

А.Д. Прохорова, студентка

Г. В. Карпенко, к.т.н., зав. аспірантурою

Д.О. Листопад

Запорізька державна інженерна академія

АЛЬТЕРНАТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТИТАНУ ТА ЙОГО СПЛАВІВ

Розробка нових технологій виробництва титану та його сплавів є на сьогодні актуальним та перспективним напрямком. Усі нові технології отримання титану можна розділити за принципово різним підходом до технології процесу: електрохімічні, металотермічні та плазмохімічні способи. Більшість електрохімічних технологій в якості вихідної сировини використовують TiO_2 , за виключенням Ginatta-процесу, в якому використовується тетрахлорид титану.

Найвідомішим проектом серед усіх електролітичних способів отримання титану є Кембрідж-процес (FFC) [1]. Для цього процесу використовували реторту зі сплаву інконель з розплавленим електролітом (CaCl_2) в який вводилися електроди з графіту та зі спечених дисків з діоксиду титану і легувальних елементів. Проте промислового впровадження проект так і не отримав.

Схожими на FFC-процес є інші проекти (Electronically Mediated Reaction – Molten Salt Electrolysis (EMR-MSE), BMIM-процес, Оно та Суцзукі (OS), QinetiQ). Різниця в них полягає в складі електроліту, підготовці вихідної сировини, напруга процесу електролізу, конфігурацією електродів, тощо. Відомості про подальший розвиток цих процесів відсутні.

Найбільша дослідницька активність спостерігається по проекту QinetiQ, в роботі [2] запропонований новий шлях дезоксидації в процесі електролізу $\text{TiO}_2 \rightarrow \text{Ti}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{TiO} \rightarrow \text{Ti}$. Лабораторні дослідження цього процесу продовжуються. Інший електролітичний процес (Boston University-Solid Oxide Membrane (SOM) Process), являє собою електролітичне відновлення TiO_2 до металу з використанням мембрани з твердого електроліту, що проводить іони кисню. Процес виключає контакт титану та кисню в процесі електролізу [3]. Недоліком цього процесу можна вважати низьку продуктивність процесу, через малу питому іонну провідність мембрани.

Також існує ряд проектів, що практикують анодне електрохімічне відновлення титанової сировини. Наприклад, MER-проект пропонує карботермічне відновлення окисної сировини титану. Композитний анод, в цьому випадку, виготовляється з суміші порошків діоксиду титану та графіту. В якості катоду слугує електрод, що виконано з сталі, нікелю, титану, тощо. Анод та катод розміщують в розплав електроліту системи LiCl-KCl . Вартість не переплавленого титану за цією технологією співставна з вартістю титану губчастого, отриманого за магнієтермічною технологією.

Наведений огляд способів електрохімічного отримання титану характеризує значну активність в даній області досліджень, а також зацікавленість дослідників в процесі, який є відносно простим в реалізації. Не зважаючи на це, розвиток вищенаведених проектів до напівпромислового масштабу є малоімовірним.

Література:

1. Chen, G. Z. Direct electrochemical reduction of titanium dioxide to titanium in molten calcium chloride [Text] / G. Z. Chen, D. J. Fray, T. W. Farthing // *Nature*. – 2000. – Vol. 407. – P. 361–364.
2. Alexander, D. T. L. The electrodeoxidation of dense titanium dioxide precursors in molten calcium chloride giving a new reaction pathway [Text] / D. T. L. Alexander, C. Schwandt, D. J.

Fray // *Electrochimica Acta*. – 2011. – Vol. 56, Issue 9. – P. 3286–3295. doi:10.1016/j.electacta.2011.01.027.

3. Uday, B. *The use of solid-oxide-membrane technology for electrometallurgy [Text]* / Uday B. Pal, Adam C. Powell // *Overview Fundamentals Of Electrochemical Processes*. – JOM. – 2007. – Vol. 59, Issue 5. – P. 44–49. doi: 10.1007/s11837-007-0064-x