1 – 2, с. 142 – 152.
7. Алымов М.И., Зеленский В.А., Анкудинов А.Б. Пористый материал из порошка карбида титана. Перспективные материалы. 2009, № 4, с. 75 – 78.
8. Либенсон Г.А. Основы порошковой металлургии. М.: Металлургия, 1975, 200 с.
9. Бабичев А.П., Бабушкина Н.А., Братковский А.М. и др. Под ред. Григорьева И.С., Мейлихова Е.З. Физические величины: Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1991, 1232 с.
10. Алымов М.И., Зеленский В.А., Анкудинов А.Б., Шустов В.С. Прочность пористого материала из порошка карбида титана. Физика и химия обработки материалов. 2009, № 6, с. 55 – 58.
11. Кипарисов С.С., Либенсон Г.А. Порошковая металлургия. М.: Металлургия, 1980, 496 с.