Края фрагментов ровные, что подтверждает плотность данного слоя. На второй фотографии четко видна граница между основным материалом и поверхностным слоем. Толщина слоя на обеих фотографиях примерна одинакова и равна ~1 мкм.

Таким образом, показано влияние слоистых силикатов на деформационно-прочностные, триботехнические характеристики и структуру поверхностных слоев ПКМ. Установлено, что композит, содержащий 4,8 мас. % серпентина и 0,2 мас. % ШМ показывает улучшение износостойкости до 1200 раз по сравнению с ненаполненным ПТФЭ. Методом СЭМ установлено, что при трении композитов на основе ПТФЭ происходит текстурирование поверхностных слоев, связанное с их переориентацией по направлению скольжения. Показано формирование защитного слоя, которое образуется за счет изношенных частиц материала и частиц наполнителей, равномерно покрывающих поверхность трения.

Выполнено при поддержке Минобрнауки РФ (грант No.FSRG-2021-0016).

Список литературы

1. Машков Ю.К., Овчар З.Н., Суриков В.И., Калистратова Л.Ф. Композиционные материалы на основе политетрафторэтилена. Структурная модификация. – М.: Машиностроение, 2005. – 240 с.
2. Охлопкова, А.А., Виноградов А.В., Пинчук Л.С. Пластики, наполненные ультрадисперсными неорганическими соединениями. – Гомель: ИММС НАН Беларуси, 1996. – 162 с.
3. Лазарева Н.Н. Разработка триботехнических материалов на основе политетрафторэтилена и механоактивированных слоистых силикатов: автореф… дис. кан. тех. наук. – Казань: 2019. – 20 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОДУГОВОГО СИНТЕЗА КАРБИДА ВОЛЬФРАМА WC ИЗ ВОЛЬФРАМОВОГО КОНЦЕНТРАТА РУДЫ В ОТКРЫТОЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ

А. И. КОКОРИНА
Томский политехнический университет
E-mail: aik48@tpu.ru

Карбид вольфрама WC характеризуется рядом перспективных физических и химических свойств: высокие твердость и износостойкость, высокая температура плавления, высокие электро- и теплопроводность, а также сопротивление коррозии и устойчивость к воздействию кислот и щелочей. Он активно применяется в сферах обрабатывающей промышленности, изготовления режущих инструментов, ядерной энергетики, а также в качестве носителя катализатора в реакциях получения водорода [1-2].

На данный момент актуальна проблема развития методов получения карбида вольфрама WC из руды, характеризующихся малым количеством стадий, в отличие от традиционных методов [3]. Одним из таких методов является электродуговой. В данной работе применяется перспективная модификация данного метода, отличающаяся отсутствием необходимости организации вакуума или защитной газовой среды в процессе синтеза [4].

Исходная руда содержала три основные фазы: шеелит $CaWO_4$, гюбнерит $MnWO_4$ и ферберит $FeWO_4$. С целью уменьшения содержания железа была проведена магнитная сепарация, затем руду перемалывали. Данные рентгенофлуоресцентного анализа

подтвердили уменьшение содержания железа и увеличение содержания вольфрама в руде в результате обработки.

Синтез карбида вольфрама WC из обработанной руды проводился на электродуговом реакторе с графитовыми электродами. Смесь исходных реагентов – обработанной руды и сибунита (сибирского углеродного носителя) – закладывали в полый катод, выполненный в форме тигля, в полости которого поджигался разряд. В процессе синтеза, согласно диаграмме состояний «вольфрам-углерод», достигаются условия для образования карбида вольфрама WC, так как температура в плазменном факеле составляет несколько тысяч градусов. При этом наблюдается интенсивное выделение угарного и углекислого газов, которые экранируют реакционный объем от кислорода воздуха. Благодаря данному явлению возможно реализовать электродуговой синтез в рассматриваемой системе, инициируя дуговой разряд в открытой воздушной среде.

В ходе данной работы были определены три параметра синтеза: соотношение исходных реагентов (обработанная руда и сибунит), ток и время. Соответственно, были проведены три серии экспериментов. Полученные порошки анализировали методом рентгеновской дифракции. Была построена зависимость фазового состава продукта синтеза от каждого из параметров.

