

УДК 53.06

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДУКТА ЭЛЕКТРОДУГОВОГО СИНТЕЗА В ОТКРЫТОЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ ИЗ ВОЛЬФРАМОВОГО КОНЦЕНТРАТА РУДЫА.И. Кокорина

Научный руководитель: доцент, д.т.н. А.Я. Пак

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

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

E

-

RESEARCH ON THE PRODUCT OF ELECTRIC ARC SYNTHESIS IN AN OPEN-AIR ENVIRONMENT FROM TUNGSTEN ORE CONCENTRATEA.I. Kokorina

Scientific Supervisor: Assoc. Prof., Dr. A. Ya. Pak

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: aik48@tpu.ru

Abstract. *In the present study, investigation of the tungsten carbide powder as a result of arc discharge plasma synthesis from tungsten ore concentrate is performed. Arc discharge was maintained in the open-air environment. This method is vacuum-free because of the self-shielding effect caused by generation of CO and CO₂ gases. The initial materials are ore concentrate and carbon. XRD, SEM, TEM and electrocatalysis methods were used.*

Введение. Карбид вольфрама WC является перспективным материалом для многих сфер промышленности в силу своих физических и химических свойств. Его высокие твердость и износостойкость, высокая температура плавления, низкий коэффициент трения, высокие электро- и теплопроводность, а также сопротивление коррозии и инертность к воздействию агрессивных сред вроде кислот и щелочей обеспечивают применение карбида вольфрама в сферах обрабатывающей промышленности, бурения горных пород, изготовления режущих инструментов и штампов, электроники и ядерной энергетики [1, 2]. Помимо вышеперечисленного, карбид вольфрама также является перспективным носителем катализатора в реакциях получения водорода, так как он обладает относительно высокой каталитической активностью и стабильностью в агрессивных условиях [3]. Существует множество методов получения карбида вольфрама: химическое осаждение из паровой фазы, искровое плазменное спекание, генерация плазменных пучков и т.д. Однако в данных методах в качестве исходного сырья используют чистый вольфрам или его оксид WO₃, а не руду. В настоящий момент традиционный метод получения карбида вольфрама из руды обладает такими несовершенствами, как многостадийность, большое количество затрачиваемых ресурсов и отходов [4]. Электродуговой синтез является одним из методов, позволяющих получить карбид вольфрама из руды в одну из первых стадий [5].

Экспериментальная часть. Вольфрамовый концентрат руды содержал три основные фазы: шеелит CaWO₄, гюбнерит MnWO₄ и ферберит FeWO₄. был предварительно обработан. Обработка включала в себя перемалывание в вибрационной мельнице, магнитную сепарацию и высушивание в атмосферной печи. Затем полученную обработанную руду смешивали с порошком сибирского

углеродного носителя (сibunита) при соотношении масс сибунита и руды, равном 0,24. Далее исходные реагенты закладывали в полый катод, выполненный в форме тигля. При приближении анода в форме цилиндрического стержня в полости катода зажигался разряд (Рис. 1). Синтез проводили в течение 45 с при токе разрядного контура 220 А. Данные значения были определены ранее, они обеспечивают наибольший выход карбида вольфрама в продукте синтеза и практически полную переработку исходных рудных фаз. Электрические сигналы, соответствующие току разрядного контура и напряжению на дуговом разряде, подавались на цифровой осциллограф. В ходе синтеза происходит интенсивное выделение угарного и углекислого газов, которые видно на газоанализаторе. Эти газы закрывают реакционный объем от кислорода воздуха, в результате чего возможно реализовать электродуговой синтез в рассматриваемой системе, иницируя дуговой разряд в открытой воздушной среде, то есть без применения вакуумного оборудования. Исследование каталитических свойств полученного порошка проводили в стандартной трехэлектродной ячейке в 0,5M растворе серной кислоты H_2SO_4 . Электрохимическая ячейка включала в себя рабочий электрод из стеклоуглерода, каломельный электрод сравнения и противоэлектрод в виде платиновой нити.

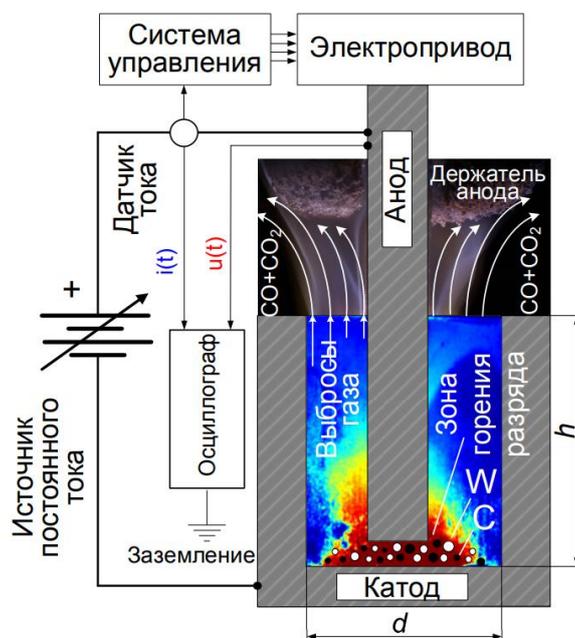


Рис. 1. Схема электродугового реактора

Результаты. Был проведен качественный и количественный рентгенофазовый анализ полученного образца (рентгеновский дифрактометр Shimadzu XRD 7000s, $\lambda=1,5406 \text{ \AA}$). Установлено, что продукт синтеза содержит гексагональную фазу WC, W_2C и графит (Рис.2). Данный фазовый состав типичен для продукта электродугового синтеза в рассматриваемой системе. Также была проведена сканирующая электронная микроскопия образца для детектора вторичных электронов и детектора обратно рассеянных электронов, а также получены данные энергодисперсионного анализа. Средний размер агломератов в полученном порошке составляет 10 мкм. По результатам испытания каталитических свойств порошка в реакциях электролиза определены перенапряжение $\eta_{10} = 662 \text{ мВ}$ и наклон Тафеля $b = 214 \text{ мВ/дек}$.

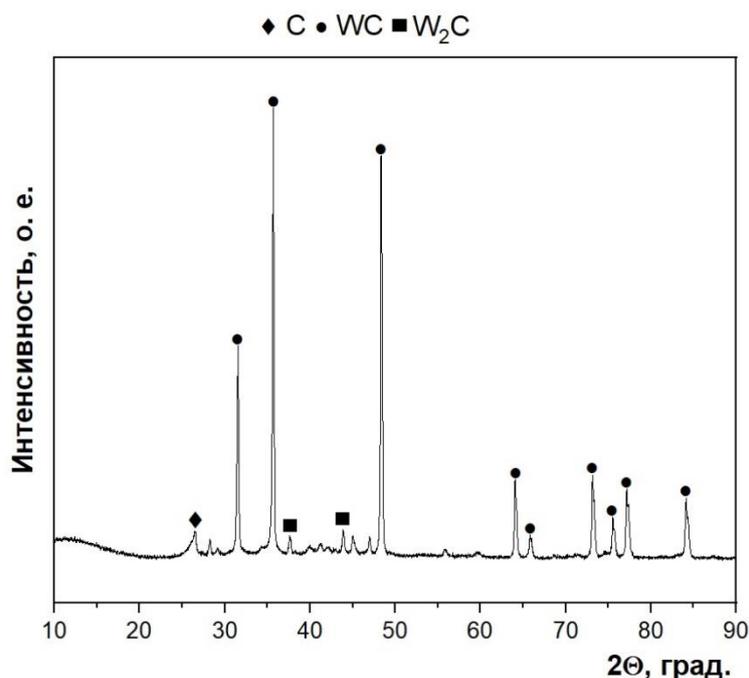


Рис. 2. Картина рентгеновской дифракции образца

Заключение. В ходе данной работы электродуговым методом из вольфрамового концентрата руды был получен порошок, содержащий наибольшую долю карбида вольфрама и близкую к нулю долю исходных рудных фаз, что возможно благодаря эффекту самоэкранирования реакционного объема от кислорода воздуха в результате интенсивного выделения угарного и углекислого газов. Представленная работа показывает возможность переработки вольфрамового концентрата руды и свойства полученного порошка.

Работа выполнена при поддержке программы Государственного задания ВУЗам (проект №

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

F

S

W

1. Tripathy H. High temperature thermophysical properties of spark plasma sintered tungsten carbide // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2022. – Vol. 104. – P. 105804.
2. Uhlmann E. Application of Additive Manufactured Tungsten Carbide Tool Electrodes in EDM // Procedia CIRP. – 2018. – Vol. 68 – P. 86–90.
3. Sohail U. Role of tungsten carbide (WC) and its hybrids in electrochemical water splitting application- A comprehensive review // FlatChem. – 2022. – Vol. 35. – P. 100404.
4. Shen L. Tungsten extractive metallurgy: A review of processes and their challenges for sustainability// Minerals Engineering. – 2019. – Vol. 142. – P. 105934.
5. Pak A.Y. Vacuumless synthesis of tungsten carbide in a self-shielding atmospheric plasma of DC arc discharge // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials – 2020. – Vol. 93. – P. 105343.