การวัดปริมาณรังสีดูดกลืนในท่ออาบรังสีของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ของไทย 1/1

นางสาวสิริลักษณ์ ลำเจียกเทศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-635-778-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 17332197

ABSORBED DOSE MEASUREMENT IN THE IRRADIATION TUBES OF THE THAI RESEARCH REACTOR 1/1

Ms. Siriluck Lumjiactas

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Nuclear Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1996

ISBN 974-635-778-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวัดปริมาณรังสีดูดกลืนในท่ออาบรังสีของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยของไทย 1/1
โดย	นางสาว สิริลักษณ์ ลำเจียกเทศ
ภาควิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.ดร.สุพิชชา จันทรโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	นายอารีรัตน์ คอนดวงแก้ว

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.ดร. สุพิชชา จันทรโยธา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(นาย อารีรัตน์ คอนดวงแก้ว)

.....กรรมการ

(อาจารย์ อรรถพร ภัทรสุมันต์)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

สิริลักษณ์ ลำเจียกเทศ : การวัดปริมาณรังสีดูดกลืนในท่ออาบรังสีของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยของไทย 1/1 (ABSORBED DOSE MEASUREMENT IN THE IRRADIATION TUBES OF THE THAI RESEARCH REACTOR 1/1) อ.ที่ปรึกษา : อ.ดร.สุพิชชา จันทรโยธา ,อ.ที่ปรึกษาร่วม : นายอารีรัตน์ คอนดวงแก้ว ; 88 หน้า. ISBN 974-635-778-6

ค่าความร้อนสะสมจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ในท่ออาบรังสีสารตัวอย่างของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยของไทย 1/1 ซึ่งเดินเครื่องที่กำลัง 1200 กิโลวัตต์ ได้ถูกวัดโดยใช้แคลอรีมิเตอร์แบบถ่ายโอนความร้อน ที่มีวัสดุดูดกลืนรังสีทำจากกราไฟต์เป็นตัวตรวจวัด ได้ทดลองวัดหาค่าความร้อนสะสมในท่ออาบรังสีที่ใช้ลม G-22 ซึ่งเป็นท่ออาบรังสีภายในแกนเครื่องปฏิกรณ์ฯ และท่ออาบรังสี A-4 ซึ่งเป็นท่ออาบรังสีภายนอกแกนเครื่องปฏิกรณ์ฯ พบว่า ค่าความร้อนที่เกิดขึ้นในท่อ G-22 มีค่าสูงกว่าค่าความร้อนในท่อ A-4 ประมาณ 20 เท่า โดยค่าความร้อนในท่อ G-22 มีค่าอยู่ในช่วง 170 - 180 มิลลิวัตต์ต่อกรัม มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ ± 3 มิลลิวัตต์ต่อกรัม ขณะที่ท่อ A-4 มีค่าอยู่ในช่วง 5 - 18 มิลลิวัตต์ต่อกรัม มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4 มิลลิวัตต์ต่อกรัม จากค่าความร้อนสะสมที่ได้สามารถแปลงเป็นค่าอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนได้ เป็น 616,860 - 648,445 Gy/hr สำหรับท่อ G-22 และ 18,107-60,805 Gy/hr สำหรับท่อ A-4

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่อนิสิต สิริลักษณ์ ลำเจียกเทศ

สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2539 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C618745 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY
KEY WORD: ABSORBED DOSE MEASUREMENT / CALORIMETER
SIRILUCK LUMJIACTAS : ABSORBED DOSE MEASUREMENT IN THE IRRADIATION TUBES OF THE THAI RESEARCH REACTOR 1/1. THESIS ADVISOR : Dr. SUPITCHA CHANYOTHA, THESIS COADVISOR : MR. AREERATT KORNDUANGKAEO. 88 pp. ISBN 974-635-778-6.

Energy deposition rates of nuclear reaction in irradiated tubes in Thai research reactor 1/1 have been measured at 1200 kW thermal power using heat flow calorimeter. The calorimeter has graphite sample as detector for finding out heat in irradiated tubes. The heat deposition rate measurements have been done in two irradiated tubes; pneumatic system tube G-22 and accessory tube A-4. The results of heat deposition rates of G-22 are 170-180(±3) mW/g and can be converted to the absorbed dose rate of 616,860-648,445 Gy/hr. For A-4 tube, the results are 5-18 (±4) mW/g or 18,107-60,805 Gy/hr which 20 times less than the heating values of G-22.

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่อนิสิต ศิริลักษณ์ ลำเลียงกลาง

สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ศุภชา จันทร์

ปีการศึกษา 2539 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อารีรัตน์ คงดวงแก้ว

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดีของ ดร.สุพิชชา จันทรโยธา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ นายอารีรัตน์ คอนดวงแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รวมทั้งอาจารย์ประจำภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ทุกท่านซึ่งได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ สำหรับงานวิจัยด้วยดีมาตลอด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณ ดร.สมพร จองคำ คุณสุรพงษ์ พิมพ์จันทร์ คุณอัจฉรา แสงอริยวนิช คุณวราวุธ ขจรฤทธิ์ คุณวิเชียร รัตนธงชัย คุณศศิพันธ์ ณ.สงขลา ข้าราชการและเจ้าหน้าที่กองฟิสิกส์ทุกท่าน คุณวิรัช ศรีเพ็ชรดี ข้าราชการและเจ้าหน้าที่เดินเครื่องปฏิกรณ์ทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณวรวุฒิ ศรีรัตน์ชัชวาลย์ คุณศิริรัตน์ พีระมนตรี คุณธงชัย สุดประเสริฐ คุณจิตติมา จารุนัฏ คุณบัญชา อุนพานิช คุณบุญฉวี ศรีหมอก คุณปานทิพย์ อัมพรรัตน์ คุณสุภสิทธิ์ คะวีรัตน์ รวมทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ นิสิตภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยีทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจมาตลอด

ขอขอบพระคุณพี่สาวและพี่ชายที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจมาโดยตลอดและสุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้ซึ่งล่วงลับไปก่อนที่จะได้เห็นงานวิจัยนี้สำเร็จ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญภาพ..... ฎ

บทที่

1. บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา..... 1

1.2. วัตถุประสงค์..... 3

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... 3

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย..... 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2. ทฤษฎี

2.1 รังสีจากเครื่องปฏิกรณ์..... 5

2.1.1 นิวตรอน..... 6

2.1.1.1 นิวตรอนเร็ว..... 8

2.1.1.2 อินเตอร์มีเดียตนิวตรอน..... 10

2.1.1.3 เทอร์มัลนิวตรอน..... 10

2.1.2 อันตรกิริยาของนิวตรอน..... 10

2.1.3 รังสีแกมมา..... 12

2.1.4 อันตรกิริยาของรังสีแกมมา..... 13

2.1.5 อนุภาคบีตา..... 16

2.1.6 อันตรกิริยาของอนุภาคบีตา..... 16

บทที่ หน้า

3. แคลอรีมิเตอร์ 17
3.1 ส่วนประกอบต่างๆของแคลอรีมิเตอร์ 17
3.2 ส่วนประกอบต่างๆของแคลอรีมิเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ 18
3.2.1 สารตัวอย่าง 19
3.2.2 ส่วนที่ใช้ห่อหุ้ม 19
3.2.3 เทอร์มอคัปเปิ้ล 20
3.2.4 ตัวให้ความร้อน 20
3.2.5 แก๊สที่ใช้สำหรับถ่ายโอนความร้อน 20
3.3 หลักการทำงานของแคลอรีมิเตอร์แบบใช้หลักการถ่ายโอนความร้อน 21
3.4 ลักษณะของการถ่ายโอนความร้อนเมื่อตัวกลางที่ใช้เป็นฉนวน 23
3.4.1 การถ่ายโอนโดยวิธีการนำความร้อน 23
3.4.2 การถ่ายโอนโดยวิธีการแผ่รังสีความร้อน 24
3.4.3 การถ่ายโอนโดยวิธีการพาตามธรรมชาติ 25
4.การทดลอง 26
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 26
4.1.1 แคลอรีมิเตอร์แบบใช้หลักการถ่ายโอนความร้อน 26
4.1.2 เทอร์มอมิเตอร์เชิงตัวเลข 27
4.1.3 เครื่องอังน้ำ 27
4.1.4 เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย
4.1.4.1 ท่ออาบรังสีในแกนเครื่องปฏิกรณ์ 28
4.1.4.2 ท่ออาบรังสีนอกแกนเครื่องปฏิกรณ์ 28
4.2 การดำเนินการทดลอง 29
4.2.1 การทดลองปรับเทียบหาค่า time constant 29
4.2.1.1 Electrical heating method 29
4.2.1.2 Hot and cold bath method 29
4.2.2 การทดลองหาค่าความร้อนสะสมในท่ออาบรังสี 30

