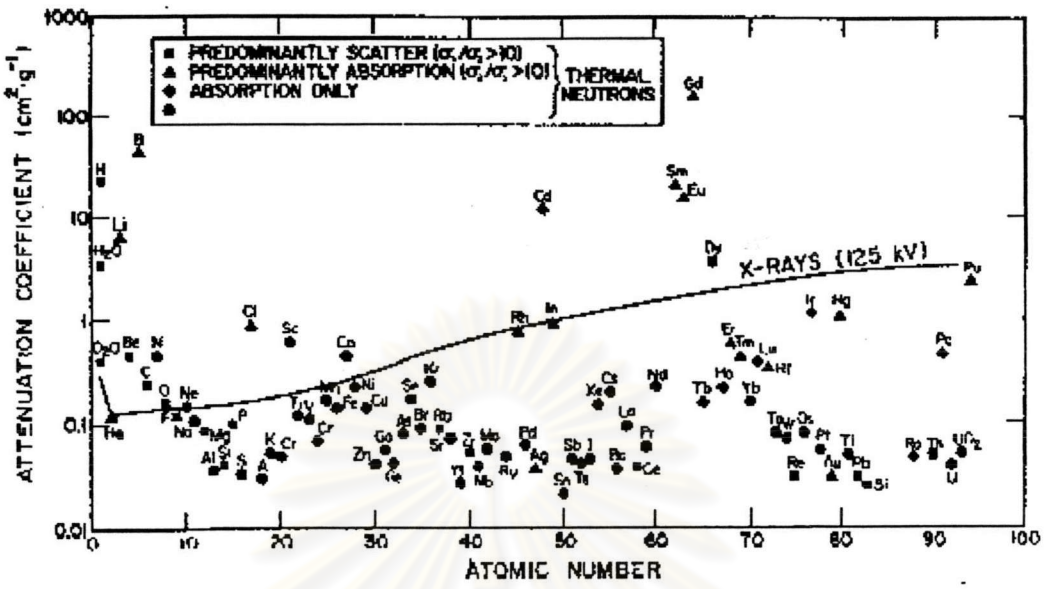
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในช่วงระยะเวลาหลายสิบปีที่ผ่านมาการใช้ประโยชน์จากรังสีได้พัฒนาใช้ในงานต่างๆ มากมายเช่น อุตสาหกรรม การแพทย์ และการเกษตร นอกเหนือจากการผลิตพลังงานจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ การใช้รังสีในกิจการดังกล่าวจำเป็นต้องใช้วัสดุกำบังรังสีเพื่อป้องกันรังสี ปัจจัยสำคัญสำหรับพิจารณาเลือกวัสดุที่จะนำมากำบังรังสีเช่น ชนิดของรังสีและความแรงรังสี ราคาของวัสดุ ความสามารถในการจัดหา และปัจจัยอื่นๆ ที่ขึ้นกับลักษณะงาน

ประโยชน์ของอนุภาคนิวตรอน (Neutron) คือเป็นรังสีที่ยิงเข้าสู่เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ก่อให้เกิดปฏิกิริยาฟิชชัน (fission) และปลดปล่อยพลังงานออกมาซึ่งนำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า การถ่ายภาพด้วยนิวตรอนซึ่งให้ภาพที่แตกต่างจากการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ (x-ray) หรือรังสีแกมมา (γ-ray) การวิเคราะห์หาความชื้น การหาสิ่งเจอปนในแป้ง และการใช้นิวตรอนเป็นรังสีรักษา นิวตรอนมีประโยชน์หลายด้านแต่ถ้าไม่รู้จักวิธีป้องกันนิวตรอนก็เป็นอันตรายแก่ผู้ปฏิบัติงาน วัสดุ หรือสิ่งมีชีวิตในบริเวณปฏิบัติงานได้เช่นเดียวกับรังสีอื่นๆ นิวตรอนเป็นอนุภาคไม่มีประจุไม่สูญเสียพลังงานโดยแรงระหว่างประจุกับตัวกลาง แต่จะสูญเสียพลังงานโดยการชนกับนิวเคลียสโดยตรง ผลิตภัณฑ์หนักที่ได้มักเป็นโปรตอน (Proton) ซึ่งสามารถทำอันตรายแก่สิ่งมีชีวิตและวัสดุได้ และเนื่องจากไม่มีการสูญเสียพลังงานจากแรงระหว่างประจุนี้เอง ทำให้อนุภาคนิวตรอนสามารถเคลื่อนเข้าไปในตัวกลางได้มากกว่าอนุภาคที่มีประจุ จึงก่อความเสียหายขึ้นในระดับที่ลึกลงไปจากผิวหน้าของตัวกลาง นอกจากนี้นิวไคลด์ (Nuclide) บางชนิดจับนิวตรอนแล้วกลายเป็นสารกัมมันตรังสี แต่ทั้งนี้ขึ้นกับพลังงานของอนุภาคนิวตรอนและค่าภาคตัดขวางของนิวไคลด์ (Cross section) เนื่องจากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงมีความจำเป็นต้องมีการกำบังอนุภาคนิวตรอนเพื่อลดปริมาณนิวตรอนที่ได้รับ การกำบังอนุภาคนิวตรอนมีความยุ่งยากกว่าการกำบังรังสีชนิดอื่น เพราะความสามารถของธาตุในการลดทอนพลังงานของอนุภาคนิวตรอนไม่ได้เรียงลำดับตามเลขอะตอมอย่างเช่นรังสีอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 1.1 เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวล (mass attenuation coefficient) ของอนุภาคนิวตรอนกับรังสีเอกซ์ ทั้งนี้เพราะอันตรกิริยาของอนุภาคนิวตรอนขึ้นกับพลังงานของอนุภาคนิวตรอนและโครงสร้างทางนิวเคลียร์ของนิวเคลียส แม้ธาตุชนิดเดียวกันแต่คนละไอโซโทปก็มีความสามารถในการเกิดอันตรกิริยากับอนุภาคนิวตรอนต่างกัน



