บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการพัฒนาระบบสแกนเพื่อการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี โดยใช้รังสีแกมมาหลายพลังงานดังที่อธิบายในแต่ละส่วนมาแล้วนั้น ปรากฏผลการทดสอบซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1.1 ผลจากการทดสอบเก็บข้อมูลโดยระบบวัดรังสีแกมมาหลายพลังงาน

จากการทดสอบเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขของการวัดรังสีที่มีผลต่อความแปรปรวนของข้อมูล พบว่าอัตราขยายสัญญาณที่ภาคขยายสัญญาณที่สูงจะทำให้ข้อมูลที่ได้มีความแปรปรวนสูงไปด้วย ส่วนการเพิ่มเวลาที่ใช้ในการวัดรังสีจะทำให้ข้อมูลที่ได้มีความแปรปรวนลดลง ดังนั้นการเก็บข้อมูลสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีโดยใช้รังสีแกมมาพลังงานเดียว จึงตั้งค่าอัตราขยายสัญญาณที่ภาคขยายสัญญาณไว้ที่ค่าต่ำสุดคือ 2 x 2.5 ส่วนเวลาในการวัดรังสีของแต่ละเรย์ซัมในงานวิจัยนี้เลือกใช้ที่ 5 วินาที ทำให้ข้อมูลมีค่าความผิดพลาดร้อยละ 1.96 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ส่วนการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีโดยใช้รังสีแกมมาหลายพลังงานนั้นมีข้อจำกัดที่ต้องแยกข้อมูลของแต่ละพลังงานออกจากกันให้ได้ จึงต้องใช้ค่าอัตราขยายสัญญาณที่สูงขึ้นคือ 4 x 3 ซึ่งจะทำให้ข้อมูลมีค่าความผิดพลาดสูงขึ้น แต่ก็ไม่มากนัก

5.1.2 จำนวนโพรไฟล์ และระยะห่างระหว่างเรย์ซัมที่มีผลต่อภาพโทโมกราฟี

จากภาพโทโมกราฟีที่ได้แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มจำนวนจำนวนโพรไฟล์ย่อมส่งผลให้ภาพที่ได้มีรายละเอียดดีกว่า และมีริ้วรอย (artifacts) บนภาพน้อยลง แต่ย่อมจะต้องใช้เวลาในการเก็บข้อมูลที่นานขึ้น ซึ่งการเพิ่มจำนวนโพรไฟล์จาก 9 โพรไฟล์เป็น 18 โพรไฟล์ และ 36 โพรไฟล์ตามลำดับนั้น ภาพโทโมกราฟีที่ได้แตกต่างอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นการทดสอบเก็บข้อมูลสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีในงานวิจัยนี้จึงเลือกทำการเก็บข้อมูลครั้งละ 36 โพรไฟล์

และภาพโทโมกราฟีที่ได้ยังแสดงให้เห็นว่าการลดระยะห่างระหว่างเรย์ซัมลงส่งผลโดยตรงกับเกรนของภาพที่ได้ซึ่งจะละเอียดขึ้น แต่ย่อมจะต้องใช้เวลาในการเก็บข้อมูลที่นานขึ้น ซึ่งการลดระยะห่างระหว่างเรย์ซัมจาก 3 มิลลิเมตรเป็น 2 มิลลิเมตรนั้นจะทำให้ใช้เวลาในการเก็บข้อมูลเพิ่มขึ้นร้อยละ 50 แต่ความละเอียดของภาพจะเพิ่มขึ้นจาก 11.1 จุดต่อตารางเซนติเมตร เป็น

25 จุดต่อตารางเซนติเมตร ดังนั้นจึงควรลดระยะห่างระหว่างเรย์ซัมให้มีค่าน้อยที่สุด แต่มีข้อจำกัดอยู่ที่ขนาดของลำรังสีที่ใช้ ซึ่งตามทฤษฎีแล้วระยะห่างระหว่างเรย์ซัมที่น้อยที่สุดคือ ระยะเท่ากับขนาดของลำรังสี เพื่อให้การทะลุผ่านของรังสีไม่เกิดแนวซ้อนเหลื่อมกัน ข้อมูลแต่ละเรย์ซัมจึงจะเป็นอิสระจากกัน ซึ่งในงานวิจัยนี้ลำรังสีมีขนาด 3 มิลลิเมตร แต่ในทางปฏิบัติเนื่องจากการจัดแนวลำรังสีจากต้นกำเนิดรังสีถึงหัววัดรังสีให้ตรงพอดีทำได้ค่อนข้างยากมาก เนื่องจากช่องของอุปกรณ์บังคับลำรังสีที่มีขนาดเล็ก และวางอยู่ห่างกัน จึงมักมีการเหลื่อมกันทำให้ลำรังสีมีขนาดเล็กลงไปจากขนาดที่ควรจะเป็น ดังนั้นจึงเลือกระยะห่างระหว่างเรย์ซัมเป็น 2 มิลลิเมตร

5.1.3 ผลการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีโดยใช้รังสีแกมมาพลังงานหลายพลังงานจากอิริเดียม 192 เปรียบเทียบกับการใช้รังสีแกมมาพลังงานเดียวจากซีเซียม-137

จากภาพโทโมกราฟีที่ได้แสดงให้เห็นว่าการใช้ต้นกำเนิดรังสีแกมมาพลังงานเดียวจากซีเซียม-137 ทำให้ได้ภาพโทโมกราฟีที่มีรายละเอียดที่ขึ้นกับความหนาแน่นของวัตถุ และพลังงานของรังสีแกมมา กล่าวคือ ภาพโทโมกราฟีชิ้นงานที่ 2 ได้แสดงให้เห็นรายละเอียดดีแต่เฉพาะวัตถุที่มีความหนาแน่นสูง เช่น เหล็ก ทองเหลือง และวัตถุที่ทำเป็นขอบเขต (boundary) เท่านั้น เพราะเมื่อพิจารณาถึงระดับพลังงานที่สูงขึ้นกับชนิดวัตถุที่มีความหนาแน่นที่พอเหมาะ จะทำให้สามารถสังเกตภาพได้ ส่วนวัตถุที่มีความหนาแน่นต่ำ เช่น อลูมิเนียม และพลาสติก ยังปรากฏรายละเอียดไม่ชัดเพียงพอที่จะระบุขนาด และรูปทรงของวัตถุ ส่วนผลจากภาพโทโมกราฟีชิ้นงานที่ 3 และ 4 ได้แสดงความสามารถในการแยกแท่งเหล็กกลม และแผ่นอลูมิเนียมที่มีขนาดตั้งแต่ 4 มิลลิเมตรขึ้นไป ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดของขนาดลำรังสีที่ใช้ ซึ่งสามารถจะประมาณได้ว่ามีขนาดลำรังสีจริงเท่ากับครึ่งหนึ่งของค่ารีโซลูชันคือ 2 มิลลิเมตร

ส่วนภาพโทโมกราฟีที่ได้จากรังสีแกมมาหลายพลังงานแสดงให้เห็นว่าการใช้ต้นกำเนิดรังสีแกมมาหลายพลังงาน เช่นจากอิริเดียม-192 จะทำให้ได้ภาพโทโมกราฟีที่มีรายละเอียดดีกว่าการใช้ต้นกำเนิดรังสีแกมมาพลังงานเดียว เนื่องจากสามารถเลือกพลังงานของรังสีแกมมาที่เหมาะสมกับชิ้นงานได้ เช่น ภาพชิ้นงานที่ 2 โดยรังสีแกมมาพลังงาน 317 keV ได้แสดงให้เห็นรายละเอียดที่พอสังเกตได้ในส่วนที่เป็นวัตถุที่มีความหนาแน่นสูง เช่น เหล็ก ทองเหลือง ส่วนวัตถุที่มีความหนาแน่นต่ำ เช่น อลูมิเนียม และพลาสติก ปรากฏว่าสามารถให้รายละเอียดที่ชัดเจน โดยมีความถูกต้องทั้งขนาด และรูปทรงของวัตถุ ในขณะที่ภาพจากพลังงานที่สูงขึ้นจะเห็นรายละเอียดได้ดีที่ความหนาแน่นสูง แต่จะสูญเสียรายละเอียดในส่วนวัตถุที่มีความหนาแน่นต่ำ ส่วนผลจากภาพโทโมกราฟีชิ้นงานที่ 3 และ 4 ยังคงแสดงความสามารถในการแยกแท่งเหล็กกลม และแผ่นอลูมิเนียมที่มีขนาดตั้งแต่ 4 มิลลิเมตรขึ้นไป ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดของขนาดลำรังสีที่ใช้

5.1.4 ผลการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีชิ้นงานอุตสาหกรรม

ภาพโทโมกราฟีที่ได้แสดงให้เห็นว่าการสแกนเพื่อการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีโดยใช้รังสีแกมมาหลายพลังงานนั้น สามารถนำไปใช้ในการตรวจสอบความบกพร่องของชิ้นส่วนอุตสาหกรรมได้ เพราะสามารถแสดงรายละเอียดของชิ้นงานที่ซับซ้อน และประกอบด้วยวัตถุทั้งที่มีความหนาแน่นสูง และต่ำ ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งการใช้รังสีแกมมาหลายพลังงานจะทำให้สามารถเลือกใช้รังสีแกมมาที่พลังงานเหมาะสมกับชิ้นส่วนอุตสาหกรรมที่มีความหลากหลาย ทั้งในแง่ของวัตถุที่ประกอบขึ้น ขนาด และรูปทรง การเลือกใช้รังสีแกมมาควรเลือกใช้พลังงานที่ต่ำที่สุด โดยจะต้องสามารถวัดความเข้มรังสีที่ผ่านจุดที่มีค่าลดทอนรังสีสูงที่สุดของชิ้นงานได้ ซึ่งจะทำให้ได้ภาพโทโมกราฟีที่แสดงรายละเอียดได้ดีที่สุด ทั้งยังจะมีความเปรียบต่างสูงที่สุดด้วย เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้นของวัตถุที่มีความหนาแน่นสูง และวัตถุที่มีความหนาแน่นต่ำ จะมีค่าแตกต่างกันมากขึ้นตามการลดลงของพลังงานของรังสีแกมมา

5.1 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากระบบสแกนเพื่อการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี โดยใช้รังสีแกมมาหลายพลังงานที่ได้พัฒนาขึ้นมานี้ยังมีขีดจำกัดในการใช้งานอยู่บ้าง ซึ่งหากสามารถปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และแก้ไขในจุดบกพร่องต่างๆ ก็จะทำให้ระบบมีความสมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งจุดที่ควรมีการปรับปรุงได้แก่

5.2.1 ควรปรับปรุงส่วนบังคับลำรังสีให้สามารถบังคับขนาดลำรังสีให้มีขนาดเล็กลง เนื่องจากหากสามารถทำให้ลำรังสีลดขนาดลงเป็น 2 มิลลิเมตร ก็จะทำให้สามารถสร้างภาพโทโมกราฟีโดยใช้ระยะห่างระหว่างเรย์ซัมเป็น 1 มิลลิเมตร ซึ่งจะทำให้ภาพโทโมกราฟีที่ได้มีความละเอียดของภาพเพิ่มขึ้นเป็น 100 จุดต่อตารางเซนติเมตร ทั้งนี้ไม่จำเป็นต้องทำการปรับปรุงในส่วนของระบบขับเคลื่อน และโปรแกรมควบคุมการเก็บข้อมูลแต่อย่างใด

5.2.2 ควรศึกษาการนำแผ่นวงจรเครื่องวิเคราะแบบหลายช่อง (MCA card) มาทำหน้าที่วิเคราะห์แทนเครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่อง เพราะการติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์จากภายนอกทำให้การส่งข้อมูลเป็นไปอย่างล่าช้า กล่าวคือในการส่งข้อมูลออกแต่ละครั้งเครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่องจะใช้เวลาประมาณ 2-5 วินาที จึงแล้วเสร็จ พร้อมที่จะสามารถทำการนับครั้งต่อไปได้ ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ได้สั่งการระบบขับเคลื่อนไปยังเรย์ซัมต่อไปก่อนแล้ว

5.2.3 ควรปรับปรุงเพิ่มเติมระบบขับเคลื่อนในแนวดิ่ง เพื่อปรับปรุงให้ระบบสามารถเก็บข้อมูลเพื่อการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีแบบ 3 มิติได้ เช่น อาจนำระบบไฮโดรลิกส์ หรือระบบนิวเมติก มาใช้ยกชิ้นงานตัวอย่าง เมื่อต้องการเก็บข้อมูลในระนาบถัดไป

5.2.4 ควรปรับปรุงระบบสแกนให้เป็นระบบสแกนแบบลำรังสีรูปพัด และเปลี่ยนมาใช้หัววัดรังสีแบบ linear detector array ซึ่งจะทำให้ลดเวลาในการเก็บข้อมูลลงได้มาก เนื่องจากการสแกนในระบบรังสีลำเคบใช้เวลาในการเก็บข้อมูลนานถึง 8 ชั่วโมง สำหรับการเก็บข้อมูลจำนวน 36 โพรไฟล์เพื่อการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีของวัตถุขนาด 20 เซนติเมตร โดยตั้งเวลานับในแต่ละเรย์ซัม 5 วินาที

5.2.5 ควรศึกษาถึงวิธีการนำภาพที่ได้จากรังสีแกมมาแต่ละพลังงาน มาแสดงร่วมเป็นภาพเดียวกัน เพื่อให้ได้ภาพโทโมกราฟีที่แสดงรายละเอียดได้ครบถ้วน ทั้งในส่วนที่มีความหนาแน่นสูงจากภาพที่ได้จากรังสีแกมมาพลังงานสูง และส่วนที่มีความหนาแน่นต่ำจากรังสีแกมมาพลังงานต่ำ