บทที่ หน้า

4.2.3 การทดลองหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนสะสมหรือ
ค่าปริมาณรังสีดูดกลืนกับการเปลี่ยนกำลังของเครื่องปฏิกรณ์..... 32
4.2.4 การทดลองหาการกระจายของความร้อนสะสมหรือค่าปริมาณ
รังสีดูดกลืนกับระยะทางที่ปรับเปลี่ยนไปของแคลอรีมิเตอร์
ในท่ออาบรังสีที่ใช้ลม(G-22)ตามแนวตั้งในขณะที่เครื่องปฏิกรณ์
เดินที่กำลัง 1200 กิโลวัตต์..... 33
4.2.5 การคำนวณหาค่าความร้อนจำเพาะและค่าความร้อนสะสม
ในกราไฟต์..... 33
5. ผลการทดลองและวิเคราะห์..... 37
5.1 ผลการทดลองหาค่า time constant ของแคลอรีมิเตอร์..... 37
5.2 ผลการทดลองหาค่าความร้อนสะสมในท่ออาบรังสีที่ใช้ลม G-22ซึ่ง
เป็นท่อภายในแกนเครื่อง ปปว-1/1..... 37
5.3 ผลการทดลองหาค่าความร้อนสะสมในท่อ A-4 ซึ่งเป็นท่อภายนอก
แกนเครื่อง ปปว-1/1..... 37
5.4 ผลการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนสะสมหรือปริมาณ
รังสีดูดกลืนกับการเปลี่ยนกำลังของเครื่องปฏิกรณ์..... 38
5.5 ผลการทดลองหาการกระจายของความร้อนสะสมหรือปริมาณ
รังสีดูดกลืนกับระยะทางที่ปรับเปลี่ยนไปของแคลอรีมิเตอร์ในท่อ
อาบรังสีที่ใช้ลม G-22 ตามแนวตั้ง..... 38
6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 47
6.1 สรุปผลการปรับเทียบแคลอรีมิเตอร์..... 47
6.2 สรุปผลการทดลองการหาค่าความร้อนสะสมในท่อ G-22 และท่อ A-4.. 47
6.3 สรุปผลการทดลองหาค่าความสัมพันธ์ของความร้อนสะสมหรือ
ปริมาณรังสีดูดกลืนกับการเปลี่ยนกำลังของเครื่องปฏิกรณ์ฯ..... 48
6.4 สรุปผลการทดลองหาค่าความร้อนสะสมหรือค่าปริมาณรังสีดูดกลืน
ในท่ออาบรังสีที่ใช้ลมเมื่อทำการปรับระยะทางของแคลอรีมิเตอร์..... 48
6.5 สรุปผลการเปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีดูดกลืนที่วัดได้โดยใช้
Calorimeter กับ Ionization chamber..... 49
6.6 ข้อเสนอแนะ..... 49

บทที่ หน้า
รายการอ้างอิง..... 50
ภาคผนวก.ก..... 51
ภาคผนวก ข..... 54
ภาคผนวก ค..... 81
ประวัติผู้เขียน..... 88

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 พลังงานของอนุภาคต่างๆ และการแผ่รังสีจากปฏิกิริยาระหว่างเทอร์มัล นิวตรอนกับยูเรเนียม-235 6

2.2 การกระจายพลังงานของนิวตรอนที่มาจากปฏิกิริยาการแบ่งแยกนิวเคลียส ของยูเรเนียม-235 9

5.1 แสดงผลการทดลองหาค่าความร้อนสะสมในท่อ G-22 42

5.2 แสดงผลการทดลองหาค่าความร้อนสะสมในท่อ A-4 42

5.3 ผลการหาค่าความร้อนสะสมจากการเปลี่ยนกำลังเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู วิจัย-1/1 43

5.4 แสดงผลการวัดค่าความร้อนสะสมในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยต่างๆ 45

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงสเปคตรัมของนิวตรอนที่เกิดจากปฏิกิริยาการแบ่งแยกนิวเคลียส..... 7
2.2 Photoelectric effect..... 14
2.3 Compton scattering..... 15
2.4 Pair Production..... 15
3.1 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของแคลอรีมิเตอร์..... 17
3.2 แคลอรีมิเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้..... 18
4.1 แคลอรีมิเตอร์แบบใช้หลักการถ่ายโอนความร้อน..... 26
4.2 เทอร์มอมิเตอร์เชิงตัวเลข..... 27
4.3 เครื่องอังน้ำ..... 27
4.4 ท่ออาบรังสีในแกนเครื่องปฏิกรณ์..... 28
4.5 ท่ออาบรังสีนอกแกนเครื่องปฏิกรณ์..... 28
4.6 แสดงตำแหน่งของท่ออาบรังสีภายในและภายนอกแกนเครื่อง ปปว-1/1..... 31
5.1 แสดงผลการปรับเทียบเพื่อหาค่า time constant โดยวิธี Hot and cold bath.... 38
5.2 แสดงผลการหาค่า time constant โดยใช้ Least squares..... 39
5.3 แสดงผลการวัดความร้อนสะสมในท่อ G-22..... 40
5.4 แสดงผลการวัดความร้อนสะสมในท่อ A-4..... 41
5.5 แสดงผลการวัดความร้อนสะสมในท่อ G-22 เมื่อทำการเปลี่ยนกำลัง
ของเครื่องปฏิกรณ์ฯ..... 43
5.6 แสดงผลการวัดการกระจายของอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในท่อ G-22
ตามแนวตั้ง เทียบกับผลการวัดนิวตรอนฟลักซ์โดยแผ่นทอง..... 44