

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการรีไซเคิลแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนเพื่อนำกราไฟต์จากขั้วแอโนดมาใช้เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์รีดิวซ์กราฟีนออกไซด์ (rGO) และประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตโดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment; LCA) กระบวนการทดลองประกอบด้วยการสังเคราะห์กราฟีนออกไซด์จากกราไฟต์ด้วยวิธี Modified hummers method และการรีดิวซ์กราฟีนออกไซด์โดยใช้สารรีดิวซ์สองชนิด ได้แก่ กรดแอสคอร์บิก และโซเดียมโบโรไฮไดรด์ จากนั้นทำการวิเคราะห์สมบัติของวัสดุด้วยเทคนิคการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันบนผิววัสดุ (FTIR) การศึกษาสัณฐานวิทยาของวัสดุด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดชนิดฟิลด์อิมิสชัน (FESEM) และการทดสอบสมบัติทางไฟฟ้าเคมีด้วยเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมทรี (CV) ผลการศึกษาพบว่าสามารถสังเคราะห์รีดิวซ์กราฟีนออกไซด์จากกราไฟต์ที่ได้จากการรีไซเคิลแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนได้สำเร็จ ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันบนผิววัสดุ แสดงให้เห็นว่าหมู่ฟังก์ชันที่มีออกซิเจนในกราฟีนออกไซด์ลดลงหลังจากกระบวนการรีดิวซ์ ขณะที่ผลการวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดชนิดฟิลด์อิมิสชัน พบว่าโครงสร้างของรีดิวซ์กราฟีนออกไซด์มีลักษณะเป็นแผ่นบางที่มีการย่นและบิดงอมากขึ้นเมื่อเทียบกับกราฟีนออกไซด์ ผลการทดสอบสมบัติทางไฟฟ้าเคมีพบว่าค่าความจุจำเพาะของกราไฟต์ กราฟีนออกไซด์ รีดิวซ์กราฟีนออกไซด์จากกรดแอสคอร์บิก และรีดิวซ์กราฟีนออกไซด์จากโซเดียมโบโรไฮไดรด์ มีค่าเท่ากับ 54.85, 79.88, 152.10 และ 88.20 F/g ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ากระบวนการรีดิวซ์สามารถเพิ่มสมบัติทางไฟฟ้าเคมีของวัสดุได้ ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตพบว่าหมวดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มีค่ามากที่สุดคือความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางทะเล รองลงมาคือความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน้ำจืด การสูญเสียทรัพยากรโลหะ และผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นอกจากนี้พบว่าโซเดียมโบโรไฮไดรด์เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงที่สุดประมาณ 70% ของผลกระทบทั้งหมด ดังนั้นการรีไซเคิลแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนเพื่อนำกราไฟต์มาใช้ในการผลิตรีดิวซ์กราฟีนออกไซด์จึงเป็นแนวทางที่สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียจากแบตเตอรี่และช่วยลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ อย่างไรก็ตามการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการเลือกใช้สารรีดิวซ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจะช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตได้ในอนาคต

Abstract

This study aims to investigate the recycling of lithium-ion batteries by utilizing graphite from the anode as a raw material for the synthesis of reduced graphene oxide (rGO), and to evaluate the environmental impacts of the production process using Life cycle assessment (LCA). The experimental procedure consists of synthesizing graphene oxide from graphite via the Modified hummers' method, followed by the reduction of graphene oxide using two reducing agents ascorbic acid and sodium borohydride.

The material properties were characterized using fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) to analyze surface functional groups field emission scanning electron microscopy (FESEM) to examine morphology, and cyclic voltammetry (CV) to evaluate electrochemical performance. The results demonstrate that reduced graphene oxide can be successfully synthesized from graphite recovered from recycled lithium-ion batteries. FTIR analysis indicates a reduction in oxygen-containing functional groups after the reduction process. FESEM images reveal that the structure of reduced graphene oxide consists of thin, wrinkled and more distorted sheets compared to graphene oxide. Electrochemical measurements show that the specific capacitance values of graphite, graphene oxide, reduced graphene oxide reduced by ascorbic acid and reduced graphene oxide reduced by sodium borohydride are 54.85, 79.88, 152.10, and 88.20 F/g, respectively. These results indicate that the reduction process significantly enhances the electrochemical performance of the material. The life cycle assessment results reveal that the highest environmental impact category is marine ecotoxicity, followed by freshwater ecotoxicity, metal resource depletion, and climate change. Furthermore, sodium borohydride is identified as the major contributor to environmental impacts, accounting for approximately 70% of the total impact. In conclusion, recycling lithium-ion batteries to recover graphite for the production of reduced graphene oxide is a promising approach to add value to battery waste and reduce the consumption of natural resources. However, improving energy efficiency and selecting environmentally friendly reducing agents are essential strategies to further minimize the environmental impacts of the production process in the future.