

## Интеркалирование графита в электролитах $H_2SO_4 - R$ ( $R = H_2O, C_2H_5OH, HCOOH, CH_3COOH, C_2H_5COOH$ )

*Шорникова Ольга Николаевна*

*Аспирант*

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

*E-mail: [shornikova@inumit.ru](mailto:shornikova@inumit.ru)*

В настоящей работе исследовано анодное окисление пиролитического и природного графита в растворах серной кислоты состава  $H_2SO_4 - R$  ( $R = H_2O, C_2H_5OH, HCOOH, CH_3COOH, C_2H_5COOH$ ) с содержанием серной кислоты 10 – 94 %.

Выявлен единый характер интеркалирования водных и спиртовых растворах серной кислоты: снижение содержания серной кислоты в электролите сопровождается сглаживанием кривых заряжения и повышением потенциала образования одноименной ступени. Комплексом физико-химических методов показано, что вода и спирт не совнедряются в графитовую матрицу. В водных растворах серной кислоты получены I – III ступени бисульфата графита состава  $C_{(7.1-7.7)n}H_2SO_4$ , в спиртовых растворах - только II ступень состава  $C_{15.9}H_2SO_4$ . Порог интеркалирования серной кислоты из водных растворов лежит в области 30 % ( $H_2SO_4 - H_2O$ ) и 70 % ( $H_2SO_4 - C_2H_5OH$ ).

Использование в качестве второго компонента карбоновых кислот изменяет механизм интеркалирования – наблюдается коинтеркалирование кислот в графитовую матрицу. Анодное окисление в системе графит –  $H_2SO_4 - HCOOH$  обеспечивает образование II ступени бисульфата графита. Присутствие в графитовой матрице окислителя –  $H_2SO_4$  и сильного восстановителя –  $HCOOH$  приводит к их взаимодействию, которое обеспечивает увеличение объема образца вдоль оси «с» в процессе анодной поляризации.

Электрохимическое окисление графита в электролитах  $H_2SO_4 - R$  ( $R = CH_3COOH, C_2H_5COOH$ ) с содержанием серной кислоты 50 – 80 % приводит к образованию тройных ИСГ, содержащих молекулы серной и карбоновой кислот. Состав тройных ИСГ I ступени:  $C_{7.3}(H_2SO_4)_{0.85}(CH_3COOH)_{0.15}$  и  $C_{7.7}(H_2SO_4)_{0.77}(C_2H_5COOH)_{0.23}$  в электролитах  $H_2SO_4 - CH_3COOH$  и  $H_2SO_4 - C_2H_5COOH$ . В электролитах с содержанием серной кислоты ниже 50 % происходит внедрение только сильного интеркалата – серной кислоты, и образуется бисульфат графита. Использование в качестве второго компонента в электролите карбоновой кислоты позволяет расширить границы интеркалирования: в 10 % растворах наблюдается образование III ступени бисульфата графита.

Термический анализ показал, что ТИСГ -  $H_2SO_4 - R$ , обладают меньшей термической устойчивостью, чем бисульфат графита, синтезированный в 94 %  $H_2SO_4$ . Величины энтальпий разложения находятся на уровне 2 – 15 кДж/мольС, что отражает Ван-дер-Ваальсовый характер взаимодействия интеркалата с графитовой матрицей. Введение второго интеркалата в графитовую матрицу приводит к снижению температуры вспенивания до 200 – 300 °С. Методами ИК-спектроскопии и масс-спектрометрии исследован состав газовой фазы, выделяющийся при термическом разложении ИСГ. Установлено, что термическое разложение ИСГ сопровождается выделением  $H_2O, CO, CO_2, SO_x$ .

Системы графит –  $H_2SO_4 - R$  находят применение для получения новых углеродных материалов с низким содержанием коррозионно-активной серы и низкой температурой вспенивания. Комплексом физико-химических методов исследованы свойства материалов на основе бисульфата графита и тройных ИСГ – окисленного графита и пенографита. Показано, что удельная поверхность пенографита, полученного из бисульфата графита составляет 40 м<sup>2</sup>/г. Использование в качестве исходного материала для пенографита тройных ИСГ позволяет развить удельную поверхность до 80 – 100 м<sup>2</sup>/г.