การพัฒนาระบบเก็บข้อมูลโปรไฟล์เพื่อการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยนิวตรอนสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว-1/1

นายก่อเกียรติ สุขรอด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF A PROFILE DATA ACQUISITION SYSTEM FOR NEUTRON COMPUTED TOMOGRAPHY FOR THE THAI RESEARCH REACTOR TRR-1/M1

MR.KOKIAT SUKROD

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Nuclear Technology
Department of Nuclear Technology
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาระบบเก็บข้อมูลโปรไฟล์เพื่อการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยนิวตรอนสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว-1/1
โดย	นายก่อเกียรติ สุขรอด
สาขาวิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ สมยศ ศรีสถิตย์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรรถพร ภัทรสุมันต์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ สมยศ ศรีสถิตย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรรถพร ภัทรสุมันต์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.ประสิทธิ์ สิริทิพย์รัศมี)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก่อเกียรติ สุขรอด : การพัฒนาระบบเก็บข้อมูลโปรไฟล์เพื่อการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยนิวตรอนสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว-1/1. (DEVELOPMENT OF A PROFILE DATA ACQUISITION SYSTEM FOR NEUTRON COMPUTED TOMOGRAPHY FOR THE THAI RESEARCH REACTOR TRR-1/M1) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.สมยศ ศรีสถิตย์, อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : ผศ.อรรถพร ภัทรสุมันต์, 74 หน้า.

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบเก็บข้อมูลโปรไฟล์เพื่อการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยนิวตรอนสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว-1/1 โดยออกแบบชุดควบคุมการทำงานเป็น 2 ส่วนคือ ระบบหมุนและขับเคลื่อนชิ้นงาน และระบบเก็บบันทึกข้อมูลโปรไฟล์ กำหนดให้ชิ้นงานหมุนด้วยมุมทีละ 3.6 องศา และระยะของการสแกนเท่ากับ 1 มิลลิเมตร ต่อ 1 เรย์ซัม โดยใช้เทอร์มัลนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว-1/1 ขณะเดินเครื่องปรกติที่กำลัง 1200 กิโลวัตต์ พบว่าภาพโทโมกราฟีจากเทอร์มัลนิวตรอนให้รายละเอียดอยู่ในระดับที่น่าพอใจ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี	ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
ปีการศึกษา	2552	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

4970217321 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY

KEYWORDS : COMPUTED TOMOGRAPHY / NARROW BEAM / NEUTRON BEAM

KOKIAT SUKROD : DEVELOPMENT OF A PROFILE DATA ACQUISITION SYSTEM FOR NEUTRON COMPUTED TOMOGRAPHY FOR THE THAI RESEARCH REACTOR TRR-1/M1. THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF. SOMYOT SRISATIT, THESIS CO-ADVISOR : ASST.PROF. ATTAPORN PATTARASUMUNT, 74 pp.

The neutron computed tomography using Thai research reactor TRR-1/M1 was developed in this research. The system was divided into two parts. The first one is the rotate-translate system and the second is the data acquisition program. The collected profiles data was 1 mm/step of translation and 3.6 degree/step angle of rotation .The neutron beam from Thai research reactor TRR-1/M1 is operating at 1200 kilowatts. The neutron CT images were found to be satisfactory.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : Nuclear Technology Student's Signature Kokiat Sukrod

Field of Study : Nuclear Technology Advisor's Signature Somyot Srisatit

Academic Year : 2009 Co-Advisor's Signature Attaporn Pattarasumunt

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของ รองศาสตราจารย์สมยศ ศรีสถิตย์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรถพร ภัทรสุมันต์ ตลอดจนกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และคณาจารย์ของภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยีทุกท่าน ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในแต่ละขั้นตอนส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบู รณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง ณ โอกาสนี้

กราบขอบพระคุณ คุณสิริพล เชื้ออินต๊ะ ผู้อำนวยการกลุ่มปฏิบัติการเทคโนโลยีนิวเคลียร์ คุณสมชาย พงษ์เกษม หัวหน้าหน่วยเทคโนโลยีสารสนเทศ และคุณนรินทร์ คล้ายสุบรรณ หัวหน้าฝ่ายจัดการเครื่องปฏิกรณ์ ที่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือในการทำงานวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง และท้ายที่สุดขอขอบพระคุณเพื่อนร่วมงานทุกท่านที่ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยในครั้งนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย…… ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง……. ฌ

สารบัญภาพ……... ญ

บทที่

1. บทนำ…… 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา……. 1

1.2 วัตถุประสงค์…….. 2

1.3 ขอบเขตการวิจัย……. 2

1.4 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย…… 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ…… 2

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง…….…… 2

2. ทฤษฎี…… 4

2.1 คุณสมบัติของนิวตรอน…….. 4

2.2 ต้นกำเนิดนิวตรอน……. 4

2.3 พลังงานนิวตรอน……... 5

2.4 อันตรกิริยาของนิวตรอนกับสสาร…….. 6

2.5 ภาคตัดขวางนิวตรอน (Neutron cross section)……... 8

2.6 การลดทอนนิวตรอน (Neutron attenuation)……..... 10

2.7 หัววัดรังสีนิวตรอน……. 11

2.8 เทคนิคการเก็บข้อมูลโปรไฟล์……... 12

2.9 การคำนวณสร้างภาพแบบคอนโวลูชันฟิลเตอร์ …….. 13

2.10 วิธีการแบคโปรเจคชัน (Backprojection)…….. 15

2.11 การอินเตอร์เฟสกับพอร์ตขนาน……... 16

2.12 การอินเตอร์เฟสกับพอร์ตอนุกรม……. 19

หน้า

2.13 การอินเตอร์เฟสกับพอร์ตยูเอสบี…….…… 20
3. เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย…….. 21
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย…… 21
3.2 การทำงานของระบบเก็บข้อมูลสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยนิวตรอน……. 21
3.3 การติดตั้งระบบควบคุมการทำงานและบันทึกข้อมูล……. 29
4. วิธีดำเนินการวิจัยและผลการทดลอง……. 33
4.1 การพัฒนาระบบเก็บข้อมูลโปรไฟล์…… 33
4.2 การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการขับเคลื่อนและควบคุมการทำงาน……. 34
4.3 การติดตั้งหัววัดรังสีและกำบังรังสี…… 35
4.4 การทดสอบการทำงานของระบบวัดและการเก็บข้อมูลโปรไฟล์……. 36
4.5 ผลการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีจากการเก็บข้อมูลด้วยวิธีการสแกนแบบรังสีลำแคบ……. 42
5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ…….. 55
5.1สรุปผลการวิจัย……. 55
5.2 อภิปรายผลการวิจัย……... 56
5.3 ข้อเสนอแนะ..…… 57
รายการอ้างอิง…… 58
บรรณานุกรม……. 59
ภาคผนวก…….. 60
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์……. 74

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การจำแนกชนิดของนิวตรอนตามระดับพลังงาน……..	4
2.2	คุณสมบัติหัววัดรังสีนิวตรอนชนิด (He-3) รุ่น 252 ของบริษัท LND, INC……..	11
2.3	ตารางแสดงตำแหน่งขาสัญญาณชุด Data port……..	17
2.4	ตารางแสดงตำแหน่งขาสัญญาณชุด Status port……	18
2.5	ตารางแสดงตำแหน่งขาสัญญาณชุด Control port…….	18
2.6	ตารางแสดงตำแหน่งขาและหน้าที่การทำงานของพอร์ตพรินเตอร์……...	19

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ต้นกำเนิดนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู……....	5
2.2	อันตรกิริยาของนิวตรอนแบบต่างๆ……...	7
2.3	ลำนิวตรอนตกกระทบเป้า……	8
2.4	แสดงชนิดของภาคตัดขวางตามอันตรกิริยาแบบต่างๆ…….....	9
2.5	แผนภาพแสดงโครงสร้างหัววัดรังสี He-3……	12
2.6	การทำงานของระบบเก็บข้อมูลแบบรังสีลำแคบ……..	13
2.7	การเคลื่อนที่ของรังสีนิวตรอนตัดในแนวเส้นตรงที่มุมต่างๆ……	13
2.8	แผนภาพวิธีการแบคโปรเจคชัน (Back projection)……..	16
2.9	ลักษณะหัวต่อชนิดตัวเมีย พอร์ตขนาน…….	16
2.10	รายละเอียดขาต่างๆ ของพอร์ตขนาน……..……..	17
2.11	รายละเอียดขาต่างๆ ของพอร์ตอนุกรม……..	20
2.12	รายละเอียดขาต่างๆ ของพอร์ตยูเอสบี……...	20
3.1	แผนภาพชุดควบคุมการขับเคลื่อนชิ้นงาน…….	22
3.2	ชุดควบคุมการขับเคลื่อนชิ้นงานประกอบด้วยรางขับเคลื่อนพร้อมแท่นหมุน…..	22
3.3	โครงสร้างการทำงานของโปรแกรมควบคุมการทำงานและเก็บข้อมูลโปรไฟล์..	24
3.4	โปรแกรมควบคุมการทำงานและเก็บข้อมูลโปรไฟล์……	25
3.5	เมนูควบคุมการทำงานส่วนควบคุมการทำงานอุปกรณ์ขับเคลื่อนชิ้นงาน…….	25
3.6	เมนูปรับค่ามุมที่ใช้ในการหมุนชิ้นงานทดสอบ 1.8, 3.6, 7.2 และ 18 องศา……..	26
3.7	เมนูปรับค่าการขยับไปแนวแกน X (ขยับทางซ้ายและขวา) 1, 2 และ 5 มิลลิเมตร	26
3.8	เมนูแสดงค่าต่างๆ ที่กำหนดไว้เรียบร้อย……...	26
3.9	เสร็จสิ้นการตั้งค่าโปรแกรมควบคุมการทำงานและเก็บข้อมูลโปรไฟล์……	27
3.10	การตั้งค่าคอมพอร์ตที่ใช้ในการสื่อสาร Com1 ถึง Com5 แล้วคลิกที่ปุ่ม Connect	28
3.11	การตั้งค่าเวลาที่ใช้ในการสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์……..	28
3.12	หน้าจอโปรแกรมสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์ในสภาวะพร้อมทำงาน…….	29
3.13	ด้านหลังชุดควบคุมการขับเคลื่อนชิ้นงานทดสอบพร้อมแสดงตำแหน่งการเชื่อมต่อ…….	29
3.14	อุปกรณ์ชุดควบคุมการขับเคลื่อน ควบคุมการทำงานผ่านทางพอร์ตขนาน……...	30
3.15	แผนภาพการติดตั้งอุปกรณ์ขับเคลื่อนชิ้นงานเข้ากับชุดควบคุม...…….	30

หน้า

3.16	แผนภาพการติดตั้งอุปกรณ์ภายในบริเวณกำบังรังสี…….……	31
3.17	แผนภาพการติดตั้งอุปกรณ์ภายนอกบริเวณกำบังรังสี…….……	31
3.18	อุปกรณ์ชุดควบคุมการนับวัดและเก็บข้อมูลโปรไฟล์……..	32
3.19	อุปกรณ์ทั้งหมดเสร็จสมบูรณ์พร้อมเริ่มทำการเก็บข้อมูล…….	32
4.1	แผนภาพระบบติดตั้งอุปกรณ์สแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์จากลำนิวตรอน……	33
4.2	ชุดควบคุมการขับเคลื่อนชิ้นงานทดสอบ……..……	34
4.3	การทดลองจัดวางชิ้นงานทดสอบ……	34
4.4	การจัดแนวระหว่างหัววัดรังสีนิวตรอน…….	35
4.5	ชุดกำบังรังสีสำหรับหัววัดรังสีนิวตรอน…….....	35
4.6	ภาพขยายแผ่นกำบังรังสีด้านปลายที่เจาะรูขนาด 1 มิลลิเมตร……..….	36
4.7	โปรไฟล์ค่านับวัดจากแบคกราวด์……	36
4.8	โปรไฟล์ค่านับวัดจาก (Io)……..…….……	36
4.9	แสดงค่าภาคตัดขวางของวัสดุกำบัง Boron, Cadmium และอื่นๆ……..	37
4.10	แผนภาพการวางตำแหน่งของชิ้นงานทดสอบที่อยู่ในตำแหน่ง 90 องศา……..…	38
4.11	แสดงข้อมูลโปรไฟล์จากการสแกนเก็บข้อมูลชิ้นงานทดสอบอยู่ในตำแหน่งมุม 90 องศา…….	38
4.12	แผนภาพการวางตำแหน่งของชิ้นงานทดสอบที่อยู่ในตำแหน่งมุม 0 องศา…..…	39
4.13	แสดงข้อมูลโปรไฟล์จากการสแกนเก็บข้อมูลชิ้นงานทดสอบที่อยู่ในตำแหน่งมุม 0 องศา……..….	39
4.14	การจัดระบบสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์โดยใช้รังสีแกมมา……	40
4.15	โปรไฟล์ชิ้นงานทดสอบในตำแหน่งมุม 0 องศา จากการสแกนด้วยรังสีแกมมา	41
4.16	โปรไฟล์ชิ้นงานทดสอบในตำแหน่งมุม 90 องศา จากการสแกนด้วยรังสีแกมมา	41
4.17	ภาพชิ้นงานทดสอบที่ 1……	42
4.18	ภาพโปรไฟล์ของชิ้นงานทดสอบที่ 1……	43
4.19	ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบที่ 1……	43
4.20	ภาพชิ้นงานทดสอบที่ 2……	44
4.21	ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบที่ 2……	45
4.22	ภาพ Sinogram ของชิ้นงานทดสอบที่ 2……	45
4.23	ภาพชิ้นงานทดสอบที่ 3……	46
4.24	ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบที่ 3……	47

หน้า

4.25 ภาพชิ้นงานทดสอบที่ 4..... 48
4.26 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบที่ 4..... 48
4.27 ภาพ Sinogram ของชิ้นงานทดสอบที่ 4..... 49
4.28 ภาพโปรไฟล์ของชิ้นงานทดสอบที่ 4..... 49
4.29 ภาพชิ้นงานทดสอบที่ 5..... 50
4.30 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบที่ 5..... 51
4.31 ภาพโปรไฟล์ของชิ้นงานทดสอบที่ 5..... 51
4.32 ภาพ Sinogram ของชิ้นงานทดสอบที่ 5..... 52
4.33 ภาพชิ้นงานทดสอบที่ 6..... 53
4.34 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบที่ 6..... 53
4.35 ภาพโปรไฟล์ของชิ้นงานทดสอบที่ 6..... 54
4.36 ภาพ Sinogram ของชิ้นงานทดสอบที่ 6..... 54

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเทคโนโลยีในด้านการตรวจสอบและประมวลผลด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์ ได้มีการพัฒนาไปอย่างมาก ทำให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานตรวจส อบโดยไม่ทำลายได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว การตรวจสอบโดยไม่ทำลายด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคทางนิวเคลียร์ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงและแพร่หลายที่สุดวิธีหนึ่งในงานด้านอุตสาหกรรม โดยเฉพาะวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี (radiography) ที่อาศัยคุณสมบัติของรังสีในการทะลุทะลวงผ่ านวัตถุที่ต้องการถ่ายภาพ เพื่อตรวจสอบหาสิ่งผิดปกติหรือความบกพร่องในชิ้นงานที่ไม่สามารถมองเห็นได้จากภายนอก หรือเป็นการตรวจสอบวัสดุในภาชนะบรรจุที่ปิดทึบ โดยปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านวัตถุจะขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การลดทอน (attenuation coefficient) ของวัตถุนั้ น เครื่องมือที่ใช้ในการประมวลผลได้แก่ คอมพิวเตอร์ ซึ่งขณะนี้สามารถใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีสมรรถนะสูง ทำให้ได้ภาพที่มีความละเอียดสูงและใช้เวลาในการประมวลผลสั้น ในส่วนของวิธีการตรวจสอบนั้น ได้นำหลักการทางนิวเคลียร์ที่เรียกว่า Computed Tomography (CT) มาประยุกต์ใช้

Computed Tomography (CT) คือ การคำนวณสร้างภาพตัดขวางของวัตถุ จากการวัดความเข้มของรังสีที่ทะลุผ่านวัตถุออกมายังหัววัดรังสีในทิศทางต่างๆ โดยจะทำการถ่ายภาพทีละภาพในแนวระนาบแบบสองมิติ แล้วทำการหมุนวัตถุนั้นไปทีละน้อย จนได้ภาพของวัตถุครบรอ บหรืออย่างน้อย 180 องศา ภาพที่ได้จากหลักการนี้ เรียกว่า ภาพโทโมกราฟี ทำได้โดยจัดระบบวัดรังสีให้ต้นกำเนิดรังสีอยู่ตรงข้ามกับหัววัดรังสี โดยมีวัตถุหมุนอยู่ตรงกลาง และนำผลจากการทะลุผ่านของรังสีไปประมวลผลสร้างภาพต่อไป

การพัฒนาระบบสร้างภาพโทโมกราฟีโดยอาศัยหลักการส่งผ่านรังสีนิวตรอน และประมวลผลข้อมูลวัดรังสีจากอุปกรณ์นับวัดรังสีด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ จะทำให้ทราบขนาดและตำแหน่งของวัตถุที่อยู่ภายในชิ้นงาน ทั้งยังสามารถตรวจสอบวัสดุที่มีองค์ประกอบของธาตุหนักและธาตุเบาวางซ้อนอยู่ด้วยกันได้

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาระบบเก็บข้อมูลโปรไฟล์ในการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยนิวตรอนสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว-1/1 และทดลองสร้างภาพโทโมกราฟีจากชิ้นงานทดสอบ

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ออกแบบระบบวัดนิวตรอนลำแคบและสร้างอุปกรณ์กลสำหรับสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์ จากลำนิวตรอนของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว-1/1

1.3.2 พัฒนาโปรแกรมควบคุมการสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์สำหรับการสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยนิวตรอน

1.3.3 ทดลองสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์และสร้างภาพโทโมกราฟีจากชิ้นงานทดสอบ

1.4 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

1.4.1 ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 จัดระบบวัดนิวตรอนด้วยเทคนิคการส่งผ่านนิวตรอนลำแคบ

1.4.3 ออกแบบและสร้างอุปกรณ์กลสำหรับสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์

1.4.4 ออกแบบและสร้างระบบเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างระบบวัดนิวตรอนกับระบบไมโครคอมพิวเตอร์

1.4.5 พัฒนาโปรแกรมควบคุมการสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์สำหรับการสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยนิวตรอน

1.4.6 ทดสอบการเก็บข้อมูลโปรไฟล์เพื่อสร้างภาพโทโมกราฟี

1.4.7 สรุปผลการวิจัยและเขียนวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ระบบสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์เพื่อการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว-1/1 เพื่อประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบโดยไม่ทำลาย

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ปี พ.ศ. 2542 ภาณุพันธุ์ เข็มหนู ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบสแกนเพื่อการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยนิวตรอน ระบบสแกนเพื่อการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยนิวตรอนที่ควบคุมโดยไมโครคอมพิวเตอร์ โดยที่ระบบนี้จะประกอบด้วยส่วนหัววัดนิวตรอนและ

แท่นหมุนชิ้นงานพร้อมระ บบขับเคลื่อน โดยใช้หัววัดนิวตรอนชนิดท่อนำแสงเคลือบปลายด้วยซินทิลเลเตอร์ LiF/ZnS(Ag) ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานที่ทำการทดสอบส่วนใหญ่ให้ผลเป็นที่น่าพอใจโดยมีค่ารีโซลูชั่นประมาณ 2 มิลลิเมตร

2. ปี พ.ศ. 2545 เสมอใจ ศุกรเชาว์ ได้ทำการวิจัยเรื่อง การคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยนิวตรอนโดยใช้เทคนิคฟิล์ม ออกแบบระบบถ่ายภาพด้วยนิวตรอนจากท่อนำนิวตรอนของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว.-1/1 ปรับปรุงระบบควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ และสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์จากฟิล์มด้วยชุดอ่านความดำแบบอัตโนมัติ เพื่อคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีจากชิ้นงานตัวอย่าง ปรากฏว่า ได้ภาพโทโมกราฟีที่ให้รายละเอียดพอใช้

3. ปี ค.ศ. 2005 Maria Ines Silvani et al. ได้ทำการวิจัยเรื่อง Thermal Neutron Computed Tomography at the Argonauta Reactor พัฒนาระบบการสร้างภาพโทโมกราฟี ซึ่ง ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดเทอร์มัลนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ Argonauta เครื่องวัดปริมาณรังสี อุปกรณ์ในการเคลื่อนหมุนวัตถุ และ software เฉพาะเพื่อควบคุมการหมุนวัตถุ รับข้อมูล และสร้างภาพวัตถุ เพื่อลดเวลาในการสแกน โดยสามารถแบ่งตามการออกแบบได้ดังนี้

ระบบโทโมกราฟี รุ่นที่ 1 ใช้รังสีลำแคบจากแหล่งกำเนิดที่เค ลื่อนที่พร้อมกับอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี โดยมีการหมุนชุดของแหล่งกำเนิดรังสีและอุปกรณ์วัดรังสี แล้วสแกนวัตถุในมุมต่างๆ

ระบบโทโมกราฟีรุ่นที่ 2 จะใช้อุปกรณ์วัดปริมาณรังสี 3-50 ตัว ซึ่งจะเก็บข้อมูลได้อย่างมากในการสแกนแต่ละครั้ง

ระบบโทโมกราฟีรุ่นที่ 3 ใช้อุปกรณ์ วัดปริมาณรังสี 200-1000 ตัว วางเรียงเป็นแนวโค้งโดยชุดของแหล่งกำเนิดรังสีและอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีจะหมุนรอบวัตถุ

ระบบโทโมกราฟีรุ่นที่ 4 ใช้อุปกรณ์วัดรังสี 300-2400 ตัว จัดวางเป็นวงอย่างสมบูรณ์ โดยแหล่งกำเนิดรังสีที่วางขนานนั้นจะปล่อยรังสีรูปพัดหมุนอยู่ภายในไปตามวงของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี

การเลือกระบบการสร้างภาพโทโมกราฟีให้เหมาะสมนั้น จะต้องพิจารณาขนาดและองค์ประกอบของวัตถุที่ต้องการถ่ายภาพ

บทที่ 2

ทฤษฎี

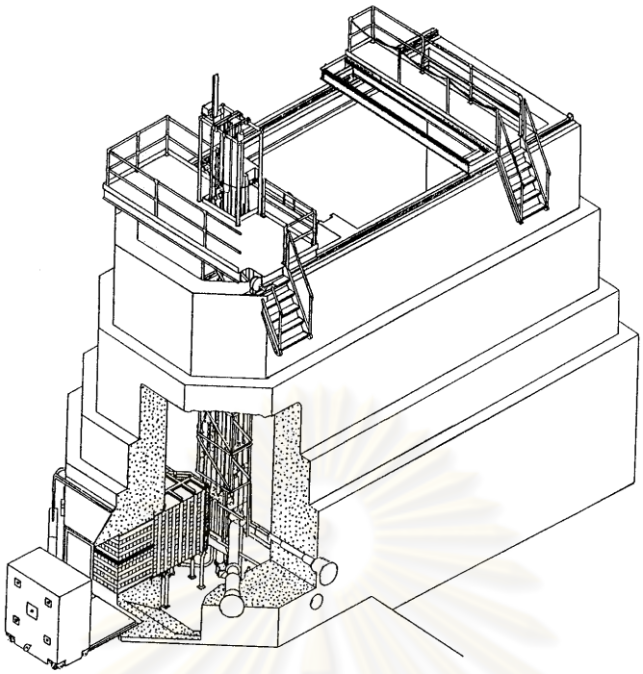
2.1 คุณสมบัติของนิวตรอน

นิวตรอนเป็นอนุภาคที่เป็นกลางไม่มีประจุ ถูกค้นพบเมื่อ ค .ศ.1932 โดยนายเจมส์ แช ดวิค (James Chadwick) ใช้สัญลักษณ์ n หรือ ${}^{1}_{0}n$ มีมวลประมาณ 1.0086654 หน่วยมวลอะตอม (atomic mass unit, amu) หรือ 1.67492×10^{-24} กรัม มีอำนาจทะลุทะลวงสูง เนื่องจากความเป็นกลางทางไฟฟ้า ทำให้สามารถเดินทางผ่านอากาศได้หลายเมตร โดยไม่ทำให้เกิดไอ ออนแพร์ (ion pair) และเดินทางไปได้ไกลกว่าอนุภาคอื่น เนื่องจากไม่ถูกแรงคูลอมบ์ (Coulomb force) ขัดขวาง ในการเคลื่อนผ่านวัตถุ นิวตรอนอิสระเป็นอนุภาคที่ไม่เสถียร จะแตกตัวให้โปรตอน (${}^{1}_{1}H$) อิเล็กตรอน (${}^{0}_{-1}e$) และแอนตินิวตริโน ($\bar{\nu}$) โดยมีครึ่งชีวิต (half life) ประมาณ 12 นาที พร้อมทั้งปล่อยพลังงานออกมาประมาณ 0.78MeV เขียนในรูปสมการได้ดังนี้

$$ {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}H + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu} $$

2.2 ต้นกำเนิดนิวตรอน

ต้นกำเนิดนิวตรอนที่นิยมใช้ในการผลิตนิวตรอนและนำมาใช้ในการวิจัยนี้ คือ เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู (Nuclear reactor) นิวตรอนที่เกิดจากปฏิกิริยาฟิชชันของยูเรเนียม 235 (U-235) ในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ และจะให้ความเข้มนิวตรอนสูงกว่าต้นกำเนิดแบบอื่น ซึ่งจะให้นิวตรอนฟลักซ์ประมาณ $10^{10} - 10^{14}$ นิวตรอนต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที ปริมาณนิวตรอนที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์วิจัย (Research reactor) สามารถควบคุมได้โดยใช้แท่งควบคุมซึ่งทำด้วยวัสดุที่มีการดูดกลืนนิวตรอนสูงเพื่อหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ โดยการสอดแท่งควบคุมเข้าไปในแกนปฏิกรณ์ และปรับระยะแท่งวัสดุให้เหมาะสมเพื่อรักษากำลังของเครื่องปฏิกรณ์ให้สม่ำเสมอ พลังงานของนิวตรอนที่เกิดขึ้นมีค่าตั้งแต่ 0.0253 eV จนถึง 18 MeV ค่าเฉลี่ยของนิวตรอนประมาณ 2 MeV นิวตรอนพลังงานสูงจะถูกลดพลังงานเป็นเทอร์มัลนิวตรอน โดยสารหน่วงนิวตรอนของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู คือ น้ำ น้ำมวลหนัก หรือ แกรไฟต์



รูปที่ 2.1 ต้นกำเนิดนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู

2.3 พลังงานนิวตรอน

นิวตรอนสามารถเกิดอันตรกิริยากับตัวกลางได้หลายชนิด ขึ้นอยู่กับพลังงานจลน์ของนิวตรอนและชนิดของวัตถุ ดังนั้นจึงสามารถแบ่งชนิดของนิวตรอนตามระดับพลังงานได้ดังแสดงในตาราง 2.1

ตารางที่ 2.1 การจำแนกชนิดของนิวตรอนตามระดับพลังงาน[1]

ชนิดของนิวตรอน	ระดับพลังงาน
นิวตรอนช้า (Slow neutron)	0.00 eV – 10^3 eV
นิวตรอนเย็น (Cold neutron)	< 0.01 eV
เทอร์มัลนิวตรอน (Thermal neutron)	0.01 eV – 0.3 eV
อิพิเทอร์มัลนิวตรอน (Epithermal neutron)	0.3 eV – 10^4 eV
รีโซแนนซ์นิวตรอน (Resonance neutron)	1 eV – 10^2 eV
นิวตรอนเร็ว (Fast neutron)	10^3 eV – 20 eV
นิวตรอนสัมพันธภาพ (Relativistic neutron)	> 20 MeV

2.4 อันตรกิริยาของนิวตรอนกับสสาร[2]

นิวตรอนเป็นอนุภาคที่เป็นกลางทางไฟฟ้า สามารถทำอันตรกิริยากับนิวเคลียสของอะตอมได้โดยตรง อันตรกิริยาที่เกิดขึ้นกับตัวกลางจะเกิดขึ้นได้หลายชนิด โดยขึ้นอยู่กับพลังงานจลน์ของนิวตรอนและชนิดของตัวกลาง โดยสรุปนิวตรอนสามารถเกิดอันตรกิริยากับตัวกลางต่างๆ ได้ดังนี้

การชนแบบยืดหยุ่น (Elastic scattering) อันตรกิริยาชนิดนี้ จะเป็นการถ่ายเทพลังงานจลน์ของนิวตรอนให้กับนิวเคลียส ระดับพลังงานของนิวเคลียสที่ถูกชนยังคงอยู่ในสภาวะปกติ (ground state) แล้วนิวตรอนจะกระเจิง (scatter) ออกมา โดยเปลี่ยนทิศทางและความเร็วไป ในขณะที่พลังงานจลน์และโมเมนตัมรวมของนิวตรอนกับนิวตรอนก่อนชนและหลังชนมีค่าเท่าเดิม อันตรกิริยานี้มีความสำคัญในการหน่วงนิวตรอนเร็วให้เป็นนิวตรอนช้า ซึ่งบางครั้งเรียกว่า Potential scattering สัญลักษณ์คือ (n,n)

การชนแบบไม่ยืดหยุ่น (Inelastic scattering) การชนของนิวตรอนกับนิวเคลียสของอะตอมแบบนี้มีลักษณะการชนคล้ายแบบยืดหยุ่น แต่นิวตรอนจะรวมกับนิวเคลียสที่ถูกชนกลายเป็นนิวเคลียสเชิงประกอบ (Compound nucleus) แล้วปลดปล่อยนิวตรอนตัวหนึ่งออกมาโดยที่นิวเคลียสของตัวกลางอยู่ในสภาวะกระตุ้น (Excited state) เมื่อนิวเคลียสลดพลังงานลงสู่ สภาวะปกติจะปลดปล่อยรังสีแกมมาออกมา และมีการสูญเสียพลังงานจลน์ส่วนหนึ่งไปในรูปของรังสีแกมมา อันตรกิริยาแบบนี้มักต้องมีพลังงานเทรชโฮลด์ (Threshold energy) คือนิวตรอนที่เข้าทำอันตรกิริยาต้องมีพลังงานสูงมากพอที่จะกระตุ้นนิวเคลียสให้อยู่ในสภาวะกระตุ้นได้ นั่นคือ อต้องมีพลังงานตั้งแต่ 1 MeV ขึ้นไป อันตรกิริยาชนิดนี้เป็นปฏิกิริยาชนิดดูดกลืนพลังงาน (Endothermic reaction) พลังงานที่เกิดจากปฏิกิริยา (Q) มีค่าเป็นลบ และมีความสำคัญในการลดพลังงานของนิวตรอนเร็วให้เป็นนิวตรอนช้าด้วยเช่นกัน สัญลักษณ์ของการเกิดอันตรกิริยาชนิดนี้คือ (n,n')

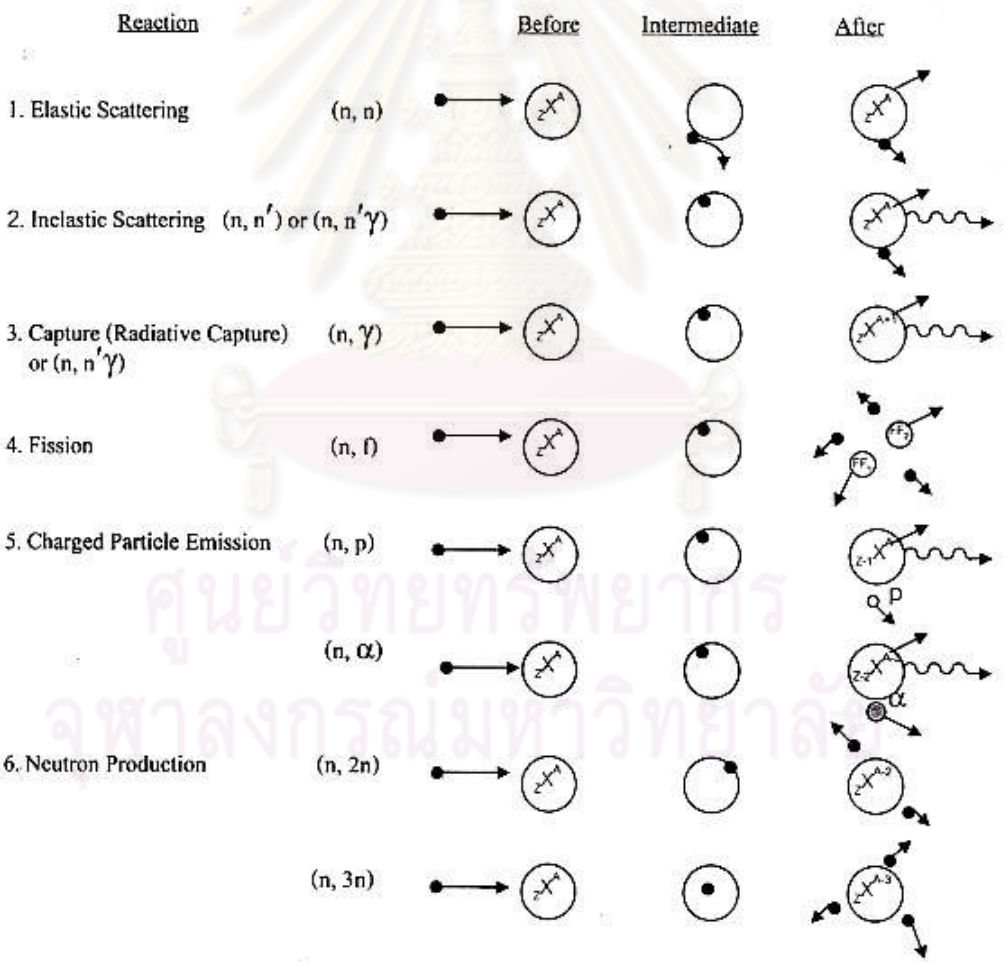
อันตรกิริยาการจับนิวตรอน (Neutron capture หรือ Radiative capture) หรืออันตรกิริยาดูดกลืนนิวตรอน (Neutron absorption reaction) เมื่อนิวตรอนวิ่งเข้าชนนิวเคลียสของตัวกลางจะถูกนิวเคลียสจับไว้ ทำให้นิวเคลียสมีมวลเพิ่มขึ้น 1 และปล่อยรังสีแกมมาออก มา หรือเรียกว่าการจับนิวตรอนแล้วให้รังสีแกมมา (Neutron capture gamma) อันตรกิริยาชนิดจับนิวตรอนทุกปฏิกิริยาเป็นปฏิกิริยาชนิดคายพลังงาน (Exothermic reaction) ค่า Q ของปฏิกิริยาเป็นบวก เพราะค่าพลังงานยึดเหนี่ยว (binding energy) ของนิวเคลียสใหม่มีค่ามากกว่าพลังงานนิวเคลียสเดิมรวมกับนิวตรอนเสมอ สัญลักษณ์ของอันตรกิริยานี้คือ (n,γ)

ปฏิกิริยาแตกตัวหรือปฏิกิริยาฟิชชัน (Fission reaction) ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นเมื่อนิวตรอนชนกับธาตุหนักบางชนิด เช่น ยูเรเนียม -235 ยูเรเนียม -238 และรวมตัวเป็นนิวเคลียสเชิงประกอบ ที่มีพลังงานนิวตรอนตัวสุดท้ายสูงกว่าพลังงานเริ่มต้นของการแตกตัวของนิวเคลียสเชิงประกอบ จึงทำ

ให้นิวเคลียสเชิงประกอบแตกตัวเป็น 2 ส่วน ได้นิวเคลียสที่มีเลขมวลประมาณครึ่งหนึ่งของนิวเคลียสเดิม พร้อมกับมีนิวตรอนใหม่ออกมา 2-3 ตัว อันตรกิริยาแบบนี้จะพบในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู สัญลักษณ์ของอันตรกิริยานี้คือ (n,f)

ปฏิกิริยาปลดปล่อยอนุภาคที่มีประจุ (Charge – particle emission) เมื่อนิวตรอนที่มีพลังงานสูงกว่า 10 MeV ชนกับนิวเคลียสของตัวกลางและรวมตัวเป็นนิวเคลียสเชิงประกอบและปล่อยอนุภาคมีประจุออกมา เช่น อนุภาคแอลฟา หรืออนุภาคโปรตอน สัญลักษณ์ของอันตรกิริยานี้คือ (n,α) หรือ (n,p)

ปฏิกิริยาผลิตนิวตรอน (Neutron – producing reaction) ปฏิกิริยานี้เกิดกับนิวตรอนพลังงานสูงประมาณ 10 MeV เพราะต้องดึงอนุภาคนิวตรอนออกจากนิวเคลียส เป็นปฏิกิริยาชนิดดูดกลืนพลังงาน ผลของปฏิกิริยาจะได้นิวตรอนมากกว่า 1 ตัว เช่น ปฏิกิริยา (n,2n) ปฏิกิริยา (n,3n)



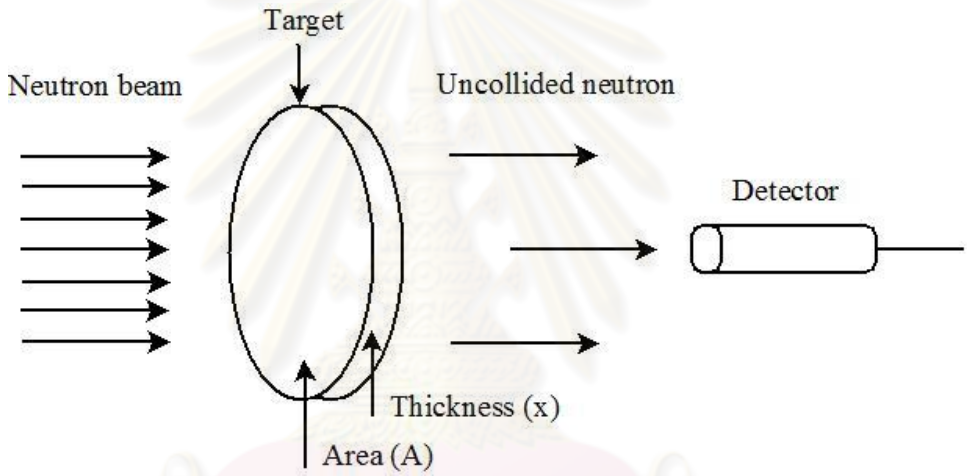
รูปที่ 2.2 อันตรกิริยาของนิวตรอนแบบต่างๆ

2.5 ภาคตัดขวางนิวตรอน (Neutron cross section)

โอกาสในการเกิดอันตรกิริยาระหว่างนิวตรอนกับนิวเคลียสของตัวกลาง นิยมอธิบายในเทอมของ “ภาคตัดขวาง (cross section)” อธิบายได้โดย พิจารณาแผ่นวัสดุบางชนิดหนึ่ง มีพื้นที่หน้าตัด A มีความหนา x และมีความหนาแน่นอะตอม N อะตอมต่อหน่วยปริมาตร โดยที่มีลำนิวตรอน (Neutron beam) ตกกระทบ ดังรูปที่ 2.3 ถ้ามีนิวตรอนจำนวน n นิวตรอนต่อหน่วยปริมาตร และมีความเร็ว (v) ซม./วินาที ดังนั้น ความเข้มของนิวตรอนจึงเป็น

$$I = nv \qquad (2.1)$$

เมื่อ I คือความเข้มของลำนิวตรอน (Intensity of neutron beam)



รูปที่ 2.3 ลำนิวตรอนตกกระทบเป้า

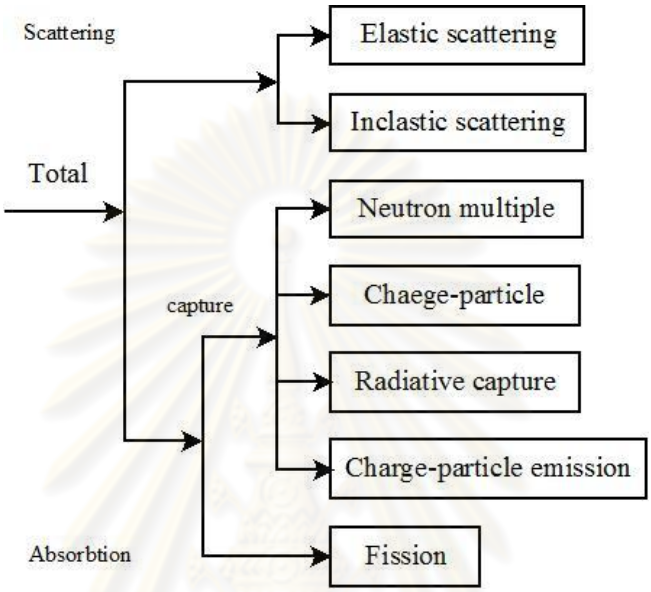
ถ้า n มีหน่วยเป็นจำนวนนิวตรอนต่อลูกบาศก์เซนติเมตร v มีหน่วยเป็นเซนติเมตรต่อวินาที ดังนั้น I จะมีหน่วยเป็น จำนวนนิวตรอนต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที (neutron / cm^2-sec) จำนวนนิวตรอนที่วิ่งผ่านเป้า พื้นที่ A ต่อวินาที เท่ากับ IA แต่จำนวนนิวตรอนที่วิ่งผ่านเป้าไม่ได้ทำอันตรกิริยากับอะตอมของเป้าทุกตัว ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของอะตอม ความหนาของเป้า และค่าภาคตัดขวางจุลภาคของนิวตรอน ดังนั้นจำนวนอันตรกิริยาที่เกิดขึ้นคำนวณได้จาก

$$\text{จำนวนอันตรกิริยาต่อวินาที} = IN\sigma Ax \qquad (2.2)$$

σ คือ ภาคตัดขวางจุลภาคของนิวตรอน นิยมใช้หน่วยเป็น บาร์น (barn) โดยที่

$$1 \text{ บาร์น (B)} = 10^{-24} \text{ ตารางเซนติเมตร}$$

เนื่องจากอันตรกิริยาของนิวตรอนกับสสารมีหลายแบบ ดังนั้นค่าภาคตัดขวาง ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงโอกาสในการเกิดอันตรกิริยาของนิวตรอนกับนิวเคลียสของอะตอมจึงมีหลายค่า เช่นเดียวกัน ถ้าให้ $N\sigma_t$ เป็นภาคตัดขวางรวม (total cross section) ของนิวเคลียสชนิดหนึ่งต่อนิวตรอน จะสามารถแบ่งชนิดของค่าภาคตัดขวางได้ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงชนิดของภาคตัดขวางตามอันตรกิริยาแบบต่างๆ

ผลคูณ $N\sigma$ ใช้สัญลักษณ์เป็น Σ เรียกว่าภาคตัดขวาง มหภาค (Macroscopic cross section) ภาคตัดขวางมหภาค (Macroscopic Cross Section; Σ) หมายถึงโอกาสที่นิวตรอนจะเกิดอันตรกิริยากับนิวเคลียสของตัวกลางต่อระยะทาง มีหน่วยเป็นต่อเซนติเมตร (cm^{-1}) ค่าภาคตัดขวางมหภาคของตัวกลางต่อนิวตรอน มีค่าเทียบได้กับค่าสัมประสิทธิ์การทะลุผ่านเชิงเส้น (Linear Attenuation Coefficient,μ) ของโฟตอน ดังนั้นค่า Σ/ρ จึงมีค่าเทียบเท่าค่าสัมประสิทธิ์การทะลุผ่านเชิงมวล (Mass Attenuation Coefficient, μ/ρ) ของโฟตอน

Σ เป็นค่าเฉพาะสำหรับแต่ละไอโซโทป สำหรับธาตุและวัสดุ ค่า Σ ขึ้นอยู่กับไอโซโทปต่างๆ ที่ประกอบกันเป็นธาตุหรือวัสดุเหล่านั้น Σ ของแต่ละไอโซโทปสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\Sigma = N\sigma \tag{2.3}$$

เมื่อ N คือ ความหนาแน่นอะตอมของไอโซโทปในหน่วย อะตอม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

σ คือ ค่าภาคตัดขวางจุลภาค (Microscopic Cross Section) ของอะตอมของไอโซโทป มีหน่วยเป็น บาร์น (barn,b)

ค่าภาคตัดขวางของวัสดุที่มีส่วนประกอบหลายไอโซโทปและหลายธาตุ สามารถคำนวณได้จาก

$$\Sigma_{mix} = \Sigma_1 + \Sigma_2 + \Sigma_3 + \ldots.$$

$$\Sigma_{mix} = N_1\sigma_1 + N_2\sigma_2 + N_3\sigma_3 + \ldots\ldots \quad (2.4)$$

เมื่อ Σ_{mix} คือ ค่าภาคตัดขวางมหภาคของวัสดุ

$\Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_3, \ldots$ คือ ค่าภาคตัดขวางมหภาคของไอโซโทปหรือธาตุที่ 1,2,3,...

$N_1, N_2, N_3, \ldots$ คือ ความหนาแน่นอะตอมของไอโซโทป หรือ ธาตุที่ 1, 2, 3,

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \ldots$ คือ ค่าภาคตัดขวางจุลภาคต่ออันตรกิริยาที่สนใจของไอโซโทป หรือ ธาตุที่ 1, 2, 3, …

2.6 การลดทอนนิวตรอน (Neutron attenuation)

เมื่อนิวตรอนวิ่งผ่านตัวกลางที่มีความหนา X นิวตรอนจะถูกลดทอนลง และนิวตรอนที่เข้าชนเป็นแบบลำขนาน มีพลังงานเดียวกระ ทบเป้าที่มีขนาดเล็กมาก อีกด้านหนึ่งเป็นหัววัดนิวตรอนขนาดเล็กเพื่อป้องกันไม่ให้นิวตรอนที่ชน (collided neutron) หรือเกิดอันตรกิริยากับเป้าเข้าสู่หัววัด ดังนั้นนิวตรอนที่เข้าสู่หัววัดจึงเป็นนิวตรอนที่ไม่เกิดการชน (Uncollided neutron) หรือไม่เกิดอันตรกิริยากับเป้าเท่านั้น

นิวตรอนที่วิ่งผ่านวัสดุตัวกลาง ความหนา X มีค่าภาคตัดขวางต่ออะตอมเท่ากับ σ และวัสดุตัวกลางมีความหนาแน่นอะตอม (atom density) เท่ากับ N อะตอมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความเข้มอนุภาคนิวตรอนที่ลดลงไปใน 1 วินาที เมื่อผ่านตัวกลางที่มีพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตรและหนา dX คือ

$$-dI_X = \sigma_t N I_0 dX \quad (2.5)$$

เมื่อ I_0 คือ จำนวนอนุภาคนิวตรอนที่วิ่งเข้าหาตัวกลางต่อหน่วยพื้นที่ในหนึ่งวินาที

การลดทอนพลังงานของนิวตรอนนั้นแตกต่างจากรังสีที่มีประจุที่ทำอันตรกิริยากับอะตอมตัวกลางแต่นิวตรอนทำอันตรกิริยากับนิวเคลียสของตัวกลาง ดังนั้นสมการลดทอนพลังงานที่ได้คือ

$$I_X = I_0 e^{-N\sigma_t X} \quad (2.6)$$

เมื่อ σ_t = ค่าภาคตัดขวางรวมของอันตรกิริยาต่างๆ ของนิวตรอนต่อนิวเคลียสของตัวกลาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

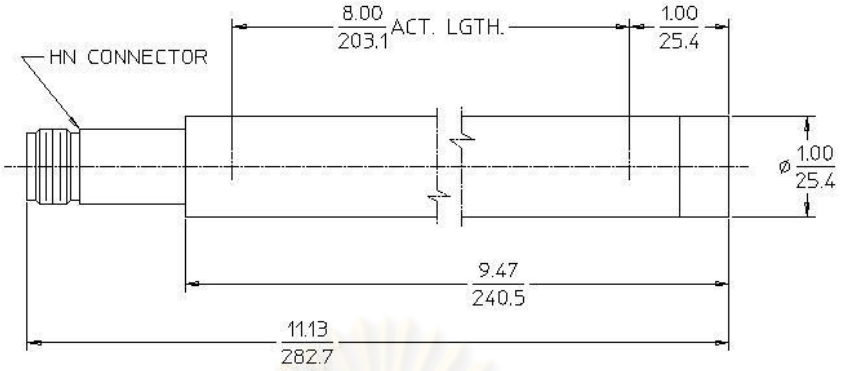
2.7 หัววัดรังสีนิวตรอน

หัววัดรังสีนิวตรอนที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นชนิด Cylindrical He3 Neutron Detector รุ่น 252 ของบริษัท LND, INC โดยมีรายละเอียดของหัววัดดังในตารางที่ 2 และรูปที่ 2.5 หัววัดรังสีนิวตรอนชนิด (He-3) เป็นหัววัดรังสีที่มีความสามารถในการวัดรังสีนิวตรอนที่อยู่ในช่วงเทอร์มัลนิวตรอนได้ดี โดยอาศัยการเปลี่ยนรูปพลังงานของรัง สีนิวตรอนที่ไปชนกับแก๊สที่อยู่ภายในหัววัดรังสีตามรูปแบบการเกิดปฏิกิริยา

$$ {}^{1}_{0}n + {}^{3}_{2}He \rightarrow {}^{3}_{1}H + {}^{1}_{1}p $$

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติหัววัดรังสีนิวตรอนชนิด (He-3) รุ่น 252 ของบริษัท LND, INC

GENERAL SPECIFICATIONS	
Gas pressure (torr)	3040
Cathode material	Aluminum
Maximum length (inch/mm)	11.13/282.7
Effective length (inch/mm)	8.0/203.2
Maximum diameter (inch/mm)	1.0/25.4
Effective diameter (inch/mm)	0.93/23.62
Connector	HN
Effective volume (cm^3)	89.01
Operating temperature range °C	-50 to +100
ELECTRICAL SPECIFICATIONS	
Recommended operating voltage (volts)	1150
Operating voltage range (volts)	1050 - 1400
Maximum plateau slope (% / 100 volts)	1
Maximum resolution (% fwhm)	6
Tube capacitance (pf)	8
Weight (grams)	142
THERMAL NEUTRON SENSITIVITY	
Sensitivity (cps / nv)	21.8



รูปที่ 2.5 แผนภาพแสดงโครงสร้างหัววัดรังสี He-3

2.8 เทคนิคการเก็บข้อมูลโปรไฟล์

Computed Tomography (CT) คือ การคำนวณสร้างภาพตัดขวางของวัตถุ จากการสแกนวัดความเข้มของรังสีที่ทะลุผ่านวัตถุออกมายังหัววัดรังสีในทิศทางต่างๆ ในแนวระนา บแบบสองมิติ แล้วทำการหมุนวัตถุนั้นไปด้วยมุมทีละน้อยๆ จนครบรอบหรืออย่างน้อย 180 องศา ภาพที่ได้จากหลักการนี้ เรียกว่า ภาพโทโมกราฟี

เทคนิคการเก็บข้อมูลโปรไฟล์เพื่อใช้ในการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี แบ่งวิธีการเป็นหลายวิธีแต่ในที่นี้จะกล่าวถึงระบบเก็บข้อมูลแบบรังสีลำแคบ (Narrow beam)

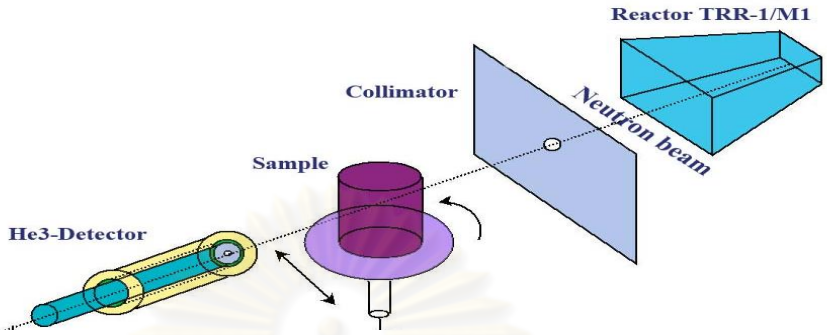
หลักการทำงานของวิธีนี้ คือ ออกแบบให้ลำของรังสีจำกัดเป็นลำแคบ เคลื่อนที่ผ่านวัตถุในแนวราบ ตกกระทบหัววัดรังสีในด้านตรงข้าม วิธีนี้จะใช้รังสีลำแคบหนึ่งลำ (Single discrete beam) และหัววัดรังสีหนึ่งหัวในการเก็บข้อมูลปริมาณความเข้มรังสี เ พื่อนำไปคำนวณสร้างภาพโทโม - กราฟี วิธีการสแกนนี้สามารถออกแบบเป็น 2 แบบคือ

แบบที่ 1 ให้วัตถุเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงและหมุน (Translation and Rotation) ตัดลำรังสี

แบบที่ 2 ให้หัววัดรังสีเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง และหมุนไปพร้อมกับต้นกำเนิดรังสีโดยวัตถุที่ต้องการตรวจสอบจะอยู่กับที่

การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงทีละจุดนี้เรียกอีกอย่างว่า การสแกน ระยะทางที่ได้จากการเคลื่อนที่แต่ละจุด จะเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของช่องรับรังสีของหัววัดนั้น ข้อมูลแต่ละจุดเรียกว่า เรย์ซัม (Raysum) เมื่อสิ้นสุดการสแกน 1 แถวจะได้ข้อมูลหลายเร ย์ซัม ซึ่งเรียกว่า โปรไฟล์ (Profile) หรือ โปรเจกชัน (Projection) และหมุนไปเป็นมุมน้อยๆทีละองศา หรือมากกว่าจึงเริ่ม

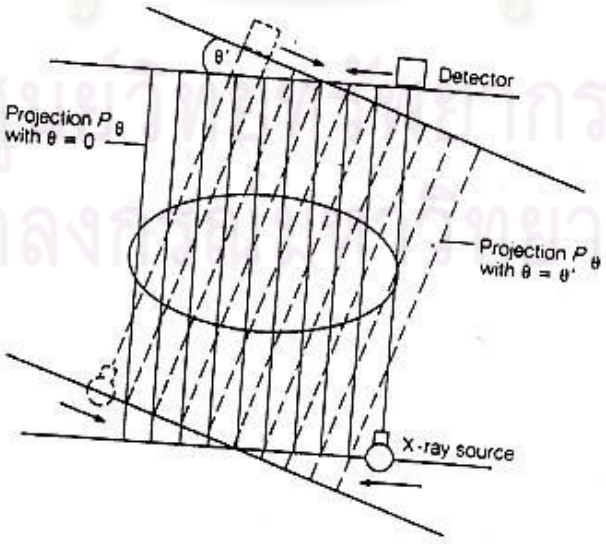
สแกนและได้ข้อมูลโปรไฟล์ใหม่จนครบ 180 องศา ซึ่งงานวิจัยนี้จะนำหลักการสแกนระบบนี้มาใช้เก็บข้อมูลโปรไฟล์ เพื่อสร้างภาพโทโมกราฟี ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การทำงานของระบบเก็บข้อมูลแบบรังสีลำแคบ

2.9 การคำนวณสร้างภาพแบบคอนโวลูชันฟิลเตอร์

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณสร้างภาพ คือ ค่าความเข้มของรังสีที่ทะลุผ่านวัตถุออกมาในทิศทางต่างๆ ซึ่งใช้หลักการปล่อยรังสีลำแคบออกไปตัดผ่านในระนาบของวัตถุ โดยให้หัววัดรังสีอยู่ฝั่งตรงข้าม แล้วทำการเคลื่อนหัววัดรังสีและลำรังสี การเคลื่อนที่ตัดในแนวเส้นตรงลักษณะนี้ 1 ครั้งจะได้ข้อมูล 1 โปรไฟล์ หากรังสีลำแคบเคลื่อนที่เปลี่ยนมุมจากแนวเดิม แล้วเคลื่อนที่ตัดแนวเดิม การเคลื่อนที่จะกระทำจนครบ 180 องศา ดังรูปที่ 2.7 ข้อมูลความเข้ม รังสีทั้งหมดจะถูกนำไปคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี



รูปที่ 2.7 การเคลื่อนที่ของรังสีนิวตรอนตัดในแนวเส้นตรงที่มุมต่างๆ

กำหนดให้ I_0 และ I เป็นความเข้มของรังสีก่อนและหลังทะลุผ่านวัตถุตามลำดับ ซึ่งการลดลงของความเข้มของรังสีเป็นไปตามสมการที่ 2.7 ดังต่อไปนี้

$$I = I_0 e^{\left[-\int_{-\infty}^{\infty} f(x,y)ds\right]} \tag{2.7}$$

โดยฟังก์ชัน $f(x,y)$ คือ สัมประสิทธิ์การลดทอน (Attenuation Coefficient) ของรังสีที่พลังงานนั้นต่อวัตถุชนิดนั้นๆ ณ ตำแหน่งต่างๆบนระนาบ (x,y) และจากสมการที่ 2.7 สามารถจัดรูปสมการใหม่ได้เป็นสมการที่ 2.8 ดังต่อไปนี้

$$P(\theta, X) = \ln\left[\frac{I_o}{I}\right] = \int_{-\infty}^{\infty} f(x,y)dS \tag{2.8}$$

ในที่นี้ $P(\Theta,X)$ คือ ข้อมูลโปรไฟล์ที่มุมใดๆซึ่งข้อมูลแต่ละจุดบนแนวแกน x ของวัตถุที่เกิดจากลำรังสีแต่ละเส้นตัดผ่าน เรียกว่า เรย์ซัม (ray-sum)

ข้อมูลโปรไฟล์ของค่าความดำที่อ่านได้นั้น ยังไม่สามารถนำไปเป็นข้อมูลที่จะใช้ในการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีได้ โดยต้องมีการปรับแก้ค่า (Data Correction) ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลโปรไฟล์ที่มีความสัมพันธ์กับสัมประสิทธิ์การลดทอนของรังสีต่อวัตถุอย่างแท้จริง โดยการปรับแก้ค่าจากความแรงรังสีพื้นฐาน (Background, B) ดังสมการที่ 2.9

$$P'(\theta, X) = \ln\left[\frac{I_o - B}{I - B}\right] \tag{2.9}$$

เมื่อประยุกต์ทฤษฎีคณิตศาสตร์ของการแปลงฟูเรียร์ (Fourier Transform) และการคอนโวลูชัน (Convolution) จากสมการที่ 7 และ 8 จึงเขียนรูปสมการใหม่ได้เป็นสมการที่ 2.10 ดังต่อไปนี้

$$f(x,y) = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi}\int_{-\infty}^{\infty} P'(\theta, X) * H(x - x')dX'd\theta \tag{2.10}$$

โดยฟังก์ชัน H(X) คือ ฟิลเตอร์ฟังก์ชัน (Filter Function) ในที่นี้เลือกใช้ฟิลเตอร์ฟังก์ชันของ Shepp&Logan วิธีการคำนวณแบบนี้ เรียกว่า "คอนโวลูชัน ฟิลเตอร์ แบคโปรเจคชัน" (Convolution Filter Back projection)

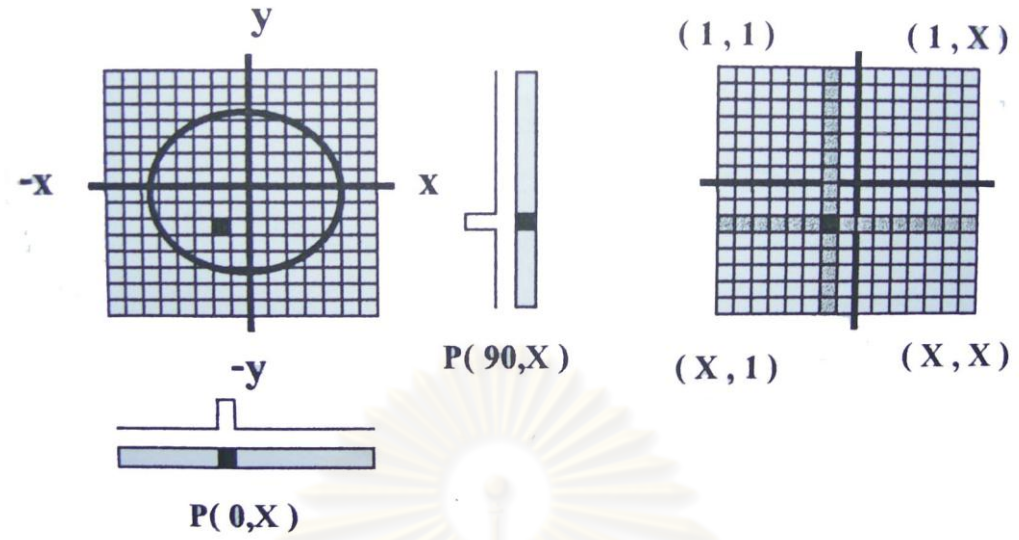
$$H(X) = \left[\frac{2}{\pi^2 d\left(1 - 4X^2\right)} \right] \tag{2.11}$$

D คือ ขนาดของพิกเซล (Pixel)

2.10 วิธีการแบคโปรเจคชัน (Backprojection)[3]

เมื่อเก็บข้อมูลโปรไฟล์จากการวัดความเข้มของรังสีนิวตรอนที่ทะลุผ่านตัวกลางที่มุมต่างๆ แล้วนำมาปรับแก้โปรไฟล์ด้วยค่าแบคกราวด์ และเลือกใช้ฟิลเตอร์ฟังก์ชันของ Shepp-Logan จะได้โปรไฟล์ใหม่ที่เหมาะสำหรับนำไปคำนวณสร้างภาพตัดขวาง การที่จะสร้าง เป็นภาพนั้นมีกระบวนการที่ค่อนข้างซับซ้อนและยุ่งยากพอสมควร เพื่อทำให้เกิดความเข้าใจโดยสังเขป พิจารณาจากรูปทางด้านซ้ายมือจะเห็นวัตถุตัวอย่างวางอยู่บนระนาบ (x,y) โดยจุดหมุนวางทับจุดกำเนิดของระนาบ ที่ขีดตารางบนระนาบเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ด้านล่างมีลำรังสี นิวตรอนทะลุผ่านวัตถุโดยทำมุม 0 องศากับแนวแกนหมุนของวัตถุ ดังนั้น จึงได้ข้อมูลโปรไฟล์ของแต่ละมุมเป็น P(0,X) และ P(90,X) ตามลำดับ เรียกรูปทางด้านซ้ายนี้ว่า “ระบบโพซิชัน (Position System)” พิจารณารูประนาบสี่เหลี่ยมจัตุรัสทางด้านขวามือ ซึ่งแบ่งเป็นตารางที่ มีขนาดและจำนวนเท่ากันกับรูปทางขวามือ แต่ละจุดบนระนาบกำหนดตำแหน่งโดยเรียงลำดับจากมุมบนด้านซ้าย เริ่มจาก(1,1) สุดขอบทางด้านซ้ายที่จุด (1,X) สุดขอบด้านซ้ายด้านล่างที่จุด (X,1) สุดขอบทางด้านขวาล่างที่จุด (X,X) ในที่นี้ X หมายถึง จำนวนเรย์ซัมในหนึ่งโปรไฟล์ เมื่อนำข้อมูลเรย์ซัมแต่ละจุดที่ตรงกัน ณ มุมต่างๆมารวมกันก็จะเกิดเป็นภาพขึ้นมา ระบบที่ทำให้เกิดเป็นภาพโทโมกราฟีทางด้านขวามือเรียกว่า “ระบบเมตริกซ์ (Matrix System)” ดังนั้น วิธีแบคโปรเจคชันจึงเป็นการแปลงจากระบบโพสิชันไปเป็นระบบเมตริกซ์นั่นเอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

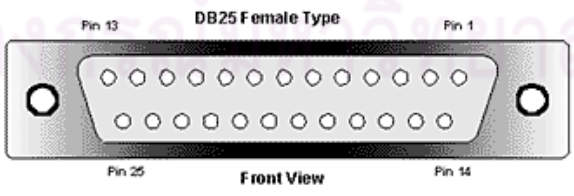


รูปที่ 2.8 แผนภาพวิธีการแบคโปรเจคชัน (Back projection)

2.11 การอินเตอร์เฟสกับพอร์ตขนาน

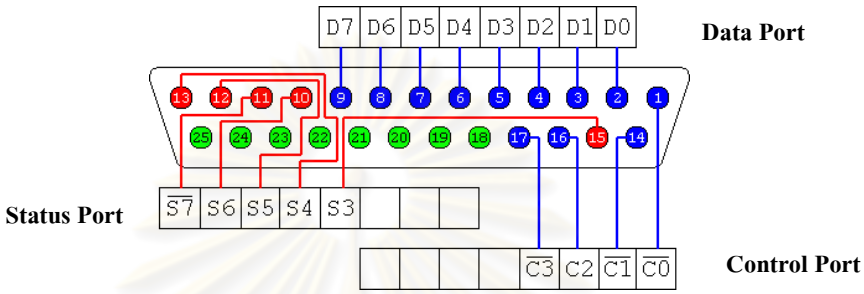
พอร์ตพรินเตอร์ (Printer Port) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “พอร์ตขนาน (Parallel Port)” มีลักษณะเป็นหัวต่อชนิดตัวเมีย มีขั้วขาสัญญาณจำนวน 25 ขาสัญญาณ (Connector DB25 Female Type) ดังรูปที่ 2.9

พอร์ตพรินเตอร์ถูกกำหนดให้มีพอร์ตสื่อสารตามมาตรฐานของไบออส (BIOS) อยู่ในส่วนโลว์เมมโมรี่ (Low Memory) เริ่มต้นที่ตำแหน่ง 0040:0008 โดยระบุตำแหน่งของพอร์ตพรินเตอร์ที่คอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องสนับสนุนการใช้งาน ประกอบไปด้วยข้อมูลชนิด 16 บิตจำนวน 3 ชุด ใช้ระบุหมายเลขพอร์ต LPT1, LPT2 และ LPT3 โดยปรกติแล้วเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่จะให้ค่าพอร์ตพรินเตอร์ที่ 1 หรือ LPT1 มีหมายเลขพอร์ตสื่อสาร IOBase เป็นหมายเลข 0378 หรือ (0378h) ในเลขฐานสิบหก



รูปที่ 2.9 ลักษณะหัวต่อชนิดตัวเมีย พอร์ตขนาน

พอร์ตพรินเตอร์ มีรีจิสเตอร์ 8 บิตจำนวน 3 ชุด (พอร์ต) ใช้สำหรับสื่อสารกับอุปกรณ์ต่อเชื่อมภายนอก ซึ่งประกอบไปด้วย โดยสามารถแสดงรายละเอียดของขาต่างๆ ดังรูปที่ 2.10 ประกอบไปด้วยขาสัญญาณเอาท์พุตที่เป็นบิตข้อมูล (Data Bit) จำนวน 8 ขาสัญญาณ ขาสัญญาณเอาท์พุตที่เป็นบิตควบคุม (Control Bit) จำนวน 4 ขาสัญญาณ และขาสัญญาณอินพุตที่เป็นบิตสถานะ (Status Bit) จำนวน 5 ขาสัญญาณ



รูปที่ 2.10 รายละเอียดขาต่างๆ ของพอร์ตขนาน

DATA PORT

รีจิสเตอร์ สำหรับข้อมูล (Data Register) มีตำแหน่งพอร์ตอยู่ที่ IOBase + 0 มีความจุของข้อมูลเป็นขนาด 1 ไบท์ (8 บิต) สามารถทำการอ่านหรือเขียนข้อมูลได้ (Read/Write Access) โดยข้อมูลแต่ละบิตจะเชื่อมโยงกับขั้วขาสัญญาณของหัวต่อชนิด (DB25) ที่ขาสัญญาณ 2-9 คือ บิตที่ 0 เชื่อมโยงกับขาสัญญาณที่ 2, บิตที่ 1 เชื่อมโยงกับขาสัญญาณที่ 3 และบิตที่ 7 เชื่อมโยงกับขาสัญญาณที่ 9 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงตำแหน่งขาสัญญาณชุด Data port

ตำแหน่งบิต	ขาสัญญาณ	ความหมายของสัญญาณ
7	9	Data 7
6	8	Data 6
5	7	Data 5
4	6	Data 4
3	5	Data 3
2	4	Data 2
1	3	Data 1
0	2	Data 0

STATUS PORT

รีจิสเตอร์ชนิดสถานะ (Status Register) มีตำแหน่งพอร์ตอยู่ที่ IOBase + 1 มีความจุของข้อมูลเป็นขนาด 1 ไบท์ (ใช้จริง 5 บิต) สามารถทำการอ่านข้อมูล (Read Access Only) จากรีจิสเตอร์นี้ได้อย่างเดียว โดยข้อมูลแต่ละบิตจะเชื่อมโยงกับขาสัญญาณ ของหัวต่อชนิด (DB25) ดังนี้

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงตำแหน่งขาสัญญาณชุด Status port

ตำแหน่งบิต	ขาสัญญาณ	ความหมายของสัญญาณ
7	11	BUSY
6	10	-ACK
5	12	NO PAPER
4	13	SELECTED
3	15	-ERROR
2-0	N/A	N/A

CONTROL PORT

รีจิสเตอร์สำหรับควบคุม (Control Register) มีตำแหน่งพอร์ตอยู่ที่ IOBase + 2 มีความจุขนาดข้อมูล 1 ไบท์ (ใช้จริง 4 บิต) สามารถทำการอ่านหรือเขียนข้อมูลได้ (Read/Write Access) แต่โดยปกติจะใช้เขียนข้อมูลอย่างเดียว ข้อมูลแต่ละบิตจะเชื่อมโยงกับขาสัญญาณ ของหัวต่อชนิด (DB25) โดยมี 3 บิตเป็นชนิด Reversed กล่าวคือตำแหน่งบิตที่ 0,1 และ 3 จะมีสถานะปกติของลอจิกเป็น 1 (สถานะปกติของบิตทั่วไปจะเป็น 0) ดังนี้

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงตำแหน่งขาสัญญาณชุด Control port

ตำแหน่งบิต	ขาสัญญาณ	ชนิดบิต	ความหมายของสัญญาณ
0	1	Reversed Bit	-STROBE
1	14	Reversed Bit	-AUTOFEED
2	16	Normal	-INITIALIZE
3	17	Reversed Bit	-SELECT
4-7	N/A	N/A	N/A

ตารางที่ 2.6 ตารางแสดงตำแหน่งขาและหน้าที่การทำงานของพอร์ตพรินเตอร์

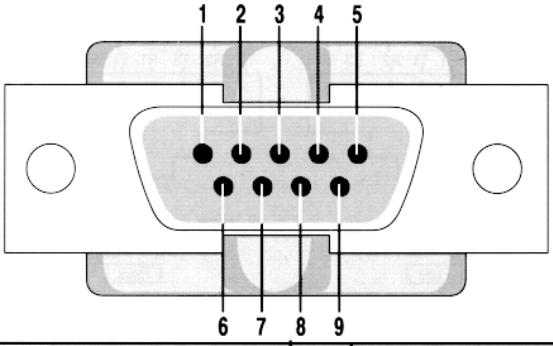
ขาสัญญาณ	คำอธิบาย	ขาสัญญาณ	คำอธิบาย
1	ขา Strobe (Control Bit0)	10	ขา ACK (Status Bit6)
2	ขา Data 0 (Data Bit0)	11	ขา Busy (Status Bit7)
3	ขา Data 1 (Data Bit1)	12	ขา Paper Empty (Status Bit5)
4	ขา Data 2 (Data Bit2)	13	ขา Select (Status Bit4)
5	ขา Data 3 (Data Bit3)	14	ขา Auto Feed (Control Bit1)
6	ขา Data 4 (Data Bit4)	15	ขา Error (Status Bit3)
7	ขา Data 5 (Data Bit5)	16	ขา Initialize Printer (Control Bit2)
8	ขา Data 6 (Data Bit6)	17	ขา Select Input (Control Bit3)
9	ขา Data 7 (Data Bit7)	18-25	ขากราวด์ (Ground Signal)

2.12 การเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรม

เป็นวิธีเชื่อมต่อของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ วิธีหนึ่งเพื่อทำการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ซึ่งวิธีนี้จะเป็นการติดต่อแบบอนุกรมผ่านทาง (Serial Port) ซึ่งการเชื่อมต่อแบบอนุกรมนั้นจะมีความเร็วในการเชื่อมต่อช้ากว่าพอร์ตพรินเตอร์ แต่อุปกรณ์ที่ใช้ พอร์ตพรินเตอร์ จะมีราคาแพงกว่าและจะต้องใช้ จำนวนสายสัญญาณมากกว่า การส่งข้อมูลทาง พอร์ตอนุกรม นั้นในเครื่องพีซีจะใช้มาตรฐาน RS-232C ซึ่งเป็นมาตรฐานการส่งข้อมูลระยะทางไม่เกิน 15 เมตร ส่วนชิพที่ใช้ในการควบคุมการทำงานนั้นนิยมใช้ 8250 UART หรือตัวที่พัฒนาใหม่เช่น 16550 UART ซึ่งมีสมรรถนะสูงกว่า

ลักษณะของพอร์ตอนุกรม

ตามมาตรฐาน RS-232C อุปกรณ์ DTE ควรใช้หัวต่อตัวผู้ (male) และอุปกรณ์ DCE ควรใช้หัวต่อตัวเมีย (female) ซึ่งหัวต่อที่นิยมใช้กันอยู่จะเป็นชนิด D-Type ชนิด 9 ขา และ 25 ขา (บางครั้งเรียก DB-25 และ DB-9)



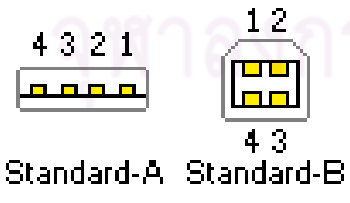
Pin	Signal	Pin	Signal
1	Data Carrier Detect	6	Data Set Ready
2	Received Data	7	Request to Send
3	Transmitted Data	8	Clear to Send
4	Data Terminal Ready	9	Ring Indicator
5	Signal Ground		

รูปที่ 2.11 รายละเอียดขาสัญญาณต่างๆ ของพอร์ตอนุกรม

2.13 การอินเตอร์เฟสกับพอร์ตยูเอสบี

Universal Serial Bus (USB - ยูเอสบี) เป็นวิธีการอินเตอร์เฟสของเครื่องคอมพิวเตอร์ อีกรูปแบบหนึ่งเพื่อทำการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ เช่น เมาส์ แป้นพิมพ์ เครื่องพิมพ์ เป็นต้น ยูเอสบีได้กลายเป็นรูปแบบการเชื่อมต่อมาตรฐานสำหรับอุปกรณ์มัลติมีเดีย เช่น สแกนเนอร์ หรือกล้องถ่ายรูปดิจิตอล และนิยมนำไปทดแทนการเชื่อมต่อแบบเดิม เช่น การเชื่อมต่อแบบขนาน (parallel) สำหรับเครื่องพิมพ์ การเชื่อมต่อแบบอนุกรม (serial)

ลักษณะของพอร์ต ยูเอสบี สัญญาณ USB ถูกส่งผ่านโดยสายส่งข้อมูลคู่แบบบิดเกลียว (twisted pair) แทนโดยสัญลักษณ์ D+ และ D- สายคู่บิดเกลียวช่วยป้องกันผลกระทบของสัญญาณรบกวนทางคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยใช้หลักการหักล้างสัญญาณแบบครึ่งอัตรา (half-duplex differential signaling) ซึ่งทำให้ส่งสัญญาณในสายที่ยาวได้ดีขึ้น



Pin	ฟังก์ชัน (โฮส)	ฟังก์ชัน (อุปกรณ์)
1	V_{BUS} (4.75-5.25 V)	V_{BUS} (4.4-5.25 V)
2	D−	D−
3	D+	D+
4	Ground	Ground

รูปที่ 2.12 รายละเอียดขาต่างๆ ของพอร์ตยูเอสบี

บทที่ 3

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 หัววัดรังสีนิวตรอนชนิด He-3 Preoperational counter

3.1.2 เรทมิเตอร์ (General Purpose Scalar/Rate meter) Ludlum model 2200

3.1.3 แผ่นกำบังรังสีนิวตรอน Cadmium (Cd)

3.1.4 เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์พร้อมอุปกรณ์แสดงผล

3.1.5 สเต็ปปิงมอเตอร์และวงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์ (Stepping motor and stepping motor driver circuit)

3.1.6 ระบบขับเคลื่อนชิ้นงาน

3.1.7 เทอร์มัลนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว-1/1

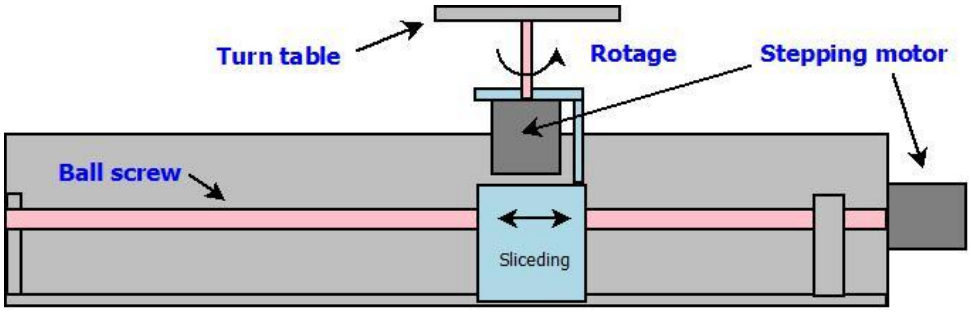
3.1.8 ชิ้นงานทดสอบ

3.2 การทำงานของระบบเก็บข้อมูลสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยนิวตรอน

การทำงานของระบบเก็บข้อมูลสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก 2 ส่วน ดังนี้

3.2.1 ชุดควบคุมการขับเคลื่อนชิ้นงาน

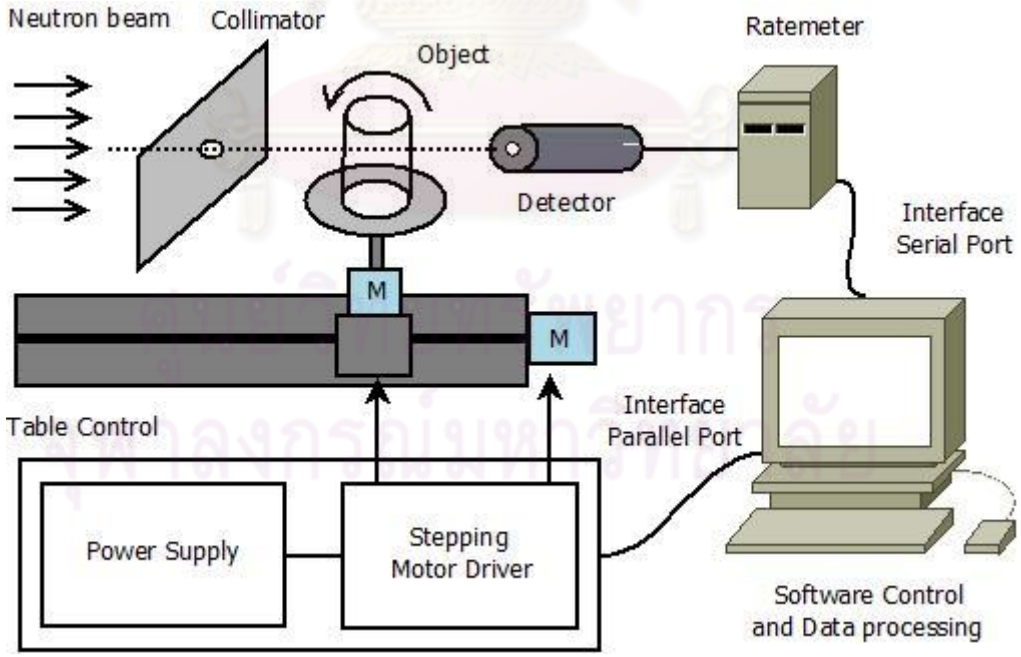
ชุดควบคุมการขับเคลื่อนชิ้นงานประกอบด้วยรางขับเคลื่อนพร้อมแท่นหมุน ดังรูปที่ 3.1 สำหรับการควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของชุดขับเคลื่อนนั้น จะใช้โปรแกรมควบคุมการทำงานผ่านแผงวงจรไปยังสเต็ปมอเตอร์ 2 ตัว เพื่อสั่งให้สเต็ปมอเตอร์ในแกนแนวนอนทำการเคลื่อนที่ไปทีละสเต็ปตามความกว้างของชิ้นงานที่กำหนด เมื่อครบตามจำนวนรอบที่กำหนดแล้ว สเต็ปมอเตอร์ที่อยู่ในแนวแกนตั้งก็จะทำการหมุนไปตามทิศทางและองศาที่กำหนด 1 มุม แล้วสเต็ปมอเตอร์ในแกนแนวนอนก็จะทำการหมุนกลับไปในทิศทางเดิมพร้อมทำการเก็บข้อมูลไปด้วย การทำงานของชุดควบคุมการขับเคลื่อนชิ้นงานนั้นจะทำซ้ำไปจนครบ 180 องศา



รูปที่ 3.1 แผนภาพชุดควบคุมการขับเคลื่อนชิ้นงาน

3.2.2 ชุดโปรแกรมควบคุมการทำงานและการบันทึกข้อมูล

โปรแกรมควบคุมการทำงานนั้นพัฒนาขึ้นมาจากภาษา BASIC โดยใช้ Microsoft Visual Basic Version 6.0 เป็น Complier การทำงานของโปรแกรมในส่วนคำนวณและควบคุมการเคลื่อนที่ของชุดขับเคลื่อนชิ้นงานนั้นผลซึ่งในที่นี้โดยจะอธิบายการทำงานของโปรแกรมได้พอสังเขปดังนี้



รูปที่ 3.2 ชุดควบคุมการขับเคลื่อนชิ้นงานประกอบด้วยรางขับเคลื่อนพร้อมแท่นหมุน

จากรูปที่ 3.2 จะเห็นว่าชุดควบคุมการขับเคลื่อนชิ้นงานนั้นจะเคลื่อนที่ใน 2 ทิศทางคือ แนวแกน X (ขยับทางซ้ายและขวา) กับ ชุดควบคุมการหมุน (Rotating) ซึ่งโปรแกรมจะควบคุมการทำงานผ่านชุด Data Acquisition มาที่ Parallel Port ของเครื่องคอมพิวเตอร์และส่งสัญญาณควบคุมมายัง Interface stepping motor driver ซึ่งจะหมุนและเคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่โปรแกรมกำหนด สำหรับชุดควบคุมการนับวัดทำงานผ่านชุด Data Acquisition มาที่ Serial Port เพื่อควบคุมการทำงานของ Rate Meter และรับข้อมูลที่ได้จากการวัดส่งกลับมาบันทึกผลที่โปรแกรมควบคุมการทำงานต่อไป

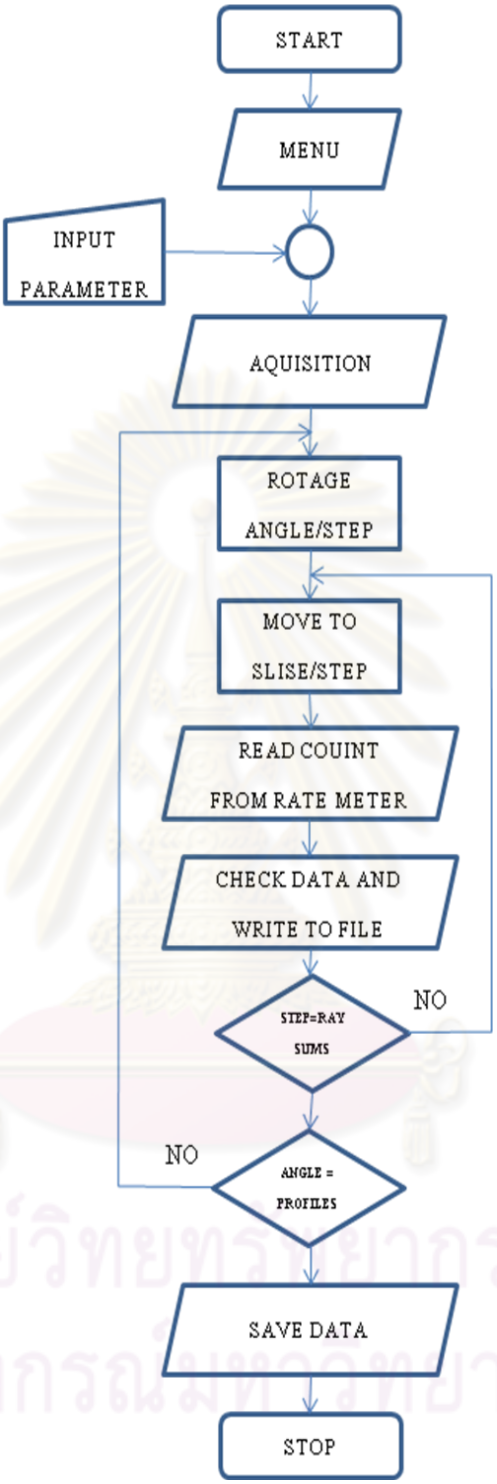
3.2.2 โปรแกรมควบคุมการทำงานและเก็บข้อมูลโปรไฟล์

โปรแกรมควบคุมการทำงานและเก็บข้อมูลโปรไฟล์ที่พัฒนาขึ้นสามารถแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมได้ตาม flow chart ดังในรูปที่ 3.3 ซึ่งการทำงานจะประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญคือ ส่วนควบคุมการทำงานอุปกรณ์ขับเคลื่อนชิ้นงาน ส่วนเชื่อมต่อระบบวัดรังสีกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ และส่วนสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์ ดังในรูปที่ 3.4 และสามารถอธิบาย

ความสามารถในการทำงานของโปรแกรม

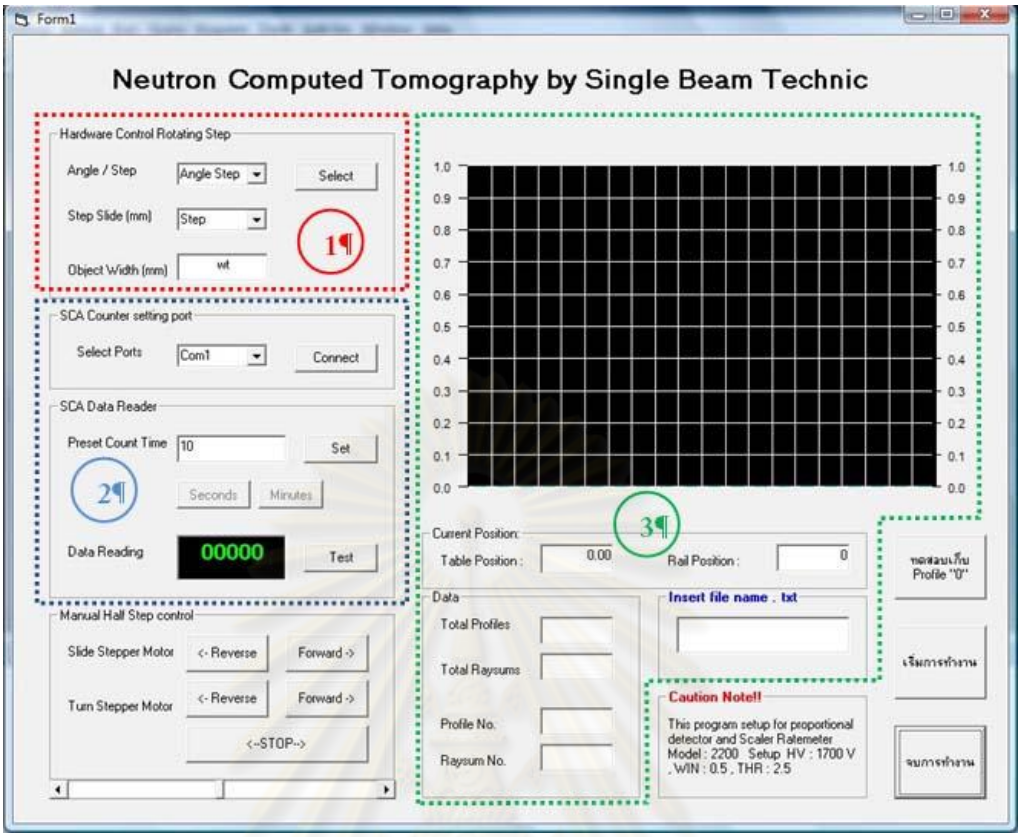
- การเก็บข้อมูลชิ้นงานทดสอบที่มีขนาดอยู่ในช่วง 10 ถึง 20 เซนติเมตร
- สามารถตั้งความละเอียดในการสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์ได้ดังนี้
  - มุมที่ใช้ในการหมุนชิ้นงานทดสอบ 1.8, 3.6, 7.2, 18, 36 องศา
  - ระยะในการขับเคลื่อนชิ้นงาน 1, 2, 5 มิลลิเมตร (ตามขนาดของ collimate)
- เวลาที่ใช้ในการสแกนเก็บข้อมูล หน่วยวินาที หรือ นาที
- มีความสามารถในการเลือก com port ที่ใช้ในการสื่อสารได้ 5 port
- ตั้งชื่อ file ได้ตามความต้องการ
- มีความสามารถในการแสดงผลข้อมูลการสแกนได้ในลักษณะ บาร์ชาร์ต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.3 โครงสร้างการทำงานของโปรแกรมควบคุมการทำงานและเก็บข้อมูลโปรไฟล์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

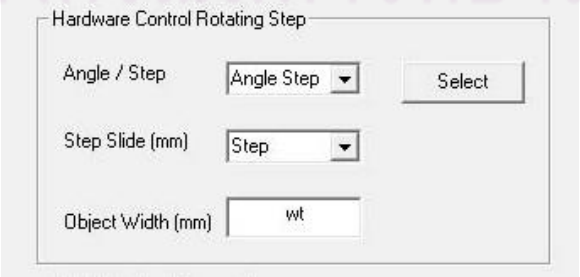


รูปที่ 3.4 โปรแกรมควบคุมการทำงานและเก็บข้อมูลโปรไฟล์

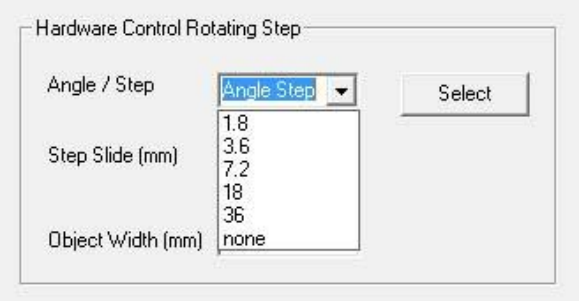
สำหรับหน้าที่การทำงานของโปรแกรมในแต่ละส่วน จะได้แสดงวิธีการใช้งานและการตั้งค่าต่างๆ ที่จำเป็นโดยจะอธิบายแยกเป็นส่วนเหมือนในรูปที่ 3.3 ได้ดังนี้

3.3.2.1 ส่วนควบคุมการทำงานอุปกรณ์ขับเคลื่อนชิ้นงาน

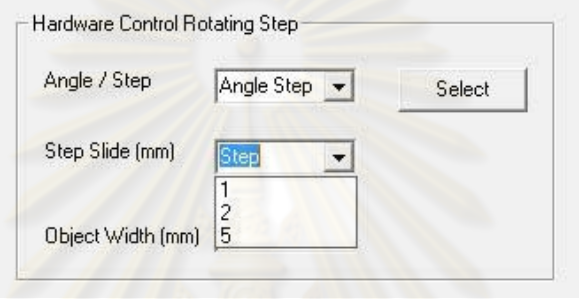
โปรแกรมควบคุมการทำงานส่วนนี้จะทำหน้าที่ควบคุมการขับเคลื่อนชิ้นงานให้ขยับไปแนวแกน X (ขยับทางซ้ายและขวา) และควบคุมการหมุน ชิ้นงานทดสอบ ให้ขับเคลื่อนไปตามทิศทางและองศาที่กำหนดสามารถอธิบายการตั้งค่าต่างๆ ได้ตามรูปที่ 3.5 ถึง 3.9



รูปที่ 3.5 เมนูควบคุมการทำงานส่วนควบคุมการทำงานอุปกรณ์ขับเคลื่อนชิ้นงาน

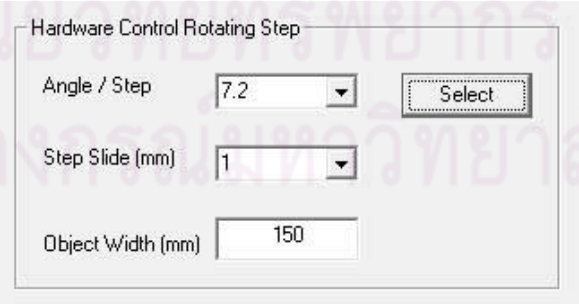


รูปที่ 3.6 เมนูปรับค่ามุมที่ใช้ในการหมุนชิ้นงานทดสอบ 1.8, 3.6, 7.2 และ 18 องศา



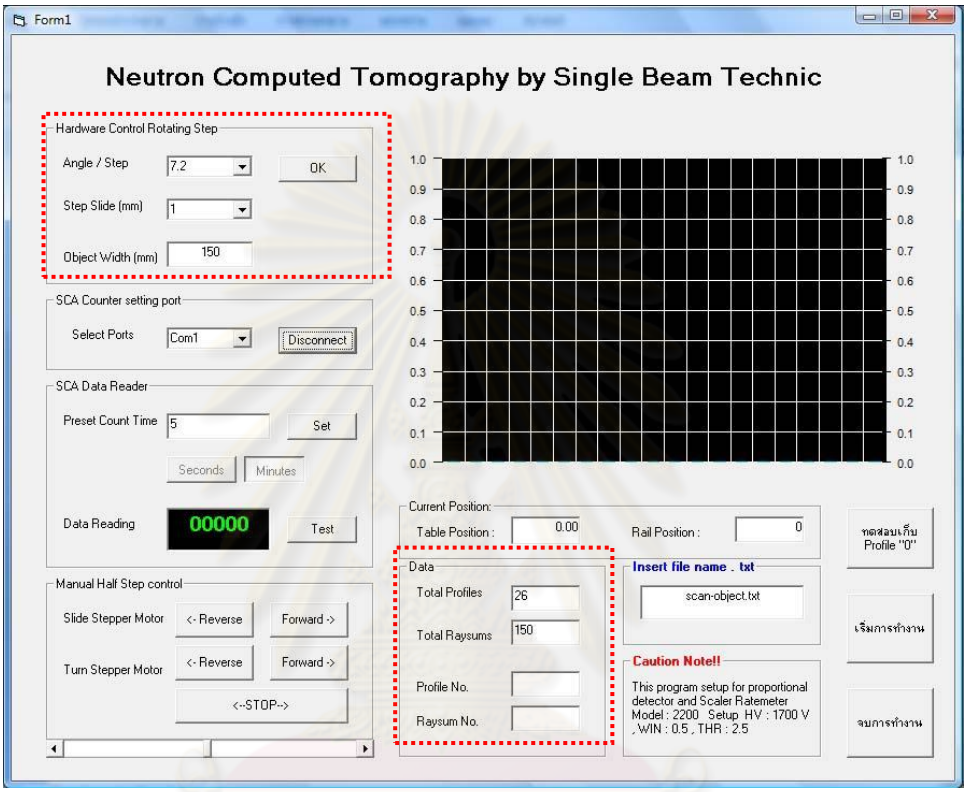
รูปที่ 3.7 เมนูปรับค่าการขยับไปแนวแกน X (ขยับทางซ้ายและขวา) 1, 2 และ 5 มิลลิเมตร

การกำหนดค่าขนาดความกว้างของวัตถุ (Object width) จะต้องกำหนดขนาดให้อยู่ในหน่วยของมิลลิเมตร (mm) และจะต้องเผื่อขอบด้านข้างของชิ้นงานทดสอบไว้แล้วอย่างน้อยด้านละ10 mm กล่าวคือ ถ้าชิ้นงานทดสอบมีขนาด 13 เซนติเมตร จะต้องกำหนดดังนี้ (ขนาดชิ้นงาน 130 mm + ขอบด้านซ้าย 10 mm + ขอบด้านขวา 10 mm) รวมเท่ากับ 150 mm



รูปที่ 3.8 เมนูแสดงค่าต่างๆ ที่กำหนดไว้เรียบร้อย

เมื่อทำการคลิกที่ปุ่ม Select เป็นที่เรียบร้อยแล้วโปรแกรมจะทำการคำนวณ มุมที่ใช้ในการสแกนเก็บข้อมูล (Profiles) จำนวนระยะในการขับเคลื่อนชิ้นงาน (Ray sum) เมื่อการเสร็จสิ้นการคำนวณปุ่ม Select จะเปลี่ยนสถานะเป็น OK จากนั้นจะส่งข้อมูลที่คำนวณได้ไปแสดงผลในช่อง Data ดังรูปที่ 3.9

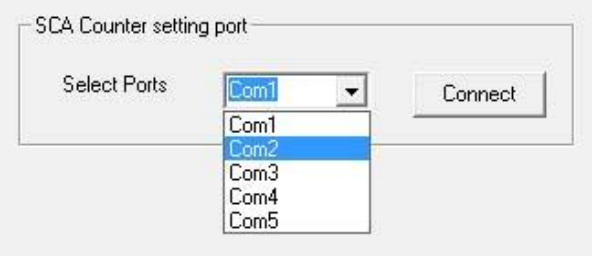


รูปที่ 3.9 เสร็จสิ้นการตั้งค่าโปรแกรมควบคุมการทำงานและเก็บข้อมูลโปรไฟล์

3.3.2.2 ส่วนเชื่อมต่อระบบวัดรังสีกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

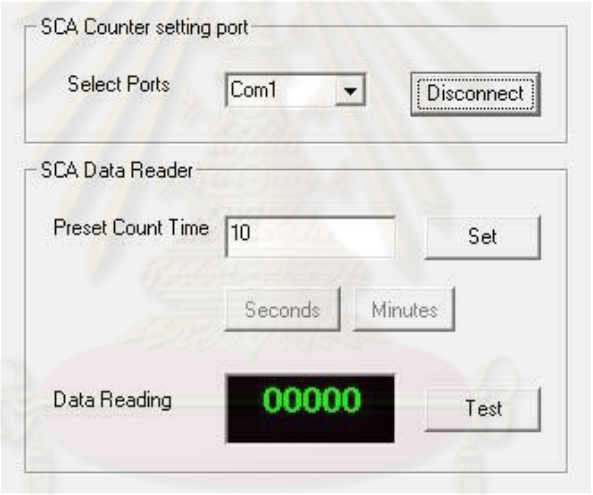
การทำงานของโปรแกรมในส่วนนี้คือการตั้งค่าการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องวัดรังสี Ratemeter กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์นั้น แบ่งการตั้งค่าออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนการเลือกคอมพอร์ตที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร และส่วนการตั้งเวลาที่ใช้ในการสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์

การเลือกคอมพอร์ตที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร สำหรับเครื่องวัดรังสีของ Ludlum model 2200 นั้น มีการกำหนดค่าความเร็วที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารไว้ตายตัวที่ (2400 baud, 8 data bits, 1 stop bit) ตามคู่มือการใช้งาน ดังนั้นภายในโปรแกรมจึงมีแค่ส่วนของการเชื่อมต่อคอมพอร์ตเท่านั้น



รูปที่ 3.10 การตั้งค่าคอมพอร์ตที่ใช้ในการสื่อสาร Com1 ถึง Com5 แล้วคลิกที่ปุ่ม Connect

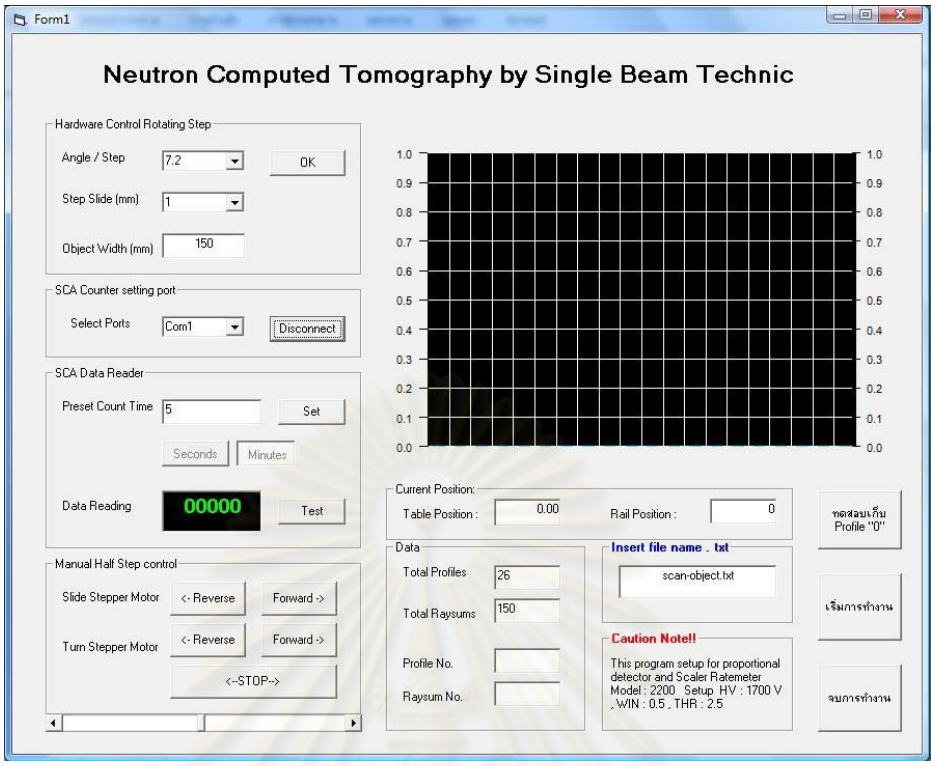
ส่วนการตั้งเวลาที่ใช้ในการสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์นั้น จะสามารถกำหนดเวลาที่ใช้ในการสแกนเก็บข้อมูลได้ทั้งแบบวินาที หรือนาที ตามลักษณะความเหมาะสมในการสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์ของวัสดุแต่ละชนิด



รูปที่ 3.11 การตั้งค่าเวลาที่ใช้ในการสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์

3.3.2.3 ส่วนสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์

เมื่อตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เป็นที่เรียบร้อยแล้วโปรแกรมก็พร้อมที่จะทำงาน เหลือเพียงขั้นตอนของการป้อนชื่อไฟล์ที่ต้องการให้โปรแกรมทำการบันทึกข้อมูล จากนั้นคลิกที่ปุ่มเริ่มทำงานก็เป็นอันว่าเสร็จสิ้นขั้นตอนโปรแกรมจะเริ่มทำงานจนเสร็จสิ้นขบวนการเก็บข้อมูลโปรไฟล์

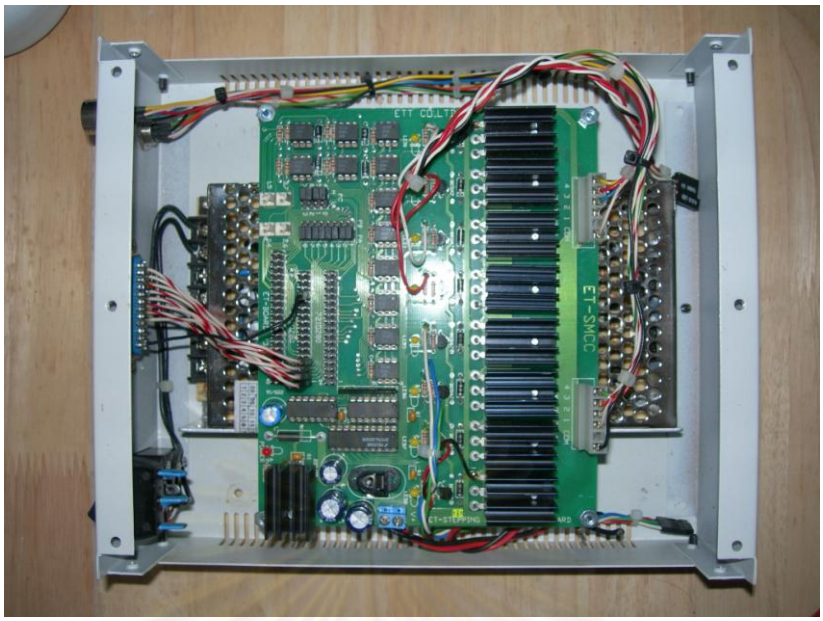


รูปที่ 3.12 หน้าจอโปรแกรมสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์ในสภาวะพร้อมทำงาน

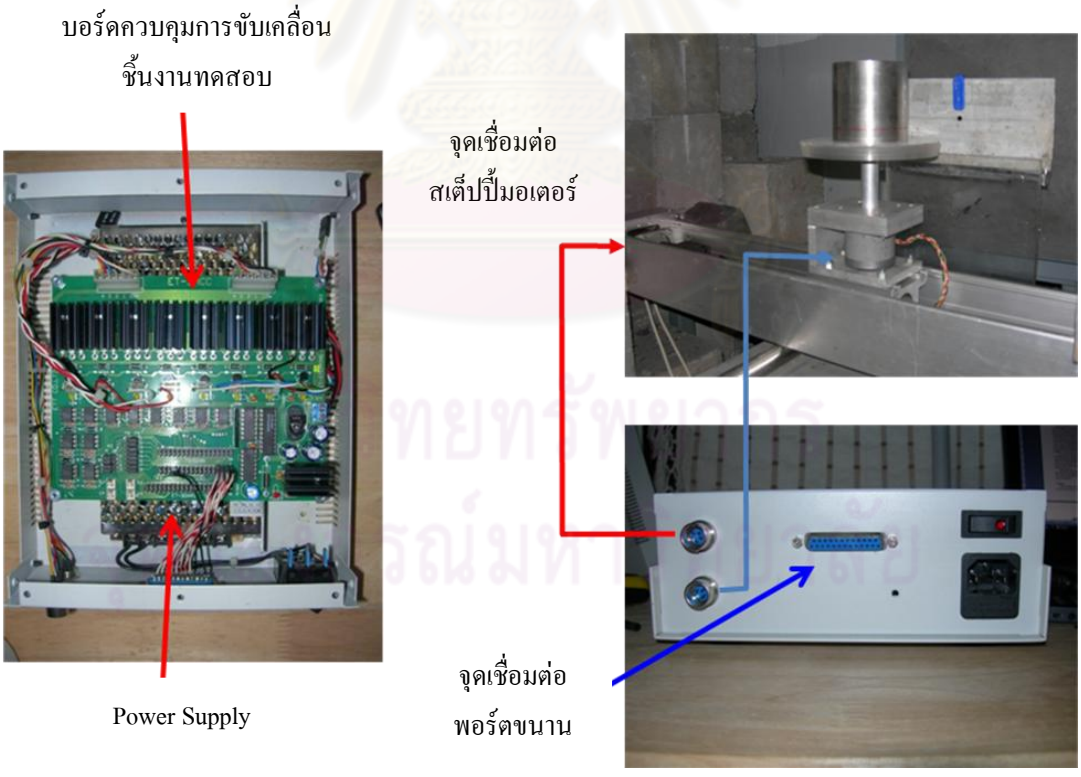
3.3 การติดตั้งระบบควบคุมการทำงานและบันทึกข้อมูล

การติดตั้งระบบควบคุมการทำงานและบันทึกข้อมูลนั้นจะเริ่มจากการติดตั้งเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่สั่งการทำงานในลำดับขั้นตอนต่างๆ ไปยังชุดควบคุมการขับเคลื่อนชิ้นงานและอุปกรณ์ในการบันทึกผล โดยอธิบายวิธีการติดตั้งได้ตามรูปในอันดับต่อไป

รูป 3.13 ด้านหลังชุดควบคุมการขับเคลื่อนชิ้นงานทดสอบพร้อมแสดงตำแหน่งการเชื่อมต่อ

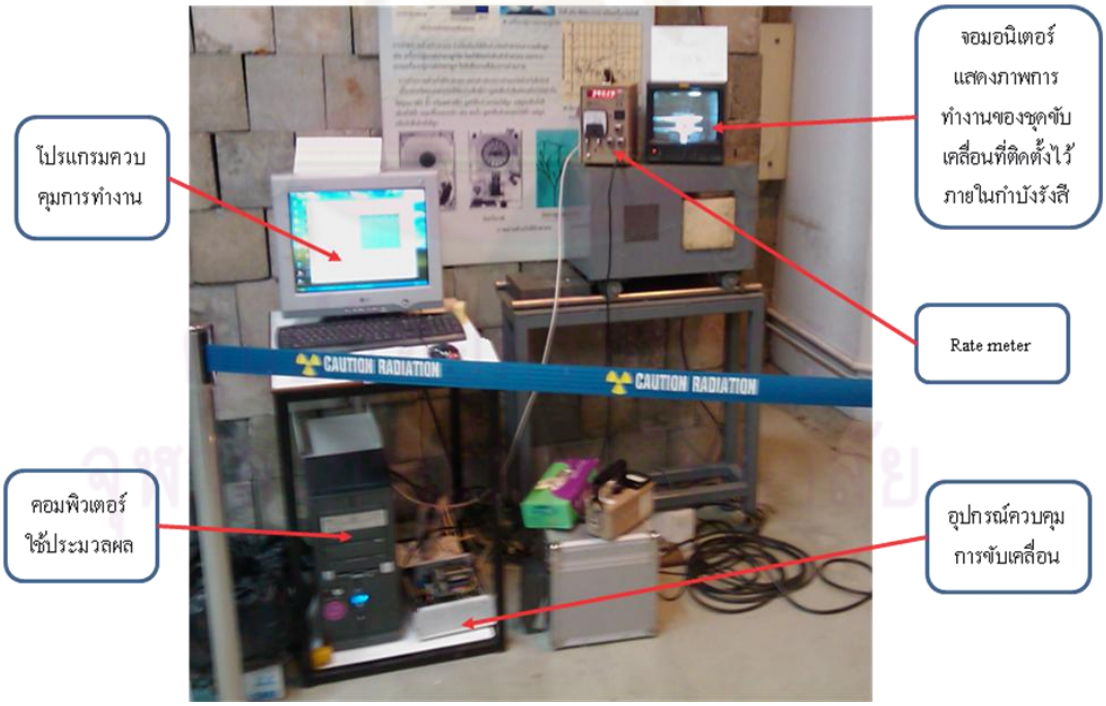


รูปที่ 3.14 อุปกรณ์ชุดควบคุมการขับเคลื่อน ควบคุมการทำงานผ่านทางพอร์ตขนาน



รูปที่ 3.15 แผนภาพการติดตั้งอุปกรณ์ขับเคลื่อนชิ้นงานเข้ากับชุดควบคุม

รูปที่ 3.16 แผนภาพการติดตั้งอุปกรณ์ภายในบริเวณกำบังรังสี



รูปที่ 3.17 แผนภาพการติดตั้งอุปกรณ์ภายนอกบริเวณกำบังรังสี

รูปที่ 3.18 อุปกรณ์ชุดควบคุมการนับวัดรังสีและเก็บข้อมูลโปรไฟล์

รูปที่ 3.19 ติดตั้งอุปกรณ์วัดแลควบคุมเสร็จสมบูรณ์พร้อมเริ่มทำการเก็บข้อมูล

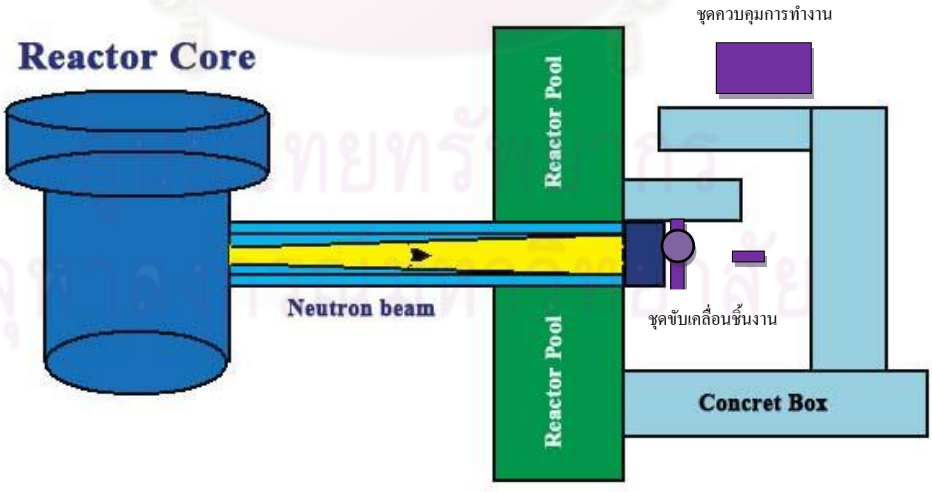
บทที่ 4

วิธีดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย

ในการวิจัยพัฒนาระบบเก็บข้อมูลโปรไฟล์ในการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยนิวตรอนสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว-1/1 นั้น แบ่งงานออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของการพัฒนาระบบเก็บข้อมูลโปรไฟล์ และส่วนของการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี

4.1 การพัฒนาระบบเก็บข้อมูลโปรไฟล์

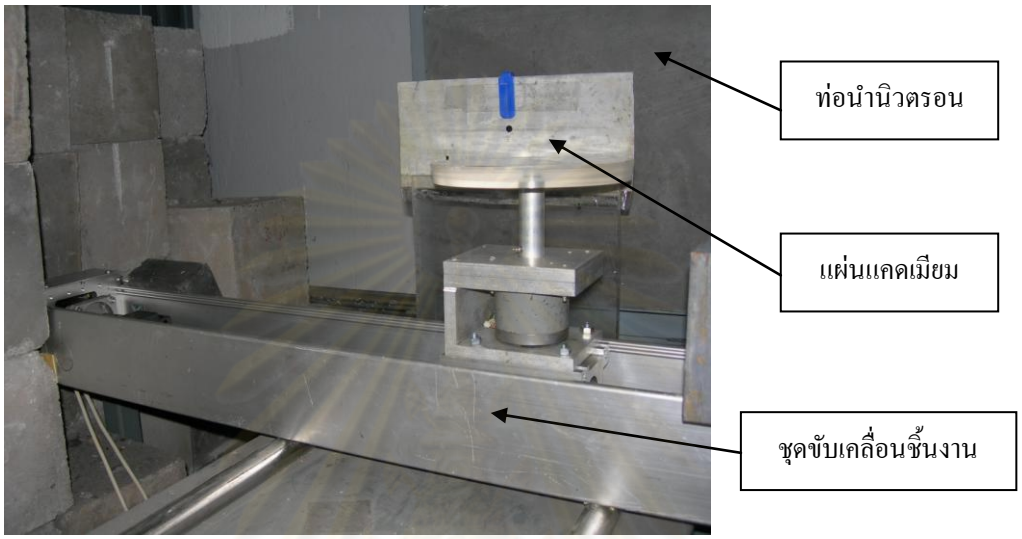
ระบบเก็บข้อมูลโปรไฟล์ในการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยนิวตรอนสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว-1/1 นั้น จะใช้เทอร์มัลนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยที่เดินเครื่องในสภาวะปรกติที่ระดับกำลังงาน 1200 กิโลวัตต์ และต้องเดินเครื่องแบบต่อเนื่องตามระยะเวลาในการสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์ สำหรับการจัดวางระบบเก็บข้อมูลโปรไฟล์นั้น นจะติดตั้งอุปกรณ์ชุดขับเคลื่อนชิ้นงานทดสอบไว้ ณ ตำแหน่งปลายท่อนิวตรอน ภายในบริเวณกำบังรังสีนิวตรอน และติดตั้งชุดควบคุมการทำงานและเก็บข้อมูลไว้ภายนอกกำบังรังสีดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แผนภาพระบบติดตั้งอุปกรณ์สแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์จากลำนิวตรอน

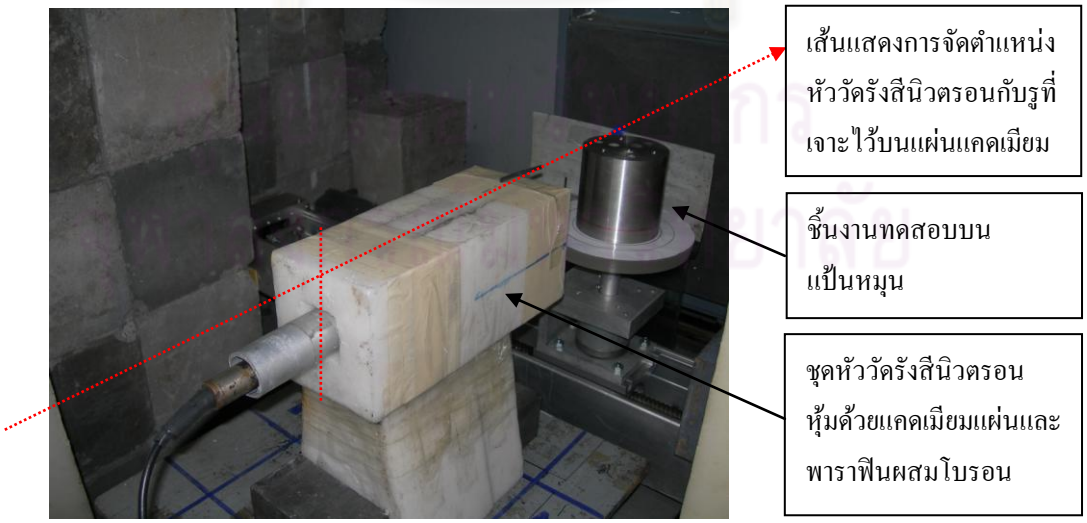
4.2 การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการขับเคลื่อนและควบคุมการทำงาน

การติดตั้งชุดควบคุมการขับเคลื่อนนั้นจะต้องติดตั้งอยู่ด้านหน้าของแนวท่อนำรังสีนิวตรอนและจะถูกกั้นด้วยด้วยแผ่นแคดเมียม (Cd) ที่เจาะรูตรงกลางมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 1 มิลลิเมตร สำหรับให้ลำรังสีผ่านเข้าไปได้ในเฉพาะพื้นที่ที่กำหนดเท่านั้นดังรูปที่ 4.2

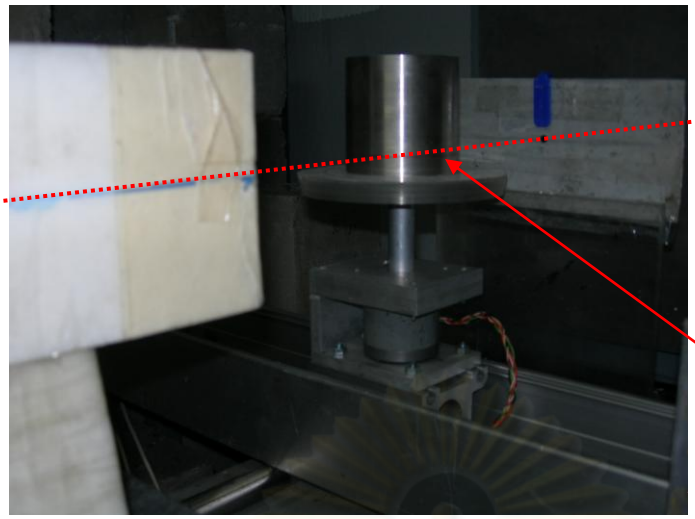


รูปที่ 4.2 ชุดควบคุมการขับเคลื่อนชิ้นงานทดสอบ

จากรูปที่ 4.3 และ 4.4 เป็นการทดลองจัดวางชิ้นงานทดสอบและจัดแนวระหว่างหัววัดรังสีนิวตรอนและรูที่เจาะไว้บนแผ่นแคดเมี่ยมในอยู่ในระนาบเดียวกันเพื่อให้ได้ค่าการนับวัดรังสีที่ถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด



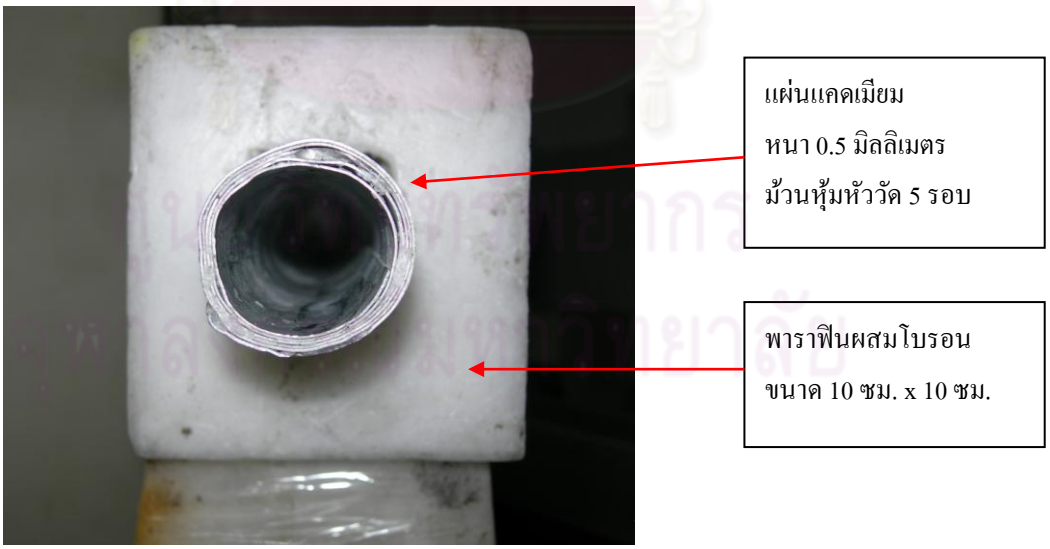
รูปที่ 4.3 การทดลองจัดวางชิ้นงานทดสอบ



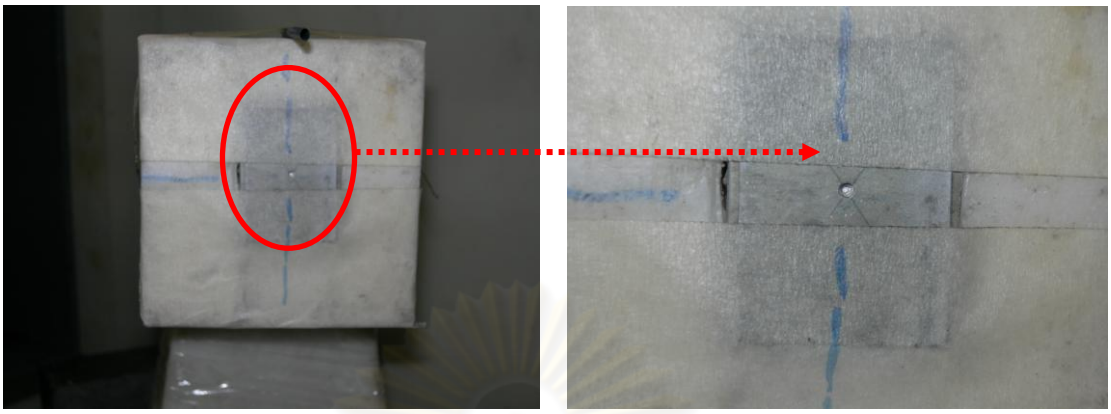
รูปที่ 4.4 การจัดแนวระหว่างหัววัดรังสีนิวตรอน

4.3 การติดตั้งหัววัดรังสีและกำบังรังสี

สำหรับท่อนำรังสีนิวตรอนนี้จะให้รังสีนิวตรอนในช่วงพลังงานที่เป็น Thermal neutron ดังนั้นเพื่อให้ได้ค่าการนับวัดรังสีที่เที่ยงตรงจึงต้องติดตั้งหัววัดรังสีไว้ภายในแผ่นแคดเมียมที่เจาะรูด้านปลายหัววัดขนาด 1 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4.5 และ 4.6 เพื่อลำรังสีสามารถเข้ามาที่หัววัดรังสีได้ในบริเวณนี้เท่านั้น และ พาราฟินผสมโบรอนจะทำหน้าที่ลดพลังงานของ Fast neutron บางส่วนที่อาจจะมีปะปนมาด้วยให้ อยู่ในช่วงของ Thermal neutron เพื่อที่แคดเมียมจะได้ดูดจับได้หมด



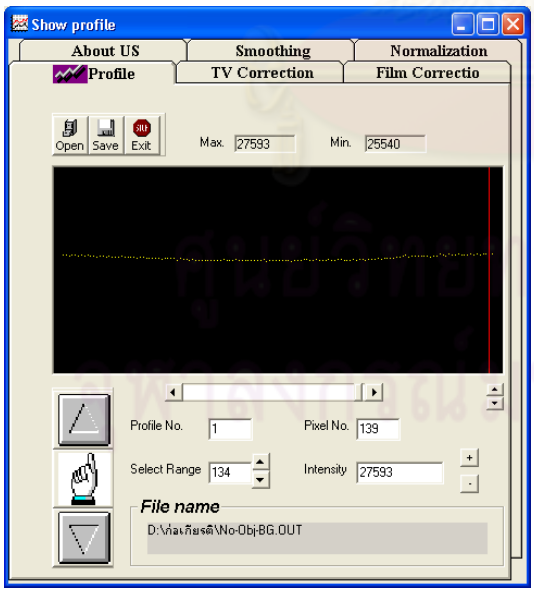
รูปที่ 4.5 ชุดกำบังรังสีสำหรับหัววัดรังสีนิวตรอน



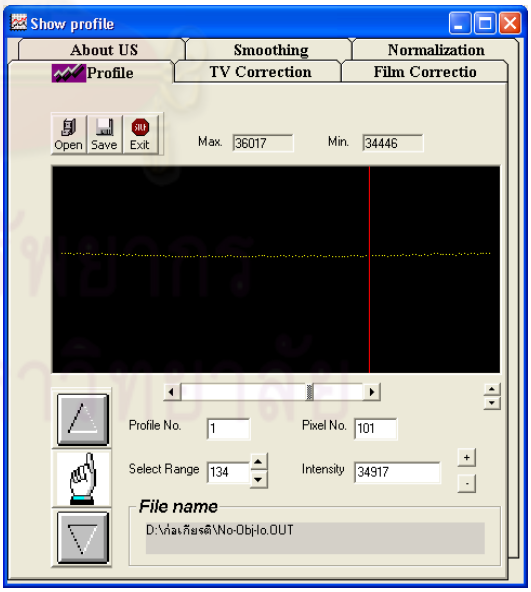
รูปที่ 4.6 ภาพแผ่นกำบังรังสีด้านปลายที่เจาะรูขนาด 1 มิลลิเมตร

4.4 การทดสอบการทำงานของระบบวัดและการเก็บข้อมูลโปรไฟล์

เมื่อติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เป็นที่เรียบร้อยแล้วก็จะต้องทำการทดสอบระบบการวัด โดยทำการเก็บข้อมูลที่ได้จากปริมาณของเทอร์มัลนิวตรอนที่ผ่านเข้ามาที่หัววัดนิวตรอน จากการ เปิด shutter ของท่อนำนิวตรอน เพื่อหาค่าแบคกราวด์ (Background) และ ค่า Io

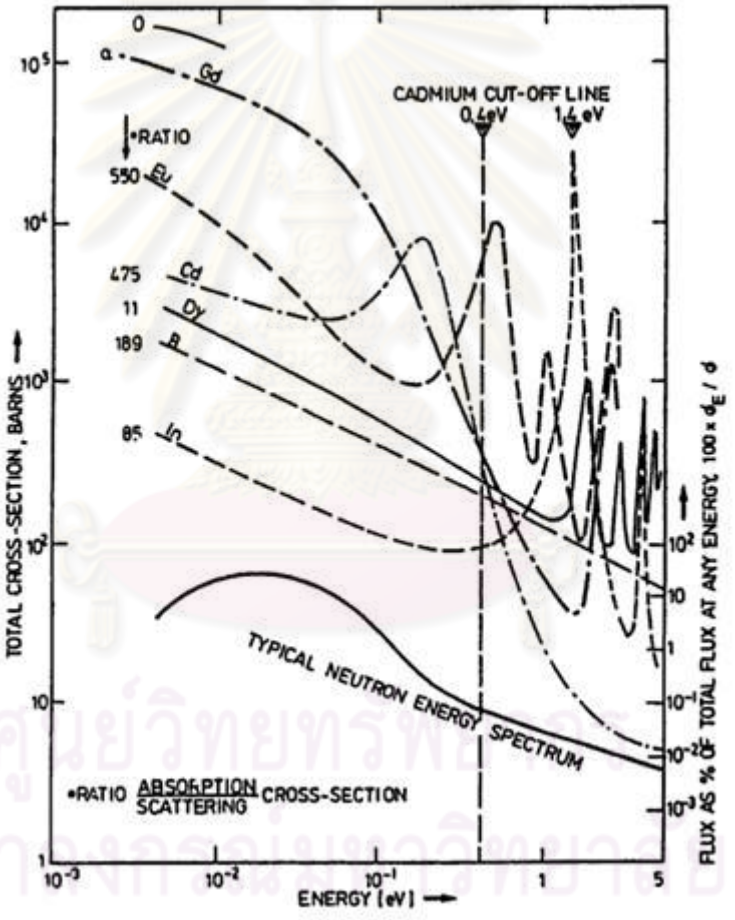


รูปที่ 4.7 โปรไฟล์ค่านับวัดจากแบคกราวด์



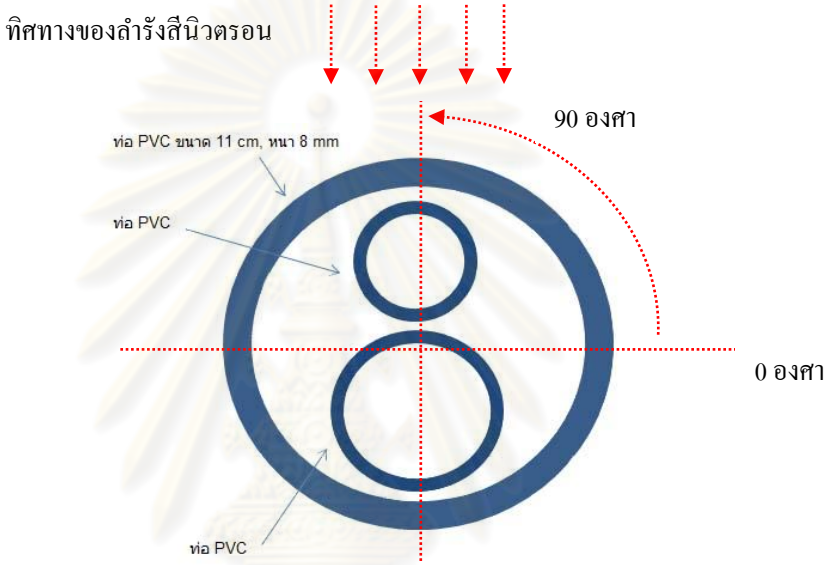
รูปที่ 4.8 โปรไฟล์ค่านับวัดจาก (Io)

เมื่อนำค่าที่ได้จากการเก็บข้อมูลโปรไฟล์ในรูปที่ 4.7 และ 4.8 มาพิจารณาดูแล้วจะเห็นว่าข้อมูล Io จะมีความผันผวนมากกว่าข้อมูลโปรไฟล์ที่ได้จากการนับวัดค่าแบคกราวด์ พบว่าค่าแบคกราวด์ มีค่าสูงมากซึ่งอาจจะเกิดจากการทำกำบังรังสีที่หัววัดไว้ไม่เพียงพอ ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ค่านับวัดสูงทั้งนี้เนื่องจากแผ่นแคดเมียม สามารถดูดกลืนเทอร์มัลนิวตรอนได้ดี แต่นิวตรอนที่ออกมาจากลำนิวตรอนมีทั้งพลังงานสูงและพลังงานต่ำ ดังนั้นนิวตรอนพลังงานสูงกว่าช่วง Cadmium cut-off ดังรูปที่ 4.9 จะทะลุผ่านแผ่นแคดเมียมได้ และเข้าไปในหัววัดทำให้ค่านับวัดสูงกว่าที่ควรจะเป็นข้อมูลโปรไฟล์ที่ใช้ในการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีจึงต้องมีค่าแบคกราวด์เข้าไปรบกวนสูง

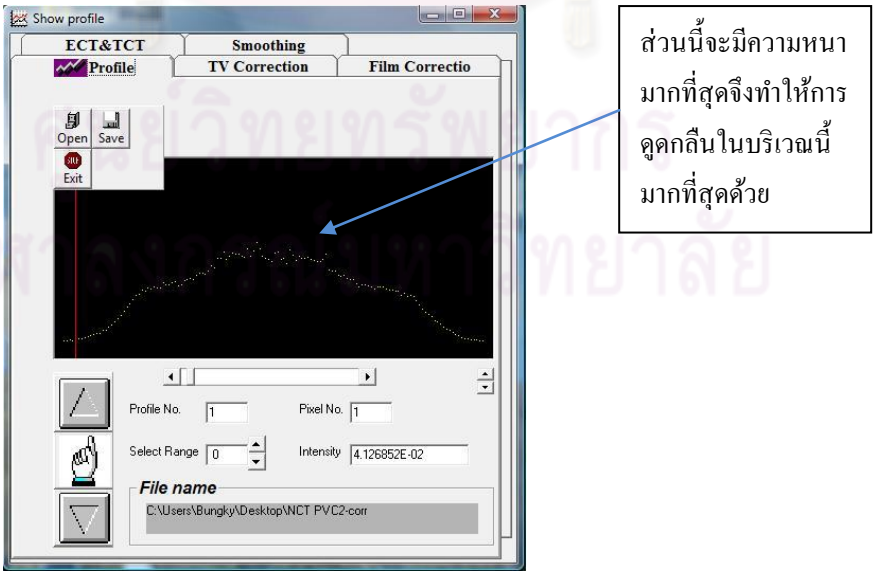


รูปที่ 4.9 แสดงค่าภาคตัดขวางของวัสดุกำบัง Boron, Cadmium และอื่นๆ[4]

ก่อนการสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์ต้องทำการติดตั้งชิ้นงานทดสอบไว้บนชุดควบคุมการขับเคลื่อนให้เรียบร้อยพร้อมทั้งตรวจสอบตำแหน่งของชิ้นงานก่อนเริ่มทำการทดสอบ และหาตำแหน่งของการวางชิ้นงานให้ได้จุดหมุนที่ไม่คลาดเคลื่อนออกจากจุดศูนย์กลางการหมุน (center of rotation) โดยสังเกตจากการหมุนของสเต็ปมอเตอร์ จากนั้นทดลองเก็บข้อมูลโปรไฟล์ที่ตำแหน่งมุม 0 องศา และที่มุม 90 องศา แล้วนำข้อมูลที่ได้มาสร้างโปรไฟล์ทั้ง 2 ตำแหน่ง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลโปรไฟล์

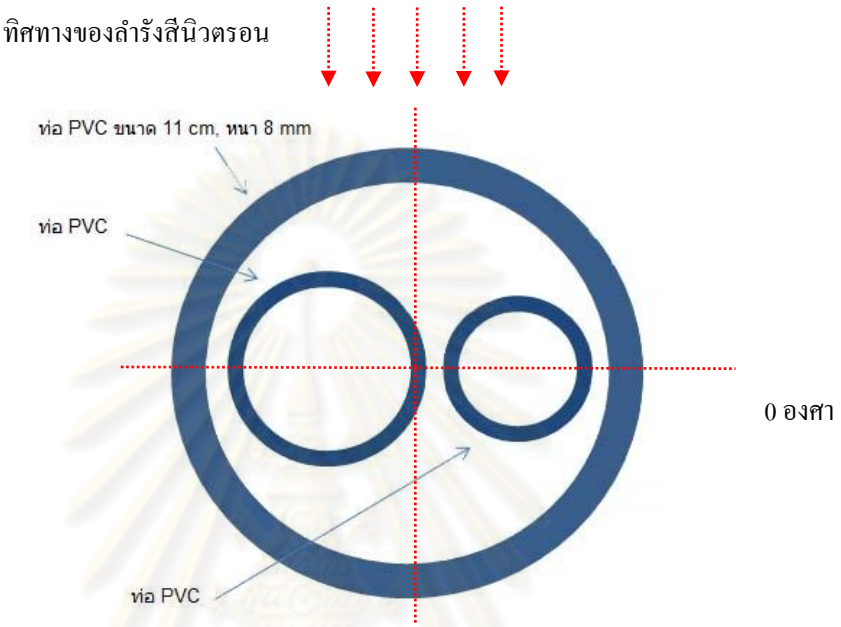


รูปที่ 4.10 แผนภาพการวางตำแหน่งของชิ้นงานทดสอบที่อยู่ในตำแหน่งมุม 90 องศา

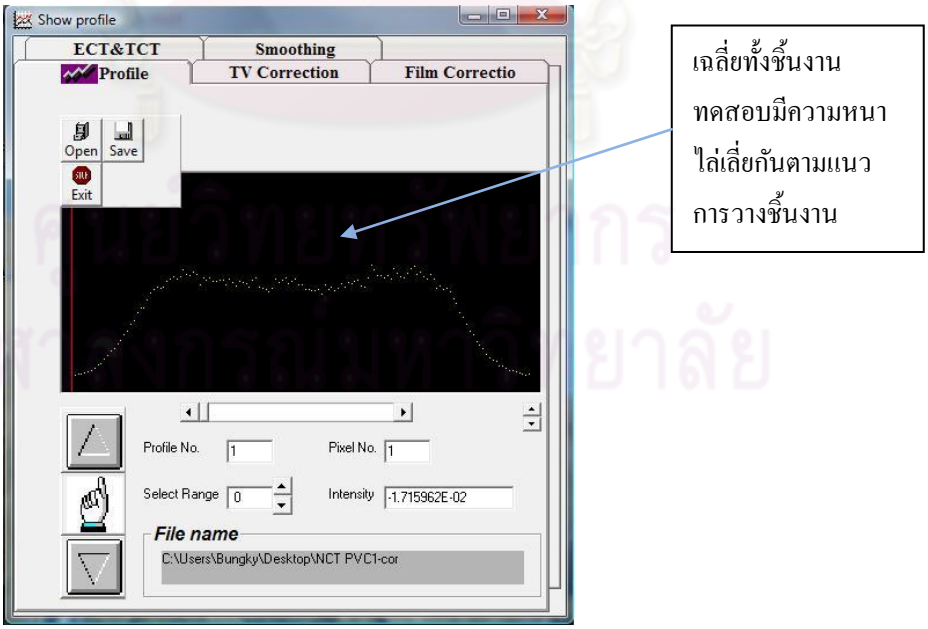


รูปที่ 4.11 แสดงข้อมูลโปรไฟล์จากการสแกนเก็บข้อมูลชิ้นงานทดสอบอยู่ในตำแหน่งมุม 90 องศา

จากการเก็บข้อมูลโปรไฟล์ของชิ้นงานทดสอบในรูปที่ 4.9 และ 4.10 และนำข้อมูลมาสร้างภาพโปรไฟล์ดังในรูปที่ 4.11 และ 4.12 พบว่าข้อมูลที่ได้มีความสัมพันธ์กันระหว่างแนวที่วัตถุอยู่กับรูปของโปรไฟล์ที่ได้ แสดงว่าชิ้นงานทดสอบที่นำมาสแกนเก็บข้อมูลนั้นสามารถที่จะนำมาใช้เป็นชิ้นงานทดสอบได้



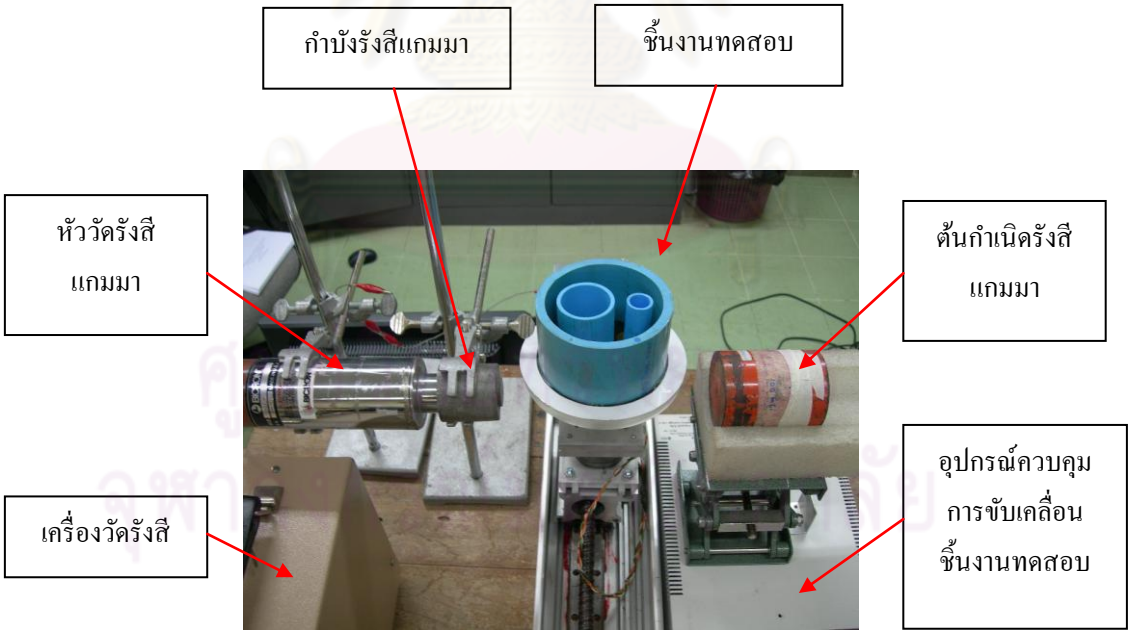
รูปที่ 4.12 แผนภาพการวางตำแหน่งของชิ้นงานทดสอบที่อยู่ในตำแหน่งมุม 0 องศา



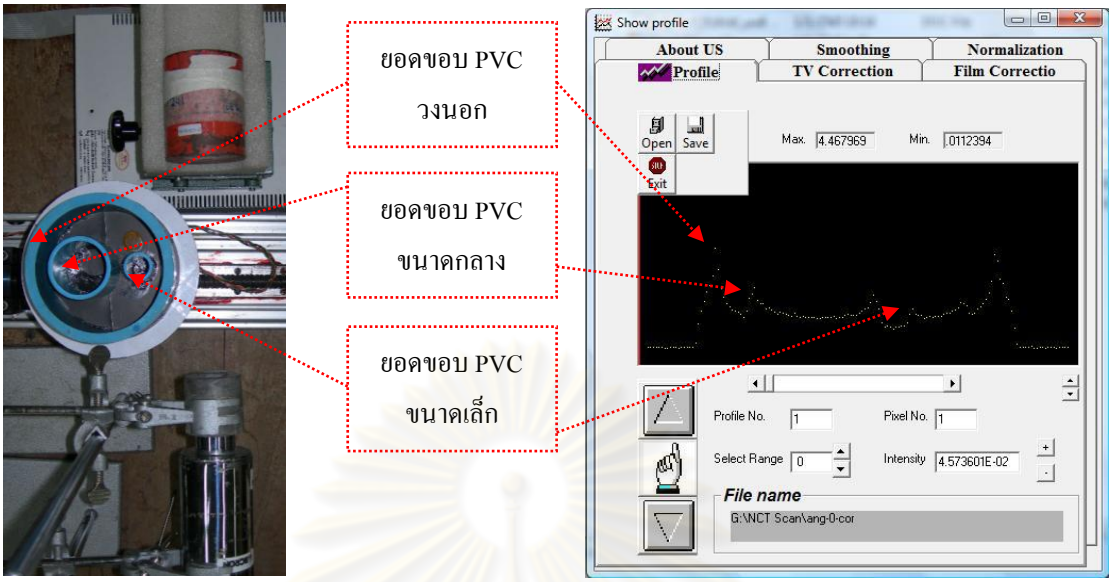
รูปที่ 4.13 แสดงข้อมูลโปรไฟล์จากการสแกนเก็บข้อมูลชิ้นงานทดสอบที่อยู่ในตำแหน่งมุม 0 องศา

จากการทดสอบเบื้องต้นดังรูปที่ 4.11 และรูปที่ 4.13 พบว่าข้อมูลโปรไฟล์ขาดรายละเอียด ไม่สามารถแยกแยะรูปร่างของชิ้นงานได้อย่างชัดเจน ที่เป็นเ ช่นนี้เนื่องจากการกำบังรังสีนิวตรอนที่มีพลังงานสูงทำได้ไม่สมบูรณ์ โดยรูที่เจาะให้มีขนาด 1 มิลิเมตร ที่แผนแคดเมียมจะมีทั้งนิวตรอนพลังงานสูงและเทอร์มัลนิวตรอนผ่านเข้าไปด้านหน้าหัววัดรังสี สำหรับเทอร์มัลนิวตรอนจะถูกจับไว้ได้ แต่สำหรับนิวตรอนพลังงานสูงจะทะลุผ่านหัววัดเข้าไปได้ ดังนั้นทำให้ขนาดของลำนิวตรอนที่เข้าหัววัดมีขนาดเท่ากับ 1 นิ้ว (ไม่ใช่ที่ 1 มิลลิเมตร ตามที่ได้ออกแบบไว้) โดยมีระยะการสแกนในแนวราบเป็น 1 มิลลิเมตร จึงเป็นเหตุให้ข้อมูลโปรไฟล์ขาดรายละเอียดไป

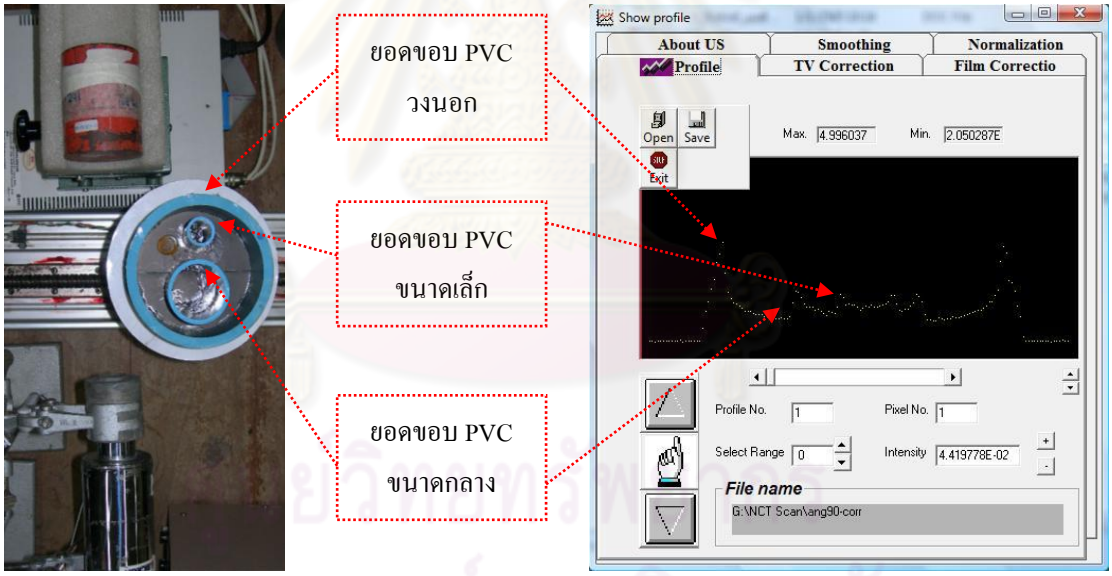
ด้วยเหตุนี้จึงต้องทดสอบระบบการสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์ด้วยลำรังสีแกมมา และใช้หัววัดรังสีแกมมาชนิด CdTe เพื่อเป็นการยืนยันถึงประสิทธิภาพของระบบสแกนที่ได้ออกแบบ โดยจัดระบบนับวัดรังสี เช่นเดียวกับการสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์ด้วยนิวตรอน ดังในรูปที่ 4.14 กำหนด ขนาดของรูรับรังสีแกมมาเท่ากับ 1 มิลลิเมตร ระยะสแกนเป็น 150 มิลลิเมตร ได้จำนวนเรย์ซัมเท่ากับ 150 ได้ข้อมูล เมื่อทดลองเก็บข้อมูลโปรไฟล์ของชิ้นงานทดสอบ ที่วางอยู่ในตำแหน่งมุม 0 องศา และ 90 องศา จะได้ ข้อมูลโปรไฟล์จากการสแกนเก็บข้อมูลชิ้นงานทดสอบจากการสแกนด้วยรังสีแกมมา ดังรูปที่ 4.15 และ 4.16



รูปที่ 4.14 การจัดระบบสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์โดยใช้รังสีแกมมา



รูปที่ 4.15 โปรไฟล์ชิ้นงานทดสอบในตำแหน่งมุม 0 องศา จากการสแกนด้วยรังสีแกมมา



รูปที่ 4.16 โปรไฟล์ชิ้นงานทดสอบในตำแหน่งมุม 90 องศา จากการสแกนด้วยรังสีแกมมา

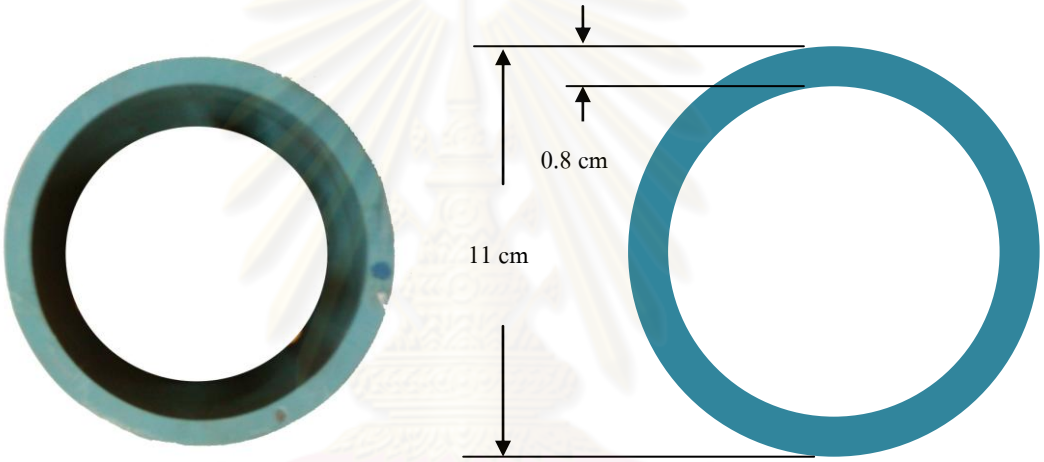
จากรูปที่ 4.15 และ 4.16 พบว่าข้อมูลโปรไฟล์ของทั้งสองภาพสามารถเห็นรายละเอียดของท่อ PVC และด้านในยังสังเกตเห็นท่อ PVC ขนาดกลางและขนาดเล็กที่ติดตั้งอยู่ภายในได้อย่างชัดเจน

4.5 ผลการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีจากการเก็บข้อมูลด้วยวิธีการสแกนแบบรังสีลำแคบ

จากการทำชิ้นงานทดสอบจำนวน 7 ตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วยวัสดุต่างๆ กันหลายชนิดมาทำการสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์ซึ่งจะอธิบายผลการสแกนเก็บข้อมูลและผลการสร้างภาพโทโมการฟีได้ดังนี้

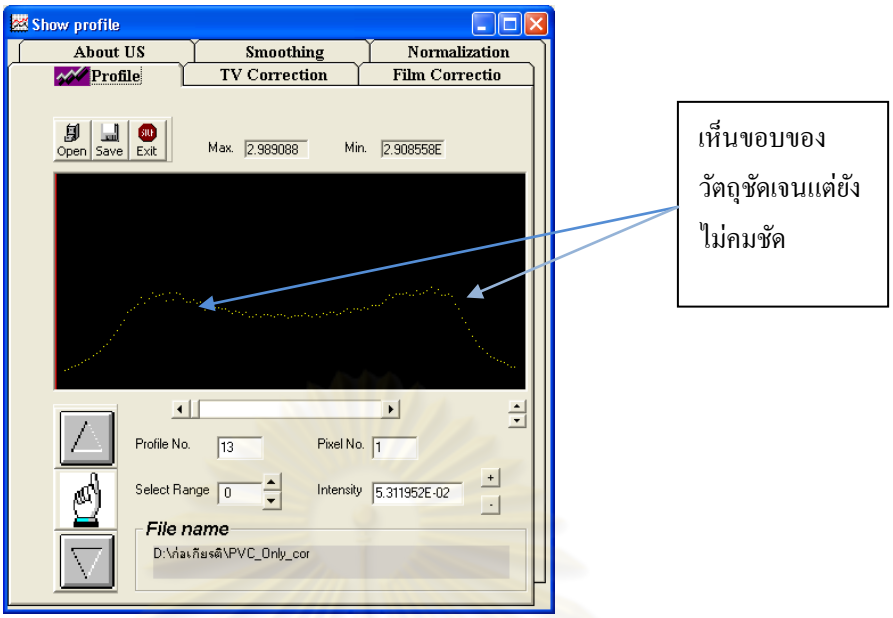
ชิ้นงานทดสอบที่ 1

ชิ้นงานทดสอบที่ 1 เป็นพลาสติกทรงกระบอกทำจากโพลีไวนิลคลอไรด์ (พีวีซี) ความสูง 8 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอก 11 เซนติเมตร ขอบวงแหวนหนา 8 มิลลิเมตร ไม่มีวัสดุติดตั้งไว้ภายใน

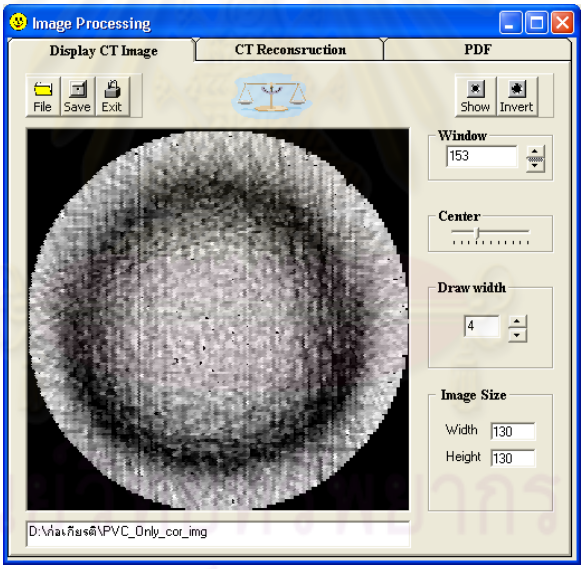


รูป 4.17 ภาพชิ้นงานทดสอบที่ 1

นำชิ้นงานทดสอบที่ 1 มาทำการสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์ โดยให้รายละเอียดของการสแกนดังนี้ มุมที่ใช้ในการหมุนวัตถุ 7.2 องศา สเต็ปที่ใช้ในการเคลื่อนที่ 1 มิลลิเมตร จำนวนโปรไฟล์เท่ากับ 51 โปรไฟล์ แต่ละโปรไฟล์มี จำนวนเรย์ซัมเท่ากับ 130 เรย์ซัม ใช้เวลาในการสแกนเรย์ซัมละ 5 วินาที รวมระยะเวลาในการเก็บข้อมูลประมาณ 11 ชั่วโมง



รูปที่ 4.18 ภาพโปรไฟล์ของชิ้นงานทดสอบที่ 1

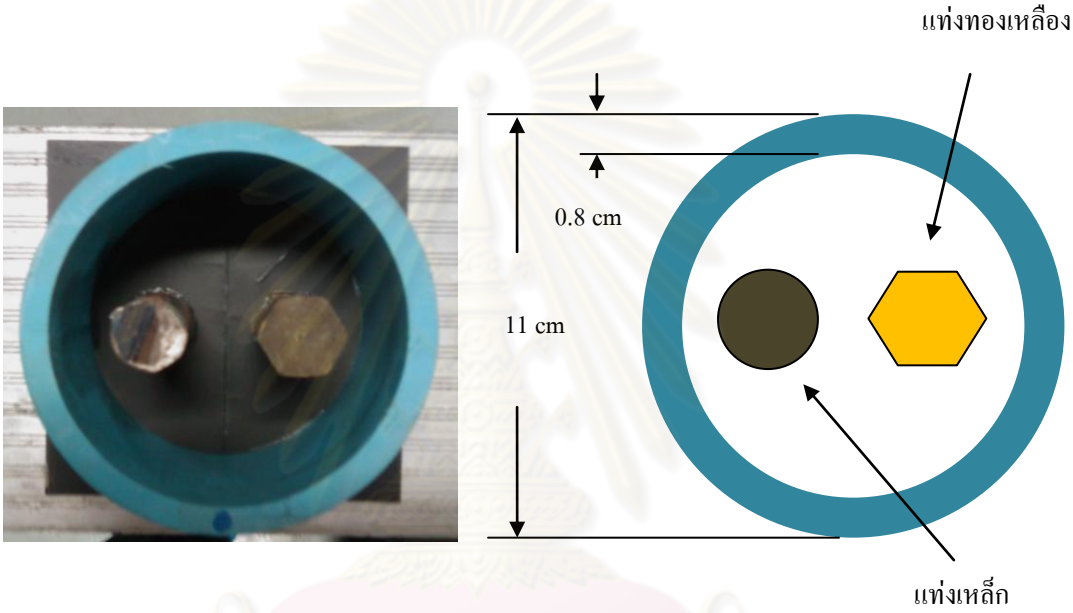


รูปที่ 4.19 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบที่ 1

จากภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบที่ 1 พบว่าของวงแหวงที่ได้ไม่ชัดเจนนักทั้งนี้เพราะว่าลำนิวตรอนที่ผ่านชิ้นงานออกมาและเข้าสู่หัววัดชนิด He-3 จะมีทั้งพลังงานสูงและเทอร์มัลนิวตรอน โดยนิวตรอนพลังงานสูงอาจทะลุผ่านกำบังรังสีด้านหน้าหัววัดเข้าไปได้ทำให้พลังงานรังสีเพิ่มจากที่เทอร์มัลนิวตรอนเข้าช่องเล็กๆ ที่เจาะไว้ขนาด 1 มิลลิเมตร ดังนั้นจะทำให้ขนาดของช่องรับรังสีนิวตรอนที่แท้จริงมีขนาดเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัววัด (ประมาณ 1 นิ้ว) จึงทำให้ข้อมูลโปรไฟล์ขาดรายละเอียดค่อนข้างมาก สังเกตได้จากความไม่คมชัดของขอบภาพ

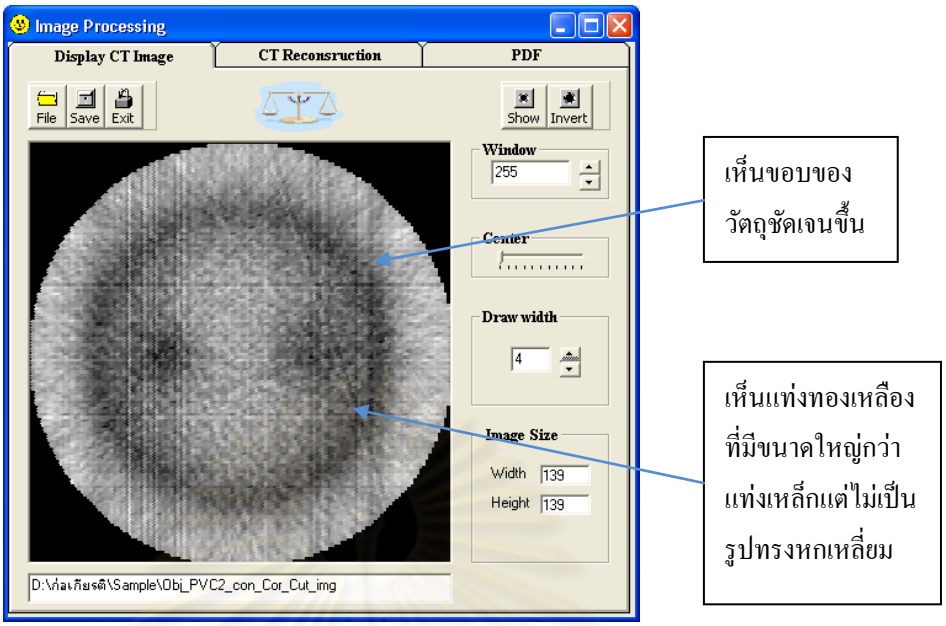
ชิ้นงานทดสอบที่ 2

ชิ้นงานทดสอบที่ 2 เป็นพลาสติกทรงกระบอกทำจากโพลีไวนิลคลอไรด์ (พีวีซี) ความสูง 8 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอก 11 เซนติเมตร ขอบวงแหวนหนา 8 มิลลิเมตร ภายในมีแท่งเหล็กทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร และแท่งทองเหลืองรูปหกเหลี่ยมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร

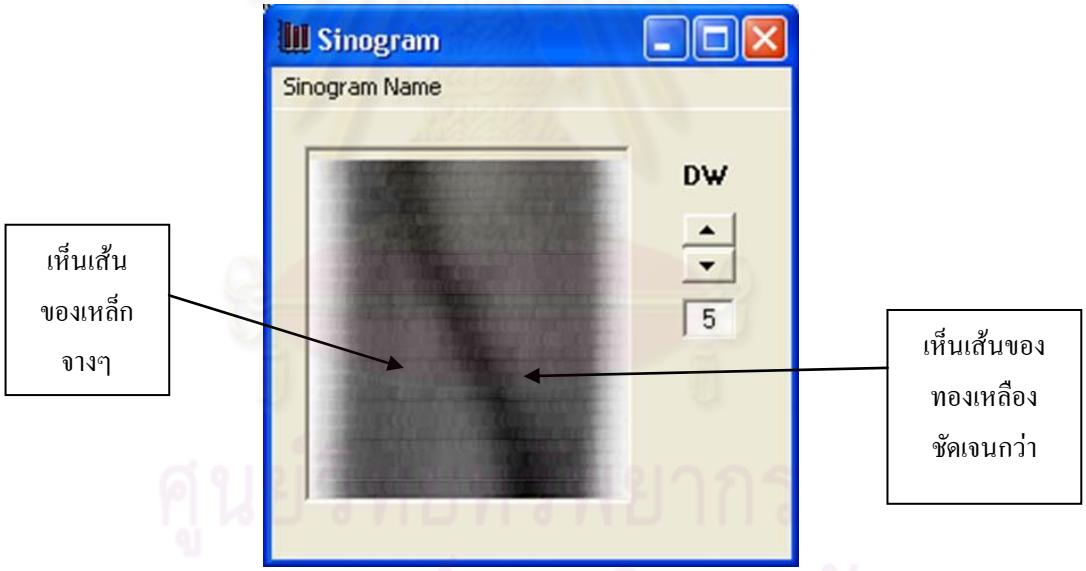


รูป 4.20 ภาพชิ้นงานทดสอบที่ 2

นำชิ้นงานทดสอบที่ 2 มาทำการสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์ โดยให้รายละเอียดของการสแกนดังนี้ มุมที่ใช้ในการหมุนวัตถุ 18 องศา สเต็ปที่ใช้ในการเคลื่อนที่ 1 มิลลิเมตร จำนวนโปรไฟล์เท่ากับ 11 โปรไฟล์ จำนวนเรย์ซัมเท่ากับ 150 เรย์ซัม ใช้เวลาในการสแกนเรย์ซัมละ 10 วินาที รวมระยะเวลาในการเก็บข้อมูลประมาณ 6 ชั่วโมง



รูปที่ 4.21 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบที่ 2

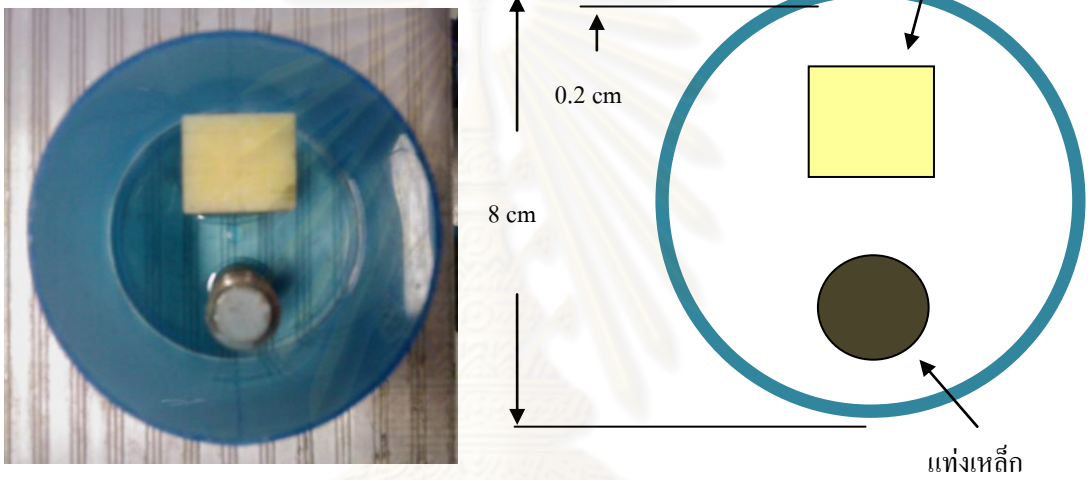


รูปที่ 4.22 ภาพ Sinogram ของชิ้นงานทดสอบที่ 2

ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบที่ 2 จะเห็นว่าการเพิ่มเวลาในการเก็บข้อมูลที่มากขึ้นไม่ได้ช่วยให้มองเห็นวงแหวนของท่อพลาสติกได้ดีขึ้น สำหรับวัตถุที่เป็นมีแท่ง และแท่งทองเหลืองนั้นมีความเปรียบต่างของอยู่พอสมควรเนื่องจาก แท่งทองเหลืองมีค่าภาคตัดขวางสูงกว่าแท่งเหล็กจึงทำให้มองเห็นแท่งทองเหลืองได้ดีกว่า และภาพที่ได้ยังเกิด Artifact อยู่มากเนื่องจากมุมที่ใช้ในการสแกนเก็บข้อมูลน้อยเกินไป

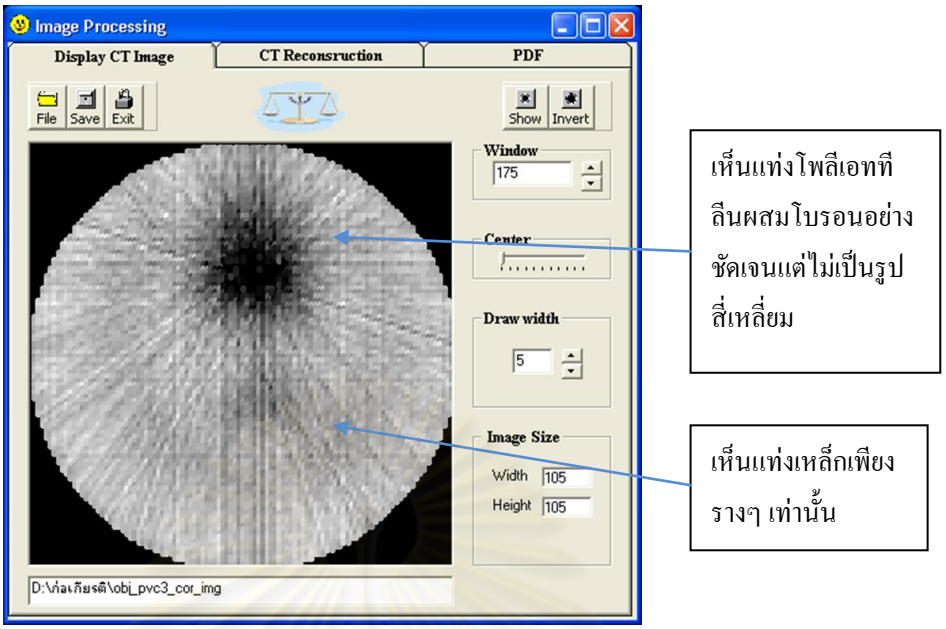
ชิ้นงานทดสอบที่ 3

ชิ้นงานทดสอบที่ 3 เป็นพลาสติกทรงกระบอกทำจากโพลีไวนิลคลอไรด์ (พีวีซี) ความสูง 8 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอก 8 เซนติเมตร ขอบวงแหวนหนา 2 มิลลิเมตร ภายในมีแท่งเหล็กทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร และแท่งโพลีเอททีลีนผสมโบรอนทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ยาวด้านละ 2.5 เซนติเมตร



รูป 4.23 ภาพชิ้นงานทดสอบที่ 3

นำชิ้นงานทดสอบที่ 3 มาทำการสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์ โดยให้รายละเอียดของการสแกนดังนี้ มุมที่ใช้ในการหมุนวัตถุ 18 องศา สเต็ปที่ใช้ในการเคลื่อนที่ 1 มิลลิเมตร จำนวนโปรไฟล์เท่ากับ 11 โปรไฟล์ จำนวนเรย์ซัมเท่ากับ 100 เรย์ซัม ใช้เวลาในการสแกนเรย์ซัมละ 5 วินาที รวมระยะเวลาในการเก็บข้อมูลประมาณ 3 ชั่วโมง

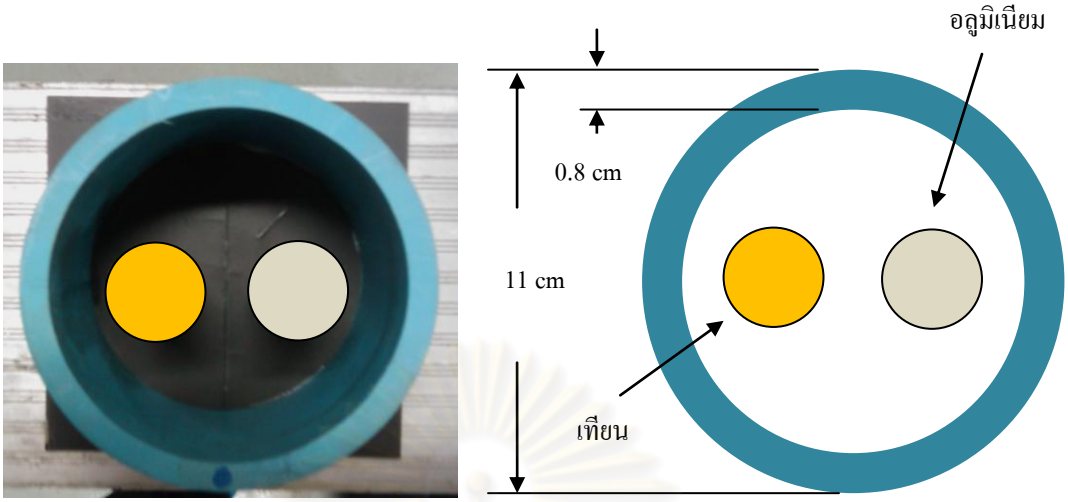


รูปที่ 4.24 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบที่ 3

ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบที่ 3 จะเห็นว่าเมื่อนำพลาสติกทรงกระบอกที่มีขนาดบางประมาณ 3 มิลลิเมตร ซึ่งบางมากเกินไปจึงทำให้นิวตรอนทะลุผ่านไปได้มาก สำหรับวัตถุที่นำมาสแกนนั้นมีความเปรียบต่างกันอย่างชัดเจนเพราะว่าแท่งโพลีเอททีลีนผสมโบรอนมีภาคตัดขวางสูงกว่าแท่งเหล็กจึงทำให้มองเห็นแท่งโพลีเอททีลีนผสมโบรอนได้ดีกว่า และภาพที่ได้ยังเกิด Artifact อยู่มากเนื่องจากมุมที่ใช้ในการสแกนเก็บข้อมูลน้อยเกินไป และเหตุผลเช่นเดียวกับภาพโทโมกราฟีจากชิ้นงานทดสอบที่ 1

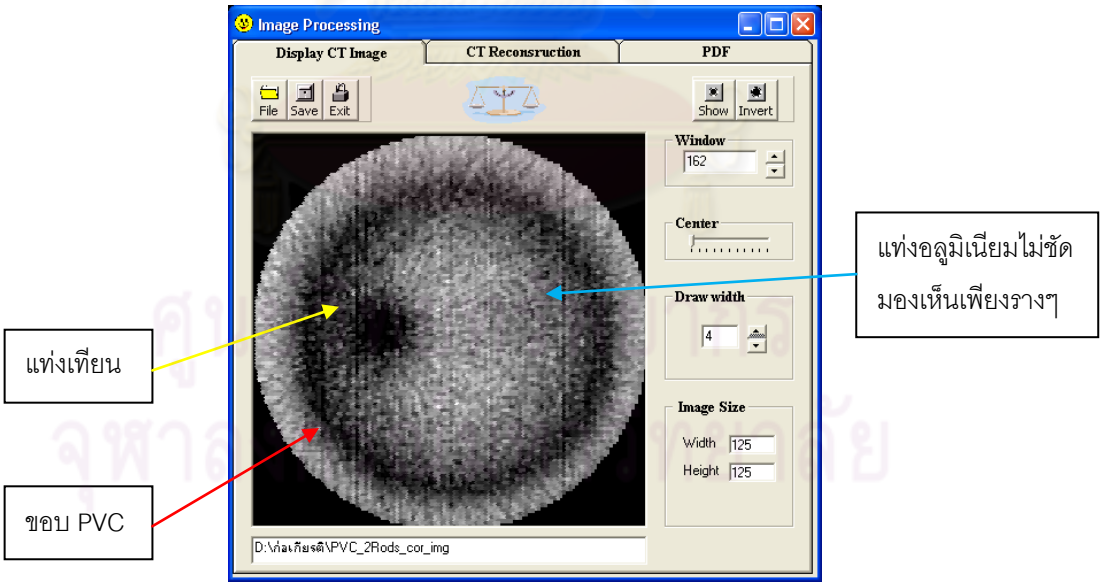
ชิ้นงานทดสอบที่ 4

ชิ้นงานทดสอบที่ 4 เป็นพลาสติกทรงกระบอกทำจากโพลีไวนิลคลอไรด์ (พีวีซี) ความสูง 8 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอก 11 เซนติเมตร ขอบวงแหวนหนา 8 มิลลิเมตร ภายในมีแท่งเทียนไข 2 เซนติเมตร และแท่งอลูมิเนียมทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร

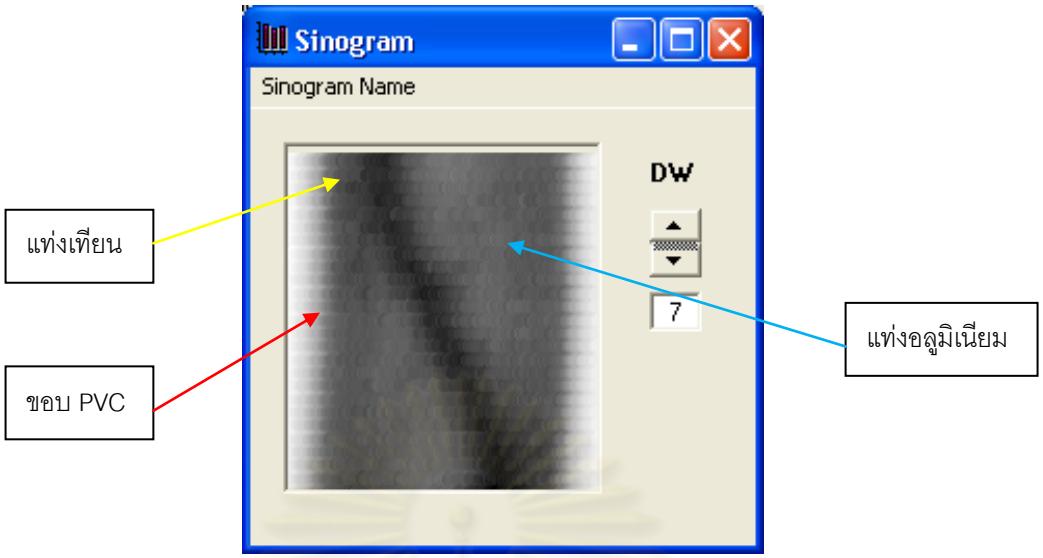


รูป 4.25 ภาพชิ้นงานทดสอบที่ 4

นำชิ้นงานทดสอบที่ 4 มาทำการสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์ โดยให้รายละเอียดของการสแกนดังนี้ มุมที่ใช้ในการหมุนวัตถุ 3.6 องศา สเต็ปที่ใช้ในการเคลื่อนที่ 1 มิลลิเมตร จำนวนโปรไฟล์เท่ากับ 51 โปรไฟล์ จำนวนเรย์ซัมเท่ากับ 150 เรย์ซัม ใช้เวลาในการสแกนเรย์ซัมละ 5 วินาที รวมระยะเวลาในการเก็บข้อมูลประมาณ 12 ชั่วโมง

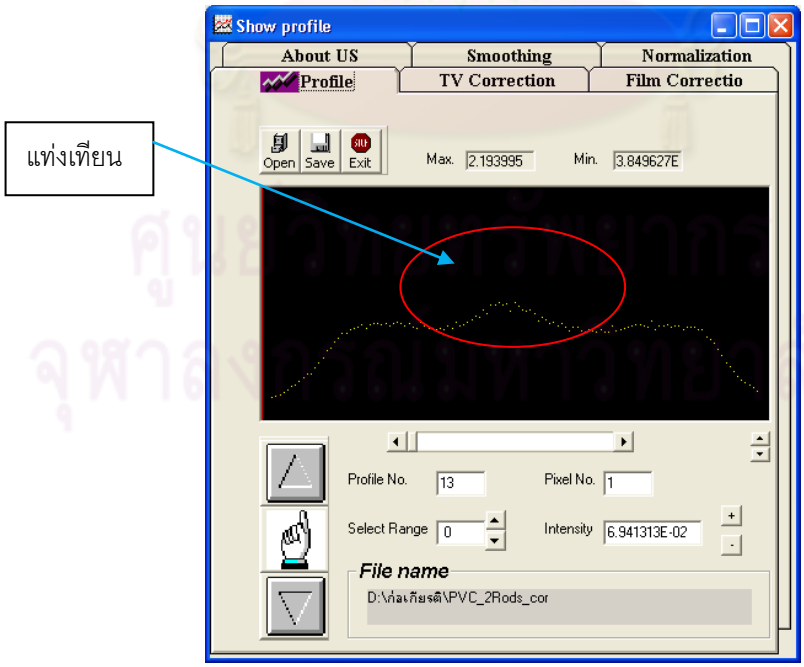


รูปที่ 4.26 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบที่ 4



รูปที่ 4.27 ภาพ Sinogram ของชิ้นงานทดสอบที่ 4

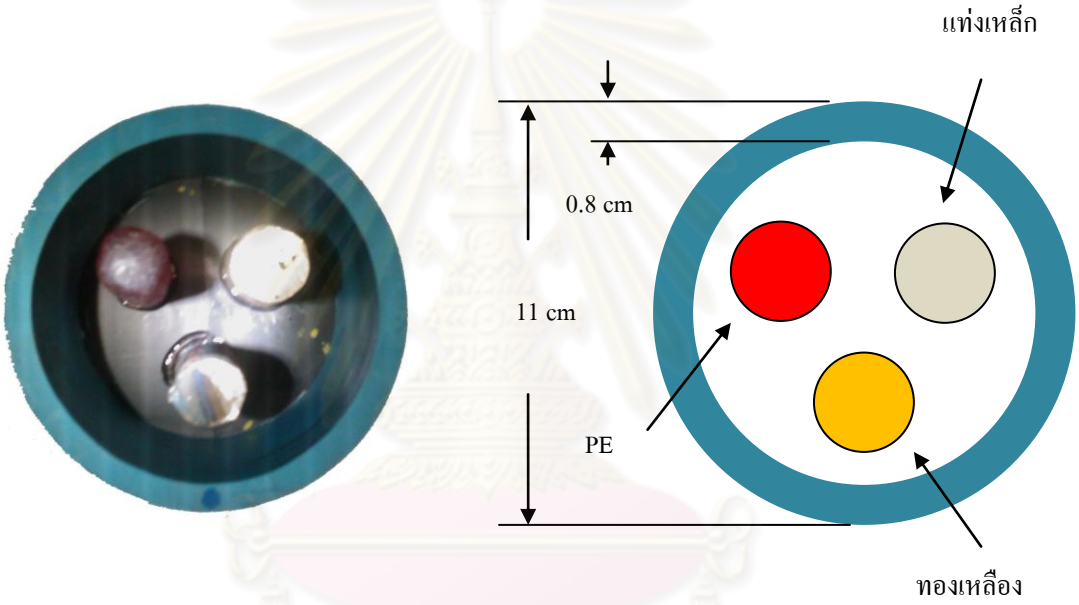
ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบที่ 4 พบว่าเนื่องจากมีจำนวนโปรไฟล์ในการสแกนเก็บข้อมูลที่มากขึ้นกว่าเดิมจึงทำให้เห็นขอบวงแหวนของพลาสติกได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น สำหรับวัตถุที่นำมาสแกนนั้นมีความเปรียบต่างกันอย่างชัดเจนเพราะว่าแท่งเทียนไขภาคตัดขวางสูงกว่าแท่งอลูมิเนียมมากเมื่อวิเคราะห์จากภาพโปรไฟล์ในรูปที่ 4.21 แล้วพบว่าจุดยอดของแท่งเทียนไขชัดเจนมากแต่แท่งอลูมิเนียมนั้นต่ำมากจึงทำให้เห็นขอมูลในภาพแต่เพียงรางๆ เท่านั้น



รูปที่ 4.28 ภาพโปรไฟล์ของชิ้นงานทดสอบที่ 4

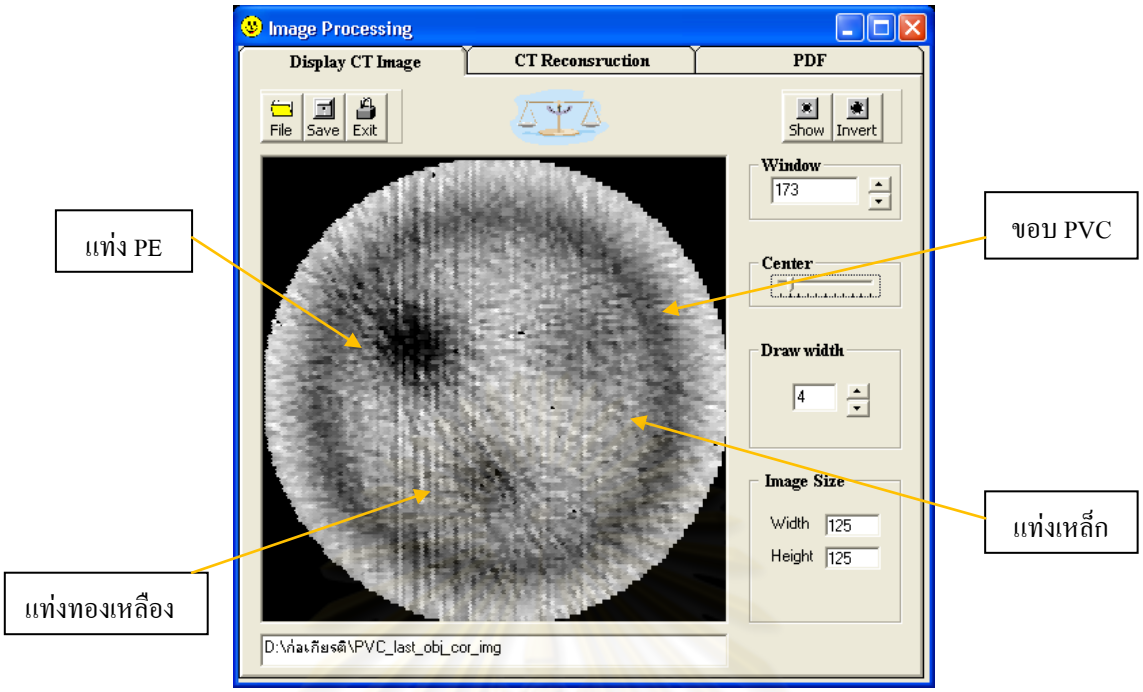
ชิ้นงานทดสอบที่ 5

ชิ้นงานทดสอบที่ 5 เป็นพลาสติกทรงกระบอกทำจากโพลีไวนิลคลอไรด์ (พีวีซี) ความสูง 8 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอก 11 เซนติเมตร ขอบวงแหวนหนา 8 มิลลิเมตร ภายในมีแท่งพลาสติกชนิด PE ทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร แท่งเหล็กทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร และแท่งทองเหลืองทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร สาเหตุที่เลือกวัสดุดังกล่าวนำมาสแกนเก็บข้อมูลก็คือ วัสดุทั้ง 3 ชนิดนี้มีค่าการดูดกลืนที่แต่ต่างกันเป็นช่วงๆ ซึ่งน่าจะทำให้การสร้างภาพโทโมกราฟีสามารถเห็นความเปรียบต่างได้ชัดเจนกว่า

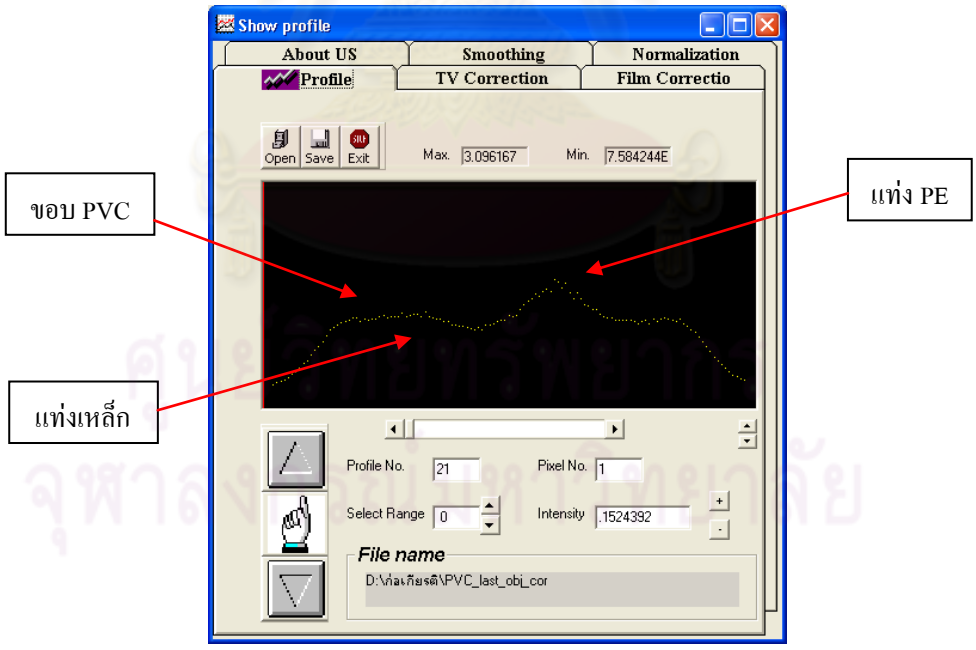


รูป 4.29 ภาพชิ้นงานทดสอบที่ 5

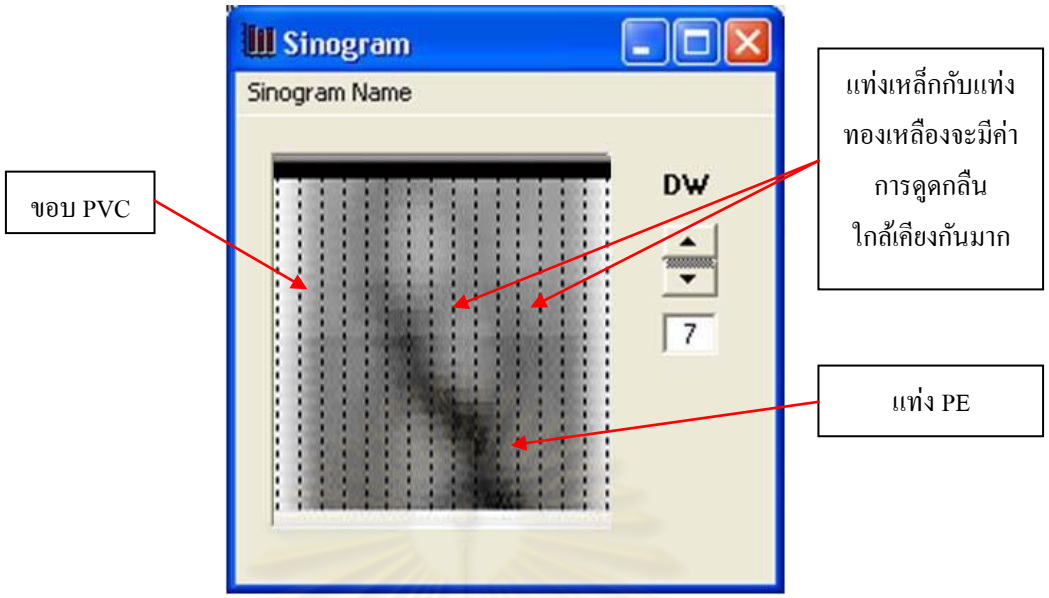
นำชิ้นงานทดสอบที่ 5 มาทำการสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์ โดยให้รายละเอียดของการสแกนดังนี้ มุมที่ใช้ในการหมุนวัตถุ 7.2 องศา สเต็ปที่ใช้ในการเคลื่อนที่ 1 มิลลิเมตร จำนวนโปรไฟล์เท่ากับ 26 โปรไฟล์ จำนวนเรย์ซัมเท่ากับ 150 เรย์ซัม ใช้เวลาในการสแกนเรย์ซัมละ 5 วินาที รวมระยะเวลาในการเก็บข้อมูลประมาณ 6 ชั่วโมง



รูปที่ 4.30 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบที่ 5



รูปที่ 4.31 ภาพโปรไฟล์ของชิ้นงานทดสอบที่ 5

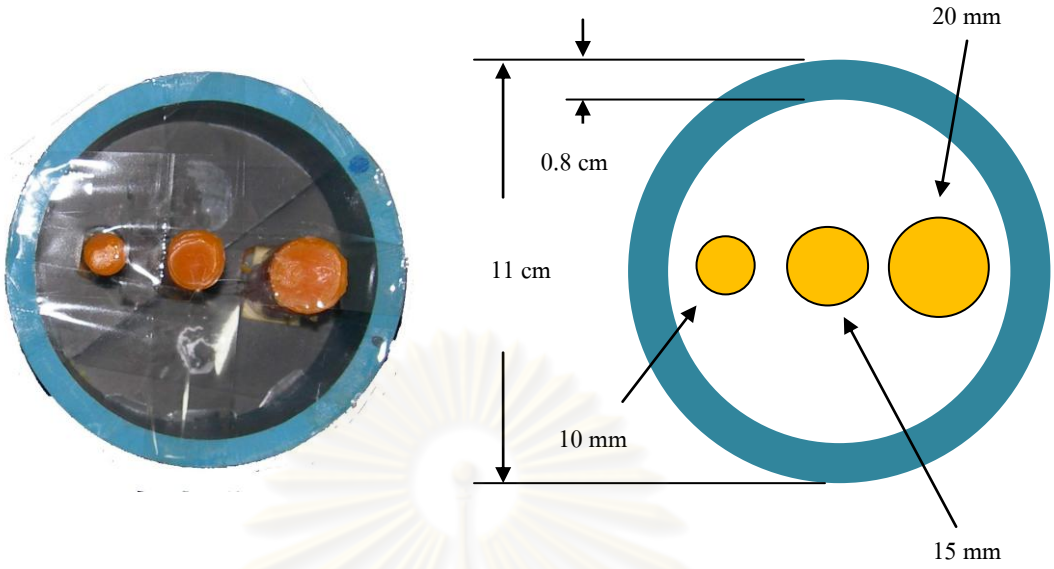


รูปที่ 4.32 ภาพ Sinogram ของชิ้นงานทดสอบที่ 5

ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบที่ 5 พบว่าวัตถุที่นำมาสแกนนั้นมีความเปรียบต่างที่สามารถแยกแยะด้วยสายตาได้ว่าเป็นวัสดุต่างชนิดกัน โดยสามารถเห็นขอบ PVC ของชิ้นงาน และแท่งพลาสติก PE นั้นจะเห็นได้ชัดเจนที่สุด รองลงมาคือแท่งทองเหลือง แล ะสุดท้ายจะเป็นแท่งโลหะ

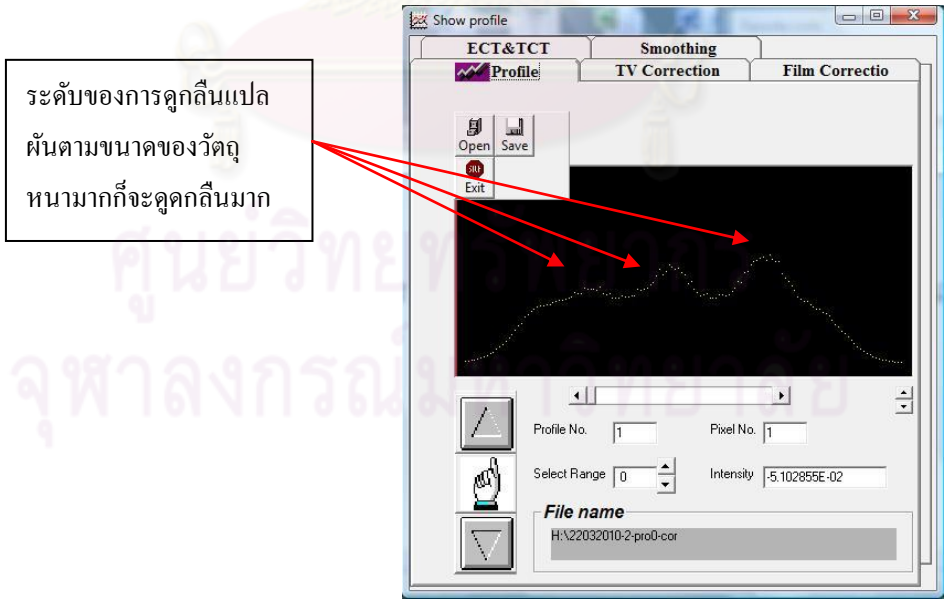
ชิ้นงานทดสอบที่ 6

ชิ้นงานทดสอบที่ 6 เป็นพลาสติกทรงกระบอกทำจากโพลีไวนิลคลอไรด์ (พีวีซี) ความสูง 8 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอก 11 เซนติเมตร ขอบวงแหวนหนา 8 มิลลิเมตร ภายในมีแท่งเทียนไขทรงกระบอกที่มีขนาดแตกต่างกันจำนวน 3 แท่งดังนี้ แท่งที่ 1 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร แท่งที่ 2 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร และแท่งที่ 3 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร สาเหตุที่เลือกวัสดุดังกล่าวนำมาสแกนเก็บข้อมูลก็คือ ต้องการทดสอบเก็บข้อมูลวัสดุที่เป็นชนิดเดียวกันแต่ต่างขนาด ซึ่งน่าจะทำให้การสร้างภาพโทโมกราฟีสามารถเห็นความเปรียบต่างได้อยู่ในระดับเดียวกันแต่มีขนาดที่ต่างกัน

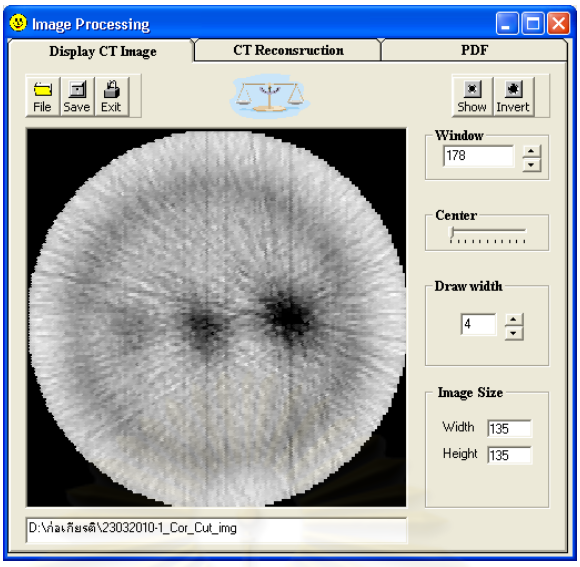


รูป 4.33 ภาพชิ้นงานทดสอบที่ 6

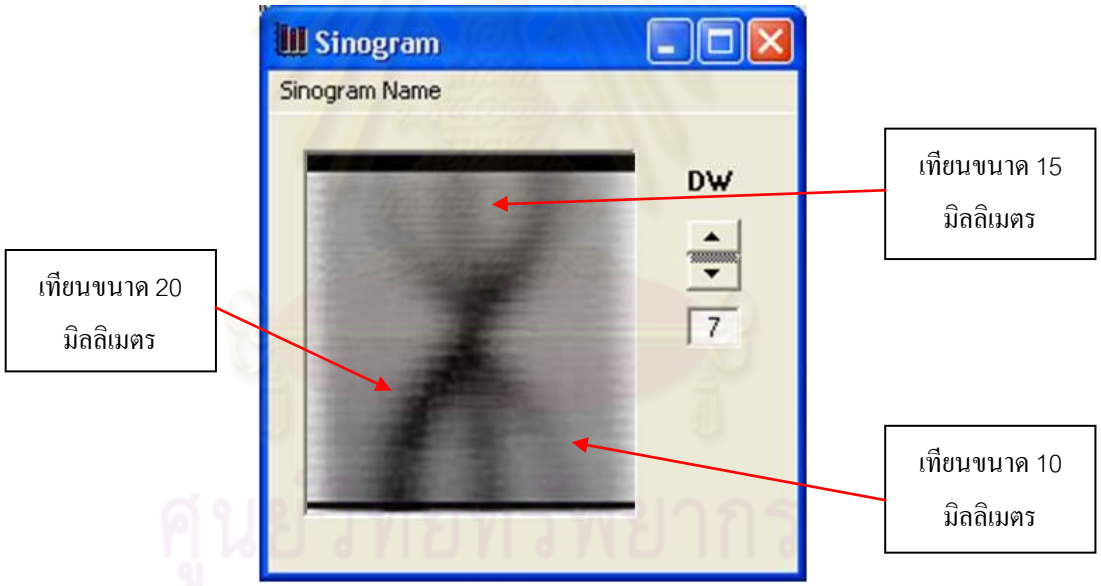
นำชิ้นงานทดสอบที่ 6 มาทำการสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์ โดยให้รายละเอียดของการสแกนดังนี้ มุมที่ใช้ในการหมุนวัตถุ 7.2 องศา สเต็ปที่ใช้ในการเคลื่อนที่ 1 มิลลิเมตร จำนวนโปรไฟล์เท่ากับ 26 โปรไฟล์ จำนวนเรย์ซัมเท่ากับ 150 เรย์ซัม ใช้เวลาในการสแกนเรย์ซัมละ 5 วินาที รวมระยะเวลาในการเก็บข้อมูลประมาณ 6 ชั่วโมง



รูปที่ 4.34 ภาพโปรไฟล์ของชิ้นงานทดสอบที่ 6



รูปที่ 4.35 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบที่ 6



รูปที่ 4.36 ภาพ Sinogram ของชิ้นงานทดสอบที่ 6

ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบที่ 6 พบว่าวัตถุที่นำมาสแกนนั้นสามารถจำแนกขนาดของวัสดุได้แต่ไม่มีความชัดเจนเท่าที่ควร ถ้าใช้มุมในการเก็บข้อมูลที่ 3.6 องศา น่าจะได้ภาพของวัตถุที่มีความคมชัด

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยพัฒนาระบบเก็บข้อมูลโปรไฟล์สำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโม กราฟีด้วยนิวตรอนโดยใช้ลำนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว -1/1 ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างอุปกรณ์สำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของชิ้นงานทดสอบ และระบบเชื่อมโยงสัญญาณนับวัดรังสีนิวตรอนด้วยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เลือกเทคนิคที่ใช้ในการสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์แบบรังสีลำแคบ (Narrow beam) ซึ่งวิธีการนี้มีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงอยู่หลายประการทั้งเรื่องการจัดระบบการวัด รวมถึงการกำบังรังสีนิวตรอน และการออกแบบชิ้นงานทดสอบให้เหมาะสมกับการทดลอง

จากภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบที่ออกแบบ และการเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติของค่าการดูดกลืนนิวตรอนที่แตกต่างกันนั้น สาม ารถสรุปได้ว่าวัสดุที่มีค่าคุณสมบัติการดูดกลืนสูงจะให้รายละเอียดของภาพโทโมกราฟีดีกว่าวัสดุที่มีค่าคุณสมบัติการดูดกลืนนิวตรอนต่ำแต่การเก็บข้อมูลโปรไฟล์ด้วยวิธีการนี้จะมีข้อเสียอยู่หลายประการคือ ด้านเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลนั้นจะใช้ระยะเวลาที่นานกว่าวิธีการอื่น และต้นกำเนิดนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ที่มีต้นทุนในการเดินเครื่องปฏิกรณ์ที่สูง รวมถึงในปัจจุบันได้มีการพัฒนาวิธีการใหม่ๆ ที่ให้ผลการเก็บข้อมูลที่รวดเร็วกว่าและมีคุณภาพของการสร้างภาพโทโมกราฟีที่ดีกว่า

เนื่องจากข้อมูลโปรไฟล์ที่สแกนจากระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ มีผลอย่างยิ่งต่อความคมชัดของภาพโทโมกราฟี ลำนิวตรอนที่ออกมาจากท่ อนำนั้นส่วนใหญ่เป็นเทอร์มัลนิวตรอน (thermal neutron) มีบางส่วนที่เป็นนิวตรอนพลังงานค่อยข้างสูงปะปนออกมาด้วย

ในการวิจัยนี้ได้จำกัดให้ลำรังสีนิวตรอนผ่านเข้าสู่หัววัดรัวสีชนิด He-3 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว โดยการใช้แผ่นแคดเมียมหนา 1 มิลลิเมตร จำนวน 3 แผ่น เจาะรูขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อกำบังนิวตรอนส่วนที่ไม่ต้องการไม่ให้เข้าสู่หัววัดนอกจากรูขนาดเล็กดังกล่าว แต่นิวตรอนพลังงานสูงกว่าช่วง Cadmium Cut-off ยังสามารถทะลุผ่านเข้าไปได้ทำให้ขนาดของลำรังสีนิวตรอนที่แท้จริงคือ 1 นิ้ว ข้อมูลโปรไฟล์จึงขาดความคมชัด เมื่อคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยข้อมูลเหล่านี้ ภาพที่ได้จึงไม่คมชัดเท่าที่ควรแต่ก็ยังสามารถแยกแยะชนิดของวัสดุได้พอสมควรโดยใช้เลขซีที (CT number)

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.2.1 เนื่องจากหัววัดนิวตรอนชนิด He-3 สามารถวัดได้ทั้งเทอร์มัลนิวตรอน และอิพิเทอร์มัลนิวตรอน (epithermal neutron) จึงเป็นสาเหตุให้จำนวนนับวัดนิวตรอนมีปริมาณมากกว่าที่ควรจะเป็น แม้จะใช้แผ่นแคดเมียม หุ้มด้านข้างของหัววัดหรือปิดด้านหน้าหัววัดเพื่อนับวัดค่าแบค - กราวด์ แต่อิพิเทอร์มัลนิวตรอนและนิวตรอนที่มีพลังงานสูงกว่า Cadmium Cut-off ยังสามารถทะลุแผ่นแคดเมียมเข้าไปได้ทำให้ดูเสมือนว่าขนาดของลำนิวตรอนมีขนาดเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของหัววัด (1 นิ้ว) จึงเป็นเหตุให้ข้อมูลขาดความคมชัด ดังนั้นเมื่อข้อมูลโปรไฟล์ขาดรายละเอียดของความคมชัดจึงเป็นเหตุให้ภาพโทโมกราฟีขาดความคมชัดไปด้วย ทั้งนี้ทั้งนั้นระบบที่ได้ออกแบบยังสามารถสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์ได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งตรวจสอบได้จากการทดลองสแกนโดยใช้รังสีแกมมาพบว่าข้อมูลโปรไฟล์สามารถแยกแยะรายละเอียดได้ดี

5.2.2 ภาพโทโมกราฟีที่ได้จากการทดลอง สามารถระบุถึงตำแหน่งและรูปร่างของวัสดุภายในได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะเห็นรายละเ อียดได้ดีสำหรับชิ้นงานทดสอบที่ไม่สลับซับซ้อนมากนัก ส่วนในกรณีที่วัสดุภายในมีรูปร่างเป็นรูปเหลี่ยมต่าง ๆ ภาพที่ได้จะไม่สามารถเห็นรายละเอียดดังกล่าวตามขอบได้เลย

5.2.3 เนื่องจากระบบสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์สามารถกำหนดให้มุมในการหมุนชิ้นงานทดสอบให้มีขนาดมุมน้อย ๆ ได้ แต่ในทางปฏิบัตินั้น การสแกนด้วยมุมทีละน้อย ๆ ต้องใช้เวลาเก็บข้อมูลค่อนข้างนานมากซึ่งไม่เหมาะนัก เพราะจะทำให้อุปกรณ์บางส่วนที่เป็นโลหะเกิดเป็นไอโซโทปรังสีซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้วิจัย ประจวบกับ คือเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว -1/1 นี้เดินเครื่องสัปดาห์ละ 4 วัน วันละประมาณ 12 ชั่วโมง เท่านั้น ถ้าต้องใช้เวลานานอาจจะมีเวลาไม่เพียงพอต้องการสแกนเก็บข้อมูล ดังนั้นจึงต้องกำหนดให้มุมที่หมุนเปลี่ยนไปน้อยที่สุดเท่ากับ 3.6 องศา สำหรับชิ้นงานทดสอบที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 15 ซม.

5.2.4 ระหว่างการทำวิจัยนั้น ได้มีการบำรุงรักษาประจำปีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว.-1/1 และได้เลื่อนแกนปฏิกรณ์ออกไปอยู่ในตำแหน่งใหม่ หลังจากนั้นจึงเลื่อนกลับมาไว้ ณ ตำแหน่งเดิมแต่อาจไม่สมบูรณ์ จึงอาจมีผลต่อคุณภาพของลำนิวตรอนและส่งผลต่อข้อมูลโปรไฟล์ด้วย

5.2.5 ข้อดีของระบบสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์ที่พัฒนาขึ้นมานี้ คือ ใช้อุปกรณ์ที่มีราคาไม่แพงและส่วนใหญ่หาได้ภายในประเทศ และสามารถควบคุมได้ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์และระบบเชื่อมโยงที่พัฒนาขึ้นมาใช้งานเอง

5.3 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากข้อจำกัดบางอย่างของงานวิจัยนี้ ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นเป็นอุปสรรค ต่อการทดลอง ทั้งนี้ถ้ามีการปรับปรุงอุปกรณ์บางส่วนให้มีประสิทธิภาพมากกว่านี้ก็จะช่วยทำให้สามารถเก็บข้อมูลโปรไฟล์ได้ละเอียดมากขึ้นและรวดเร็วมากยิ่งขึ้นดังนี้

5.3.1 ควรจัดระบบวัดให้มีการกำบังนิวตรอนที่ไม่พึงประสงค์เข้าหัววัด เพื่อลดปริมาณนิวตรอนที่ทำให้ข้อมูลโปรไฟล์ขาดรายละเอียด ได้แก่การใช้แผ่นพาราฟินผสมโบรอนกำบังลำนิวตรอนด้านหน้าหัววัด เพื่อกันไม่ให้มีนิวตรอนพลังงานสูงเข้าทางด้านหน้าซึ่งจะทำให้ข้อมูลโปรไฟล์มีรายละเอียดขึ้น

5.3.2 พัฒนาเทคนิคสำหรับปรับแก้ค่านิวตรอนที่เกิดจากการกระเจิงซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้วิธีเลือกแผ่นกรองนิวตรอนที่พลังงานต่ำ เพื่อนำไปหักลบกับข้อมูลที่ไม่มีแผ่นกรอง แต่วิธีนี้อาจใช้เวลานานขึ้น

5.3.3 การพัฒนาโปรแกรมเก็บข้อมูลโปรไฟล์ยังขาดความสมบูรณ์ในด้านการแสดงผลข้อมูลในลักษณะของบาร์ชาร์ต ซึ่งน่าจะปรับปรุงให้แสดงผลเป็นโปรไฟล์ข้อมูลได้เลย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

[1] ภานุพันธุ์ เข็มหนู. การพัฒนาระบบสแกนเพื่อการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยนิวตรอน . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542

[2] เสมอใจ ศุกรเชาว์ . การคำนวณสร้างภาพ โทโมกราฟี ด้วยนิวตรอน โดยใช้เทคนิคฟิล์ม . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543

[3] นารายณ์ รัตนไฟโรจน์ขจี. การพัฒนาระบบเก็บข้อมูลสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยนิวตรอนโดยใช้กล้องมองภาพนิวตรอน . วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540

[4] P.Von Der Hardt and H.Rottger Neutron Radiography Hand Book. D.Reidel Publishing Company, 1981.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

วัลยา เอี่ยมสุรนันท์. การพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปแบบคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีเพื่อการตรวจสอบชิ้นงานอุตสาหกรม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

วัชรพงษ์ ปถมพานิชย์. การพัฒนาระบบเก็บข้อมูลสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีโดยใช้เส้นใยแก้วนำแสงเคลือบปลายด้วยซินทิลเลเตอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544

อภิชาต ภู่พลับ. เขียนโปรแกรม Hardware Interface ด้วย VB6. กรุงเทพมหานคร : บริษัท ไอดีซีอินโฟ ดิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์ จำกัด, 2548.

ชัยวัฒน์ ทวีจันทร์. Advance Visual Basic ควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์. กรุงเทพมหานคร : บริษัท ซัคเซส มีเดีย จำกัด, 2551.

ภาษาอังกฤษ

Lamarsh, J.R. Introduction to Nuclear Engineering. 2nd ed. Massachusetts : Addison wesley Publishing Company, 1993.

Glenn F.Knoll Radiation Detection and Measurement. Third Edition. : John Wiley & Sons, Inc., 1999.

Maria Ines Silvani et al. Thermal Neutron Computed Tomography at the Argonauta Reactor. Brazilian Journal of Physics, vol. 35, no. 3B, September, 2005

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือการใช้งานโปรแกรมควบคุมการขับเคลื่อนและสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดย ก่อเกียรติ สุขรอด
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อควรทราบ

- คู่มือการใช้งาน โปรแกรมควบคุมการขับเคลื่อนและสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์ ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาระบบเก็บข้อมูลโปรไฟล์เพื่อการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยนิวตรอนสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว-1/1. ซึ่งมุ่งเน้นให้ผู้อ่านสามารถใช้งาน โปรแกรมควบคุมการขับเคลื่อนและสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์ได้อย่างถูกต้อง
- คู่มือการใช้งานฉบับนี้สามารถใช้งานได้กับ พัฒนาระบบเก็บข้อมูลโปรไฟล์เพื่อการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยเทคนิคการสแกนด้วยรังสีลำแคบเท่านั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้ผู้ใช้งานระบบเก็บข้อมูลโปรไฟล์เพื่อการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยนิวตรอนสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว-1/1.สามารถติดตั้งระบบได้อย่างถูกต้อง
2. เพื่อเป็นคู่มือแนะนำการตั้งค่าการใช้งานระบบอย่างถูกต้องและมุ่งเน้นให้ผู้อ่านสามารถใช้งานโปรแกรมควบคุมการขับเคลื่อนและสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์ได้อย่างถูกต้อง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เป็นคู่มือการใช้งานระบบสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์เพื่อการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว-1/1

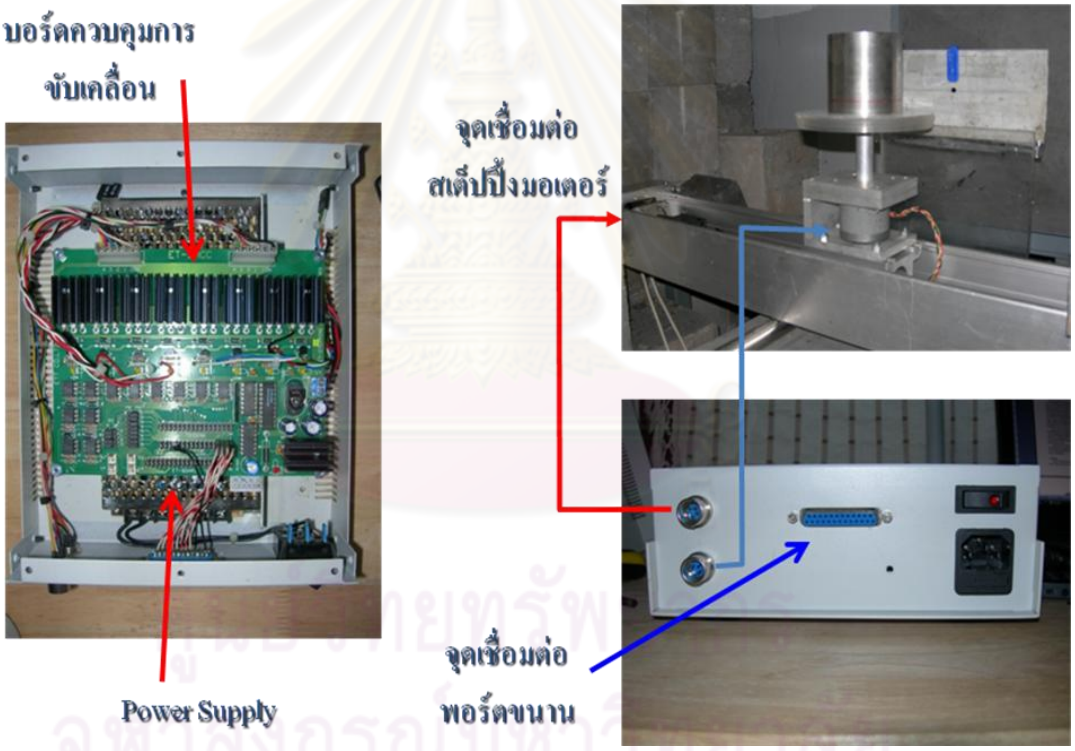
วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. หัววัดรังสีนิวตรอนชนิด Preoperational He-3
2. เรทมิเตอร์ (General Purpose Scalar/Rate meter) Ludlum model 2200
3. แผนกำบังรังสีนิวตรอน Cadmium (Cd)
4. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์พร้อมอุปกรณ์แสดงผล
5. สเต็ปปิ้งมอเตอร์และวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์
   (Stepping motor and stepping motor driver circuit)
6. ระบบขับเคลื่อนชิ้นงาน
7. เทอร์มัลนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว-1/1
8. โปรแกรมควบคุมการขับเคลื่อนและสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์
9. ชิ้นงานทดสอบ

การติดตั้งอุปกรณ์ระบบเก็บข้อมูลโปรไฟล์เพื่อการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี

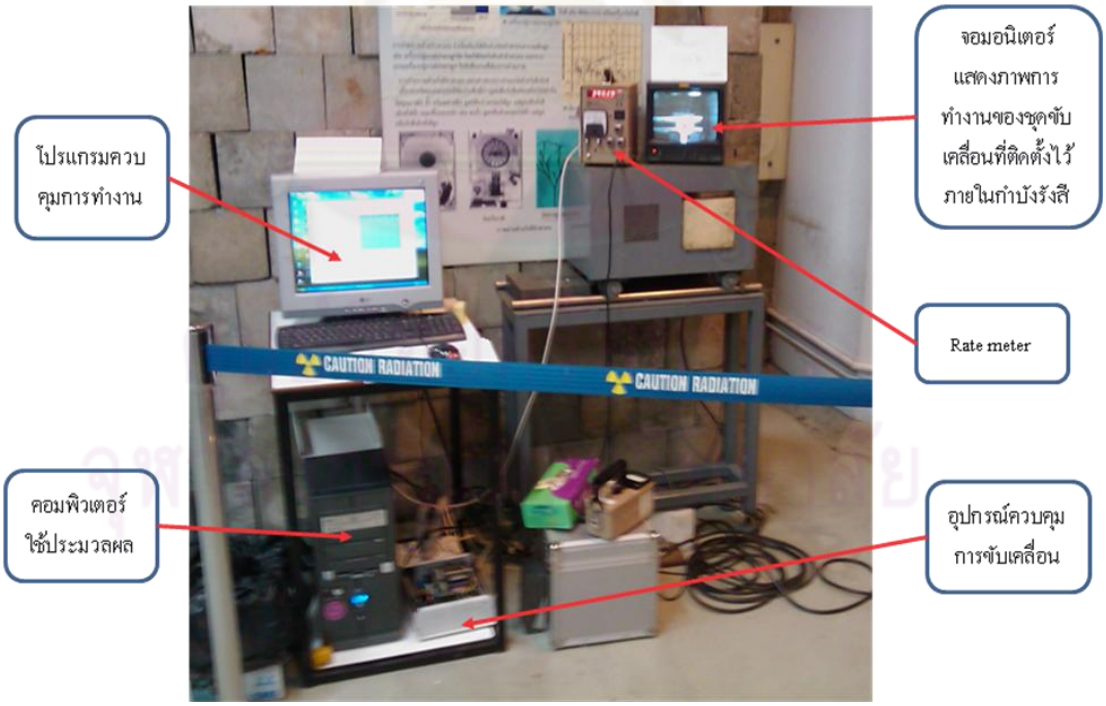
1. การติดตั้งระบบควบคุมการทำงานและบันทึกข้อมูล

การติดตั้งระบบควบคุมการทำงานและบันทึกข้อมูลนั้นจะเริ่มจากการติดตั้งเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่สั่งการทำงานในลำดับขั้นตอนต่างๆ ไปยังชุดควบคุมการขับเคลื่อนชิ้นงานและอุปกรณ์ในการบันทึกผล โดยอธิบายวิธีการติดตั้งได้ตามรูปในอันดับต่อไป



รูปที่ 1 แผนภาพการติดตั้งอุปกรณ์ขับเคลื่อนชิ้นงานเข้ากับชุดควบคุม

รูปที่ 2 แผนภาพการติดตั้งอุปกรณ์ภายในบริเวณกำบังรังสี



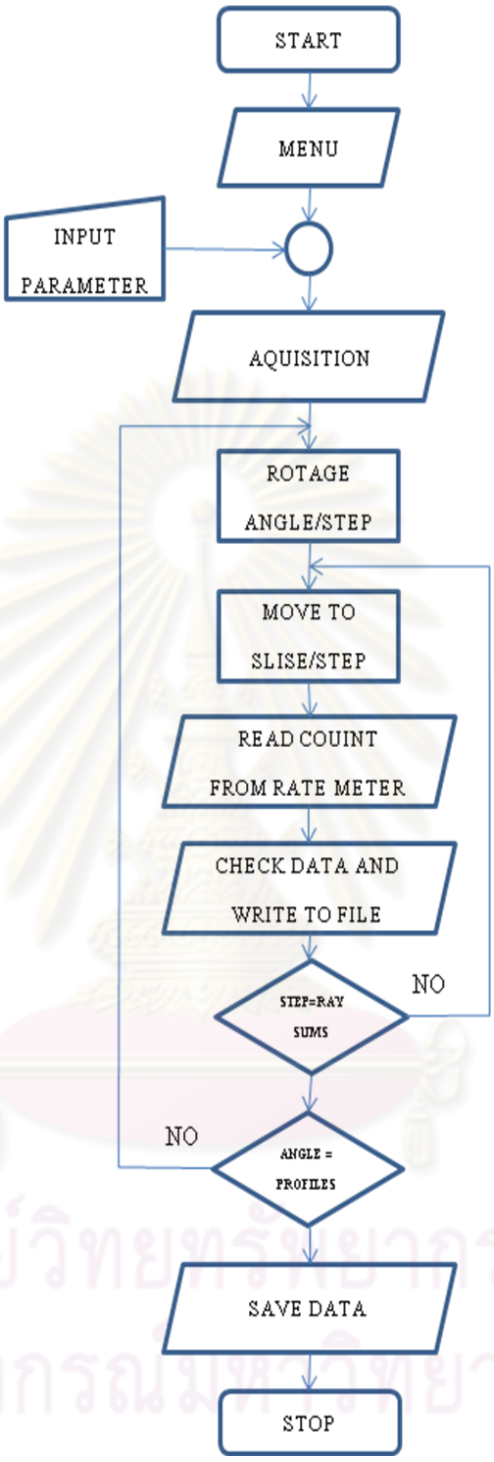
รูปที่ 3 แผนภาพการติดตั้งอุปกรณ์ภายนอกบริเวณกำบังรังสี

2. โปรแกรมควบคุมการทำงานและเก็บข้อมูลโปรไฟล์

โปรแกรมควบคุมการทำงานและเก็บข้อมูลโปรไฟล์ที่พัฒนาขึ้นสามารถแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมได้ตาม flow chart ดังในรูปที่ 3.3 ซึ่งการทำงานจะประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญคือ ส่วนคว บคุมการทำงานอุปกรณ์ขับเคลื่อนชิ้นงาน ส่วนเชื่อมต่อระบบวัดรังสีกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ และส่วนสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์ ดังในรูปที่ 3.4 และสามารถอธิบายความสามารถในการทำงานของโปรแกรม

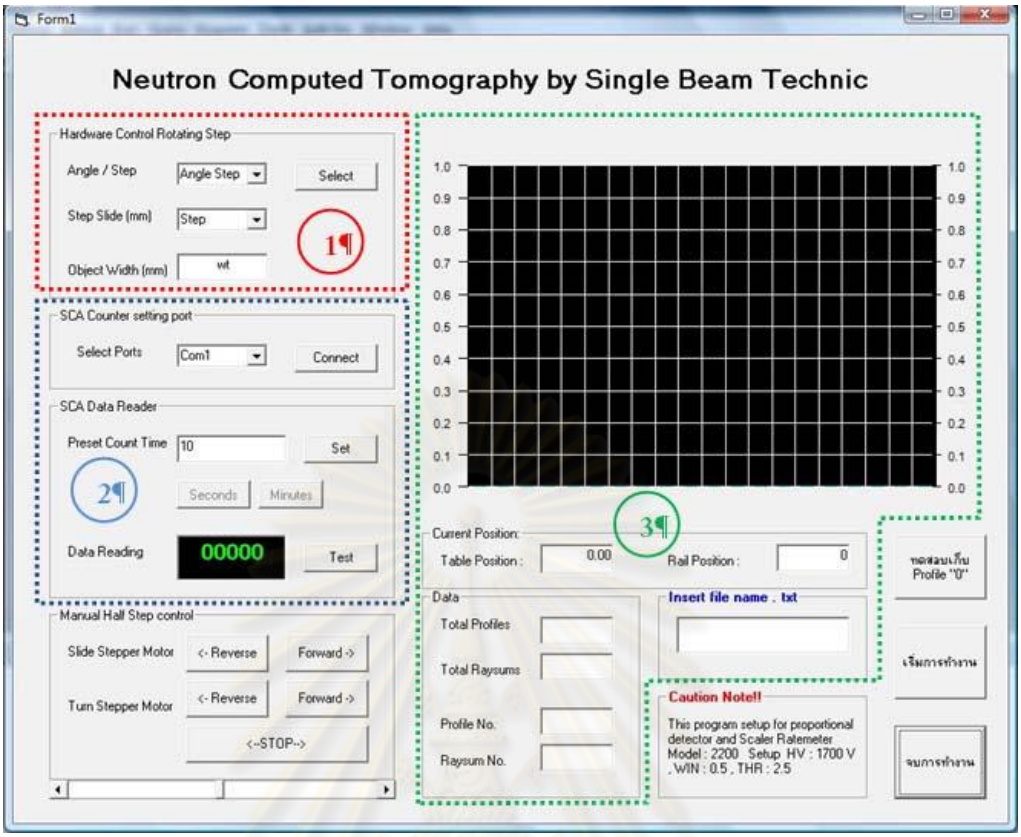
- การเก็บข้อมูลชิ้นงานทดสอบที่มีขนาดอยู่ในช่วง 10 ถึง 20 เซนติเมตร
- สามารถตั้งความละเอียดในการสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์ได้ดังนี้
  - มุมที่ใช้ในการหมุนชิ้นงานทดสอบ 1.8, 3.6, 7.2, 18, 36 องศา
  - ระยะในการขับเคลื่อนชิ้นงาน 1, 2, 5 มิลลิเมตร (ตามขนาดของ collimate)
- เวลาที่ใช้ในการสแกนเก็บข้อมูล หน่วยวินาที หรือ นาที
- มีความสามารถในการเลือก com port ที่ใช้ในการสื่อสารได้ 5 port
- ตั้งชื่อ file ได้ตามความต้องการ
- มีความสามารถในการแสดงผลข้อมูลการสแกนได้ในลักษณะ บาร์ชาร์ต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4 โครงสร้างการทำงานของโปรแกรมควบคุมการทำงานและเก็บข้อมูลโปรไฟล์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

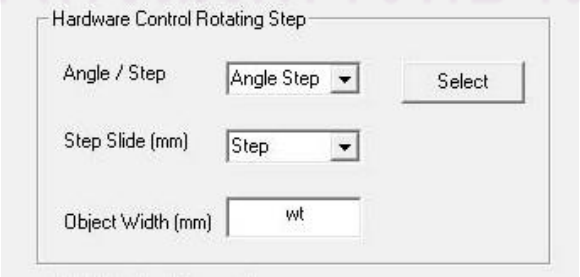


รูปที่ 5 โปรแกรมควบคุมการทำงานและเก็บข้อมูลโปรไฟล์

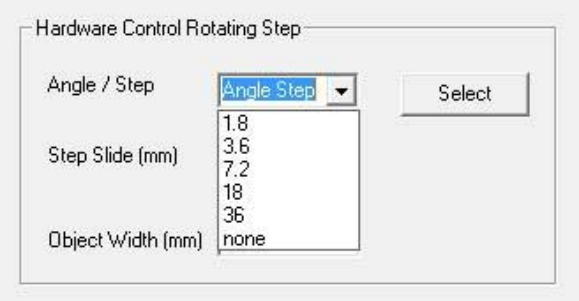
สำหรับหน้าที่การทำงานของโปรแกรมในแต่ละส่วน จะได้แสดงวิธีการใช้งานและการตั้งค่าต่างๆ ที่จำเป็นโดยจะอธิบายแยกเป็นส่วนเหมือนในรูปที่ 5 ได้ดังนี้

2.1 ส่วนควบคุมการทำงานอุปกรณ์ขับเคลื่อนชิ้นงาน

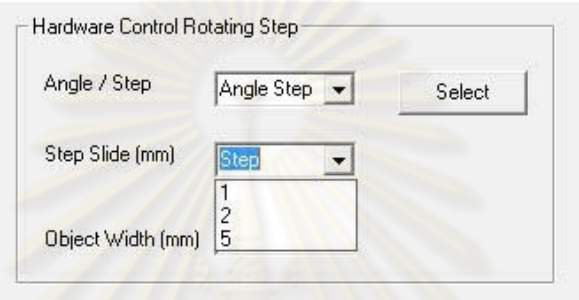
โปรแกรมควบคุมการทำงานส่วนนี้จะทำหน้าที่ควบคุมการขับเคลื่อนชิ้นงานให้ขยับไปแนวแกน X (ขยับทางซ้ายและขวา) และควบคุมการหมุน ชิ้นงานทดสอบ ให้ขับเคลื่อนไปตามทิศทางและองศาที่กำหนดสามารถอธิบายการตั้งค่าต่างๆ ได้ตามรูปที่ 6 ถึง 9



รูปที่ 6 เมนูควบคุมการทำงานส่วนควบคุมการทำงานอุปกรณ์ขับเคลื่อนชิ้นงาน

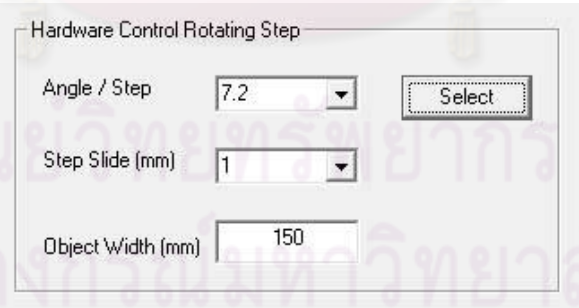


รูปที่ 7 เมนูปรับค่ามุมที่ใช้ในการหมุนชิ้นงานทดสอบ 1.8, 3.6, 7.2, 18, 36 องศา และ none



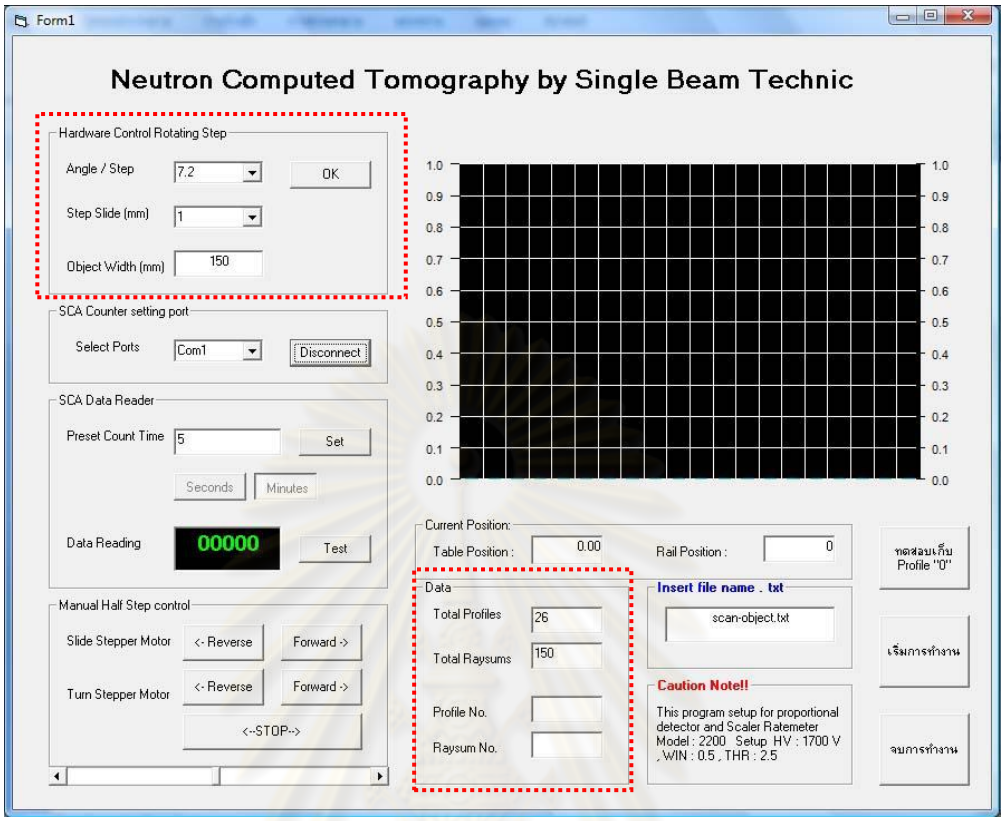
รูปที่ 8 เมนูปรับค่าการขยับไปแนวแกน X (ขยับทางซ้ายและขวา) 1, 2 และ 5 มิลลิเมตร

การกำหนดค่าขนาดความกว้างของวัตถุ (Object width) จะต้องกำหนดขนาดให้อยู่ในหน่วยของมิลลิเมตร (mm) และจะต้องเผื่อขอบด้านข้างของชิ้นงานทดสอบไว้แล้วอย่างน้อยด้านละ 10 mm กล่าวคือ ถ้าชิ้นงานทดสอบมีขนาด 13 เซนติเมตร จะต้องกำหนดดังนี้ (ขนาดชิ้นงาน 130 mm + ขอบด้านซ้าย 10 mm + ขอบด้านขวา 10 mm) รวมเท่ากับ 150 mm



รูปที่ 9 เมนูแสดงค่าต่างๆ ที่กำหนดไว้เรียบร้อย

เมื่อทำการคลิกที่ปุ่ม Select เป็นที่เรียบร้อยแล้วโปรแกรมจะทำการคำนวณ มุมที่ใช้ในการสแกนเก็บข้อมูล (Profiles) จำนวนระยะในการขับเคลื่อนชิ้นงาน (Ray sum) เมื่อการเสร็จสิ้นการคำนวณปุ่ม Select จะเปลี่ยนสถานะเป็น OK จากนั้นจะส่งข้อมูลที่คำนวณได้ไปแสดงผลในช่อง Data ดังรูปที่ 10

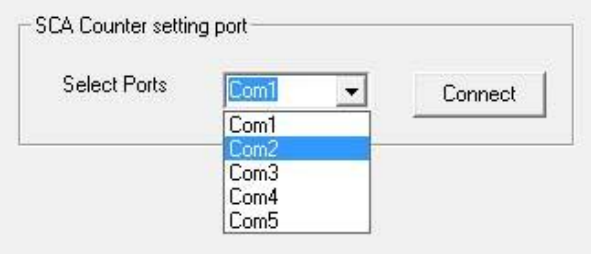


รูปที่ 10 เสร็จสิ้นการตั้งค่าโปรแกรมควบคุมการทำงานและเก็บข้อมูลโปรไฟล์

2.2 ส่วนเชื่อมต่อระบบวัดรังสีกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

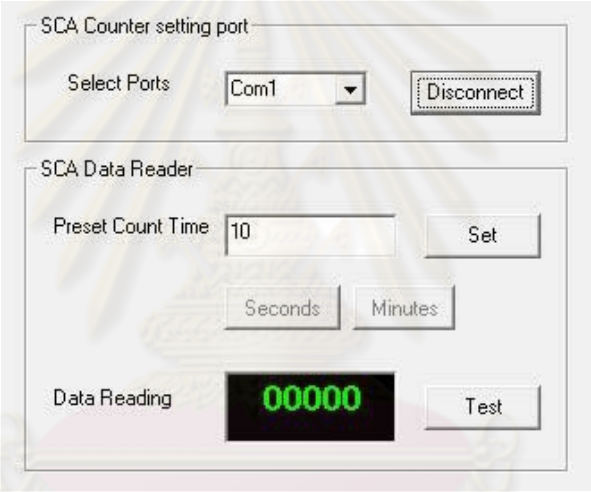
การทำงานของโปรแกรมในส่วนนี้คือการตั้งค่าการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องวัดรังสี Ratemeter กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์นั้น แบ่งการตั้งค่าออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนการเลือกคอมพอร์ตที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร และส่วนการตั้งเวลาที่ใช้ในการสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์

การเลือกคอมพอร์ตที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร สำหรับเครื่องวัดรังสีของ Ludlum model 2200 นั้น มีการกำหนดค่าความเร็วที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารไว้ตายตัวที่ (2400 baud, 8 data bits, 1 stop bit) ตามคู่มือการใช้งาน ดังนั้นภายในโปรแกรมจึงมีแค่ส่วนของการเชื่อมต่อคอมพอร์ตเท่านั้น



รูปที่ 11 การตั้งค่าคอมพอร์ตที่ใช้ในการสื่อสาร Com1 ถึง Com5 แล้วคลิกที่ปุ่ม Connect

ส่วนการตั้งเวลาที่ใช้ในการสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์นั้น จะสามารถกำหนดเวลาที่ใช้ในการสแกนเก็บข้อมูลได้ทั้งแบบวินาที หรือนาที ตามลักษณะความเหมาะสมในการสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์ของวัสดุแต่ละชนิด โดยให้เลือกคลิกที่ปุ่ม Ratemeter



รูปที่ 12 การตั้งค่าเวลาที่ใช้ในการสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์

อีกฟังค์ชั่นหนึ่งที่มีความสำคัญคือ ปุ่มทดสอบ (Test) ทำหน้าที่ในการทดสอบการนับวัด เช่น ถ้าอยากรู้ว่าตั้งเวลาไว้ 10 วินาที เครื่องจะสามารถอ่านค่าการนับวัดได้เท่าไรนั้น สามารถทำได้ง่ายๆ ดังนี้

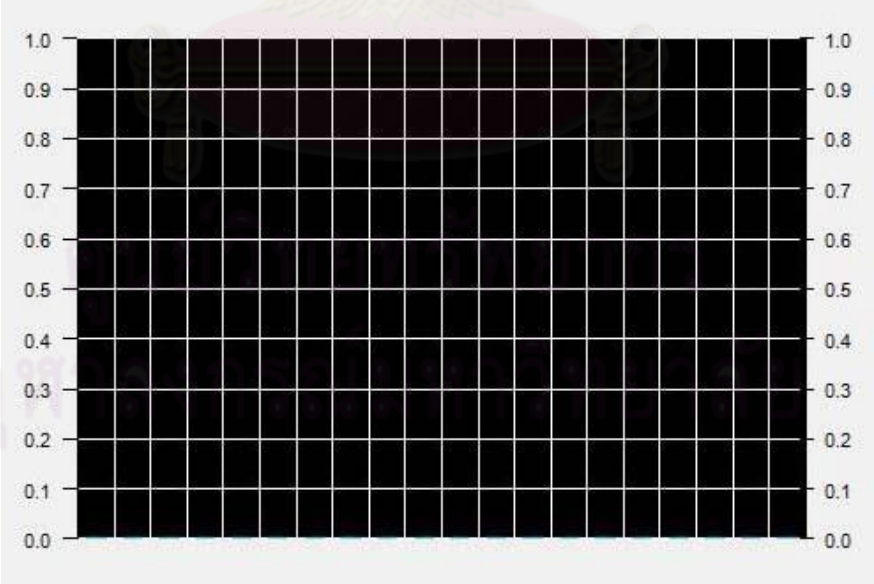
- ตั้งค่าเวลาที่ใช้ในการนับวัด เช่น 10
- เลือกหน่วยของเวลาที่ต้องการนับวัด เช่น วินาที (Seconds)
- ส่งค่าที่ตั้งไว้ไปที่เครื่องวัดรังสีโดยการคลิกที่ปุ่ม Set
- ทำการเลือกที่ปุ่ม Test จากนั้นรอให้เครื่องทำการนับวัดจนเรียบร้อยก็จะส่งข้อมูลกลับมาที่ หน้าจอ ในบริเวณช่อง Data Reading

2.3 ส่วนสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์

เมื่อตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เป็นที่เรียบร้อยแล้วโปรแกรมก็พร้อมที่จะทำงาน เหลือเพียงขั้นตอนของการป้อนชื่อไฟล์ที่ต้องการให้โปรแกรมทำการบันทึกข้อมูล จากนั้นคลิกที่ปุ่มเริ่มทำงานก็เป็นอันว่าเสร็จสิ้นขั้นตอนโปรแกรมจะเริ่มทำงานจนเสร็จสิ้นขบวกการเก็บข้อมูลโปรไฟล์

รูปที่ 13 การตั้งชื่อไฟล์ที่ใช้ในการบันทึก

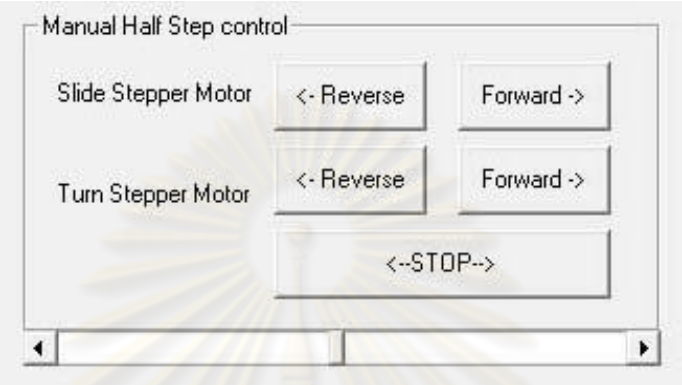
สำหรับการแสดงผลข้อมูลการเก็บข้อมูลโปรไฟร์ในระหว่างการสแกนเก็บข้อมูลนั้นจะแสดงในรูปแบบบาร์กราฟ จะสังเกตได้ว่าตัวเลขที่แสดงผลในกราฟจะเปลี่ยนแปลง scale เองโดยอัตโนมัติ



รูปที่ 14 หน้าจอการแสดงผลข้อมูลการเก็บข้อมูลโปรไฟร์ในระหว่างการสแกนเก็บข้อมูล

2.4 ส่วนควบคุมการเคลื่อนที่เพื่อการปรับตำแหน่งแบบกำหนดค่าเอง

ส่วนนี้เป็นอีกส่วนที่สำคัญที่ใช้ในการปรับตั้งตำแหน่งของชิ้นงานทดสอบและควบคุมการหมุนของวัตถุแบบกำหนดค่าเอง ดังในภาพที่ 15



รูปที่ 15 เมนูแสดงส่วนควบคุมการเคลื่อนที่เพื่อการปรับตำแหน่งแบบกำหนดค่าเอง

จากภาพสามารถอธิบายการทำงานของปุ่มต่างๆ ได้ดังนี้

- Slide Stepper Motor ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวแกน x
- Turn Stepper Motor ควบคุมทิศทางการหมุนของวัตถุที่อยู่บน Turntable ในมุมต่างๆ
- Stop ปุ่มหยุดการทำงานแบบกำหนดค่าเอง
- แถบควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่สามารถใช้งานได้โดยทำการคลิกเมาส์ค้างไว้ที่แถบควบคุมความเร็ว โดยเลื่อนไปทางซ้ายเพื่อลดความเร็ว หรือเลื่อนไปทางขวาเพื่อเพิ่มความเร็ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายก่อเกียรติ สุขรอด เกิดวันที่ 14 มิถุนายน 2517 ที่เขตบางเขน จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพมหานคร ในปีพ.ศ. 2540 และสำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) ภาควิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพมหานคร ในปีพ.ศ. 2552 และในระหว่างนั้นได้เข้าศึกษาที่ ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2549 ด้านการทำงานในปัจจุบันเป็นเจ้าหน้าที่องค์การมหาชน ปฏิบัติงานในตำแหน่งวิศวกรนิวเคลียร์ สังกัด กลุ่มปฏิบัติการทางเทคโนโลยีนิวเคลียร์ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย