บทที่ 5
สรุป วิจารณ์ผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการทดลองเพื่อที่จะศึกษาวิธีการหารอยบกพร่องภายในชิ้นงานอะลูมิเนียมตันโดยใช้เทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเตอริงสเปกโตรสโคปี โดยศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัม ซึ่งได้จากการนำคอมพ์ตันสแกตเตอริงสเปกตรัมที่กระเจิงจากชิ้นงานที่มีรอยบกพร่องภายในชิ้นงานลบออกจากคอมพ์ตันสแกตเตอริงสเปกตรัมที่กระเจิงจากชิ้นงานที่ไม่มีรอยบกพร่อง ซึ่งลักษณะของดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมที่ได้จะแสดงถึงขนาดและตำแหน่งของรอยบกพร่องภายในชิ้นงาน ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

5.1.1 ช่วงพลังงานของพีคดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมที่กระเจิงจากรอยบกพร่องภายในชิ้นงานจะอยู่ในระหว่างช่วงพลังงานของคอมพ์ตันสแกตเตอริงที่กระเจิงจากชิ้นงานอะลูมิเนียม คือ 236 - 385 keV

5.1.2 เมื่อทดลองหาดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมของรอยบกพร่องภายในชิ้นงานที่อยู่ในตำแหน่งต่างกัน ถ้ารอยบกพร่องอยู่ในแนวที่ลำรังสีผ่าน ดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมจะมีลักษณะเป็นพีคในช่วงพลังงานที่กระเจิงจากรอยบกพร่องภายในชิ้นงาน และถ้ารอยบกพร่องไม่อยู่ในแนวลำรังสีผ่าน ดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมจะมีลักษณะเป็นบวกทุกช่วงพลังงาน เมื่อรอยบกพร่องอยู่ในด้านตรงข้ามหัววัดรังสี และจะมีลักษณะพีคเป็นลบในช่วงพลังงานที่กระเจิงจากรอยบกพร่องภายในชิ้นงาน เมื่อรอยบกพร่องอยู่ในด้านใกล้หัววัดรังสี ในกรณีที่รอยบกพร่องอยู่ในแนวลำรังสี เมื่อรอยบกพร่องอยู่ห่างจากต้นกำเนิดรังสีมากขึ้น ช่วงพลังงานพีคของการกระเจิงคอมพ์ตันและความเข้มรังสีจะลดลง เนื่องจากช่วงของมุมกระเจิงจากรอยบกพร่องเข้าสู่หัววัดรังสีจะเพิ่มสูง

ขึ้นเมื่อรอยบกพร่องอยู่ห่างจากต้นกำเนิดรังสีมากขึ้น ดังสมการ 2.33 และรูปที่ 2.7 คือถ้ามุมกระเจิงสูงขึ้น ความเข้มรังสีของการกระเจิงคอมพ์ตันจะเพิ่มขึ้น ถ้านำคอมพ์ตันสแกตเตอริงสเปกตรัมที่กระเจิงจากรอยบกพร่องที่อยู่ห่างจากต้นกำเนิดรังสีมากขึ้นลบออกจากคอมพ์ตันสแกตเตอริงสเปกตรัมจากชิ้นงานที่ไม่มีรอยบกพร่องซึ่งมีความเข้มรังสีคงที่ ดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมจะมีความเข้มรังสีลดลง

5.1.2 เมื่อใช้เวลาในการวัดรังสีเพิ่มขึ้น ความเข้มรังสีของดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมจะเพิ่มขึ้นในช่วงพลังงานเดียวกันของแต่ละตำแหน่งของรอยบกพร่องภายในชิ้นงาน เนื่องจากความเข้มรังสีคอมพ์ตันสแกตเตอริงสเปกตรัมจากชิ้นงานที่ไม่มีรอยบกพร่องจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เวลาในการวัดรังสีมากขึ้น แต่ความเข้มรังสีคอมพ์ตันสแกตเตอริงในช่วงพลังงานที่มีรอยบกพร่องเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับชิ้นงานที่ไม่มีรอยบกพร่อง ทำให้ดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมมีความเข้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อใช้เวลาในการวัดรังสีมากขึ้น โดยที่อัตราการเพิ่มความเข้มรังสีดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมของรอยบกพร่องที่ตำแหน่งใกล้ต้นกำเนิดรังสีจะสูงกว่าตำแหน่งที่อยู่ไกลออกไป และอัตราการเพิ่มความเข้มรังสีของรอยบกพร่องที่อยู่ด้านใกล้หัววัดรังสีจะเป็นลบ

5.1.3 เมื่อความยาวของรอยบกพร่องลดลง ปริมาตรของรอยบกพร่องจะลดลง ทำให้พื้นที่ใต้พีคของดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมจะลดลงด้วย เนื่องจากความหนาแน่นภายในชิ้นงานเพิ่มมากขึ้นโอกาสของการเกิดการกระเจิงคอมพ์ตันจะสูงขึ้นทำให้คอมพ์ตันสแกตเตอริงสเปกตรัมที่ได้จากชิ้นงานที่มีรอยบกพร่องขนาดความยาวน้อยจะมีความเข้มรังสีสูงขึ้น ดังนั้นดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมที่ได้จากชิ้นงานที่มีความยาวน้อยกว่าจึงมีพื้นที่ใต้พีคลดลงและจากการทดลองเมื่อขนาดความยาวของรอยบกพร่องน้อยกว่า 7 เซนติเมตร ดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมจะมีลักษณะเป็นลบทุกช่วงพลังงาน เนื่องจากเมื่อความยาวของรอยบกพร่องลดลงจะทำให้เกิดการกระเจิงคอมพ์ตันจากผิวด้านข้างของรอยบกพร่องมากขึ้นและเมื่อความยาวของรอยบกพร่องลดลงมาจนมีขนาดใกล้เคียงหรือเล็กกว่าลำรังรังสีก็จะยิ่งทำให้เกิดการกระเจิงคอมพ์ตันมากยิ่งขึ้น ทำให้คอมพ์ตันสแกตเตอริงสเปกตรัมที่ได้จากชิ้นงานที่มีรอยบกพร่องที่มีขนาดความยาวสั้นมากมีความเข้มรังสีสูงกว่าคอมพ์ตันสแกตเตอริงสเปกตรัมที่ได้จากชิ้นงานที่ไม่มีรอยบกพร่องมาก ดังนั้นดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมจึงมีลักษณะเป็นลบทุกช่วงพลังงาน และเมื่อความยาวของรอยบกพร่องเป็นศูนย์ดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมควรจะเป็นศูนย์ เนื่องจากไม่มีความแตกต่างของความหนาแน่นภายใน

ชิ้นงานอะลูมิเนียม โอกาสของการเกิดการสแกตเตอริงจากชิ้นงานอ้างอิงกับชิ้นงานตัวอย่างเท่าๆกัน เมื่อนำคอมพ์ตันสแกตเตอริงสเปกตรัมมาลบกันจึงควรจะเป็นศูนย์ แต่จากการทดลองปรากฏว่าดิฟเฟอเรนเชียลเป็นลบสูงมาก ใกล้เคียงกับเมื่อความยาวของรอยบกพร่อง 1 เซนติเมตร เนื่องจากเมื่อตอกชิ้นอะลูมิเนียมให้ติดกันยังมีส่วนที่เป็นช่องว่างเป็นรูปวงแหวนที่เกิดจากการปาดเหลี่ยมส่วนปลายของชิ้นอะลูมิเนียม ซึ่งเห็นได้จากการถ่ายภาพด้วยรังสี จึงทำให้ดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมไม่เป็นศูนย์

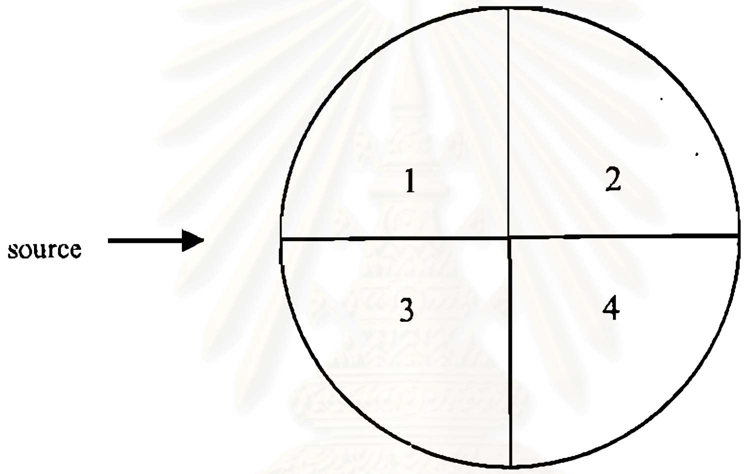
5.1.4 เมื่อใช้ชิ้นงานอะลูมิเนียมต่างชนิดกัน ผลของดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมจะมีลักษณะคล้ายกัน คือเมื่อมีรอยบกพร่องอยู่ในแนวลำรังสี ช่วงพลังงานและพื้นที่ใต้พีคของดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมจะลดลงตามระยะห่างของรอยบกพร่องจากขอบชิ้นงานด้านใกล้ต้นกำเนิดรังสี และเมื่ออยู่ในตำแหน่งใกล้หัววัดรังสี ดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมจะเกิดพีคเป็นลบในช่วงพลังงานที่กระเจิงจากรอยบกพร่อง

