

## **СПЕКАНИЕ ВОЛЬФРАМОВЫХ ПОРОШКОВ МЕТОДОМ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА**

Упеникова А.О.

Научный руководитель: Погребенков В.М., профессор, д.т.н.  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050  
E-mail: [Upenikova@ya.ru](mailto:Upenikova@ya.ru)

## **THE SINTERING OF THE TUNGSTEN POWDER WITH THE INDUCTION HEATING**

Upenikova A.O.

Scientific Supervisor: Prof., Dr. Pogrebenkov V.M.  
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050  
E-mail: [Upenikova@ya.ru](mailto:Upenikova@ya.ru)

Nowadays, compact accelerators of electrons are widely used for medical and industrial purposes. These devices are used in the field of nondestructive testing of materials and products as well as in medicine, and security systems. This work is to develop a technology of dispensing cathode production for an electrons pulse accelerator. The fabrication technology of the tungsten matrix through of the induction heating is observed in this work. It was established, that the optimum performance of getting of porous tungsten structure is the sintering performance with two-stage heating. The samples got by means of this method have the porosity equal to 27% and the size of the pore channel 2-7 mcm.

### **Введение**

В настоящее время широкое применение получили компактные ускорители электронов как промышленного, так и медицинского назначения. Эти устройства применяются в области неразрушающего контроля материалов и изделий, для медицинских целей и досмотровых комплексов. Досмотровый комплекс работает на основе ускорителя электронов, благодаря чему, при проведении таможенного контроля грузов, аппаратура не изменяет физической структуры объектов. Данные устройства разрабатываются на базе НИ ТПУ. В настоящее время источником электронов в этих установках служат карбидированные или торированные вольфрамовые термокатоды, срок службы которых составляет около 300 часов, что является не достаточным рабочим временем, необходимым для реализации данных задач. Нами предлагается использовать в качестве источника электронов металлопористые термокатоды, срок службы которых составляет порядка 2000 – 10000 часов.

Металлопористый катод представляет собой пористое тело, изготовленное из тугоплавкого металла, поры которого заполнены активным веществом. По способу введения активного вещества в губку различают прессованные и импрегнированные катоды. В случае импрегнированных катодов активным веществом пропитывается заранее изготовленная пористая металлическая губка, а в случае прессованных катодов губка спекается одновременно с активным веществом.

Активное вещество, заполняющее поры губки, представляет собой химическое соединение оксида бария с кислотными и амфотерными оксидами некоторых элементов. При взаимодействии с металлами губки (восстановителем) оно выделяет свободный барий, который и активирует катод. В качестве активных веществ чаще всего используются следующие системы оксидов  $BaO+Al_2O_3$ ,  $BaO+TiO_2$ ,  $BaO+ThO_2$ ,  $BaO+WO_3$ ,  $BaO+Cr_2O_3$  [1]. В данной работе рассматривается процесс изготовления пропитанных термо-

катодов. Первым этапом технологического процесса является формирование пористой матрицы, которая затем пропитывается активным веществом.

Эмиссионные свойства и долговечность катодов во многом зависят от пористой структуры эмиттеров, их стабильности и формоустойчивости в процессе работы [2].

Таким образом, целью данной работы является установление зависимости между параметрами спекания вольфрамовых порошков и пористостью получаемых образцов.

### Материалы и методики исследования

В качестве исходного материала для изготовления губки использовались порошок вольфрама с размером частиц 5-10 мкм, с четкой кристаллической структурой. Фотография порошка представлена на рисунке 1.

Порошок формовали односторонним статическим прессованием в стальной пресс-форме с внутренним диаметром матрицы 14 мм при давлении прессования 200 МПа.

Полученные прессовки спекали с использованием установки индукционного нагрева ИМ 50-8-50. В сравнении с традиционными методами обработки металлов индукционный нагрев имеет ряд преимуществ: простота эксплуатации, мгновенный нагрев, сокращение времени спекания и высокая точность регулирования процесса.

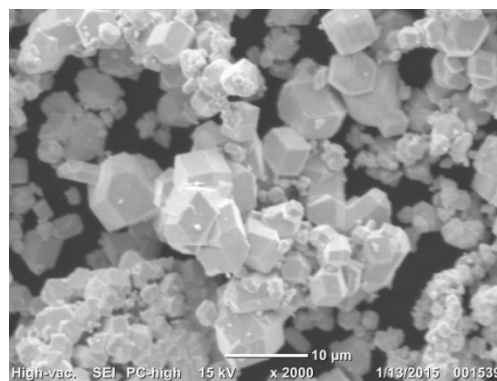


Рис. 1. Микрофотография исходного порошка вольфрама, полученная методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ)

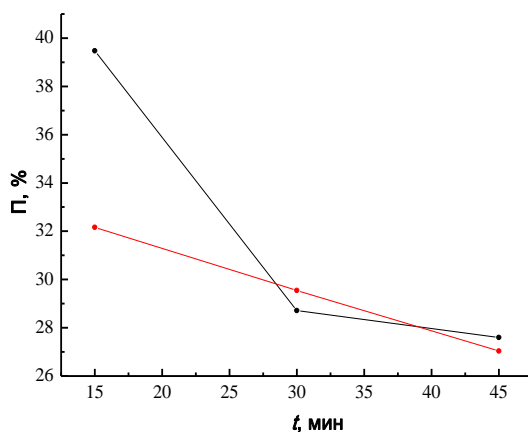


Рис. 2. График зависимости объемной пористости вольфрамовых образцов от времени спекания и температуры спекания - - - с предварительным нагревом, - - - без предварительного нагрева

Прессовки спекали в среде азота в двух режимах. Первый режим заключался в предварительном нагреве образца при мощности 6кВт, что соответствует температуре 1350°C, с выдержкой в течение 15 минут и с последующим повышением мощности нагрева до 9,6 кВт (1950°C) и выдержкой в течение 15, 30 и 45 минут. Во втором режиме спекание осуществлялось без предварительного прогрева. Путем гидростатического взвешивания определялась объемная пористость образцов. После спекания образцы разрезали

при помощи электроэрозионной резки. Полученный срез исследовали методом сканирующей электронной микроскопии для определения размера пор.

### Результаты и их обсуждение

Зависимость объемной пористости вольфрамовых образцов от времени спекания для двух режимов представлена на рисунке 2.

При спекании в течение 15 минут значительного уплотнения не наблюдается. Объемная пористость составила 32% и 39%, для первого и второго режимов соответственно, с увеличением времени выдержки происходит уплотнение образцов. Минимальное значение объемной пористости составило 27% при времени спекания 45 минут для первого и второго режимов. Нужно отметить, что при увеличении времени спекания свыше 30 минут уплотнение образцов замедляется.

На рисунке 3 представлены изображения срезов вольфрамовых образцов при времени спекания 45 минут с предварительным прогревом (а) и без него (б).

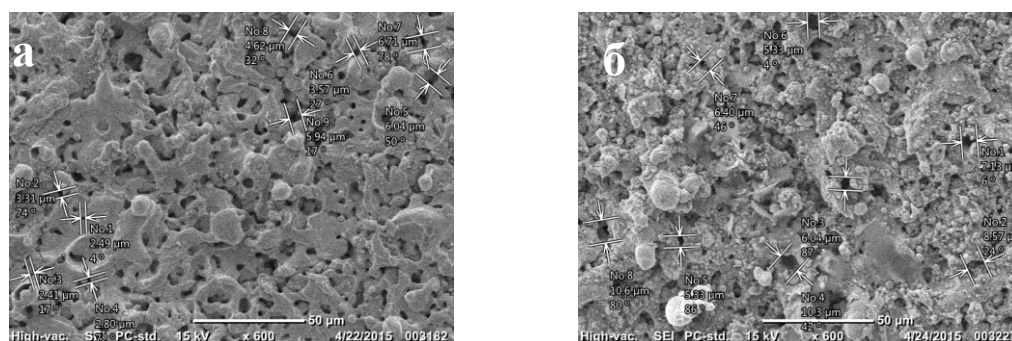


Рис. 3. Изображения срезов вольфрамовых образцов, (а) – первый режим и (б) – второй режим

Можно отметить, что при втором режиме спекания происходит образование частиц сферической формы, также наблюдается интенсивный процесс образования малоупорядоченных спекшихся конгломератов частиц. Образец, полученный при первом режиме спекания, практически не имеет одиночных частиц, видны открытые поровые каналы, размер которых равен 2 – 7 мкм.

По результатам проделанной работы можно сделать следующие выводы. Оптимальным режимом получения пористых вольфрамовых заготовок является режим спекания с двухступенчатым нагревом. На первом этапе спекание проводится при температуре 1350°C в течение 15 минут, после чего образец нагревается до температуры 1950°C, спекание проводится в течение 45 минут. Полученные образцы имеют объемную открытую пористость равную 27% и размер поровых каналов 2 – 7 мкм. При меньшем времени спекания значительного уплотнения не наблюдается, происходят процессы образования частиц сферической формы и агломератов.

### Список литературы

1. Губер, Фрейтаг. Некоторые предварительные работы по спеченным катодам на основе солей бария. // Оксидный катод: сборник переводов статей / под ред. Брецова Л. Н.. – М.; Л. : Госэнергоиздат, 1957. – С. 377–387.
2. Мельникова, И.П. Оптимизация технологии формирования каркасов металлопористых катодов // Вакуумная наука и техника: материалы науч.-техн. конф. с участием зарубежных специалистов. – М.: МИЭ, 2006. – С. 282 – 285.