В первой серии экспериментов изменяли соотношение масс сибунита и обработанной руды от 1:18.9 до 1:2.7, при этом были выбраны максимальные параметры тока I=220 А и времени t=45 с. В результате рентгенофазового анализа полученных образцов установлено, что соотношение 1:4.1 обеспечивает наибольший выход карбида вольфрама WC. При меньшем соотношении доминируют фазы, содержащиеся в исходной руде, при большем возникает избыток графита.

Далее с целью уменьшения энергозатрат в процессе синтеза была проведена серия экспериментов с определенным ранее соотношением исходных реагентов и силой тока I = 220 А, в которой изменяли время синтеза от t = 15 с до t = 45 с. Установлено, что время синтеза t = 45 с обеспечивает наибольший выход карбида вольфрама WC и наименьшую долю фаз, содержащихся в исходной руде. При меньшем времени синтеза велика доля фаз, содержащихся в исходной руде.

В третьей серии экспериментов при уже определенном соотношении исходных реагентов и времени синтеза t = 45 с изменяли силу тока от I = 50 А до I = 220 А. В результате рентгенофазового анализа полученных образцов установлено, что при силе тока I = 220 А наблюдается наибольший выход карбида вольфрама WC и наименьшая доля фаз, содержащихся в исходной руде. Аналогично времени, при меньшей силе тока фазы, содержащиеся в исходной руде, имеют значительную долю в продукте синтеза.

Таким образом, было установлено, что соотношение исходных сибунита и руды, равное 1:4.1, время t = 45 с и сила тока I = 220 А обеспечивают наибольшую долю карбида вольфрама WC в результате электродугового синтеза в открытой воздушной среде из смеси обработанного вольфрамового концентрата руды и сибунита (рисунок 1).

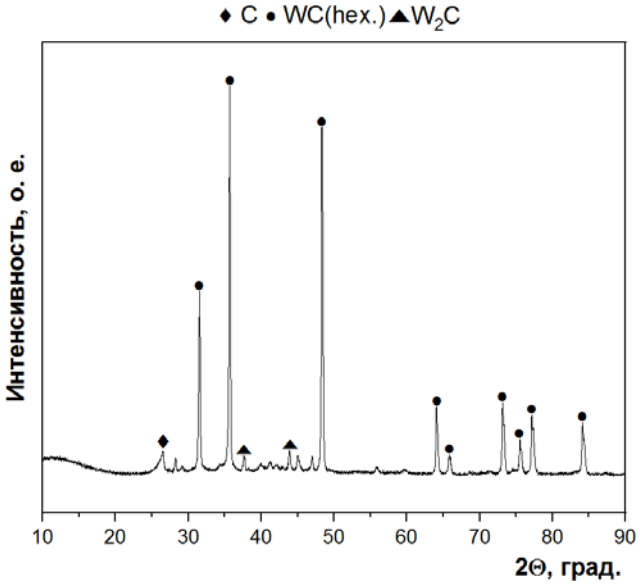

Рисунок 1 – Картина рентгеновской дифракции образца, полученного при определенных параметрах синтеза

Благодарности. *Работа выполнена в рамках государственного задания FSWW-2023-0011.*

Список литературы

1. Tripathy H., Sudha C., Thomas Paul V. et al. High temperature thermophysical properties of spark plasma sintered tungsten carbide // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2022. – Vol. 104. – P. 105804.
2. Sohail U., Pervaiz E., Ali M. et al. Role of tungsten carbide (WC) and its hybrids in electrochemical water splitting application- A comprehensive review // FlatChem. – 2022. – Vol. 35. – P. 100404.
3. Singh H., Pandey O.P. Single step synthesis of tungsten carbide (WC) nanoparticles from scheelite ore // Ceramics International. – 2013. – Vol. 39. – № 6. – P. 6703–6706.
4. Pak A.Ya., Shanenkov I.I., Mamontov G.Y. et al. Vacuumless synthesis of tungsten carbide in a self-shielding atmospheric plasma of DC arc discharge // International Journal of Refractory Metals & Hard Materials. – 2020. – Vol. 93. – P. 105343.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ГРАФЕНА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Ю. А. КОЛЕСНИКОВА, Ф. А. ГУБАРЕВ, Е. Г. АБЫЗОВА, Е. С. ШЕРЕМЕТ
Научный руководитель – ph.d, профессор Е.С. Шеремет
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: yak35@tpu.ru

Углеродные материалы давно зарекомендовали себя как одни из наиболее перспективных нанонаполнителей, способных улучшить свойства композитных материалов на основе органических полимеров. Современные источники подтверждают, что такие композиты