5.1.5 เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรอยบกพร่องภายในชิ้นงานมีขนาดเล็กลง พื้นที่ใต้พีคของดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมก็จะลดลงตามลำดับ เนื่องจากเมื่อรอยบกพร่องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมีขนาดเล็กลง ความหนาแน่นภายในชิ้นงานจะสูงขึ้น โอกาสของการเกิดการกระเจิงคอมพ์ตันจะมากขึ้นด้วย ทำให้คอมพ์ตันสแกตเตอริงสเปกตรัมของชิ้นงานที่มีรอยบกพร่องขนาดเล็กมีความเข้มรังสีสูงกว่า ดิฟเฟอเรนเชียลจึงมีความเข้มรังสีลดน้อยลง และจากการทดลองขนาดของรอยบกพร่องที่เล็กที่สุดที่สามารถวัดได้ประมาณ 0.4 เซนติเมตร

5.2 วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการทดลองที่ผ่านมา เราสามารถที่จะนำเอาเทคนิคนี้ไปใช้ในการวิเคราะห์รอยบกพร่องภายในชิ้นงานอะลูมิเนียมได้ โดยการหาดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมจากชิ้นงานที่รู้ขนาดและตำแหน่งของรอยบกพร่องภายในชิ้นงาน โดยจัดระบบวัดรังสีให้หัววัดรังสีทำมุม 90° กับแนวลำรังสี แล้วนำมาสร้างกราฟปรับเทียบความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของรอยบกพร่องกับพลังงานที่มีความเข้มรังสีสูงสุดของพีค ตำแหน่งของรอยบกพร่องกับพื้นที่ใต้พีคและขนาดของรอยบกพร่องกับพื้นที่ใต้พีค เมื่อนำชิ้นงานอะลูมิเนียมตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์หารอยบกพร่องที่

มีลักษณะและขนาดเดียวกับชิ้นงานที่นำมาสร้างกราฟปรับเทียบ มาหาดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัม โดยใช้เวลาในการวัดรังสีและจัดระบบวัดรังสีเหมือนกับตอนสร้างกราฟปรับเทียบ เราสามารถวิเคราะห์หาตำแหน่งของรอยบกพร่องวิเคราะห์ได้จากลักษณะของดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัม ถ้าเราแบ่งชิ้นงานอะลูมิเนียมออกเป็น 4 ส่วน ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แสดงส่วนต่างๆ ของชิ้นงานอะลูมิเนียม

เมื่อดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมมีลักษณะมีพีคเป็นบวก แสดงว่ามีรอยบกพร่องอยู่ในแนวลำรังสี ตำแหน่งของรอยบกพร่องหาได้จากกราฟปรับเทียบที่ได้ทำไว้ ถ้ารอยบกพร่องอยู่ตรงจุดศูนย์กลางชิ้นงาน ความเข้มรังสีสูงสุดของพีคจะประมาณอยู่ที่พลังงานที่เกิดจากการกระเจิงคอมพ์ตันที่มุม 90° คือ 288 keV และจะมีพลังงานสูงกว่า 288 keV เมื่อรอยบกพร่องอยู่ในแนวแบ่งระหว่าง 1 กับ 3 จะมีพลังงานต่ำกว่า 288 keV เมื่อรอยบกพร่องอยู่ในแนวแบ่งระหว่าง 2 กับ 4

เมื่อรอยบกพร่องอยู่ในด้านตรงข้ามหัววัดรังสี คือส่วนที่ 1 และ 2 ลักษณะดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมจะเป็นบวกทุกช่วงพลังงาน ถ้ารอยบกพร่องอยู่ในแนวแบ่ง

ระหว่าง 1 กับ 2 ความเข้มรังสีสูงสุดจะมีพลังงานประมาณ 288 keV และจะมีพลังงานสูงกว่า 288 keV เมื่อรอยบกพร่องอยู่ในส่วนที่ 1 จะมีพลังงานต่ำกว่า 288 keV เมื่อรอยบกพร่องอยู่ในส่วนที่ 2 เมื่อรอยบกพร่องอยู่ในด้านใกล้ต้นหัววัดรังสี คือส่วนที่ 3 และ 4 ดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมจะมีลักษณะมีพีคเป็นลบในช่วงพลังงานที่กระเจิงจากรอยบกพร่อง ถ้ารอยบกพร่องอยู่ระหว่างแนวแบ่งระหว่าง 3 กับ 4 ความเข้มรังสีสูงสุดของพีคจะมีพลังงานประมาณ 288 keV และจะมีพลังงานสูงกว่า 288 keV เมื่อรอยบกพร่องอยู่ในส่วนที่ 3 จะมีพลังงานต่ำกว่า 288 keV เมื่อรอยบกพร่องอยู่ในส่วนที่ 4

