

การถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยเทคนิคแตรีก-เอตซ์



นาย นิวัฒน์ ตะโพนทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดำเนินการตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2531

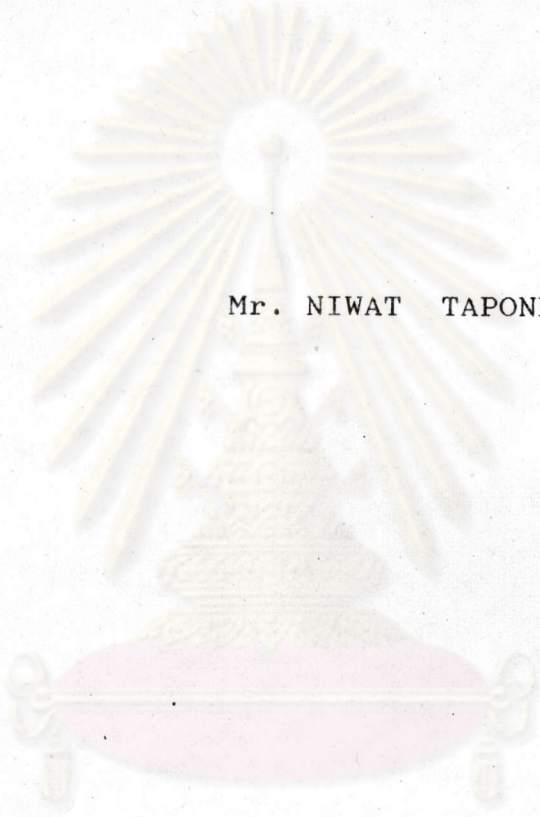
ISBN 974-568-926-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

014305

I10301227

NEUTRON RADIOGRAPHY USING TRACK-ETCH TECHNIQUE



Mr. NIWAT TAPONETHONG

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirments
for the Degree of Master of Engineering

Department of Nuclear Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1988

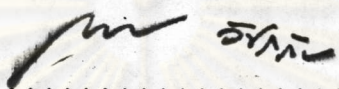
ISBN 974-568-926-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์
โดย
ภาควิชา
อาจารย์ที่ปรึกษา

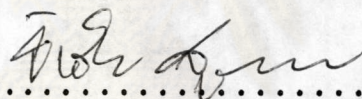
การถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยเทคนิคแทรก-เอตซ์
นายนิวัฒน์ ตะโพนทอง
นิเวศลิษฐ์เทคโนโลยี
ดร.มนูญ อร่ามรัตน์
พศ.นเรศร์ จันทน์ขาว

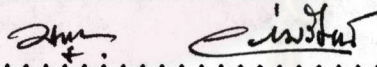


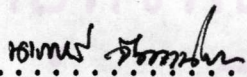
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

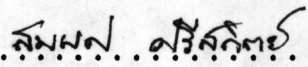

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรากัญ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธัชชัย สุมิตร)


..... กรรมการ
(ดร.มนูญ อร่ามรัตน์)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว)


..... กรรมการ
(อาจารย์ สมยศ ศรีสภิตย์)



นิพนธ์ ตะโพนทอง : การถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยเทคนิคแตร็ก-เอตช์ (NEUTRON RADIOGRAPHY USING TRACK-ETCH TECHNIQUE) อ.ที่ปรึกษา : ดร.บุญญ อร่ามรัตน์ ผศ.นเรศร์ จันทร์ขาว, 109 หน้า

การทดลองได้ใช้ท่อขนาด 8 นิ้ว เป็นตัวบังคับลำนิวตรอน จากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย-1/ปรับปรุงครั้งที่ 1 (ปว-1/1) ของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ซึ่งใช้เป็นต้นกำเนิดนิวตรอน มีนิวตรอนฟลักซ์ที่ตำแหน่งชิ้นงานประมาณ 7×10^6 นิวตรอนต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที และพื้นที่ตรวจสอบชิ้นงานมากที่สุด เท่ากับ 7.9×7.9 เซนติเมตร

ผลการวิจัยพบว่า ระยะเวลาในการถ่ายภาพที่เหมาะสมคือ 60 ถึง 150 นาที และใช้เวลาในการกัดขยายรอยอนุภาคบนแผ่นภาพ โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 10 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที วิธีการถ่ายภาพดังกล่าวได้ใช้ถ่ายภาพวัสดุธาตุเบาและวัสดุมีรังสีได้ผลตรงตามแนวทฤษฎีทุกประการ

ได้พัฒนาการถ่ายภาพจากแผ่นฟิล์มที่รอยแตร็ก-เอตซ์ลงบนกระดาษอัดภาพขาวดำ โดยใช้รับแสงขนาด 4.5 มิลลิเมตร และเวลาที่เปิดแสง 3 ถึง 6 วินาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วัสดุศาสตร์
สาขาวิชา วัสดุศาสตร์
ปีการศึกษา 2530

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา อนุชิต วัฒนกุล



NIWAT TAPONETHONG : NEUTRON RADIOGRAPHY USING TRACK-ETCH TECHNIQUE.
THESIS ADVISOR : Dr.MANOON ARAMRATANA, Asst.Prof.NARES CHANKOW,
Ed.D.109 pp.

The experiment was conducted with 8-inches beam tube of the THAI RESEARCH REACTOR (TRR-1/M1) of THE OFFICE of ATOMIC ENERGY for PEACE as neutron flux at the sample of approximately 7×10^6 neutron/cm²/sec having maximum effective beam area of 7.9x7.9 centimeters.

It was found that the suitable exposure time for radiography was between 30-150 minutes and time about 15 minutes was suitable for track-etching of the exposed film by using 10% concentration of sodium hydroxide solution at 60 celcius.

The technique was sucessfully applied to neutron radiograph of various ligt materials including gamma radiating material. Transfer of track-etch procedure to photographic papers were also developed by using 4.5 millimeters aperture opening with exposure time between 3 to 6 seconds.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมโลหการ
สาขาวิชา วิศวกรรมโลหการ
ปีการศึกษา 2530

ลายมือชื่อนิสิต ส. วิชา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา มานู อรามรัตนา



กิตติกรรมประกาศ

ผลการวิจัยชิ้นนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีจากการชี้แนะ และช่วยเหลือเป็นอย่างดี
ของ ดร.มบุญ อร่ามรัตน์ ผู้อำนวยการกองปฏิบัติการปฏิบัติ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ
และ ผศ.นเรศร์ จันทน์ขาว อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี คณะวิศวกรรม-
ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้เขียนจึงขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทั้งสอง เป็นอย่างสูง
มา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่กองฟิสิกส์ กองเคมี กองสุขภาพ และกองปฏิบัติการปฏิบัติ
สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในค่านเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์
ที่จำเป็นแก่การทดลอง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.รัชชีย์ สุนิทร (หัวหน้าภาควิชา) และอาจารย์ประจำภาค
วิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีทุกท่าน ที่ให้ความสนับสนุนมาโดยตลอด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ๖

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ๗

กิตติกรรมประกาศ ๘

สารบัญตารางประกอบ ๑๑

สารบัญรูปประกอบ ๑๒

บทที่

1. บทนำ 1

 1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1

 1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย 2

 1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย 2

 1.4 การสำรวจการวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง 3

 1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 4

 1.6 วิวัฒนาการของการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน 4

 1.7 วิธีการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน 6

2. ทฤษฎีแตรีก-เอดซ์และการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน 9

 2.1 ทฤษฎีแตรีก-เอดซ์และการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน 9

 2.2 อนุภาคอัลฟา 19

 2.3 การตรวจสอบโดยไมโครทาลาย 26

 2.4 เทคนิคการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน 30

 2.5 การถ่ายภาพด้วยนิวตรอนด้วยเทคนิคแตรีก-เอดซ์ 37

บทที่

3.	การดำเนินการและผลการทดลอง	40
3.1	อุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการทดลอง	40
3.2	สร้างอุปกรณ์ที่ใช้ถ่ายภาพด้วยนิวตรอนจากต้นกำเนิด ฟลูทเนียม-เบริลเลียม	41
3.3	ทดสอบลำนิวตรอนจากต้นกำเนิดฟลูทเนียม-เบริลเลียม	43
3.4	ถ่ายภาพชิ้นงาน S-1 ด้วยต้นกำเนิดฟลูทเนียม-เบริลเลียม..	45
3.5	ดัดแปลงและติดตั้งอุปกรณ์เพื่อใช้ถ่ายภาพด้วยนิวตรอนจาก เครื่องปฏิกรณ์ บปว-1/1	46
3.6	ทดสอบลำนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ บปว-1/1	46
3.7	ตรวจสอบความเข้มนิวตรอนฟลักซ์ที่ชิ้นงานทดสอบ	49
3.8	หาอัตราส่วนแคดเมียม	52
3.9	หาเงื่อนไขการกักขยายรอยอนุภาคบนฟิล์ม	53
3.10	ทดสอบเรโซลูชัน	54
3.11	ถ่ายภาพชิ้นงาน S-1 ด้วยนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ ฯ	57
3.12	ถ่ายภาพก้อนโพลิเอทิลีนพสมโรยละ 5 และ ร้อยละ 32 ด้วยนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ บปว-1/1	58
3.13	ถ่ายภาพต้นกำเนิดรังสีแกมมา (อิริเดียม-192) ด้วยนิวตรอน จากเครื่องปฏิกรณ์ ฯ	59
3.14	ถ่ายภาพชิ้นงาน S-1 ก้อนโพลิเอทิลีน ฯ และต้นกำเนิดรังสี แกมมา (อิริเดียม-192)	60
3.15	พัฒนาการอ่านผลจากฟิล์ม	62
3.16	เปรียบเทียบผลการถ่ายภาพชิ้นงานที่ถ่ายด้วยนิวตรอน กับรังสีเอกซ์	67

บทที่

4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	71
4.1 การถ่ายภาพด้วยนิวตรอนจากต้นกำเนิดพลูทเนียม-เบริลเลียม	
4.2 ข้อเสนอแนะ	72
เอกสารอ้างอิง	76
ภาคผนวก	78
ประวัติผู้เขียน	98



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญตารางประกอบ

หน้า

ตารางที่

2.1	ค่าของมุมกรวยที่เกิดกับวัสดุชนิดต่าง ๆ	19
2.2	การเปรียบเทียบกรรมวิธีต่าง ๆ ของการตรวจสอบ โดยไม่ทำลาย	27
2.3	ต้นกำเนิดเทอร์มินัลทรอนแบบต่าง ๆ	29
2.4	คุณลักษณะของคอนเวอเตอร์สกรีน	35
2.5	ความเข้มของลำนิวตรอนที่ใช้ในวิธีการถ่ายภาพ	37
2.6	คุณสมบัติของลิเทียมฟลูออไรด์ และโบรอนคาร์ไบด์ คอนเวอเตอร์สกรีน	39
3.1	อุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการทดลอง	41
3.2	ผลการวัดระดับรังสีจากต้นกำเนิดฟลูโทเนียม-เบริลเลียม ที่ตำแหน่งต่าง ๆ	42
3.3	ผลการวัดระดับรังสีจากเครื่องปฏิกรณ์ ฯ ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ..	49
3.4	นิวตรอนฟลักซ์ที่ตำแหน่งขึ้นงานซึ่งได้จากอินเดียมและทอง ...	52
3.5	อัตราส่วนแคดเมียมที่ได้จากการวัดนิวตรอนฟลักซ์	52
3.6	เงื่อนไขการกักขยายรอยอนุภาคบนฟิล์มที่ใช้เวลาต่างกัน ฯ ..	53
3.7	ข้อมูลการถ่ายภาพจากฟิล์มเซลลูโลสไนเตรท	66
3.8	ข้อมูลการถ่ายภาพจากฟิล์ม AA-5	66
3.9	ข้อมูลการถ่ายภาพที่ถ่ายรยอนุภาคจากกล้องจุลทรรศน์	67
3.10	ข้อมูลการล้างกระดาษอัดภาพเบอร์ 4	67
3.11	เปรียบเทียบผลการถ่ายภาพขึ้นงานที่ถ่ายด้วยนิวตรอน และรังสีเอกซ์	69
3.12	ผลการวัดความเข้มของฟิล์มที่ถ่ายด้วยนิวตรอน	69
3.13	ผลการวัดความเข้มของฟิล์มที่ถ่ายด้วยรังสีเอกซ์	70

ตารางที่ (ต่อ)

4.1	สรุปผลการถ่ายภาพชิ้นงานด้วยนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ ฯ	74
4.2	สรุปผลการถ่ายภาพชิ้นงานด้วยรังสีเอกซ์	75



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญรูปรประกอบ

รูปที่

1.1	การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเชิงมวลของธาตุต่าง ๆ สำหรับรังสีเอกซ์และเทอร์มินิวตรอน	5
1.2	อุปกรณ์ที่สำคัญของระบบการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน	12
1.3	การถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยวิธีถ่ายภาพทอด	13
2.1	การเกิดรอยอนุภาคตามทฤษฎีไอออนเอกซ์โพสิชันสไปด	11
2.2	ลักษณะของรอยอนุภาคในอะตอมของฟลูออรีนและโพลิเมอร์	12
2.3	ลักษณะรอยอนุภาคหลังจากถูกกักขายรอยด้วยสารละลายเคมี	13
2.4	รูปทรงของรอยอนุภาคที่ความเร็ว V_T และ V_G คงที่	14
2.5	รูปทรงของรอยอนุภาคที่เกิดเมื่อค่า V_T เพิ่มขึ้น	15
2.6	รูปร่างของรอยอนุภาคที่ถูกกักขายในลักษณะต่าง ๆ	16
2.7	การสลายตัวของอนุภาคอัลฟา	20
2.8	กราฟความสัมพันธ์ของพิสัยกับพลังงานของอนุภาคอัลฟา	24
2.9	ตัวบ่งคืบลำนิวตรอนแบบมัลติสลิท	31
2.10	ตัวบ่งคืบลำนิวตรอนแบบไดเวอร์เจนท์	31
2.11	ตัวบ่งคืบลำนิวตรอนแบบเฟลนทิวบ์	32
2.12	ลักษณะลำนิวตรอนที่ได้จากตัวบ่งคืบลำนิวตรอนแบบเฟลนทิวบ์	33
2.13	การดูดกลืนนิวตรอนและการสลายตัวของคอนเวอร์เตอร์สกรีน	36
2.14	แผนผังอย่างง่ายของการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนด้วยเทคนิคแทร็ก-เอตซ์	38
3.1	อุปกรณ์ก้างรังสีและช่องบ่งคืบลำนิวตรอน	41
3.2	การวัดระดับรังสีและตำแหน่งที่ทำการวัด	42
3.3	แผนภาพการการทดสอบลำนิวตรอนจากต้นกำเนิดนิวตรอนฟลูออโรเนียม-เบริลเลียม	43

รูปที่ (ต่อ)

3.4 ความมืดของลำนีวตรอนที่ได้จากต้นกำเนิดพลูทเนียม-เบริลเลียม. 45

3.5 ภาพถ่ายชิ้นงาน S-1 ด้วยพลูทเนียม-เบริลเลียม 46

3.6 แผนผังเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย บปว-1/1 47

3.7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ ฯ
และชุดกาบังรังสี 48

3.8 ความมืดของลำนีวตรอนที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์ ฯ 50

3.9 การติดตั้งแผ่นอินเดียมและทองกับดักบอลูมิเนียม 52

3.10 ผลการกัตขยายรอยชิ้นงาน PSW ด้วยเวลาต่าง ๆ 54

3.11 ภาพถ่ายของรอยอนุภาคที่ถูกกัตขยายรอยของชิ้นงาน PSW 55

3.12 ผลภาพถ่ายจากการทดสอบเรโซลูชัน 57

3.13 ภาพผลการถ่ายชิ้นงาน S-1 ที่เวลาต่าง ๆ 58

3.14 ผลการถ่ายภาพก้อนโพลิเอทิลีนผสมบีรอนร้อยละ 5
และร้อยละ 32 59

3.15 ภาพอิริเดียม-192 ที่ถ่ายด้วยนิวตรอน 59

3.16 ภาพถ่ายชิ้นงาน S-1 ที่ถ่ายด้วยรังสีเอกซ์ 60

3.17 ผลการถ่ายภาพของก้อนโพลิเอทิลีน ฯ ด้วยรังสีเอกซ์ 60

3.18 การจัดอุปกรณ์การอัดภาพลงบนกระดาษอัดภาพ 63

3.19 ภาพของชิ้นงานและภาพที่ได้จากฟิล์มเซลลูโลสไนเตรท 64

3.20 เปรียบเทียบภาพชิ้นงานที่ถ่ายด้วยนิวตรอนและรังสีเอกซ์ 68