วัสดุกำบังนิวตรอนช้าที่สามารถปั้นขึ้นรูปได้

นายสราวุฒิ พรหมเมศร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545
ISBN 974-17-0953-6
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A RESHAPABLE MATERIAL FOR SLOW NEUTRON SHIELDING

Mr. Sarawut Prommed

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Nuclear Technology

Department of Nuclear Technology

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-0953-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	วัสดุกำบังนิวตรอนช้าที่สามารถปั้นขึ้นรูปได้
โดย	นายสราวุฒิ พรหมเมศร
สาขาวิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์นเรศร์ จันทน์ขาว

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ชยากริต ศิริอุปถัมภ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์นเรศร์ จันทน์ขาว)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรถพร ภัทรสุมันต์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สราวุฒิ พรหมเมศร : วัสดุกำบังนิวตรอนช้าที่สามารถปั้นขึ้นรูปได้ (A RESHAPABLE MATERIAL FOR SLOW NEUTRON SHIELDING) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.นเรศร์ จันทน์ขาว, 62 หน้า. ISBN 974-17-0953-6

ในการวิจัยนี้ได้ทำการเตรียมส่วนผสมซึ่งประกอบด้วยวัสดุหลัก ของเหลวที่ไม่ระเหย และกรดบอริก ที่มีส่วนผสมและสัดส่วนต่าง ๆ กัน สำหรับใช้เป็นวัสดุกำบังนิวตรอนช้าที่สามารถปั้นขึ้นรูปได้ ในแต่ละส่วนผสม วัสดุที่เลือกใช้ ได้แก่ FIMO, ดินน้ำมันไฮเคลย์ หรือ พีวีซีไฮบริดดิสเพอร์ชันเรซิน เกรด 74GP ชนิดใดชนิดหนึ่ง กับของเหลวที่ไม่ระเหยที่เลือกใช้คือ ไดออกทิลพทาเลต หรือ กลีเซอรอล ผลการวิจัยพบว่าส่วนผสมที่ประกอบด้วย FIMO หรือ พีวีซีไฮบริดดิสเพอร์ชันเรซิน เกรด 74GP กับไดออกทิลพทาเลตในอัตราส่วนประมาณ 1 : 0.6 สามารถผสมเข้ากันได้ดี แม้มีกรดบอริกอยู่ด้วย และยังสามารถปั้นขึ้นรูปได้ง่าย จึงมีความเหมาะสมตามวัตถุประสงค์นี้ นอกจากนี้ยังพบว่าส่วนผสมที่มีพีวีซีไฮบริดดิสเพอร์ชันเรซิน เกรด 74GP กับไดออกทิลพทาเลต และกรดบอริก ในอัตราส่วนประมาณ 1 : 0.6 : 0.7 มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการกำบังนิวตรอนช้า ซึ่งพบว่าค่า HVL และภาคตัดขวางมหภาคต่อนิวตรอนช้าของส่วนผสมนี้มีค่าประมาณ 0.2 ซ.ม. และ 3.4767 ซม.$^{-1}$ ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี	ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2545	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

##4170570021 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY

KEYWORD : Slow neutron shielding / Boric acid

SARAWUT PROMMED : A RESHAPABLE MATERIAL FOR SLOW NEUTRON SHIELDING. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF.SIRIWATTANA BANCHORNDHEVAKUL. THESIS CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. NARES CHANKOW, 62 PP. ISBN 974-17-0953-6

In this research, mixtures of a base material, a non-volatile liquid and boric acid were prepared in different combinations and proportions; and tested to be used as reshapable slow neutron shielding materials. For each combination FIMO, HI-CLAY or PVC hybrid dispersion resin grade 74GP was selected as the base material while dioctyl phthalate (DOP) or glycerol was selected as the non-volatile liquid. It was found that a mixture containing FIMO or PVC hybrid dispersion resin grade 74GP and DOP at a weight ratio of about 1 : 0.6 could be mixed thoroughly in presence of boric acid and easily reshapable which was suitable for this purpose. Furthermore, it was also found that a mixture of PVC hybrid dispersion resin grade 74GP, DOP and boric acid at a weight ratio of about 1 : 0.6 : 0.7 was most suitable for neutron shielding purpose. Its HVL and macroscopic cross section for slow neutrons were found to be about 0.2 cm and 3.4767 cm^{-1} respectively.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department	Nuclear Technology	Student's signature.....
Field of study	Nuclear Technology	Advisor's signature.....
Academic year	2002	Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล อาจารย์ที่ปรึกษา และรองศาสตราจารย์นเรศร์ จันทน์ขาว อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้แนะนำและสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ประจำภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่ให้การสนับสนุนมาโดยตลอด อ.ดร.วิมลวรรณ พิมพ์พันธุ์ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความรู้และคำแนะนำในด้านวัสดุ

ขอขอบพระคุณบริษัทไทยนามพลาสติกจำกัดมหาชน และบริษัททีพีซี เพส์ท เรซิน จำกัด สำหรับข้อแนะนำและให้ความอนุเคราะห์ผงพีวีซีสำหรับการทดลอง บริษัทเอ็มซีสยามโลจีสติกส์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ พลาสติไซเซอร์สำหรับการทดลอง

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย ในการอุดหนุนทุนทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ นิสิตทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่รวมถึงญาติๆ ที่สนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้เขียนเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ 3

1.4 ขั้นตอนและวิธีการในการดำเนินงานวิจัย 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้ 3

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2. ทฤษฎี 5

2.1 อนุภาคนิวตรอน 5

2.1.1 การจำแนกนิวตรอนตามระดับพลังงาน 6

2.1.2 อันตรกิริยาของนิวตรอนต่อเนื้อเยื่อ 6

2.2 ต้นกำเนิดนิวตรอน ^{241}Am/Be 9

2.3 การกำบังอนุภาคนิวตรอน 11

2.4 การลดทอนของอนุภาคนิวตรอน 15

2.5 หัววัดรังสีชนิดแก้วเรืองแสง (Glass Scintillator) NE905 16

3.วิธีการวิจัย 18

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ 18

3.2 การเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง 19

3.2.1 การทดลองหาวัสดุพื้นฐานที่เหมาะสมเพื่อเป็นวัสดุกำบังนิวตรอนช้าที่สามารถปั้นขึ้นรูปได้ 19

3.2.2 การศึกษาผลของระยะเวลาในการให้ความร้อนที่มีต่อพลาสติซอลของพีวีซี ... 21

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.3 การศึกษาผลของปริมาณพลาสติไซเซอร์ที่มีต่อพลาสติซอลของพีวีซี 22
3.2.4 การเตรียมตัวอย่างในปริมาณที่มากขึ้นเพื่อนำไปกำบังนิวตรอนช้า 22
3.2.5 การศึกษาผลของเวลาที่ให้ความร้อนที่มีต่อชิ้นงาน 23
3.2.6 การเตรียมชิ้นงานตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของกรดบอริกแตกต่างกัน 23
3.2.7 การศึกษาผลของความร้อนที่มีต่อการระเหยของพลาสติไซเซอร์ 24
3.3 การทดลองหาความสามารถในการกำบังนิวตรอนช้า 25
3.3.1 การศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดบอริกที่มีต่อการกำบังนิวตรอนช้า 27
3.3.2 การศึกษาผลของความหนาของชิ้นงานที่มีต่อการกำบังนิวตรอนช้า 27
4. ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัย 28
4.1 ผลการเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง 28
4.1.1 ผลการทดลองหาวัสดุพื้นฐานที่เหมาะสม เพื่อเป็นวัสดุกำบังนิวตรอนช้าที่สามารถปั้นขึ้นรูปได้ 28
4.1.2 ผลของความร้อนที่มีต่อพลาสติซอลของพีวีซี 32
4.1.3 ผลของปริมาณพลาสติไซเซอร์ที่มีต่อพลาสติซอลของพีวีซี 34
4.1.4 ผลการเตรียมตัวอย่างในปริมาณที่มากขึ้นเพื่อนำไปกำบังนิวตรอนช้า 36
4.1.5 ผลของเวลาที่ให้ความร้อนที่มีต่อชิ้นงาน 37
4.1.6 ผลของปริมาณกรดบอริกที่แตกต่างกันที่มีผลต่อชิ้นงาน 39
4.1.7 ผลของความร้อนที่มีต่อการระเหยของพลาสติไซเซอร์ 41
4.2 ผลการกำบังนิวตรอนช้า 42
4.2.1 ผลของความเข้มข้นของกรดบอริกที่มีต่อการกำบังนิวตรอนช้า 42
4.2.2 ผลของความหนาของชิ้นงานที่มีต่อการกำบังนิวตรอนช้า 45
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย 48
5.1 สรุปผลการวิจัย 48
5.2 ข้อเสนอแนะ 51
รายการอ้างอิง 53
ภาคผนวก 55
ภาคผนวก ก 56
ภาคผนวก ข 59
ภาคผนวก ค 61

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 62

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ชนิดของนิวตรอน จำแนกตามพลังงาน 6
2.2 คุณสมบัติของต้นกำเนิดนิวตรอน ^{241}Am/Be 10
2.3 ค่าภาคตัดขวางสำหรับเทอร์มอลนิวตรอนของธาตุในธรรมชาติ 12
2.4 คุณสมบัติของหัววัดรังสีชนิดแก้วเรืองแสง NE905 16
3.1 ปริมาณของ ดินน้ำมัน FIMO และไฮเคลย์ พีวีซี ไฮบริด ดิสเพอร์ชัน เรซิน เกรด 74GP กรดบอริก DOP และกลีเซอรอลในชิ้นงาน 19
3.2 ปริมาณของ พีวีซี ไฮบริด ดิสเพอร์ชัน เรซิน เกรด 74GP DOP และเวลาในการให้ความร้อนแก่ชิ้นงาน 21
3.3 ปริมาณของ พีวีซี ไฮบริด ดิสเพอร์ชัน เรซิน เกรด 74GP และ DOP 22
3.4 ปริมาณของ พีวีซี ไฮบริด ดิสเพอร์ชัน เรซิน เกรด 74GP กรดบอริค DOP และเวลาในการให้ความร้อนในชิ้นงานชุด I 22
3.5 ปริมาณของ พีวีซี ไฮบริด ดิสเพอร์ชัน เรซิน เกรด 74GP กรดบอริค DOP และเวลาในการให้ความร้อนในชิ้นงานชุด J 23
3.6 ปริมาณของ พีวีซี ไฮบริด ดิสเพอร์ชัน เรซิน เกรด 74GP กรดบอริค DOP และเวลาในการให้ความร้อนในชิ้นงานชุด K 24
3.7 น้ำหนักและเวลาในการให้ความร้อน 25
4.1 ผลการสังเกตชิ้นงานชุด A, B, C, D. E และ F 28
4.2 ผลการสังเกตชิ้นงานชุด A เมื่อเวลาผ่านไป 32
4.3 ผลของเวลาในการให้ความร้อนที่มีต่อการเตรียมชิ้นงานชุด G 33
4.4 ผลของปริมาณพลาสติไซเซอร์ที่มีต่อการเตรียมชิ้นงานชุด H 35
4.5 ลักษณะของชิ้นงานชุด I 36
4.6 ผลของเวลาในการให้ความร้อนที่มีต่อการเตรียมชิ้นงาน 37
4.7 ผลการเตรียมชิ้นงานที่มีความเข้มข้นของกรดบอริกแตกต่างกัน 39
4.8 ผลของความร้อนที่มีต่อการระเหยของพลาสติไซเซอร์ในพลาสติซอล 41
4.9 ผลของความเข้มข้นของกรดบอริกที่มีต่อจำนวนนับรังสี 42
4.10 ผลของความหนาของชิ้นงานที่มีต่อจำนวนนับรังสีนิวตรอนช้า 45

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลของรังสีเอกซ์พลังงาน 125 keV และนิวตรอนพลังงาน 0.0253 eV กับเลขอะตอมของธาตุ 2

2.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าภาคตัดขวางของปฏิกิริยากับพลังงานของอนุภาคแอลฟา 10

2.2 ค่าภาคตัดขวางรวมของไฮโดรเจน โบรอน แคดเมียมและแกดโดลิเนียม 11

2.3 โครงสร้างของ Dioctyl phthalate :DOP 14

2.4 ค่าภาคตัดขวางของบางอันตรกิริยาที่ใช้ในการตรวจวัดนิวตรอน 17

3.1 การจัดวางอุปกรณ์การวัดอนุภาคนิวตรอน 26

3.2 แผนผังระบบวัดรังสีนิวตรอนที่ใช้หัววัดรังสี NE905 26

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกรดบอริกกับจำนวนนับรังสีนิวตรอนช้า 43

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างของความหนาของชิ้นงานที่มีต่อจำนวนนับรังสีนิวตรอนช้า 46

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย