

การศึกษาวิธีการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน



นายประสม สุขสว่าง

003793

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2524

I 16411941

A STUDY OF NEUTRON RADIOGRAPHY

MR. PRASOM SUKSAWANG

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Nuclear Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1981

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาวีธีการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน

โดย

นายประสม สุขสว่าง

ภาควิชา

นิวเคลียร์เทคโนโลยี

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีชา การสุทธิ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

*ประสม สุขสว่าง*

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประคิษฐ์ นูนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

*สุพรรณ แสงเพชร*

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ สุพรรณ แสงเพชร)

*วิรุฬห์ มังคละวิรัช*

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิรุฬห์ มังคละวิรัช)

*อัครชัย สุมิตร*

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อัครชัย สุมิตร)

*ปรีชา การสุทธิ*

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีชา การสุทธิ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์  
ชื่อนิติ  
อาจารย์ที่ปรึกษา  
ภาควิชา  
ปีการศึกษา

การศึกษาวิธีการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน  
นายประสม สุขสว่าง  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิชา การสุทธิ  
นิวเคลียร์เทคโนโลยี  
2523



บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการออกแบบอุปกรณ์พร้อมกับประกอบสร้างเป็นเครื่องมือเพื่อใช้ในการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน ในการทดลองใช้เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย-1/ปรับปรุงครั้งที่ 1 เป็นแหล่งกำเนิดเทอร์มัลนิวตรอนและความเข้มของเทอร์มัลนิวตรอนที่ใช้ในการถ่ายภาพคือ  $2.91 \times 10^6$  นิวตรอน ต่อตารางเซนติเมตร ต่อวินาที วิธีการถ่ายภาพโดยตรงใช้แผ่นเพิ่มความเข้มแกโดลิเนียมหนา 0.001 นิ้ว วางให้แนบสนิทข้างหลังแผ่นฟิล์ม และเวลาที่ใช้ในการถ่ายภาพประมาณ 100-150 วินาที ผลการตรวจสอบสามารถเห็นดินสอกระสุนที่บรรจุอยู่ในลูกปืนได้เป็นอย่างดี การถ่ายภาพโดยวิธีถ่ายภาพอ้อมใช้แผ่นเพิ่มความเข้มอินเดียมหนา 0.01 นิ้ว และแผ่นเพิ่มความเข้มคิสโปรเซียมหนา 0.001 นิ้ว ตามลำดับ ซึ่งผลจากการทดลองสามารถตรวจรายละเอียดโครงสร้างภายในของสารรังสีอิวเรเนียม-192 ได้เป็นอย่างดี

ผลการทดลองนี้สรุปได้ว่า เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่มีกำลังมากกว่า 1 กิโลวัตต์ เมื่อได้ออกแบบห้องบังกัมมันตภาพรังสีนิวตรอน ก็สามารถใช้เป็นประโยชน์สำหรับการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนได้ นอกจากนี้การถ่ายภาพด้วยนิวตรอนยังสามารถถ่ายภาพได้ในขณะที่การถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ทำไม่ได้

Thesis Title        A STUDY OF NEUTRON RADIOGRAPHY  
Name                MR. PRASOM SUKSAWANG  
Thesis Adviser     MR. PRICHA KARASUDDHI  
Department        Nuclear Technology  
Academic Year     1980

#### ABSTRACT

The object of this study was to design and construct a neutron radiography device and investigate its capacity for detecting an internal structure of sample. Thai Research Reactor-1/Modification 1 was used as the neutron source and the thermal neutron flux for neutron radiography was  $2.91 \times 10^6$  neutron-cm<sup>-2</sup>-sec<sup>-1</sup>. The direct technique was performed by using single intensifying screen of gadolinium (0.001 in) behind Kodak Industrex AA film and exposure time was about 100-150 sec. The neutron radiograph showed clearly the powder in the bullets. The indirect technique was also performed by using both indium (0.01 in) and dysprosium (0.001 in) as intensifying screen respectively and the neutron radiograph showed some details of the internal of Ir-192 source.

In conclusion, any nuclear reactor equipped with probe tube and capable of operating at power greater than 1 kW may be useful for neutron radiography. In addition, neutron radiography has been shown to provide an imaging capability where X-radiography is not practical.


## กติกกรรมประกาศ



วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือทั้งทางคำวิชาการ และเทคนิคในการทดลองจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีชา การสุทธิ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย ทั้งยังได้กรุณาตรวจทานและแก้ไข จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยดี และอีกท่านหนึ่งที่ยุ่เขียนจะลืมไม่ได้คือ ศาสตราจารย์ สุวรรณ แสงเพชร หัวหน้าภาควิชาชีวเคมีและเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ศึกษาคำผลการทดลองอย่างใกล้ชิด ซึ่งผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณท่านทั้งสองอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

นอกจากนี้ขอกราบขอบคุณ นายรัตน พุ่มเล็ก, นายวิรัช ศรีเพชรที่ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่ได้อนุญาต และอำนวยความสะดวกในการใช้ เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู และวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
รายการตารางประกอบ .....	ฎ
รายการภาพประกอบ .....	ฏ
	
บทที่	
1. บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย .....	2
1.3 วิธีดำเนินการวิจัย .....	2
1.4 การสำรวจ การวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง .....	2
1.5 ประโยชน์ที่จะได้จากการวิจัยเรื่องนี้ .....	3
2. ทฤษฎี .....	9
2.1 หลักของการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน .....	9
2.2 ปริมาณของนิวตรอนที่หายไปเนื่องจากสสาร .....	10
2.3 เครื่องปฏิกรณ์ฯ ที่ใช้สำหรับการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน .....	11
2.4 การบันทึกภาพที่ถ่ายด้วยนิวตรอน .....	14
2.5 คุณสมบัติในการอาบรังสี .....	16
3. เครื่องมือเครื่องใช้ในการทดลอง .....	23
3.1 เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย-1/ปรับปรุงครั้งที่ 1 .....	23
3.2 อุปกรณ์การปฏิบัติการทดลองและอาบรังสีนิวตรอน .....	23
3.3 แผนเพิ่มความเข้มนิวตรอน .....	23

3.4	แผ่นฟิล์มที่ใช้ .....	24
3.5	กลีบอุโมงิ์นั้มีป้องกันแสง .....	24
3.6	สารท้วอย่างที่นำมำถำยภำพ .....	24
3.7	ขบวนกำรล่ำงฟิล์ม .....	24
3.7.1	ห้องมืด .....	24
3.7.2	กั้งบรรจุน้ำยำเพื่อใช้ล่ำงฟิล์ม .....	25
3.8	เครื่งมือใช้วัดควำมเข้มที่เกิเกิดขึ้นบนฟิล์ม .....	27
3.9	เครื่งมือวัดหำควำมเข้มของนิวตรอน .....	28
3.10	แผนโลหะเพื่อใช้ในการหำควำมเข้มของนิวตรอน .....	28
3.11	เครื่งมือวัดอิทธิภำพควำมแรงของนิวตรอน .....	28
3.12	เครื่งมือวัดรังสีแกมมำปริมำณมำก .....	28
3.13	เครื่งมือวัดรังสีแกมมำปริมำณน้อย .....	28
3.14	เครื่งมือที่เพิ่มเติมจำกกำรออกแบบ .....	28
4.	วิธีทำและผลกำรทดลอง .....	
4.1	กำรออกแบบอุปกรณ์หุ้ยคล่ำนิวตรอนและรังสีแกมมำ .....	29
4.2	ทำกำรคิดกั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการถำยภำพ .....	32
4.3	ทำกำรทดสอบหำควำมโตและแนวของล่ำนิวตรอน .....	32
4.4	อิทธิภำส่วนแคคเมื่ยม .....	33
4.5	ทำกำรทดสอบหำอิทธิภำส่วนของเทอร์มัลนิวตรอนทอรังสีแกมมำ .....	34
4.6	ศึกษาและทำกำรทดลองถำยภำพคว่ำยเทอร์มัลนิวตรอนโดยวิธีหำงตรง .....	34
4.6.1	แผนเพิ่มควำมเข้มแกกโกลิเนียม .....	34
4.6.2	แผนเพิ่มควำมเข้มแคคเมื่ยม .....	39
4.7	ศึกษาและทดลองหำ Resolution ของแผนเพิ่มควำมเข้มแกกโกลิ- เนียมและแคคเมื่ยม .....	46



4.7.1	ทดสอบหา resolution ของแผ่นเพิ่มความเข้มแกโคลิเนียม (0.01") .....	46
4.7.2	ทดสอบหา resolution ของแผ่นเพิ่มความเข้มแคคเมียม (0.025") .....	47
4.8	ทำการถ่ายภาพควยนิวตรอนโดยวิธีทางตรงเพื่อตรวจสอบโครงสร้างภายในของสารตัวอย่าง .....	48
4.8.1	โดยใช้แผ่นเพิ่มความเข้มแกโคลิเนียม .....	49
4.8.2	โดยใช้แผ่นเพิ่มความเข้มแคคเมียม .....	51
4.9	ทำการถ่ายภาพสารตัวอย่างควยรังสีเอกซ์ .....	52
4.10	ศึกษาและทำการทดลองถ่ายภาพควยเทอร์มัลนิวตรอนโดยวิธีถ่ายภาพ	
4.10.1	แผ่นเพิ่มความเข้มอินเดียม .....	54
4.10.2	แผ่นเพิ่มความเข้มคิสโปรเซียม .....	56
4.11	ทำการถ่ายภาพสารรังสีอิริเดียม-192 ควยนิวตรอน .....	59
4.11.1	โดยใช้แผ่นเพิ่มความเข้มอินเดียม .....	59
4.11.2	โดยใช้แผ่นเพิ่มความเข้มคิสโปรเซียม .....	61
4.12	ทำการถ่ายภาพสารรังสีอิริเดียม-192 โดยใช้เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์	62
5.		
5.1	การคำนวณหาความเข้มของเทอร์มัลนิวตรอนตรงตำแหน่งที่จะใช้ถ่ายภาพควยนิวตรอนโดยวิธีประมาณ .....	64
5.2	การคำนวณหาความเข้มของเทอร์มัลนิวตรอน โดยใช้แผ่นโลหะบาง ๆ	67
5.3	การคำนวณเวลาในการถ่ายภาพควยนิวตรอน .....	69
6.	สรุปผลการทดลอง .....	70
	บรรณานุกรม .....	73
	ประวัติการศึกษา .....	76

## รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
1-1 การแบ่งอนุภาคนิวตรอนตามพลังงาน .....	5
1-2 แหล่งกำเนิดนิวตรอนที่ได้จากสารกัมมันตรังสี .....	7
2-1 ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน .....	14
2-2 รายละเอียดคร่าว ๆ ทางนิวเคลียร์ของโลหะบางชนิดที่ใช้เป็นแผ่นเพิ่มความ เข้มนิวตรอน .....	15
2-3 คุณสมบัติบางประการของแผ่นเพิ่มความเข้มเทอร์มัลนิวตรอน .....	16
3-1 แผ่นเพิ่มความเข้มนิวตรอนที่ใช้ในการศึกษาทดลอง .....	24
3-2 แสดงเวลา-อุณหภูมิในการล้างฟิล์มในน้ำยาสร้างภาพ .....	25
3-3 เวลาในการล้างฟิล์มในน้ำยาคงสภาพ .....	26
3-4 เวลาในการล้างฟิล์มในน้ำที่อุณหภูมิ 60 °F ถึง 70 °F .....	27
4-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการอบเทอร์มัลนิวตรอนกับความเข้มที่เกิด ขึ้นบนแผ่นฟิล์ม .....	35
4-2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการอบรังสีแกมมาที่ป้อนมาด้วยลำของเทอร์- มัลนิวตรอนกับความเข้มที่เกิดขึ้น .....	38
4-3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการอบเทอร์มัลนิวตรอนต่อตารางเซนติเมตร กับ ความเข้มที่เกิดขึ้นบนแผ่นฟิล์ม .....	39
4-4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการอบเทอร์มัลนิวตรอนกับความเข้มที่ เกิดขึ้นบนแผ่นฟิล์ม (สำหรับแผ่นเพิ่มความเข้มแคดเมียมหนา 0.025 นิ้ว) .....	41
4-5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการอบเทอร์มัลนิวตรอนกับความเข้มที่ เกิดขึ้นบนแผ่นฟิล์ม (สำหรับแผ่นเพิ่มความเข้มแคดเมียมหนา 0.050 นิ้ว) .....	41
4-6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการอบเทอร์มัลนิวตรอนต่อตารางเซนติเมตรกับ ความเข้มที่เกิดขึ้นบนแผ่นฟิล์ม .....	42

ตารางที่	หน้า
4-7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการอบเทอร์มัลนิวทรอนกับความชื้นที่เกิดขึ้นบนแผ่นฟิล์ม (สำหรับแผ่นเพิ่มความชื้นอินทรีย์) .....	55
4-8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการอบเทอร์มัลนิวทรอนกับความชื้นที่เกิดขึ้นบนแผ่นฟิล์ม .....	56
4-9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการอบเทอร์มัลนิวทรอนกับความชื้นที่เกิดขึ้นบนแผ่นฟิล์ม (สำหรับแผ่นเพิ่มความชื้นคิโสปรเซียม) .....	58
4-10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการอบเทอร์มัลนิวทรอนกับความชื้นที่เกิดขึ้นบนแผ่นฟิล์ม .....	59
5-1 ความชื้นของเทอร์มัลนิวทรอนรอบ ๆ แกนเครื่องปฏิกรณ์ฯ .....	64

รายการภาพประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงวิธีการวางตำแหน่งในการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน .....	9
2.2	แสดงถึงการเปรียบเทียบของ <b>mass attenuation coefficients</b> ของธาตุต่าง ๆ สำหรับรังสีเอกซ์และเทอร์มัลนิวตรอน .....	11
2.3	แสดงถึงการจับทอบังคัมปลานิวตรอน .....	13
2.4	แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างการอบเทอร์มัลนิวตรอนต่อความชื้นที่เกิดขึ้นบนฟิล์มชนิดต่าง ๆ โดยวิธีถ่ายภาพโดยตรง .....	18
2.5	แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างการอบเทอร์มัลนิวตรอนต่อความชื้นที่เกิดขึ้นบนฟิล์มชนิดต่าง ๆ โดยใช้แผ่นเพิ่มความชื้นแกโคลิเนียมหนา 0.025 มม. โดยวิธีถ่ายภาพโดยตรงและใช้แผ่นเพิ่มความชื้นคิสิโปรเซียมหนา 0.1 มม. สำหรับวิธีฉายทอด .....	19
2.6	วิธีการถ่ายภาพโดยตรง .....	20
2.7	วิธีการถ่ายภาพด้วยวิธีฉายทอด .....	21
2.8	แสดงถึงความแรงรังสีที่เพิ่มขึ้นและการสลายตัวของแผ่นเพิ่มความชื้นสำหรับการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยวิธีฉายทอด .....	22
4.1	แกนเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู เครื่องอำนวยความสะดวกในการอบรังสีและท่อที่ใช้ในการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน .....	30
4.2	อุปกรณ์หยุดคัมปลานิวตรอนและรังสีแกมมา .....	31
4.3	แสดงถึงความกว้างของลำเทอร์มัลนิวตรอนที่ใช้ในงานถ่ายภาพ .....	33
4.4	เส้นกราฟเทียบปรับระหว่างเวลาในการอบเทอร์มัลนิวตรอนกับความชื้นที่เกิดขึ้นบนแผ่นฟิล์มสำหรับแผ่นเพิ่มความชื้นแกโคลิเนียมหนา 0.001 นิ้ว .....	37
4.5	แสดงเส้นกราฟเทียบปรับระหว่างการอบเทอร์มัลนิวตรอนต่อความชื้นที่เกิดขึ้นบนแผ่นฟิล์มสำหรับแผ่นเพิ่มความชื้นแกโคลิเนียมหนา 0.001 นิ้ว .....	40

4.6 เสนอกราฟเทียบปรับระหว่างเวลาในการอบเทอร์มัลนิวตรอนกับความ-  
 เชื้อที่เกิดขึ้นบนแผ่นฟิล์ม สำหรับแผนเพิ่มความเข้มแคคเมียมหนา 0.025 นิ้ว 43

4.7 เสนอกราฟเทียบปรับระหว่างเวลาในการอบเทอร์มัลนิวตรอนกับความเข้มที่  
 เกิดขึ้นบนแผ่นฟิล์มสำหรับแผนเพิ่มความเข้มแคคเมียมหนา 0.05 นิ้ว .... 44

4.8 แสดงเสนอกาฟเทียบปรับระหว่างการอบเทอร์มัลนิวตรอนคอกความเข้มที่  
 เกิดขึ้นบนแผ่นฟิล์มสำหรับแผนเพิ่มความเข้มแคคเมียมหนา 0.025 นิ้ว ... 45

4.9 แสดงวิธีการถ่ายภาพทวายนิวตรอนเพื่อทดสอบ resolution ของแผนเพิ่ม  
 ความเข้มแกกโคลิเนียม ..... 46

4.10 แสดงการถ่ายภาพสารทวอยางทดสอบ resolution ที่ทำควายนแคคเมียม โดย  
 วิธีถ่ายภาพทวายนิวตรอนและใช้แผนเพิ่มความเข้มแกกโคลิเนียม ..... 47

4.11 แสดงการถ่ายภาพสารทวอยางทดสอบ resolution ที่ทำควายนแคคเมียม  
 โดยวิธีถ่ายภาพทวายนิวตรอน และใช้แผนเพิ่มความเข้มแคคเมียม ..... 48

4.12 เวลาในการถ่ายภาพทวายนิวตรอน 100 วินาที โดยใช้แผนเพิ่มความเข้ม  
 แกกโคลิเนียม ..... 50

4.13 เวลาในการถ่ายภาพทวายนิวตรอน 150 วินาที โดยใช้แผนเพิ่มความเข้ม  
 แกกโคลิเนียม ..... 50

4.14 เวลาในการถ่ายภาพทวายนิวตรอน 150 วินาที โดยใช้แผนเพิ่มความเข้ม  
 แคคเมียม ..... 51

4.15 เวลาในการถ่ายภาพทวายนิวตรอน 200 วินาที โดยใช้แผนเพิ่มความเข้ม  
 แคคเมียม ..... 52

4.16 แสดงการถ่ายภาพทวอยางรังสีเอกซโดยใช้พลังงานของคลื่นทาง ๆ กัน .... 53

4.17 แสดงเสนอกาฟเทียบปรับระหว่างการอบเทอร์มัลนิวตรอนกับความเข้มที่  
 เกิดขึ้นบนแผ่นฟิล์มสำหรับแผนเพิ่มความเข้มอินเดียมหนา 0.010 นิ้ว โดย  
 วิธีถ่ายภาพทวอยาง ..... 57

4.18	แสดงเส้นกราฟเทียบปรับระหว่างการอาบเทอร์มันัลนิวตรอนกับความเข้ม ที่เกิดชั้นบนชั้นฟิล์มสำหรับแผ่นเพิ่มความเข้มคิสโปร เชื่อมหนา 0.001 นิ้ว โดยวิธีถ่ายทอก .....	60
4.19	แสดงการถ่ายภาพสารรังสีอิริเดียม-192 ด้วยนิวตรอนโดยวิธีถ่ายทอกและ ใช้แผ่นเพิ่มความเข้มอินเดียม .....	61
4.20	แสดงการถ่ายภาพสารรังสีอิริเดียม-192 ด้วยนิวตรอนโดยวิธีถ่ายทอกและ ใช้แผ่นเพิ่มความเข้มคิสโปร เชื่อม .....	62
4.21	แสดงการถ่ายภาพสารรังสีอิริเดียม-192 ด้วยรังสีเอกซ์ .....	63
5.1	แสดงภาพแผนผังของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย 1-ปรับปรุงครั้งที่ 1	65
5.2	แกนเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย 1-ปรับปรุงครั้งที่ 1 เมื่อเดินเครื่องที่ ตำแหน่ง Thermal column .....	66