รูปที่ 1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลของรังสีเอกซ์พลังงาน 125 keV และนิวตรอนพลังงาน 0.0253 eV กับเลขอะตอมของธาตุ[1]

หลักทั่วไปในการกำบังอนุภาคนิวตรอนอาศัยการถ่ายเทพลังงานโดยการชนแบบยืดหยุ่นของอนุภาคนิวตรอนกับนิวเคลียสของธาตุที่มีขนาดใกล้เคียงกับอนุภาคนิวตรอน จนพลังงานของอนุภาคนิวตรอนลดลงเป็นเทอร์มอลนิวตรอน (Thermal neutron) ที่มีพลังงานสมดุลกับตัวกลาง ซึ่งไม่มีการสูญเสียพลังงานให้กับตัวกลางโดยการชน แต่ถูกจับโดยนิวไคลด์บางชนิดที่มีค่าภาคตัดขวางสูงเช่นโบรอน (Boron) วัสดุที่นิยมใช้ในการกำบังนิวตรอนส่วนใหญ่เป็นของแข็ง (ยกเว้นน้ำ) ทำให้มีข้อจำกัดในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนรูปร่าง แม้โพลีเมอร์แทบทุกชนิดสามารถนำมาหลอมขึ้นรูปใหม่ได้ แต่ก็ไม่สะดวกเหมือนอย่างวัสดุที่สามารถปั้นขึ้นรูปได้ Kenneth T. Faler ได้ทำการประดิษฐ์วัสดุกำบังอนุภาคนิวตรอนที่มีลักษณะคล้ายสบู่สามารถหล่อขึ้นรูปได้หลายครั้ง[2] โดยการผสมลิเธียม-6 คาร์บอเนต (Lithium-6-carbonate)กับ กรดไขมันสายยาว (long chain fatty acid) วัสดุที่ได้สามารถกำบังอนุภาคนิวตรอนเพราะมีส่วนประกอบของลิเธียมซึ่งสามารถจับอนุภาคนิวตรอนได้ ในทางการค้ามีวัสดุสำหรับกำบังนิวตรอนที่สามารถปั้นขึ้นรูปได้หลายๆ ครั้ง เช่น Neutron/Clay[3] , Boron Putty[4] ซึ่งเป็นวัสดุที่มีไฮโดรเจนสูงแล้วเติมโบรอนที่มีความสามารถในการจับเทอร์มอลนิวตรอน แต่วัสดุข้างต้นมีข้อจำกัดในด้านราคาต่อหน่วยที่ค่อนข้างสูง การทดลองนี้จึงเป็นการพัฒนาวัสดุให้มีคุณสมบัติกำบังนิวตรอนที่สามารถเปลี่ยนรูปร่างได้และมีราคาถูก

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อทำวัสดุกำบังนิวตรอนช้า จากวัสดุที่สามารถปั้นขึ้นรูปได้

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1. วัสดุที่ใช้เป็นองค์ประกอบหลักได้แก่ โพลีเมอร์และ/หรือดินน้ำมัน กรดบอริกชนิดผง
2. วัสดุกำบังที่ทำขึ้นต้องปั้นขึ้นรูปได้ และไม่มีรังสีตกค้างในระดับที่เป็นอันตรายหลังการใช้

1.4 ขั้นตอนและวิธีการในการดำเนินงานวิจัย

1. ค้นคว้าหาข้อมูลและผลงานที่เกี่ยวข้อง ศึกษาปัจจัยการเลือกวัสดุและวิธีทดลอง
2. หาสัดส่วนที่เหมาะสมขององค์ประกอบสำหรับกำบังนิวตรอนช้า
3. ปั้นขึ้นรูปเป็นชิ้นงานและทดสอบคุณสมบัติในการกำบังนิวตรอนช้า
4. ตรวจวัดปริมาณรังสีตกค้าง
5. วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้

ได้วัสดุสำหรับกำบังนิวตรอนช้า ซึ่งสามารถปั้นขึ้นรูปตามการใช้งาน และเป็นต้นแบบสำหรับพัฒนาวัสดุสำหรับกำบังรังสีอื่นๆ

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. S. I. Bhuiyan, F. U. Ahmed, A. S. Mollah และ M. A. Rahman[5] ทำการวิจัยเรื่อง **Studied of the Neutron Transport and Shielding Properties of Locally Developed Shielding Material : Poly-Boron** เป็นการศึกษาคุณสมบัติการกำบังนิวตรอนของ โพลีโบรอน(Poly-boron) ซึ่งเป็นวัสดุผสมของโพลีเอทธิลลีน พาราฟิน และโบรอน จากการวิจัยโพลีโบรอนมีค่าภาคตัดขวางมหภาค 0.161±0.0057 cm^{-1} ที่ความหนา 5 ซม. ซึ่งดีกว่าภาคตัดขวางมหภาคของพาราฟิน (0.109 cm^{-1})

2. Samir Abdul-Majid และ Fadel Othman[6] ทำการวิจัยเรื่อง **Neutron Attenuation Characteristics of Polyethylene, Polyvinyl Chloride, and Heavy Aggregate Concrete and Mortars** ในงานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติการกำบังรังสีของคอนกรีตโดยการเติมโพลีเมอร์ แร่แบไรต์ (Barite) และ ไพไรต์ (Pyrite) เพื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนและความสามารถในการกำบังนิวตรอนและรังสีแกมมา จากการวิจัยพบว่าวัสดุผสมของโพลีเอทธิลลีนกับปูนขาวและวัสดุผสมของโพลีไวนิลคลอไรด์กับปูนขาว ให้ผลการกำบังที่ดี แต่วัสดุชนิดแรกให้ผลที่ดีกว่า

3. Waleed H. Abulfaraj[7] ทำการวิจัยเรื่อง Special Concrete Shield Selection Using the Analytic Hierarchy Process งานวิจัยนี้เป็นงานวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ โดยเทคนิค Analytic Hierarchy Process (AHP) เพื่อเลือกวัสดุผสมของโพลีเอทธิลลีน และ โพลีไวนิลคลอไรด์ กับคอนกรีต โดยการเติมแร่แบไรต์และไพไรต์ ลงไปด้วย พบว่าวัสดุที่ให้ผลดีที่สุดคือ ไพไรต์-โพลีเอทธิลลีน-คอนกรีต

4. Reinhard Erast Vogel[8] ทำการวิจัยเรื่อง **Shape Polymeric Shield Against Neutron and Gamma Radiation** งานวิจัยนี้เป็นการประดิษฐ์วัสดุที่มีความสามารถในการกำบังนิวตรอนและรังสีแกมมาที่ทำให้อยู่ในรูปของแผ่นแข็ง แผ่นที่มีความยืดหยุ่น และการเคลือบผิววัสดุ โดยใช้พลาสติกเช่นยางในธรรมชาติหรือยางสังเคราะห์ มาผสมกับกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมตั้งแต่ 9 อะตอมขึ้นไปซึ่งมีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้องและในกรดไขมันนั้นจะมีอะตอมของโลหะบางตัวเช่น ตะกั่ว บิสมัส ทังสเตน เซอโคเนียม เหล็ก ดีบุก แคดเมียม ลิเธียม และ แบร์เรียม

5. Kenneth T. Faler ทำการวิจัยเรื่อง **Castable Neutron Sheild** โดยการประดิษฐ์วัสดุที่มีลักษณะคล้ายสบู่ แต่มีความสามารถในการกำบังนิวตรอนและสามารถหล่อขึ้นรูปใหม่ได้หลายครั้ง วัสดุที่เลือกใช้เป็นสารประกอบของลิเธียมอันได้แก่ ลิเธียม-6 คาร์บอเนต หรือ ลิเธียม-6 ไฮดรอกไซด์ มาผสมกับ กรดไขมันสายยาว เช่น กรดสเตียริก โดยผสมในสัดส่วนกรดสเตียริก 4-6 ส่วนต่อสารประกอบลิเธียม 1 ส่วน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย