

บทที่ 4

การทดสอบ และผลการทดสอบ

4.1 การทดสอบเก็บข้อมูลโดยระบบวัดรังสีแกมมาหลายพลังงาน

การทดสอบในขั้นตอนนี้เพื่อหาเงื่อนไขของการวัดรังสีที่เหมาะสม ซึ่งจะทำได้ ข้อมูลที่มีความแปรปรวนน้อย ซึ่งพิจารณาได้จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) ของข้อมูลที่วัดจาก ดันกำเนิดรังสี Cs-137 โดยตรง ไม่มีชิ้นงานตัวอย่างและไม่มีการขับเคลื่อนหัววัดรังสีและดันกำเนิด รังสี ซึ่งเงื่อนไขของการวัดรังสีที่หากมีการปรับแล้วจะมีผลต่อความแปรปรวนของข้อมูล ได้แก่ อัตราขยายสัญญาณที่ภาคขยายสัญญาณ และเวลาที่ใช้ในการวัดรังสีแต่ละเรย์ซัม

4.1.1 ผลของอัตราขยายสัญญาณที่ภาคขยายสัญญาณที่มีต่อความแปรปรวนของข้อมูล

เนื่องจากการขยายสัญญาณหากใช้อัตราขยายสัญญาณที่ไม่เหมาะสมย่อมทำให้เกิด ความคลาดเคลื่อนของการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณนับรังสีได้พื้นที่ที่ผิดพลาดสูง ซึ่งจะทำให้ข้อมูลที่ได้ จากเครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่องมีความแปรปรวนสูงไปด้วย

การทดสอบจะใช้โปรแกรมควบคุมการเก็บข้อมูลสำหรับการสร้างภาพโทโมกราฟี โดยให้ทำงานเพียง 1 โพรไฟล์ 100 เรย์ซัม และปิดกระแสไฟที่เลี้ยงระบบขับเคลื่อนขณะทำการวัด เนื่องจากไม่ต้องการให้มีการขับเคลื่อนหัววัดรังสี และดันกำเนิดรังสี แล้วให้แสดงค่าผลรวมข้อมูล (Σx) และค่าผลรวมของกำลังสองของข้อมูล (Σx^2) เพื่อคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลที่ วัดได้ที่อัตราขยายสัญญาณที่ภาคขยายสัญญาณค่าต่างๆ โดยใช้เงื่อนไขของระบบวิเคราะห์ดังนี้ เวลาที่ใช้ในการวัดรังสี 5 วินาที ในโหมด live time และอัตราขยายสัญญาณที่ส่วน ADC ของเครื่อง วิเคราะห์แบบหลายช่องตั้งไว้ที่ 1024 DZO ที่ 0 ตั้ง shaping time ที่ 0.5 μs และทดลองเปลี่ยน อัตราขยายสัญญาณที่ภาคขยายสัญญาณจาก 5 ถึง 10 เท่า คือ ค่า coarse gain 2 ค่า fine gain 2.5 แล้วปรับ fine gain เพิ่มเป็น 3 และ 4 ซึ่งจะให้ค่าอัตราขยายสัญญาณเท่ากับ 6 และ 8 ตามลำดับ และท้ายที่สุด ทำการปรับ coarse gain เป็น 4 ค่า fine gain 2.5 ผลค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลที่ วัดได้แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลที่วัดได้ที่อัตราขยายสัญญาณค่าต่างๆ

อัตราขยายสัญญาณ (coarse gain x fine gain)	ความเข้มรังสี 'เฉลี่ย	ค่าผลรวม กำลังสอง Σx^2	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน (σ)	ความผิดพลาด (error)
2 x 2.5	5188.24	3.468×10^9	115.58	1.96 %
2 x 3	5878.24	3.457×10^9	127.11	2.16 %
2 x 4	5971.46	3.568×10^9	138.37	2.32 %
4 x 2.5	6036.53	3.646×10^9	130.95	2.17 %

* ความผิดพลาด = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน / ความเข้มรังสีเฉลี่ย

4.1.2 ผลของเวลาที่ใช้ในการวัดรังสีที่มีต่อความแปรปรวนของข้อมูล

เนื่องจากปริมาณรังสีที่วัดได้ย่อมมีค่าสูงขึ้นตามการเพิ่มเวลาที่ใช้ในการวัดรังสี จะทำให้ข้อมูลมีความแปรปรวนทางสถิติน้อยกว่าข้อมูลที่ใช้เวลาวัดสั้น

การทดสอบในขั้นตอนนี้จะเหมือนการทดสอบขั้นตอน 4.1.1 เพียงแต่เปลี่ยนจากการปรับเปลี่ยนค่าอัตราขยายสัญญาณที่ภาคขยายสัญญาณ เป็นการเปลี่ยนค่าเวลาที่ใช้ในการวัดรังสีแทน ส่วนอัตราขยายสัญญาณที่ภาคขยายสัญญาณให้ตั้งไว้ที่ค่าต่ำสุดคือที่ 2 x 2.5 ปรากฏผลค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลที่วัดได้ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลที่วัดได้โดยใช้เวลาในการวัดต่างกัน

เวลาที่ใช้ ในการวัดรังสี	ความเข้มรังสี เฉลี่ย	ค่าผลรวม กำลังสอง Σx^2	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน (σ)	ความผิดพลาด (error)
1	1194.37	1.429×10^8	44.10	3.69 %
2	2437.75	5.947×10^8	63.70	2.61 %
3	3557.92	1.267×10^9	82.83	2.33 %
5	5888.24	3.468×10^9	115.58	1.96 %
10	12426.26	1.544×10^{10}	162.35	1.31 %
20	24604.79	6.054×10^{10}	180.73	0.74 %

4.2 การทดสอบระบบสแกนเพื่อการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีโดยใช้รังสีแกมมาพลังงานเดี่ยวจากซีเซียม-137

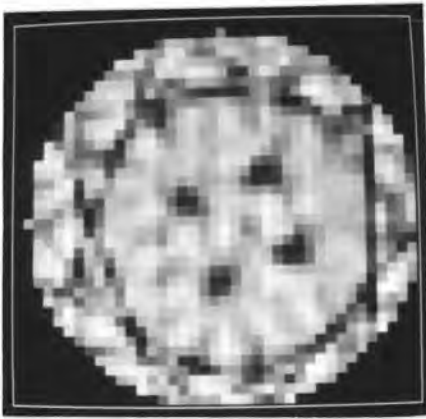
การทดสอบในขั้นตอนนี้ เพื่อหาจำนวนโพรไฟล์ของข้อมูล และระยะห่างระหว่างเรย์ซัมในการสแกนเพื่อการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี ที่ให้ภาพที่ดีโดยใช้เวลาพอสมควร ซึ่งการทดสอบยังคงใช้ต้นกำเนิดรังสีแกมมาพลังงานเดี่ยว โดยตั้งค่าอัตราขยายสัญญาณที่ภาคขยายสัญญาณ 2×2.5 อัตราขยายสัญญาณที่ส่วน ADC ภายในเครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่อง ตั้งที่ 1024 และเวลาที่ใช้ในการวัด 5 วินาทีในโหมด live time การทดสอบมีการเก็บข้อมูลโดยกำหนดให้ระบบขับเคลื่อนหมุนครั้งละ 20, 10 และ 5 องศา เมื่อทำการหมุนจนครบ 180 องศา จึงทำให้ได้ข้อมูลที่มีจำนวนโพรไฟล์เป็น 9, 18 และ 36 โพรไฟล์ ตามลำดับ โดยครั้งแรกกำหนดให้ระยะห่างระหว่างเรย์ซัมเป็น 3 มิลลิเมตร แล้วจึงทำการทดสอบซ้ำอีกครั้งโดยกำหนดให้ระยะห่างระหว่างเรย์ซัมเป็น 2 มิลลิเมตร

เนื่องจากการทดสอบในขั้นตอนนี้ยังคงใช้ต้นกำเนิดรังสีแกมมาพลังงานเดี่ยวคือ Cs-137 ซึ่งให้รังสีแกมมาพลังงาน 662 keV ดังนั้นจึงเลือกใช้ชิ้นงานตัวอย่างที่ 1 ซึ่งประกอบขึ้นด้วยท่อเหล็กกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 90 มิลลิเมตร หนา 4 มิลลิเมตร ภายในบรรจุแท่งเหล็กกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร จำนวน 4 แท่ง จัดเรียงเว้นช่องห่างกัน 15 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.1 เมื่อสแกนเก็บข้อมูลโพรไฟล์ตามเงื่อนไขข้างต้นแล้วนำข้อมูลมา สร้างภาพโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี⁽⁴⁾ จะได้ภาพดังแสดงในรูปที่ 4.2 ถึงรูปที่

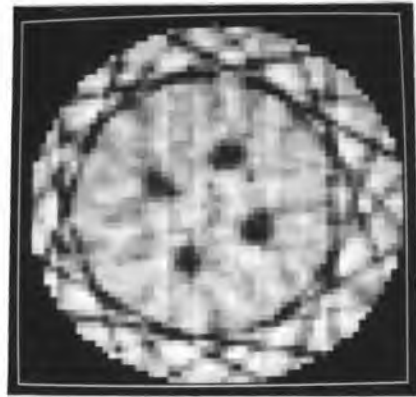
4.7



รูปที่ 4.1 แสดงชิ้นงานตัวอย่างที่ 1



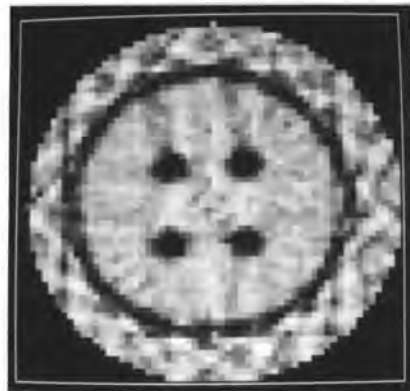
รูปที่ 4.2 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานที่ 1
จากการคำนวณข้อมูล 9 โพรไฟล์
ระยะห่างระหว่างเรย์ซัม 3 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.3 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานที่ 1
จากการคำนวณข้อมูล 9 โพรไฟล์
ระยะห่างระหว่างเรย์ซัม 2 มิลลิเมตร



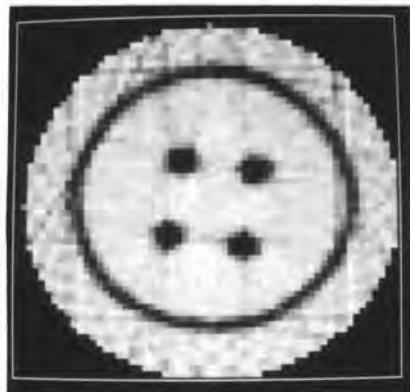
รูปที่ 4.4 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานที่ 1
จากการคำนวณข้อมูล 18 โพรไฟล์
ระยะห่างระหว่างเรย์ซัม 3 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.5 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานที่ 1
จากการคำนวณข้อมูล 18 โพรไฟล์
ระยะห่างระหว่างเรย์ซัม 2 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.6 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานที่ 1
จากการคำนวณข้อมูล 36 โพรไฟล์
ระยะห่างระหว่างเรย์ซัม 3 มิลลิเมตร



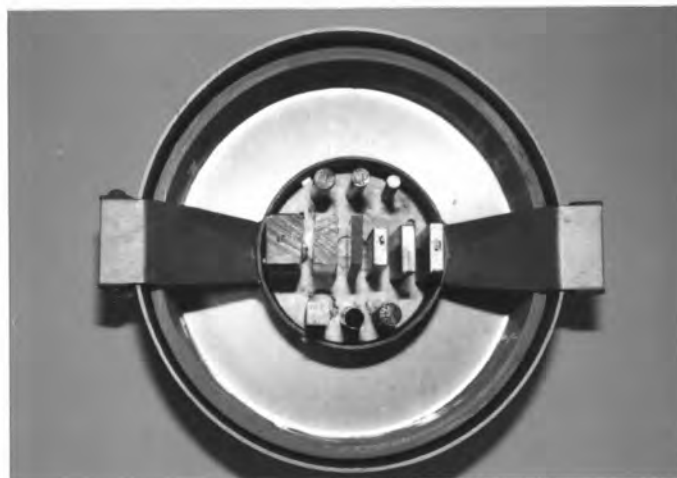
รูปที่ 4.7 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานที่ 1
จากการคำนวณข้อมูล 36 โพรไฟล์
ระยะห่างระหว่างเรย์ซัม 2 มิลลิเมตร

จากรูปที่ 4.2 ถึงรูปที่ 4.7 สามารถสรุปได้ว่าภาพโทโมกราฟีที่คำนวณได้จากข้อมูลที่มีจำนวนโพรไฟล์มากโดยการขับเคลื่อนหมุนเป็นมุมน้อยๆ และมีระยะห่างระหว่างเรย์ซัมน้อยๆ นั้นจะให้ภาพที่มีรายละเอียดดีกว่าภาพโทโมกราฟีที่ได้จากการสแกนเก็บข้อมูลโพรไฟล์ด้วยมุมโตกว่า และระยะห่างระหว่างเรย์ซัมนมากกว่า ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบภาพโทโมกราฟีทั้งหมดของชิ้นงานที่ 1 รูปที่ 4.7 จึงให้ข้อมูลภาพที่ดีที่สุด

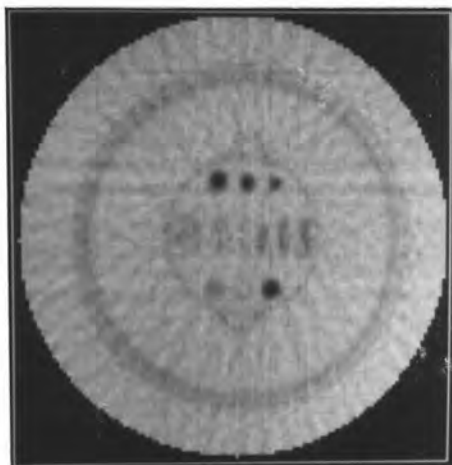
4.3 ผลการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีโดยใช้รังสีแกมมาหลายพลังงานจากอิริเดียม-192 เปรียบเทียบกับการใช้รังสีแกมมาพลังงานเดียวจากซีเซียม-137

เนื่องจากภาพโทโมกราฟีที่ดีจะต้องมีจำนวนโพรไฟล์ที่มาก ซึ่งหมายถึงการหมุนรอบชิ้นงานด้วยมุมน้อยๆ จากการศึกษาที่ผ่านมามีข้อสังเกตว่าเก็บข้อมูลโดยกำหนดให้ขับเคลื่อนหมุนครั้งละ 5 องศาได้ข้อมูลจำนวน 36 โพรไฟล์ ระยะห่างระหว่างเรย์ซัมน้อยๆ 2 มิลลิเมตร โดยตั้งค่าอัตราขยายสัญญาณที่ภาคขยายสัญญาณ 2×2.5 อัตราขยายสัญญาณที่ส่วน ADC ภายในเครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่อง ตั้งที่ 1024 และเวลาที่ใช้ในการวัด 5 วินาทีในโหมด live time สามารถนำไปคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีที่ให้ภาพที่ดีโดยใช้เวลาพอสมควร จึงทดสอบเพื่อต้องการดูผลการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานตัวอย่างที่สร้างขึ้นจำนวน 3 ชิ้น เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของภาพโทโมกราฟีกับชิ้นงานตัวอย่างที่ประกอบด้วยวัตถุหลายชนิด เปรียบเทียบกับเมื่อใช้รังสีแกมมาหลายพลังงาน ซึ่งใช้เวลาในการวัด 2 วินาทีในโหมด live time อัตราขยายที่ภาคขยายสัญญาณ 4×3 โดยคงเงื่อนไขอื่นๆ ตามเดิม

ชิ้นงานตัวอย่างที่ 2 เป็นชิ้นงานทดสอบความสามารถในการแยกวัตถุ ประกอบขึ้นด้วยท่ออลูมิเนียมกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 178 มิลลิเมตร ความหนา 2 มิลลิเมตร ฝั่มท่อพีวีซีกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 170 มิลลิเมตร ความหนา 6 มิลลิเมตร ภายในบรรจุชิ้นวัตถุหลายชนิดได้แก่ แท่งทองเหลืองกลม 3 แท่ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6, 8 และ 10 มิลลิเมตร จัดเรียงเว้นช่องห่างกัน 8 มิลลิเมตร แผ่นอลูมิเนียมหนา 6 มิลลิเมตร 3 แผ่น จัดเรียงเว้นช่องห่างกัน 6 มิลลิเมตร แผ่นพลาสติกใสหนา 5, 10 และ 15 มิลลิเมตร จัดเรียงเว้นช่องห่างกัน 5 มิลลิเมตร และแท่งเหล็กกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ท่อทองแดงกลมของเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร หนา 1 มิลลิเมตร แท่งอลูมิเนียมสี่เหลี่ยมขนาด 10 มิลลิเมตร อย่างละ 1 ชิ้น จัดเรียงเว้นช่องห่างกัน 6 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.8 เมื่อสแกนเก็บข้อมูลโพรไฟล์ตามเงื่อนไขข้างต้นแล้วนำข้อมูลมาสร้างภาพโทโมกราฟีจะได้ภาพดังแสดงในรูปที่ 4.9 ถึง 4.12



รูปที่ 4.8 ชิ้นงานตัวอย่างที่ 2



รูปที่ 4.9 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานที่ 2
โดยรังสีแกมมาพลังงาน 662 keV



รูปที่ 4.10 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานที่ 2
โดยรังสีแกมมาพลังงาน 613 keV



รูปที่ 4.11 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานที่ 2
โดยรังสีแกมมาพลังงาน 468 keV



รูปที่ 4.12 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานที่ 2
โดยรังสีแกมมาพลังงาน 317 keV

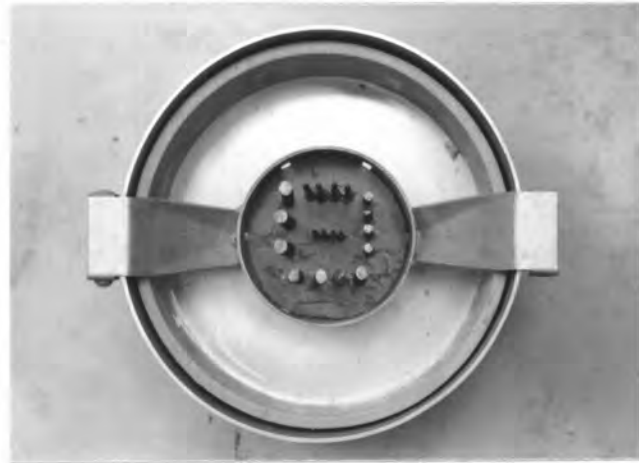
จากรูปที่ 4.9 เป็นภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานตัวอย่างที่ 2 เมื่อใช้รังสีแกมมาพลังงาน 662 keV จากต้นกำเนิดรังสี Cs-137 พบว่าสามารถเห็นรายละเอียดของแท่งทองเหลือง และเหล็ก ได้ชัดเจน ซึ่งมีลักษณะเป็นภาพรูปกลมตรงตามลักษณะวัตถุ โดยมีสีเข้มเพราะมีความหนาแน่นมากกว่าวัตถุชิ้นอื่น ส่วนวัตถุที่มีความหนาแน่นต่ำกว่าจะปรากฏรายละเอียดได้ไม่ดึ๊ง โดยไม่สามารถบอกรายละเอียดของแผ่นอลูมิเนียม และแผ่นพลาสติก สำหรับแท่งอลูมิเนียมสีเหลืองนั้น ไม่สามารถบอกรูปลักษณะของวัตถุที่เป็นทรงสี่เหลี่ยม ส่วนท่อทองแดงแม้จะมีความหนาแน่นสูง แต่เนื่องจากมีความหนาเพียง 1 มิลลิเมตร จึงปรากฏรายละเอียดไม่ชัดเจน

จากรูปที่ 4.10 เป็นภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานตัวอย่างที่ 2 เช่นกัน แต่ใช้รังสีแกมมาพลังงาน 613 keV จากต้นกำเนิดรังสี Ir-192 พบว่าสามารถให้รายละเอียดได้ใกล้เคียงกับรูปที่ 4.9

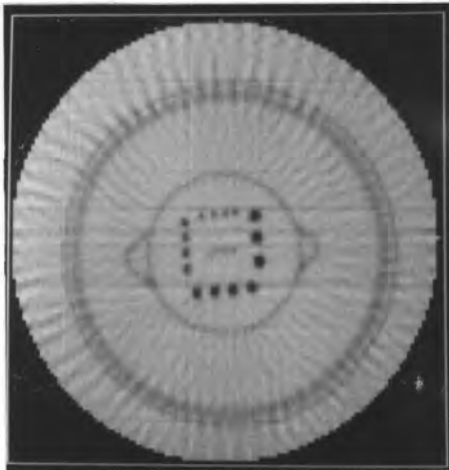
จากรูปที่ 4.11 เป็นภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานตัวอย่างที่ 2 จากรังสีแกมมาพลังงาน 468 keV จากต้นกำเนิดรังสี Ir-192 พบว่าวัตถุที่มีความหนาแน่นสูงนั้น รังสีแกมมาพลังงานต่ำจะทะลุผ่านได้น้อยลง จึงทำให้ได้ภาพของแท่งทองเหลือง และเหล็กมีรายละเอียดด้อยลง ส่วนแผ่นอลูมิเนียม และแท่งอลูมิเนียม สามารถสังเกตเห็นรูปลักษณะของวัตถุที่เป็นทรงสี่เหลี่ยมได้ชัดเจน เพราะความหนาแน่นเริ่มพอเหมาะกับความหนาของรังสีแกมมาที่ใช้ แต่ท่อทองแดงนั้นยังปรากฏรายละเอียดไม่ชัดเจน เพราะรังสีแกมมายังสามารถทะลุผ่านได้มากเนื่องจากพลังงานสูงเกินไป

จากรูปที่ 4.12 พบว่าเนื่องจากรังสีแกมมาพลังงาน 317 keV จากต้นกำเนิดรังสี Ir-192 มีความสามารถทะลุผ่านแท่งทองเหลือง และเหล็กได้น้อย จึงทำให้ได้ภาพที่ไม่คมชัด แต่สำหรับวัตถุที่มีความหนาแน่นต่ำ เช่นแผ่นอลูมิเนียม และพลาสติก จะสามารถให้รายละเอียดที่ดี สำหรับท่อทองแดงนั้นเนื่องจากเป็นท่อที่บาง จึงพอเหมาะกับความหนาที่ใช้นี้ จึงได้ภาพที่ให้อะเอียดดี

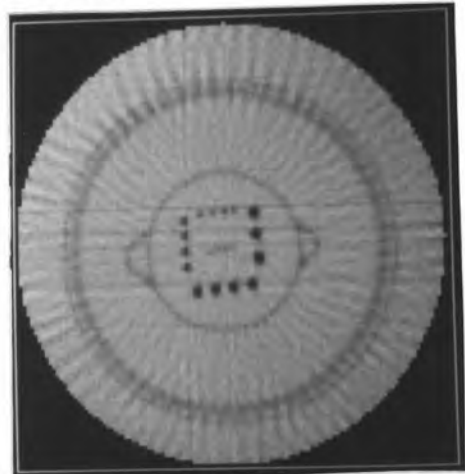
ชิ้นงานตัวอย่างที่ 3 เป็นชิ้นงานทดสอบความสามารถในการแยกรายละเอียดของวัตถุที่มีความหนาแน่นสูง ประกอบขึ้นด้วยท่ออลูมิเนียมกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 178 มิลลิเมตร ความหนา 2 มิลลิเมตร หุ้มท่อพีวีซีกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 170 มิลลิเมตร ความหนา 6 มิลลิเมตร ภายในบรรจุชิ้นวัตถุที่เป็นแท่งเหล็กกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2, 3, 4 และ 5 มิลลิเมตร จัดเรียงเป็นแถวตรงเว้นช่องห่างกันเท่ากับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง แถวละ 4 แท่ง รวม 4 แถว และแท่งเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร จัดเรียงเป็นแถวตรงเว้นช่องห่างกันเท่ากับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 แท่ง ดังแสดงในรูปที่ 4.13 เมื่อสแกนเก็บข้อมูลโพสไฟล์ตามเงื่อนไขข้างต้นแล้วนำข้อมูลมาสร้างภาพโทโมกราฟีจะได้ภาพดังแสดงในรูปที่ 4.14 ถึง 4.17



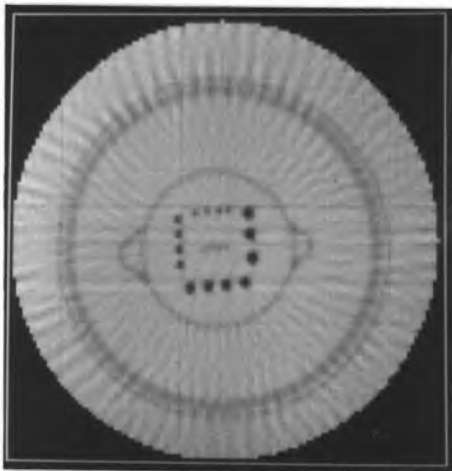
รูปที่ 4.13 ชิ้นงานตัวอย่างที่ 3



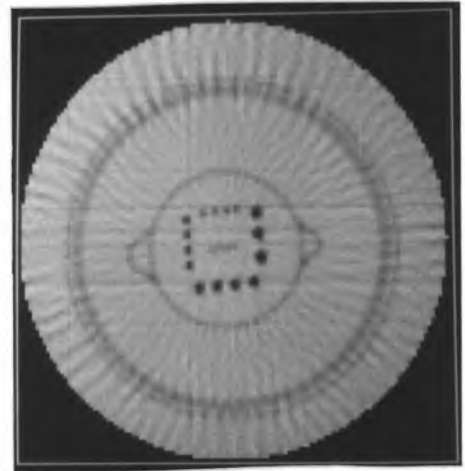
รูปที่ 4.14 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานที่ 3
โดยรังสีแกมมาพลังงาน 662 keV



รูปที่ 4.15 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานที่ 3
โดยรังสีแกมมาพลังงาน 613 keV



รูปที่ 4.16 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานที่ 3
โดยรังสีแกมมาพลังงาน 468 keV



รูปที่ 4.17 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานที่ 3
โดยรังสีแกมมาพลังงาน 317 keV

จากรูปที่ 4.14 พบว่าเมื่อใช้รังสีแกมมาพลังงาน 662 keV จากต้นกำเนิดรังสี Cs-137 ซึ่งเมื่อพิจารณาจากวัตถุในชิ้นงานแล้ว จะเห็นได้ว่ารังสีแกมมาทะลุผ่านได้เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นภาพที่ได้จึงขาดรายละเอียดไปบ้าง ซึ่งสามารถสังเกตเห็นแท่งเหล็กที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 3 มิลลิเมตรขึ้นไปเท่านั้น โดยจะเห็นรายละเอียดถูกต้องเมื่อแท่งเหล็กมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 4 มิลลิเมตรขึ้นไป จึงถือว่าที่พลังงาน 662 keV สามารถทำให้เกิดภาพวัตถุที่มีขนาดเล็กที่สุด 4 มิลลิเมตร หรืออีกนัยหนึ่งคือ มีค่ารีโซลูชัน (resolution) เท่ากับ 4 มิลลิเมตร สำหรับรังสีแกมมาพลังงาน 662 keV

จากรูปที่ 4.15 ถึงรูปที่ 4.17 พบว่าเมื่อใช้รังสีแกมมาพลังงาน 613, 468 และ 317 keV จากต้นกำเนิดรังสี Ir-192 จะได้ภาพที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับรูปที่ 4.14 โดยยังคงมีค่ารีโซลูชัน (resolution) เท่ากับ 4 มิลลิเมตร สำหรับรังสีแกมมาพลังงาน 613, 468 และ 317 keV

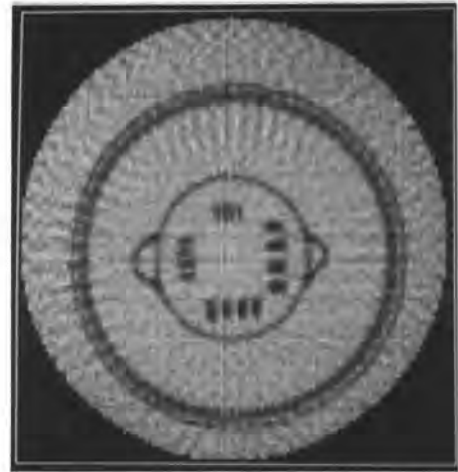
ชิ้นงานตัวอย่างที่ 4 เป็นชิ้นงานทดสอบความสามารถในการแยกรายละเอียดของวัตถุที่มีความหนาแน่นต่ำ ประกอบขึ้นด้วยท่ออลูมิเนียมกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 178 มิลลิเมตร ความหนา 2 มิลลิเมตร หุ้มท่อพีวีซีกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 170 มิลลิเมตร ความหนา 6 มิลลิเมตร ภายในบรรจุชิ้นวัตถุที่เป็นแผ่นอลูมิเนียม หนา 2, 3, 4, และ 5 มิลลิเมตร จัดเรียงเป็นแถวตรงเว้นช่องห่างกันเท่ากับขนาดความหนา แถวละ 4 แผ่น ดังแสดงในรูปที่ 4.18 เมื่อสแกนเก็บข้อมูลโพสไฟต์ตามเงื่อนไขข้างต้น แล้วนำข้อมูลมาสร้างภาพโทโมกราฟีจะได้ภาพดังแสดงในรูปที่ 4.19 ถึง 4.22



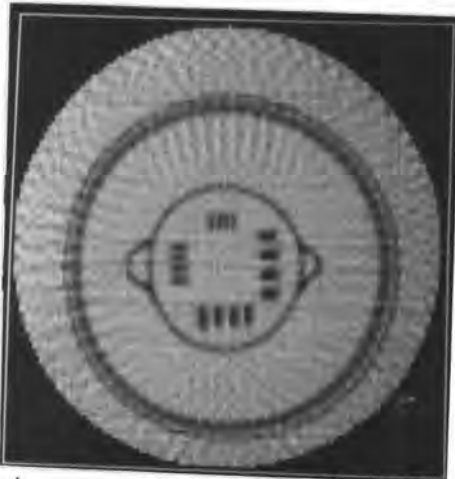
รูปที่ 4.18 ชิ้นงานตัวอย่างที่ 4



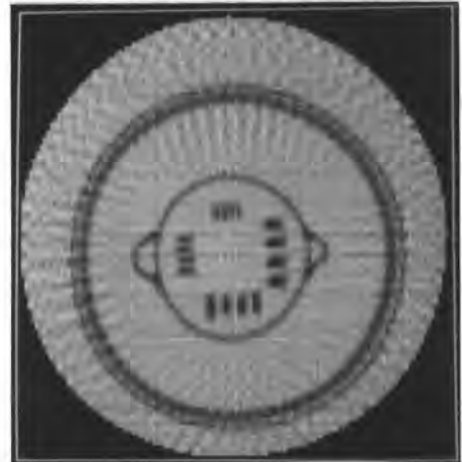
รูปที่ 4.19 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานที่ 4
โดยรังสีแกมมาพลังงาน 662 keV



รูปที่ 4.20 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานที่ 4
โดยรังสีแกมมาพลังงาน 613 keV



รูปที่ 4.21 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานที่ 4
โดยรังสีแกมมาพลังงาน 468 keV



รูปที่ 4.22 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานที่ 4
โดยรังสีแกมมาพลังงาน 317 keV

จากรูปที่ 4.19 พบว่าเมื่อใช้รังสีแกมมาพลังงาน 662 keV จากต้นกำเนิดรังสี Cs-137 มีรายละเอียดที่ไม่ดีพอ เนื่องจากชิ้นงานนี้มีเพียงวัตถุที่มีความหนาแน่นต่ำ รังสีแกมมาจึงทะลุผ่านไปเกือบทั้งหมด ซึ่งสามารถสังเกตเห็นแผ่นอลูมิเนียมที่หนาดังแต่ 3 มิลลิเมตรขึ้นไปเท่านั้น โดยจะเห็นรายละเอียดถูกต้องเมื่อแผ่นอลูมิเนียมหนาดังแต่ 4 มิลลิเมตรขึ้นไป จึงถือว่าที่พลังงาน 662 keV มีค่ารีโซลูชัน (resolution) เท่ากับ 4 มิลลิเมตร

จากรูปที่ 4.20 ถึงรูปที่ 4.22 พบว่าเมื่อใช้รังสีแกมมาพลังงาน 613, 468 และ 317 keV จากต้นกำเนิดรังสี Ir-192 จะได้ภาพที่มีรายละเอียดดีขึ้นโดยลำดับ ตามการลดลงของพลังงานของรังสีแกมมา ซึ่งสามารถสังเกตเห็นแผ่นอลูมิเนียมที่หนาดังแต่ 2 มิลลิเมตรขึ้นไปทุกแผ่น แต่จะเห็นรายละเอียดถูกต้องเมื่อแผ่นอลูมิเนียมหนาดังแต่ 4 มิลลิเมตรขึ้นไป ดังนั้นจึงยังคงมีค่ารีโซลูชัน (resolution) เท่ากับ 4 มิลลิเมตร

4.4 ผลการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีชิ้นงานอุตสาหกรรม

เป็นการทดสอบเพื่อดูผลการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีโดยใช้รังสีแกมมาหลายพลังงานกับชิ้นงานอุตสาหกรรม เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของภาพโทโมกราฟีชิ้นงานอุตสาหกรรมที่ประกอบด้วยวัตถุหลายชนิด เปรียบเทียบกับเมื่อใช้รังสีแกมมาพลังงานเดียว โดยทำการเก็บข้อมูลภายใต้เงื่อนไขเดียวกับการทดสอบที่ 4.3

ชิ้นงานอุตสาหกรรมที่เลือกมาทดสอบนี้เป็นชิ้นส่วนเสื้อสูบของรถจักรยานยนต์ HONDA รุ่น NSR 150 ซึ่งเป็นเสื้อสูบแบบสูบเดี่ยว ระบายความร้อนด้วยน้ำ ตัวเสื้อสูบหล่อขึ้นจากโลหะผสมอลูมิเนียม (aluminium alloy) เส้นผ่าศูนย์กลางภายในกระบอกสูบ 58 มิลลิเมตร ซึ่งเกิดการสึกหล่อจากการใช้งาน จึงได้มีการตัดแปลงโดยการสวมท่อเหล็กหนา 5 มิลลิเมตรไว้ภายในเพื่อให้กระบอกสูบมีขนาดพอดีกับลูกสูบ การสแกนจะทำโดยใช้รังสีผ่านกระบอกสูบเป็นระนาบตามขวาง ดังแสดงแนวการสแกนในรูปที่ 4.23 โดยครั้งแรกจะสแกนในแนวระดับบนสุดของเสื้อสูบ ดังแสดงภาพของเสื้อสูบด้านบนในรูปที่ 4.24 เมื่อสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์แล้วนำข้อมูลมาสร้างภาพโทโมกราฟีจะได้ภาพดังแสดงในรูปที่ 4.25 ถึง 4.28 ส่วนครั้งที่สองนั้นจะสแกนในแนวระดับล่างที่บริเวณท่อน้ำเข้า ดังแสดงภาพของเสื้อสูบด้านล่างในรูปที่ 4.29 เมื่อสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์แล้วนำข้อมูลมาสร้างภาพโทโมกราฟีจะได้ภาพดังแสดงในรูปที่ 4.30 ถึง 4.33

แนวการสแกนครั้งแรก →

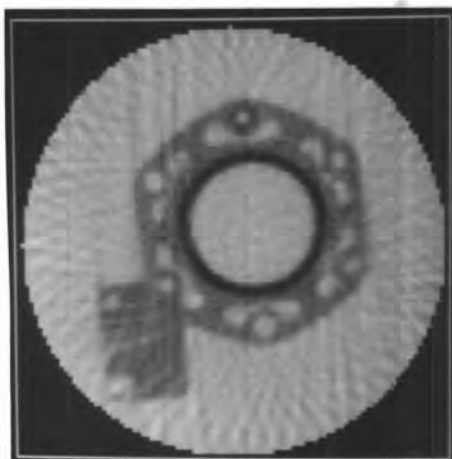
แนวการสแกนครั้งที่สอง →



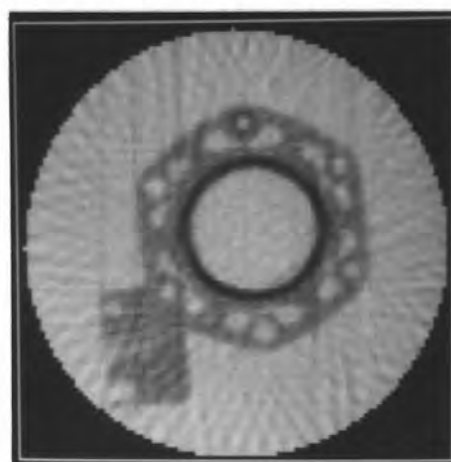
รูปที่ 4.23 ชิ้นงานอุตสาหกรรม



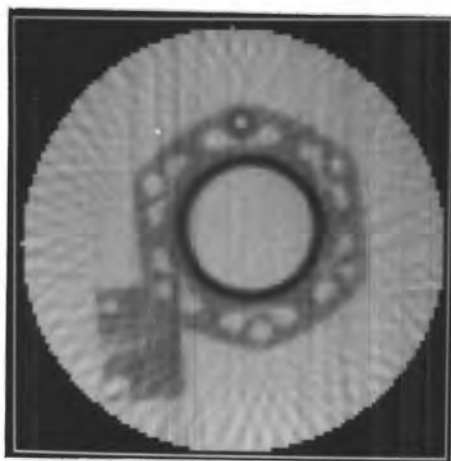
รูปที่ 4.24 ภาพด้านหลังของชิ้นงานอุตสาหกรรม



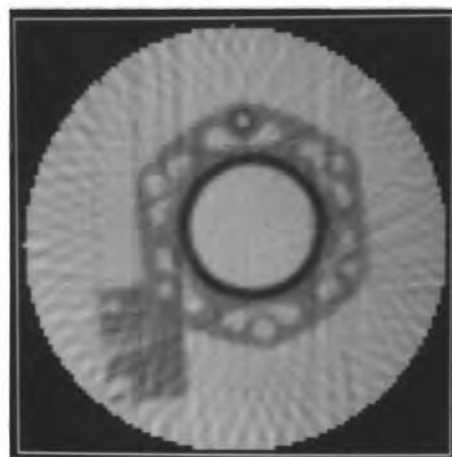
รูปที่ 4.25 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงาน
อุตสาหกรรมด้านหลัง โดย
รังสีแกมมาพลังงาน 662 keV



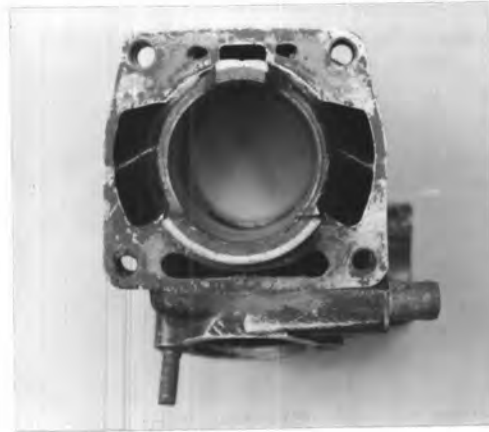
รูปที่ 4.26 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงาน
อุตสาหกรรมด้านหลัง โดย
รังสีแกมมาพลังงาน 613 keV



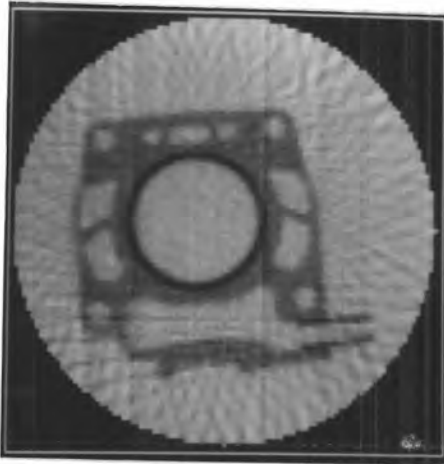
รูปที่ 4.27 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงาน
อุตสาหกรรมด้านหลัง โดย
รังสีแกมมาพลังงาน 468 keV



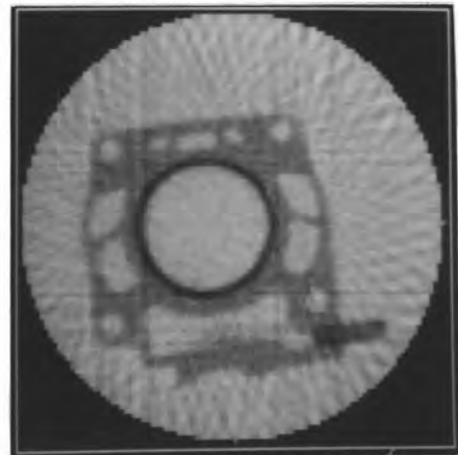
รูปที่ 4.28 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงาน
อุตสาหกรรมด้านหลัง โดย
รังสีแกมมาพลังงาน 317 keV



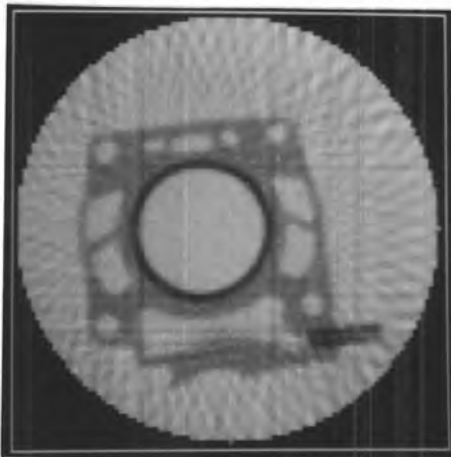
รูปที่ 4.29 ภาพด้านล่างของชิ้นงานอุตสาหกรรม



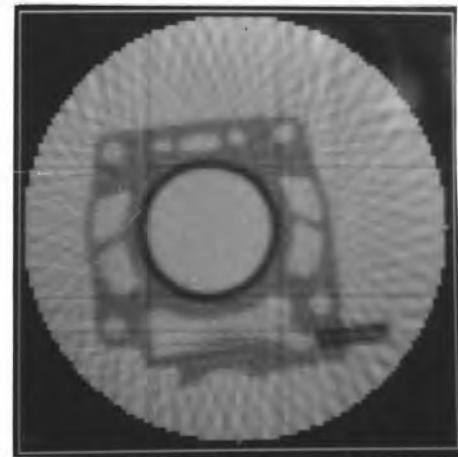
รูปที่ 4.30 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงาน
อุตสาหกรรมด้านล่าง โดย
รังสีแกมมาพลังงาน 662 keV



รูปที่ 4.31 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงาน
อุตสาหกรรมด้านล่าง โดย
รังสีแกมมาพลังงาน 613 keV



รูปที่ 4.32 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงาน
อุตสาหกรรมด้านล่าง โดย
รังสีแกมมาพลังงาน 468 keV



รูปที่ 4.33 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงาน
อุตสาหกรรมด้านล่าง โดย
รังสีแกมมาพลังงาน 317 keV

จากรูปที่ 4.25 และ 4.30 พบว่าเมื่อใช้รังสีแกมมาพลังงาน 662 keV จากต้นกำเนิดรังสี Cs-137 ภาพที่ได้สามารถให้รายละเอียดในส่วนที่เป็นเหล็กได้ดี ซึ่งได้แก่ส่วนท่อที่สวมภายในกระบอกสูบ และท่อน้ำเข้า แต่ส่วนที่เป็นตัวเสื้อสูบซึ่งหล่อขึ้นจากโลหะผสมอลูมิเนียมที่มีความหนาแน่นต่ำจะแสดงรายละเอียดของท่อน้ำภายในได้ไม่ชัดเจน

จากรูปที่ 4.26 ถึงรูปที่ 4.28 และรูปที่ 4.31 ถึงรูปที่ 4.33 พบว่าเมื่อใช้รังสีแกมมาพลังงาน 613, 468 และ 317 keV จากต้นกำเนิดรังสี Ir-192 จะได้ภาพที่มีคุณภาพดีขึ้นโดยลำดับ ตามการลดลงของพลังงานของรังสีแกมมา โดยสามารถสังเกตเห็นรายละเอียดของท่อน้ำภายในเสื้อสูบได้อย่างถูกต้องชัดเจน

เมื่อพิจารณาความเปรียบต่าง (contrast) ของความดำที่ปรากฏของส่วนที่เป็นเหล็ก กับส่วนที่เป็นโลหะผสมอลูมิเนียม ในภาพโทโมกราฟีที่ได้จากรังสีแกมมาพลังงานต่างๆ พบว่าภาพโทโมกราฟีโดยรังสีแกมมาพลังงาน 662 keV จากต้นกำเนิดรังสี Cs-137 มีความเปรียบต่างน้อยที่สุด ขณะที่เมื่อใช้รังสีแกมมาหลายพลังงาน 613, 468 และ 317 keV จากต้นกำเนิดรังสี Ir-192 จะได้ภาพที่มีความเปรียบต่างสูงขึ้นโดยลำดับ ตามการลดลงของพลังงานของรังสีแกมมา ซึ่งเป็นผลจากค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้นของเหล็ก และอลูมิเนียมมีค่าแตกต่างกันมากขึ้นตามการลดลงของพลังงานของรังสีแกมมา ซึ่งสามารถคำนวณได้โดยใช้ข้อมูลในภาคผนวก ข