

**ПОЛУЧЕНИЕ Pt-Rh НАНОПОРОШКОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВЗРЫВА  
ПРОВОДНИКА**

М.Н. Власюк, А.В. Пустовалов, С.П. Журавков

Научный руководитель: профессор, д.х.н. А.В. Коршунов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: pustovalov@tpu.ru

**OBTAINING OF Pt-Rh NANOPOWDERS BY WIRE ELECTRICAL EXPLOSION TECHNIQUE**

M.N. Vlasuk, A.V. Pustovalov, S.P. Zhuravkov

Scientific Supervisor: Prof., Dr. A.V. Korshunov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenina ave., 30, 634050

E-mail: pustovalov@tpu.ru

*The possibility of Pt-Rh nanopowders production by the electric explosion of a wire is researched in this work. Some of physicochemical properties of the obtained powders were investigated by the method of BET, as well as with the help of scanning and transmission electron microscopes. The specific surface area of the obtained powder is 1.9 m<sup>2</sup>/g, the particles are of spherical form and consist of Pt-Rh alloy.*

**Введение**

В настоящее время проблема разработки новых износостойких конструкционных материалов, обладающих высокой термостойкостью, в ряде областей промышленности стоит чрезвычайно остро. В последнее время динамично развивается индустрия производства волокнистых теплоизоляционных материалов на основе стекла. Температуры переработки указанных стекольных расплавов достигают 1200-1300 °С. На производстве для формирования стекольной массы в виде волокон используются фильтры [1], изготовленные из платино-родиевых сплавов. В последнее время для упрочнения фильтров стали разрабатывать новые подходы – разрабатывать дисперсно-упрочненные материалы, представляющие собой композиции из листовых материалов и нанопорошков из платино-родиевых сплавов, а также специальных добавок, которые и обеспечивают повышенную износ- и термостойкость всей композиции. Цель данной работы - изучить возможность получения нанопорошков из платино-родиевого сплава методом электрического взрыва проводника (ЭВП), а так же исследовать их некоторых свойства.

**Методика эксперимента**

Получение Pt-Rh нанопорошков осуществляли на экспериментальной установке (рис. 1) в атмосфере аргона. Установка работает следующим образом: источник высокого напряжения заряжает батарею конденсаторов до заданного уровня напряжения, после чего включается система подачи проводника. При достижении конца металлического проводника поверхности высоковольтного электрода, срабатывает коммутатор, в результате чего конденсаторы разряжаются на отрезок проводника расположенный между высоковольтным и заземленным электродами. Проводник взрывается, продукты взрыва разлетаются в

## «ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК»

объем взрывной камеры, наполненной аргоном, в виде пара и капель расплавленного металла, которые при последующей конденсации превращаются в тонкодисперсные металлические порошки. Затем продукты взрыва в виде порошка выносятся потоком газа из объема взрывной камеры и собираются в системе сбора порошка. Источник высокого напряжения повторно заряжает конденсаторную батарею, а система подачи обеспечивает подвод следующего участка проводника к высоковольтному электроду.

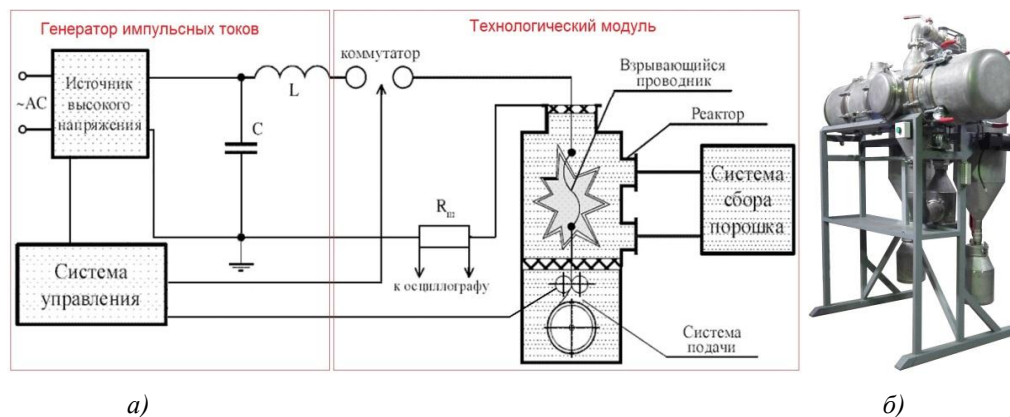


Рис. 1. Экспериментальная установка по получению Pt-Rh нанопорошка: а) схема; б) фотография технологического модуля.

Закономерности протекания электрического взрыва проводника (энергию, вводимую в проводник, энергию, выделяемую в дуговой стадии разряда, время взрыва и плотность протекаемого тока), исследовали по осциллограммам тока, зафиксированным с помощью токового шунта и осциллографа Tektronix TDS2014B. Полученные осциллограммы обрабатывали по методике [2].

Для реализации ЭВП сплава Pt-Rh использовали платинородиевую проволоку марки ПлРД90-10 (массовая доля Pt – 90,1 %, Rh – 9,8 %) диаметром 0,3 мм, длина взрываемого участка проводника составляла – 80 мм. Конденсаторную батарею емкостью 2,4 мкФ, заряжали до напряжения 25 кВ. Индуктивность разрядного контура составляла 0,8 мкГн. Процесс ЭВП осуществляли в атмосфере аргона при давлении 2 атм.

Свойства полученных порошков изучали с помощью оборудования Наносцентра ТПУ: просвечивающего электронного микроскопа JEM-2100F (фирма JEOL, Япония), сканирующего электронного микроскопа высокого разрешения JSM-7500FA (фирма JEOL, Япония) и рентгеновского дифрактометра XRD-7000S (фирма Shimadzu, Япония). Дополнительно, с помощью анализатора Сорбтометр-М (метод БЭТ) по низкотемпературной адсорбции азота изучали величину площади удельной поверхности.

#### Результаты исследования и их обсуждение

На рисунке 2 представлена осциллограмма тока выбранного режима ЭВП.

Выбранный режим соответствует ЭВП без паузы тока [3]. Процесс ЭВП протекает в две стадии: первая – непосредственно сам электрический взрыв проводника (время взрыва 1,75 мкс), вторая – дуговая стадия разряда (время более 20 мкс). Результаты обработки осциллограмм показали, что удельная энергия, вводимая в проводник при взрыве, составила  $1,5 e_c$  ( $e_c$  – энергия сублимации Pt = 58,2 Дж/мм<sup>3</sup>), а энергия, выделяемая в дуговой стадии разряда –  $1,1 e_c$ .

## «ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК»

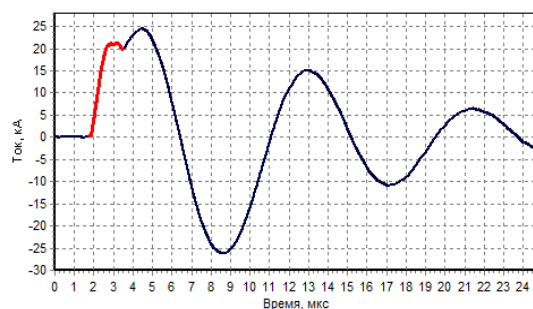


Рис. 2. Осциллограмма тока ЭВП.

Результаты исследования по методу БЭТ показали, что площадь удельной поверхности полученных порошков равна  $1,9 \text{ м}^2/\text{г}$ , что соответствует величине среднеповерхностного диаметра частиц - 150 нм. По данным полученным с помощью сканирующего электронного микроскопа исследуемый образец состоит из сферических частиц размером от 50 нм до 5 мкм (рис. 3 (а)).

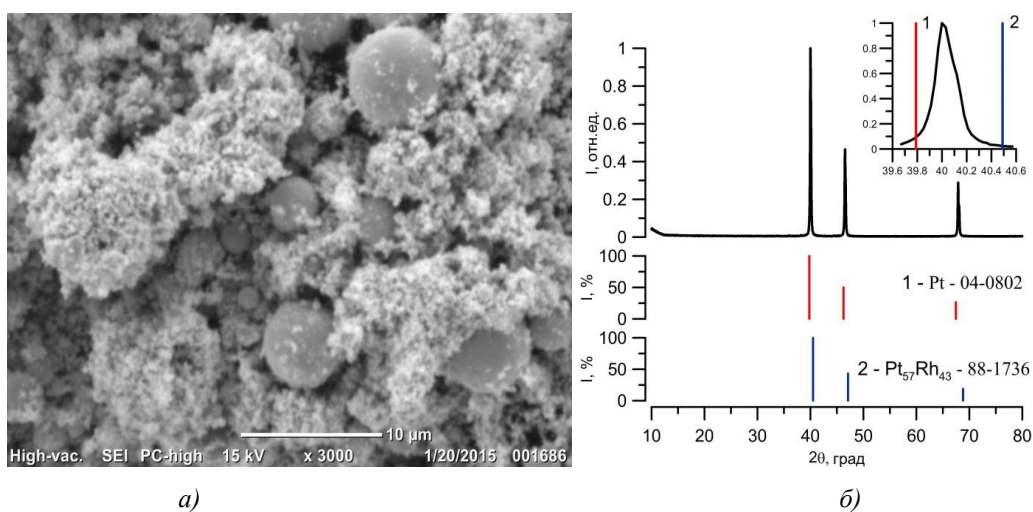


Рис. 3 СЭМ фотография (а) и рентгенограмма (б) полученного Pt-Rh порошка.

Результаты рентгенофазового анализа показали, что образец состоит из платинородиевого сплава (рис. 3 б). Наличие 9,8 % родия приводит к сдвигу положения рефлексов кристаллической фазы исследуемого образца относительно рефлекса платины.

**Выводы**

Проведенные исследования позволили установить, что методом электрического взрыва платинородиевого проводника, технически возможно, получать нанопорошки состоящие из сферических частиц, фазовый состав которых соответствует рентгенограммам характерным для сплава Pt-Rh.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Болтон У. Конструкционные материалы, металлы, сплавы, полимеры, керамика, композиты. Карманный справочник. – М.: Додека-XXI, 2004. – 320 с.
2. Кварцхава И.Ф., Бондаренко В.В., Плютто А.А., Чернов А.А. Осциллографическое определение энергии электрического взрыва проволочек // Журнал Экспериментальной и Теоритической Физики – 1956. – Т.31. – Вып. 5. – С. 745-751.
3. Яворовский Н.А. Получение ультрадисперсных порошков методом электрического взрыва // Известия вузов. Физика. – 1996. – №4. – С. 114-136.