การสังเคราะห์ฟีนอลิกเรซินสำหรับการผลิตวัสดุทนความร้อนของท่อไอพ่นจรวดสมรรถนะสูง

Synthesis of High-Temperature Resistant Phenolic Resins for Advanced Rocket Nozzle Applications

อนิรุตติ์ ราชดาเพชร[1*], สัณฐิตา รัตนพันธุ์[1] และ สุชัชชัย นวลคล้าย[1]

[1]สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ ชั้น 7 อาคารสานักงานปลัดกระทรวงกลาโหม (แจ้งวัฒนะ)
47/433 หมู่ 3 ต.บ้านใหม่ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120
*ติดต่อ: Aniroot.R@dti.or.th

บทคัดย่อ

ฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์เรซินหรือฟีนอลิกเรซินเป็นพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งในกลุ่มเทอร์โมเซตที่ให้คุณสมบัติในด้านการทนทานต่ออุณหภูมิสูง จึงถูกเลือกนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมจรวดและกระสวยอวกาศที่จำเป็นต้องมีระบบป้องกันความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ไหลผ่านท่อไอพ่นจรวดซึ่งมีอุณหภูมิสูงมาก งานวิจัยฉบับนี้จึงทำการสังเคราะห์และศึกษาคุณสมบัติของฟีนอลิกเรซินที่ดัดแปลงด้วยไซเลน (PR-S) และฟีนอลิกเรซินที่ดัดแปลงด้วยโบรอน (PR-B) ผ่านปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบควบแน่นของฟอมาลดีไฮด์และฟีนอล ผลการวิเคราะห์ผลึกด้วยเทคนิค XRD พบว่าฟีนอลิกเรซินทั้งสองชนิดมีโครงสร้างแบบอสัณฐานเป็นหลักและตรวจพบผลึกของโบรอนไตรออกไซด์เกิดขึ้นเล็กน้อยในเนื้อของ PR-B ผลการวิเคราะห์ด้วย FT-IR พบว่าสารดัดแปลงชนิดไซเลนและโบรอนทำปฏิริยาและเกิดการเชื่อมโยงในโครงสร้างของวัสดุฟีนอลิก ในขณะที่ผลของ TGA แสดงให้เห็นว่า PR-S มีเสถียรภาพทางความร้อนที่สูงกว่า PR-B ในช่วงแรกเท่านั้น และเมื่อวิเคราะห์สัณฐานวิทยาและปริมาณธาตุด้วยเทคนิค SEM/EDS พบว่าบริเวณผิวหน้าของวัสดุ PR-S มีลักษณะเรียบเป็นเนื้อเดียวกัน ในขณะที่ภายในเนื้อวัสดุทั้งสองชนิดยังรอการ Curing ให้สมบูรณ์อีกครั้ง นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุจากการตรวจสอบแบบพื้นที่พบว่า PR-B มีปริมาณธาตุคาร์บอนสูงกว่าส่งผลให้เกิดชั้นถ่าน (Char) ได้มากกว่าซึ่งสอดคล้องกับปริมาณ Residue จากการสลายตัวด้วยความร้อนของ TGA ซึ่งชั้นถ่านที่เกิดขึ้นนี้สามารถป้องกันกระบวนการเสียดกร่อนได้สูงกว่า ดังแสดงให้เห็นจากผลการทดสอบความต้านทานต่อการเสียดกร่อนด้วยออกซีอะเซทิลีนที่พบว่าวัสดุคอมโพสิตที่ผลิตจาก PR-B มีอัตราการเสียดกร่อนต่ำกว่า PR-S

คำหลัก: ฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน, ฟีนอลิกเรซิน, วัสดุคอมโพสิต, ท่อท้ายจรวด

Abstract

The phenol-formaldehyde resin or phenolic resin, is a thermoset polymer renowned for its high-temperature resistance. This makes it an ideal material for applications in the aerospace industry, particularly in the heat protection systems of rockets and space shuttles, where it must endure the extreme temperatures generated by fuel combustion. This study focuses on the synthesis and characterization of phenolic resins modified by Silane (PR-S) and Boron (PR-B) via the condensation polymerization of formaldehyde and phenol.

The results of XRD revealed that both phenolic resins consisted mainly of amorphous, with PR-B containing minor boron trioxide crystals. The FT-IR analysis confirmed the formation of cross-links due to silane and boron modification. The TGA analysis indicated that PR-S initially possesses higher thermal stability than PR-B. Furthermore, SEM/EDS analysis revealed that the PR-S material displays a smooth and uniform surface morphology, while both types of phenolic are still undergoing curing internally. Additionally, elemental analysis indicated a slightly elevated carbon content in PR-B, suggesting a propensity for increased char formation if subjected to elevated temperatures which is consistent with the amount of residue from decomposition by TGA. This char layer can prevent the ablation process, which is confirmed by the results of the oxyacetylene ablation testing, which found that PR-B composite has a lower erosion rate than PR-S composite.

Keywords: phenol-formaldehyde resin, phenolic resin, composite material, rocket nozzle.