การคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยนิวตรอนโดยใช้เทคนิคฟิล์ม

นางเสมอใจ ศุภรเชาว์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-13-0907-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I20072567 18 S.A. 2545

NEUTRON COMPUTED TOMOGRAPHY USING FILM TECHNIQUE

Mrs. Samerjai Supornchao

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 2000

ISBN 974-13-0907-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยนิวตรอนโดยใช้เทคนิคฟิล์ม
โดย	นางเสมอใจ ศุภรเชาว์
สาขาวิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ สมยศ ศรีสถิตย์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรรถพร ภัทรสุมันต์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ สมยศ ศรีสถิตย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรรถพร ภัทรสุมันต์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ)

เสมอใจ ศุภรเชาว์ : การคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยนิวตรอนโดยใช้เทคนิคฟิล์ม. NEUTRON COMPUTED TOMOGRAPHY USING FILM TECHNIQUE อ. ที่ปรึกษา : รศ.สมยศ ศรีสถิตย์, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ผศ.อรรถพร ภัทรสุมันต์ , 65 หน้า. ISBN 974-13-0907-4.

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยใช้เทคนิคฟิล์มเพื่อการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี ซึ่งสามารถให้รายละเอียดของภาพตัดขวางของชิ้นงานที่ประกอบไปด้วยทั้งธาตุหนักและธาตุเบาได้ดี โดยออกแบบชุดกำบังรังสีสำหรับการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนและปรับปรุงระบบสแกนอ่าน ข้อมูลโปรไฟล์บนฟิล์ม กำหนดให้ชิ้นงานหมุนด้วยมุมครั้งละ 3.6 องศา หรือ 7.2 องศา และเลื่อนฟิล์มครั้งละ 1 เซนติเมตร ได้ข้อมูลภาพ 20 ภาพต่อฟิล์ม โดยระบบทำงานด้วยชุดควบคุมอัตโนมัติ เมื่อใช้ต้นกำเนิดนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว.-1/1 เดินเครื่องด้วยกำลัง 700 กิโลวัตต์ ถ่ายภาพและคำนวณสร้างภาพจากข้อมูลโปรไฟล์ ได้ภาพโทโมกราฟีที่มีความคมชัดและรายละเอียดเป็นที่น่าพอใจ พบว่ามีค่ารีโซลูชัน 1.5 มิลลิเมตร

ภาควิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา สมยศ ศรีสถิตย์
ปีการศึกษา	2543	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

4070486021 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY

KEY WORD: COMPUTED TOMOGRAPHY / NEUTRON RADIOGRAPHY

SAMERJAI SUPORNCHAO : NEUTRON COMPUTED TOMOGRAPHY USING FILM TECHNIQUE THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF. SOMYOT SRISATIT, THESIS COADVISOR : ASSIST.PROF. ATTAPORN PATTARASUMUNT, 65 pp. ISBN 974-13-0907-4.

The neutron radiography system for neutron computed tomography (NCT) using film technique was developed for this research. The cross section images could be displayed a good definition of the object which is composed of heavy and light materials. Neutron radiography shielding system was designed while the densitometer scanning system was modified for data acquisition. The step angle of rotation could be selected to 3.6 or 7.2 degree and 20 images could be obtained for 1 cm step width on x-ray film that is controlled by a controller unit. The neutron source from Thai Nuclear Research Reactor TRR1/1M 700 kW in operation was used for neutron radiography. The profile data could be used for the CT image reconstruction. The CT images were found to be satisfactory in contrast and definition. The resolution of CT image was found to be 1.5 mm.

Department	Nuclear Technology	Student's signature .....
Field of study	Nuclear Technology	Advisor's signature .....
Academic year	2000	Co-advisor's signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ผู้เขียนขอแสดงความขอบคุณอย่างสูงต่อ รองศาสตราจารย์ สมยศ ศรีสถิตย์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่เอาใจใส่ดูแลให้คำแนะนำแก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรรถพร ภัทรสุมันต์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้คำแนะนำการใช้โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ รองศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว ที่ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในงานวิจัย อาจารย์ในภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยีทุกท่านที่ให้ความรู้เป็นพื้นฐานในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ นายวิเชียร รตนธงชัย รวมถึงเจ้าหน้าที่กองฟิสิกส์และกองปฏิกรณ์ปฏิบัติทุกท่านที่ให้ความเอื้อเฟื้อ และอำนวยความสะดวกตลอดการทำงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ นายกิติพงศ์ อดิชาติพงศ์กุล เรืออากาศตรี นพดล นาคเงิน นายภาณุพันธ์ เข็มหนู นายชลัมภ์ อุ่นอารีย์ นางสาวฐิติมา ธัญญานิติ นางสาวพรรณี เสถียรศรี นางสาวเพ็ญนภา เครือเขียว นายเสกสรร สาธุธรรม รวมถึงเพื่อนนิสิตภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยีทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในงานวิจัยนี้ และบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยนี้