สำหรับขนาดของรอยบกพร่องพิจารณาได้จากกราฟปรับเทียบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของรอยบกพร่องกับพื้นที่ใต้พีคของดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัม ถ้าพื้นที่ใต้พีคของดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมจากชิ้นงานตัวอย่างมีค่าสูงกว่าในกราฟปรับเทียบที่หาไว้ในตำแหน่งเดียวกันของรอยบกพร่อง แสดงว่ารอยบกพร่องภายในชิ้นงานตัวอย่างมีขนาดใหญ่กว่ารอยบกพร่องภายในชิ้นงานที่นำมาสร้างกราฟปรับเทียบ และถ้าพื้นที่ใต้พีคของดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมจากชิ้นงานตัวอย่างมีค่าน้อยกว่าแสดงว่าขนาดของรอยบกพร่องมีขนาดเล็กกว่า

5.3 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากในการวิจัยเพื่อที่จะหารอยบกพร่องภายในชิ้นงานอะลูมิเนียมโดยใช้เทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเตอริงสเปกโตรสโคปีนี้ ยังมีขีดจำกัดของการทดลองอยู่บ้าง ดังนั้นเพื่อที่จะหารอยบกพร่องภายในชิ้นงานโดยใช้เทคนิคนี้ได้ถูกต้อง แม่นยำ และรวดเร็วยิ่งขึ้น เราอาจทำการปรับปรุงได้ดังนี้

5.3.1 ใช้ต้นกำเนิดรังสีที่มีความแรงรังสีสูงขึ้น เนื่องจากเมื่อต้นกำเนิดรังสีที่มีความแรงรังสีสูงขึ้น โอกาสของการเกิดการกระเจิงคอมพ์ตันจะมากขึ้น ความเข้มรังสีของคอมพ์ตันสแกตเตอริงสเปกตรัมจะสูงขึ้นด้วย ทำให้ดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมของรอยบกพร่องมี ความเข้มรังสีสูงขึ้นเมื่อใช้เวลาในการวัดรังสีเท่ากัน

5.3.2 ใช้ต้นกำเนิดรังสีที่มีพลังงานสูงขึ้น เพราะเมื่อพลังงานของรังสีแกมมามีพลังงานสูงขึ้นโอกาสของการเกิดการกระเจิงคอมพ์ตันสูงขึ้น ความเข้มรังสีของคอมพ์ตันสแกตเตอริงสเปกตรัมจะสูงขึ้นด้วย ทำให้ดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมของรอยบกพร่องมีความเข้มรังสีสูงขึ้นด้วย

5.3.3 ใช้เวลาในการวัดรังสีให้มากขึ้น เพราะจะทำให้การกระเจิงคอมพ์ตันเกิดได้มากขึ้น ความเข้มรังสีของคอมพ์ตันสแกตเตอริงจะสูงขึ้น ทำให้ดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมของรอยบกพร่องมีความเข้มรงสีสูงขึ้นด้วย

5.3.4 เปลี่ยนมุมที่ใช้ในการวัดรังสีที่เกิดจากการกระเจิงคอมพ์ตัน เนื่องจากการกระเจิงคอมพ์ตันที่เกิดจากต้นกำเนิดรังสี Cs-137 ที่พลังงาน 662 keV ซึ่งค่อนข้างสูง การกระเจิงส่วนใหญ่จะเป็นการกระเจิงไปข้างหน้า (forward scattering) ดังนั้นถ้าเลือกใช้มุมในการวัดรังสีให้น้อยกว่า 90° จะทำให้รังสีที่เกิดจากการกระเจิงคอมพ์ตันเข้าสู่หัววัดรังสีได้มากขึ้น คอมพ์ตันสแกตเตอริงมีความเข้มรังสีสูงขึ้น ทำให้ดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมมีความเข้มรังสีสูงขึ้นด้วย

5.3.5 ใช้หัววัดรังสีที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพราะจะทำให้ตรวจวัดรังสีที่เกิดจากการกระเจิงคอมพ์ตันแล้วเข้าสู่หัววัดรังสีได้มากขึ้น

5.3.6 ใช้หัววัดรังสีมากกว่า 1 หัววัด เพื่อที่จะทดสอบยืนยันผลที่ได้จากหัววัดหัวอื่น หรือหารอยบกพร่องในกรณีที่อาจจะมีรอยบกพร่องมากกว่า 1 แห่ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย