จิตตินันท์ แสนภูวา : การสร้างและพัฒนาวัสดุป้องกันรังสีนิวตรอนจากวัสดุคอมโพสิทของยางธรรมชาติและโบรอนคาร์ไบด์ (FABRICATION AND DEVELOPMENT OF NEUTRON SHIELDING MATERIALS BASED ON NATURAL RUBBER AND BORON CARBIDE COMPOSITE) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชิโนรัตน์ กอบเดช, 91 หน้า.

คำสำคัญ: นิวตรอน/ ยางธรรมชาติ/ วัสดุป้องกันรังสี/ มอนติคาร์โล

วัสดุป้องกันรังสีนิวตรอนจากยางธรรมชาติและโบรอนคาร์ไบด์ถูกสร้างขึ้นด้วยส่วนผสมของวัสดุต่าง ๆ ที่ต่างกันทั้งหมดสิบสูตร โดยสามารถแบ่งการศึกษาผลกระทบที่ส่งผลต่อวัสดุออกเป็นห้าการศึกษา ประกอบด้วยการศึกษาผลกระทบของความแตกต่างของปริมาณโบรอนคาร์ไบด์ (B_4C) ที่ 0, 20, 40, 60 และ 139.6 ส่วนต่อยางร้อยส่วน (phr) การศึกษาผลกระทบของชนิดของยางธรรมชาติคือยางธรรมชาติ (NR) ยางธรรมชาติอิพอกไซด์ (ENR) และยางผสมระหว่าง NR และ ENR การศึกษาผลกระทบของความแตกต่างของปริมาณคาร์บอนแบล็คหรือเขม่าดำที่ 30 และ 60 phr นอกจากนี้ยังมีอีกสองการศึกษาที่ได้ทำการศึกษาผลของความแตกต่างของสารเร่งปฏิกิริยาหลัก N-cyclohexylbenzothiazole-2-sulfenamide (CBS) ที่ 0.5 และ 1 phr และการศึกษาสุดท้ายคือการศึกษาสารคงรูปโดยใช้ไดคูมิลเปอร์ออกไซด์ (DCP) เทียบกับการใช้กำมะถัน ซึ่งวัสดุตัวอย่างจากทั้งสิบสูตรจะถูกนำไปทดสอบถึงคุณสมบัติเชิงกล คุณสมบัติการป้องกันเทอร์มอลนิวตรอน (Thermal neutron) และคุณสมบัติการป้องกันนิวตรอนเร็ว (Fast neutron) รวมไปถึงการหาค่าภาคตัดขวางมหภาค (Macroscopic Cross Section) ของนิวตรอน ทั้งนี้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์มอนติคาร์โล (Monte Carlo N-Particles, MCNP) จะถูกนำมาหาค่าภาคตัดขวางมหภาคของนิวตรอนเร็วสำหรับเปรียบค่าที่ได้จากการทดลอง เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยประเภท TRIGA Mark II และ 241 Americium-Beryllium ถูกใช้เป็นแหล่งเทอร์มอลนิวตรอนและแหล่งกำเนิดนิวตรอนเร็วตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของคาร์บอนแบล็คที่ 60 phr ส่งผลให้ระดับความแข็ง Shore A สูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 76.53 โดยมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.30 และพลังงานกระตุ้นคือ 120.56 กิโลจูลต่อโมล การเพิ่มขึ้นของ CBS ที่ 1 phr ทำให้มีเวลาคงรูปต่ำสุดที่ 2.07 นาที ในขณะที่การใช้ DCP เป็นสารคงรูปทำให้ใช้เวลาในการคงรูปนานที่สุดคือ 5.17 นาที การถ่ายภาพนิวตรอนถูกนำมาใช้เพื่อกำหนดและเปรียบเทียบคุณสมบัติการป้องกันเทอร์มอลนิวตรอนของวัสดุสูตรต่าง ๆ โดยการวัดการป้องกันเทอร์มอลนิวตรอนของตัวอย่างที่ความหนา 6 มิลลิเมตรพบว่า B_4C ที่ 139.6 phr สามารถป้องกันเทอร์มอลนิวตรอนได้ที่ดีที่สุดในบรรดาตัวอย่างทั้งหมด โดยมีค่าเศษส่วนความสว่างต่ำสุดคือ 0.045 และภาคตัดขวางมหภาคที่ 19.97 cm^{-1} และสามารถป้องกันนิวตรอนได้ใกล้เคียงกับตัวอย่างของผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ที่ได้รับมาจากบริษัทประเทศญี่ปุ่นโดยทั้งคู่ทดสอบที่ความหนา 5 mm.

นอกจากนี้ยังพบว่า B_4C ที่ 20 phr มีความสามารถในการกำบังนิวตรอนเร็วที่ดีที่สุด โดยมีภาคตัดขวางมหภาคเท่ากับ 0.264 cm^{-1}.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาฟิสิกส์ ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2565 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

JITTINUN SAENPOOWA : FABRICATION AND DEVELOPMENT OF NEUTRON SHIELDING MATERIALS BASED ON NATURAL RUBBER AND BORON CARBIDE COMPOSITE. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. CHINORAT KOBDAJ, Ph.D. 91 PP.

Keyword: Neutron Shielding/ Natural Rubber/ MCNP simulation

The neutron shielding materials based on natural rubber were fabricated in ten different formulas for five studies, including the study of the effect on differences in boron carbide (B_4C) contents of 0, 20, 40, 60, and 139.6 parts per hundred rubbers (phr). Furthermore, the study focuses on the effect of rubber-based types, including natural rubber (NR), epoxidized natural rubber (ENR), and a blend of NR and ENR. Additionally, the study of the effect of the difference in carbon black contents of 30 and 60 phr in natural rubber-based materials is compared. Two other studies that study the effect of differences in the contents of a primary accelerator, N-cyclohexylbenzothiazole-2-sulfenamide (CBS), at 0.5 and 1 phr in a natural rubber base, are also analyzed. Dicumyl peroxide (DCP) served as both a vulcanization and activation agent in the final formula. This work examined the effects of all shielding formulas on mechanical, thermal, and fast neutron shielding properties. The macroscopic cross sections of thermal and fast neutrons for each sample were determined by taking into account the variation in sample thickness. The Monte Carlo N-Particles (MCNP) were used to simulate and compare the fast neutron macroscopic cross section value with the experiment. The TRIGA Mark III type atomic research reactor and 241 Americium-Beryllium were used as a thermal neutron source and a fast neutron source, respectively. The increase in carbon black at 60 phr resulted in a Shore hardness degree of 76.53, a specific gravity of 1.30, and an activation energy of 120.56 kJ/mol. An increase in CBS at 1 phr gave rise to a minimum cure time of 2.07 minutes, whereas using DCP had the longest curing time of 5.17 minutes. Neutron imaging was used to determine and compare the thermal neutron properties of different formulas. We found that B_4C at 139.6 phr has the best thermal neutron shielding among all our samples, with the lowest level of a 0.045 brightness fraction and the thermal macroscopic cross-section of 19.97 cm^{-1}. According to the results of

fast neutron attenuation tests performed on a sample of the commercial product obtained from a Japanese company, the sample of 50 weight percent boron carbide had similar neutron shielding properties, with both being 5 mm thick. B_4C at 20 phr has the best fast neutron shielding, with a macroscopic cross-section of 0.264 cm^{-1}.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Physics

Academic Year 2022

Student's Signature _____

Advisor's Signature C. Kobdaj