

УДК 621.35

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА ВОЛЬФРАМ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ АРАМИДНОГО МАТЕРИАЛА

Османова М.П., аспирант, Тульский Г.Г., д.т.н., профессор,  
Ляшок Л.В. к.т.н., профессор, Шкрябин Е.В., студент  
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

Васильченко А.В., к.т.н., доцент  
Национальный университет гражданской защиты Украины

Skatkov Leonid  
Ben Gurion University of Negev, Beer Sheva, Israel

В настоящее время кевлар или арамидная ткань стали привычным компонентом одежды и экипировки людей, чья жизнь постоянно подвергается опасности: военных, космонавтов и исследователей, спортсменов и пожарных. Кевларовые волокна используют везде, где требуется повышенная прочность, начиная от автомобильных шин и корпусов яхт и заканчивая бронезилетами и защитными касками. Область их применения постоянно расширяется, а технология получения – усовершенствуется.

Кроме высокой прочности, кевлар обладает множеством других уникальных свойств, а именно: при контакте с огнем и высокими температурами это волокно не горит, не дымится и не плавится; кевлар не токсичен и не взрывоопасен; температура его терморазложения составляет 430-450 °С; прочность арамидных волокон начинает постепенно снижаться при нагреве более 150 °С; при замерзании кевлар становится только прочнее, он способен выдерживать криогенные температуры (до 20 К), а также материал является электроизолятором.

Ткань из кевлара отличается мягкостью, гигроскопичностью и способностью к воздухообмену, и вполне комфортна при использовании. Правда, это не относится к одежде, предназначенной для работы в условиях открытого огня и высоких температур. Для повышения термостойкости кевлар покрывают алюминием. Материал из такого волокна надежно защищает от мощного теплового излучения, контакта с раскаленными до 500 °С поверхностями, а также от брызг раскаленного металла.

Ткани из арамидных волокон, помимо своих баллистических и теплозащитных свойств, обладают ещё одной полезной особенностью – за счёт технологии производства они могут быть насыщены дополнительными веществами и материалами, резко расширяющими их сферу применения. К примеру, компанией Teijin, одним из крупнейших производителей и исследователей в этой сфере, ведутся успешные работы по внедрению технологии производства ткани из арамидного волокна, насыщенного вольфрамом.

Цель работы состояла в разработке метода электрохимического восстановления вольфрама в виде мелкодисперсного порошка из хлоридно-фторидных расплавов и определении факторов, влияющих на его дисперсность, а также разработке способа создания композитного материала – ткани из арамидного волокна, насыщенного вольфрамом.

Для получения вольфрама и его соединений в виде порошка различного гранулометрического состава широкие перспективы открываются при использовании электрохимических технологий, в частности высокотемпературного электрохимического синтеза в солевых расплавах.

В качестве расплава была использована эвтектическая смесь NaCl–KCl–CsBr (состава, масс. %: KCl – 19,5; NaCl – 12,5; CsBr – 68,0) с различным содержанием фторида натрия (до 10 масс. %).

Вольфрам вводили в виде WO<sub>3</sub> до 15,0 масс. %. Визуальная оценка показала полное его растворение в расплаве при t = 600...700 °С.

В качестве исследуемых образцов использовали псевдосплав вольфрама карбидного типа ВК – 6 (WC – 94 масс. %, Со – 6 масс. %). Электрохимическое выщелачивание проводили в кислом растворе с получением товарного продукта WO<sub>3</sub>.

Форма ввода вольфрама принципиально не влияла на химическое и электрохимическое поведение системы. В процессе электровосстановления фтороксидных комплексов вольфрама в эвтектическом расплаве KCl–NaCl–NaF–CsCl замедленной стадией является стадия переноса заряда [1-2].

Рентгенофазный анализ полученных порошков при потенциостатическом электролизе показал, что осадок состоит из металлического вольфрама [3].

Изучение структуры осадков при электролизе расплава с высоким содержанием WO<sub>2</sub>F<sub>4</sub><sup>2-</sup> показало, что вольфрам выделяется в виде высокодисперсного порошка.

Установлено, что при электролизе расплава с высоким содержанием WO<sub>2</sub>F<sub>4</sub><sup>2-</sup> вольфрам выделяется в виде высокодисперсного порошка, а при выделении вольфрама из расплава с высоким содержанием WOF<sub>6</sub><sup>2-</sup> наблюдается осаждение хорошо сцепленных сплошных слоев. Получению мелкодисперсных порошков вольфрама способствуют следующие факторы: увеличение температуры; использование импульсных режимов и повышенной плотности тока, особенно в начальный период.

Для внедрения полученного порошка в арамидную ткань ее нагревали в муфеле до температуры плавления, добавляли заданное количество порошка. После остывания наблюдали хорошее сцепление порошка с тканью.

Предложенный сравнительно недорогой и производительный способ позволяет получать порошки вольфрама из различных отходов промышленности, и металлургии. Обладая достаточной простотой и эффективностью, способ позволяет получать высокочистые мелкодисперсные порошковые металлы для создания высокотехнологичных материалов, таких как арамидные ткани, насыщенные вольфрамом, с повышенными огнезащитными свойствами.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Коровин С.С. Редкие и рассеянные элементы. Химия и технология / С.С. Коровин, Д.В. Дробот, П.И. Федоров. – М.: МИСИС, 1999. – 461 с.
2. Байрачний Б.І. Рідкісні розсіяні і благородні елементи. Технологія виробництва та використання: підручник / Б.І. Байрачний, Л.В. Ляшок. – Х.: НТУ «ХП», 2007. – 288 с.
3. Тульский Г.Г. Электрохимическое получение порошка вольфрама из отходов вольфрамсодержащих сплавов / Тульский Г.Г., Ляшок Л.В., Османова М.П., Колупаев И.Н. // Порошковая металлургия. – 2019. – № 9/10. – С. 3-9.

4. Тульський Г.Г. Перероблення техногенних відходів псевдосплаву WС-Со / Тульський Г.Г., Ляшок Л.В., Османова М.П. // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2018. – № 3. – С. 23–28.