ขอขอบคุณ นายปรีชา ศุภรเชาว์ ที่ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนตลอดมาจนสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 2

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยนี้ 2

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2. ทฤษฎี 5

2.1 นิวตรอน 5

2.2 ต้นกำเนิดนิวตรอน 5

2.2.1 เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู 5

2.2.2 เครื่องเร่งอนุภาค 7

2.2.3 ต้นกำเนิดนิวตรอนแบบไอโซโทปรังสี 7

2.3 พลังงานของนิวตรอน 8

2.4 อันตรกิริยาของนิวตรอนต่อสสาร 10

2.5 ภาคตัดขวางนิวตรอน 13

2.6 ฉากเปลี่ยนนิวตรอน 14

2.6.1 ฉากเปลี่ยนนิวตรอนชนิดแผ่นโลหะ 14

2.6.2 ฉากเปลี่ยนนิวตรอนชนิดปลดปล่อยแสง 15

2.6.3 ฉากเปลี่ยนนิวตรอนสำหรับฟิล์มแทรค-เอตช์ 15

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
	2.7 หลักการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน	16
	2.8 ลักษณะงานที่เหมาะสำหรับการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน	17
	2.9 ส่วนประกอบของการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน	17
	2.10 วิธีการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน	18
	2.11 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของภาพถ่ายด้วยนิวตรอน	21
	2.12 การลดความเข้มนิวตรอน	22
	2.13 หลักการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี	22
	2.14 วิธีการกรองด้วยฟิลเตอร์ฟังชันของ Shepp-Logan	24
	2.15 วิธีการแบคโปรเจกชัน	24
3.	เครื่องมือและการออกแบบอุปกรณ์การวิจัย	26
	3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	26
	3.2 ระบบการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน	27
	3.3 การออกแบบชุดบันทึกภาพ	28
	3.4 การออกแบบชุดกำบังรังสี	29
	3.5 การปรับปรุงชุดควบคุมสำหรับการถ่ายภาพด้วยรังสี	30
	3.6 เครื่องสแกนอ่านความดำฟิล์มเอกซเรย์แบบอัตโนมัติ	31
	3.7 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี	31
	3.8 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้สำหรับปรับแก้ข้อมูลโปรไฟล์เนื่องจากรังสีแกมมา	32
4.	การทดลองและผลการทดลอง	33
	4.1 การหาเงื่อนไขในการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยอุปกรณ์ที่ออกแบบ	33
	4.2 ผลการสร้างภาพโทโมกราฟี	37
	4.2.1 ชิ้นงานทดสอบที่ 1	37
	4.2.2 ชิ้นงานทดสอบที่ 2	38
	4.2.3 ชิ้นงานทดสอบที่ 3	40
	4.2.4 ชิ้นงานทดสอบที่ 4	42
	4.2.5 ชิ้นงานทดสอบที่ 5	43
	4.2.6 ชิ้นงานทดสอบที่ 6	45
	4.2.7 ชิ้นงานทดสอบที่ 7	46

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ หน้า

4.3 ค่ารีโซลูชัน 48

4.4 การหาค่าภาคตัดขวางรวมนิวตรอน 49

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 51

5.1 สรุปผลการวิจัย 51

5.2 ข้อเสนอแนะ 52

รายการอ้างอิง 54

บรรณานุกรม 55

ภาคผนวก 57

ภาคผนวก ก การกำบังนิวตรอนและรังสีแกมมา 58

ภาคผนวก ข โปรแกรมคำสั่งการตัดความดำของรังสีแกมมาจากภาพถ่ายด้วยนิวตรอน 62

ประวัติผู้วิจัย 65

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบต้นกำเนิดนิวตรอนสำหรับการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน 8

ตารางที่ 2.2 การจำแนกชนิดของนิวตรอนตามระดับพลังงาน 9

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของฉากเปลี่ยนนิวตรอนบางชนิด 16

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติของฉากเปลี่ยนนิวตรอน 20

ตารางที่ 2.5 สรุปปัจจัยที่มีผลต่อภาพถ่ายนิวตรอน 21

ตารางที่ 4.1 ค่าภาคตัดขวางการดูดกลืนและค่าภาคตัดขวางการกระเจิงนิวตรอน
ของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง 49

ตารางที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเลขซีทีและค่าภาคตัดขวางรวมของนิวตรอน 50

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ท่อนำนิวตรอนสำหรับการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน 6
รูปที่ 2.2 แผนภาพอันตรกิริยาของนิวตรอนต่อสสาร 12
รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การทะลุผ่านของรังสีเอกซ์พลังงาน 125 keV และนิวตรอนพลังงาน 0.0253 eV กับเลขอะตอมของธาตุ 16
รูปที่ 2.4 การถ่ายภาพโดยวิธีถ่ายตรง 18
รูปที่ 2.5 การถ่ายภาพโดยวางฉากเปลี่ยนนิวตรอนไว้ที่ด้านหน้าของฟิล์ม 19
รูปที่ 2.6 การถ่ายภาพโดยวางฉากเปลี่ยนนิวตรอนไว้ที่ด้านหลังของฟิล์ม 19
รูปที่ 2.7 การถ่ายภาพโดยวิธีถ่ายทอด 20
รูปที่ 2.8 แผนภาพการเก็บข้อมูลโปรไฟล์ 22
รูปที่ 2.9 แผนภาพวิธีการแบคโปรเจกชัน 25
รูปที่ 3.1 แผนภาพระบบอุปกรณ์ถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยเทคนิคฟิล์ม 27
รูปที่ 3.2 (ก) ภาพถ่ายตลับคาสเซ็ทและฉากเปลี่ยนนิวตรอน NE 426 28
รูปที่ 3.2 (ข) แผนภาพการจัดฟิล์มและฉากเปลี่ยนนิวตรอนภายในตลับอะลูมิเนียม 29
รูปที่ 3.3 การจัดวางอุปกรณ์ถ่ายภาพมองจากด้านบนและด้านข้าง 29
รูปที่ 4.1 ข้อมูลความเข้มเมื่อถ่ายภาพชิ้นงานด้วยรังสีแกมมาและนิวตรอน 34
รูปที่ 4.2 ข้อมูลความเข้มเมื่อถ่ายภาพชิ้นงานด้วยรังสีแกมมา 35
รูปที่ 4.3 ข้อมูลความเข้มเมื่อไม่มีชิ้นงานจากรังสีแกมมาและนิวตรอน 35
รูปที่ 4.4 ข้อมูลความเข้มเมื่อไม่มีชิ้นงานจากรังสีแกมมา 36
รูปที่ 4.5 ข้อมูลความเข้มเมื่อปรับแก้ค่าแล้ว 36
รูปที่ 4.6 (ก) ภาพชิ้นงานทดสอบที่ 1 37
รูปที่ 4.6 (ข) แผนภาพของชิ้นงานทดสอบที่ 1 37
รูปที่ 4.6 (ค) ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบที่ 1 38
รูปที่ 4.7 (ก) ภาพชิ้นงานทดสอบที่ 2 39
รูปที่ 4.7 (ข) แผนภาพของชิ้นงานทดสอบที่ 2 39
รูปที่ 4.7 (ค) ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบที่ 2 40
รูปที่ 4.8 (ก) ภาพชิ้นงานทดสอบที่ 3 40
รูปที่ 4.8 (ข) แผนภาพของชิ้นงานทดสอบที่ 3 41

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.8 (ค) ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบที่ 3 41
รูปที่ 4.9 (ก) ภาพชิ้นงานทดสอบที่ 4 42
รูปที่ 4.9 (ข) แผนภาพของชิ้นงานทดสอบที่ 4 42
รูปที่ 4.9 (ค) ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบที่ 4 43
รูปที่ 4.10 (ก) ภาพชิ้นงานทดสอบที่ 5 43
รูปที่ 4.10 (ข) แผนภาพของชิ้นงานทดสอบที่ 5 44
รูปที่ 4.10 (ค) ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบที่ 5 44
รูปที่ 4.11 (ก) ภาพชิ้นงานทดสอบที่ 6 45
รูปที่ 4.11 (ข) แผนภาพของชิ้นงานทดสอบที่ 6 45
รูปที่ 4.11 (ค) ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบที่ 6 46
รูปที่ 4.12 (ก) ภาพชิ้นงานทดสอบที่ 7 46
รูปที่ 4.12 (ข) แผนภาพของชิ้นงานทดสอบที่ 7 47
รูปที่ 4.12 (ค) ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบที่ 7 48
รูปที่ 4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิกเซลกับค่าเลขซีที 49
รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเลขซีทีกับค่าภาคตัดขวางรวมของนิวตรอน 50