บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ในอดีต อากาศยานมีความเร็วต่ำมาก โครงสร้างอากาศยานส่วนใหญ่ใช้โครงไม้บุด้วยผ้า การซ่อมบำรุงเมื่อเกิดการชำรุดก็อาศัยเพียงผีมือช่างและงานซ่อมส่วนที่เป็นโลหะอีกเล็กน้อยเท่าที่จำเป็น ต่อมาได้มีการพัฒนาอากาศยานเป็นลำดับปัจจุบันนี้อากาศยานมีความเร็วสูงขึ้นเครื่องยนต์ก็ได้พัฒนาให้มีกำลังมากขึ้นกว่าเดิม การสร้างอากาศยานจึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้ชิ้นส่วนที่แข็งแรงและให้ความปลอดภัยมากขึ้นด้วยเช่นกัน ยกตัวอย่าง เช่น โครงสร้างอากาศยานได้หันมาใช้วัสดุที่เป็นโลหะ และ วัสดุประกอบ (composite material) มากขึ้น โดยแทนที่จะหล่อขึ้นรูปทรงตันก็หันมาใช้เป็นชิ้นเล็ก ๆ มาประกอบยึดติดกันเป็นยูนิตหลาย ๆ ยูนิต เพื่อให้น้ำหนักเบาขึ้น แต่ละยูนิตจะรับแรงส่งทอดติดต่อถึงกัน มากน้อยสุดแล้วแต่ลักษณะโครงสร้างและความมุ่งหมายเฉพาะอย่าง ดังนั้นการตรวจซ่อมชิ้นส่วนอากาศยานย่อมอาศัยวิธีการตรวจที่ให้รายละเอียดได้เพียงพอ เพื่อให้สามารถทำการซ่อมชิ้นส่วนที่ชำรุดได้แข็งแรงเท่าเดิมหรือมากกว่าและมีความปลอดภัยในการใช้งานมากขึ้น โดยที่น้ำหนักและรูปร่างของชิ้นโครงสร้างจะต้องไม่เปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

การตรวจหาความชำรุดที่เกิดขึ้นภายในของชิ้นส่วนอากาศยาน นอกจากเพื่อให้สามารถทำการซ่อมให้กลับคืนสู่สภาพดีเช่นเดิมแล้ว สิ่งที่สำคัญไปกว่านั้นก็คือตีความหมายจากการชำรุดเพื่อหาสาเหตุและกำหนดการป้องกันไม่ให้เกิดการชำรุดลักษณะเดียวกันได้อีก จึงจำเป็นที่จะต้องมีวิธีการตรวจชิ้นส่วนอากาศยานที่สามารถตรวจหาความชำรุด หรือข้อบกพร่องกับชิ้นส่วนที่ทำจากวัสดุต่าง ๆ กันได้ เพื่อให้ประหยัดทั้งงบประมาณ เวลา และความปลอดภัยต่อชีวิตซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสูงสุด

การตรวจหาความชำรุดจากภาพถ่ายด้วยรังสี เป็นวิธีที่ดีที่สุดอย่างหนึ่งของการตรวจชิ้นส่วนอากาศยานเพราะสามารถตรวจได้โดยที่ไม่ต้องถอดชิ้นส่วนอื่นออกก่อน สามารถถ่ายภาพได้คราวละมาก ๆ และฟิล์มที่ถ่ายสามารถใช้เป็นหลักฐานและใช้ศึกษาในโอกาสต่อไปได้ การ

ถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์และรังสีแกมมาเป็นเทคนิคการตรวจสอบโดยไม่ทำลาย (nondestructive testing:NDT) ที่ใช้งานกันแพร่หลายมานาน สำหรับในประเทศส่วนใหญ่ถูกใช้ในการตรวจสอบวัสดุอุตสาหกรรม และวัสดุก่อสร้าง เช่น เหล็กหล่อ รอยเชื่อม อุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์ และนอกจากนี้ยังมีความสำคัญในการตรวจสอบวัสดุต่าง ๆ ของอากาศยานกองทัพ และสายการบินพาณิชย์อีกด้วย เทคนิคการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์และรังสีแกมมาใช้ได้ดีกับวัสดุที่เป็นโลหะแต่วัสดุที่มีส่วนประกอบเป็นธาตุเบา (เลขอะตอมต่ำ) เช่น ไฮโดรเจน คาร์บอน ออกซิเจน ไนโตรเจน โบรอน เป็นต้น ไม่สามารถให้ภาพที่มีรายละเอียดได้ชัดเจนดีพอหรือไม่ดีเลย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ธาตุเบาถูกห่อหุ้มด้วยธาตุหนัก ในกรณีเช่นนี้การถ่ายภาพด้วยนิวตรอนอาจให้ภาพที่มีรายละเอียดได้ดีกว่า เพราะนิวตรอนมีปฏิกริยาที่แตกต่างกับรังสีเอกซ์และรังสีแกมมา เนื่องจากสัมประสิทธิ์การทะลุผ่านของรังสีเอกซ์มีค่าเพิ่มขึ้นตามเลขอะตอม ในขณะที่ของนิวตรอนเป็นค่าเฉพาะสำหรับแต่ละไอโซโทปไม่ขึ้นอยู่กับเลขอะตอม โดยเฉพาะธาตุบางธาตุ เช่น ไฮโดรเจน โบรอน ลิเทียม แคดเมียม แกโดลิเนียม ยูโรเนียม และ ดิสโพรเซียม มีค่าสัมประสิทธิ์การทะลุผ่านสูงมาก

เทคนิคการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนยังไม่มีการใช้งานในการตรวจสอบวัสดุในประเทศไทย แต่ในต่างประเทศเป็นเทคนิคที่มีความสำคัญในการตรวจสอบวัสดุชนิดต่าง ๆ เช่น ชิ้นส่วนอากาศยาน จรวด วัตถุระเบิด เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ ยาง พลาสติก โพลิเมอร์ เป็นต้น การวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาและทดลองใช้เทคนิคต่าง ๆ ของการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนทำการตรวจสอบชิ้นส่วนบางชนิดของอากาศยานแล้วนำมาเปรียบเทียบกับการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ เพื่อเป็นข้อมูลแสดงให้เห็นถึงคุณภาพและประสิทธิภาพของการภาพถ่ายแต่ละชนิด สำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมในโอกาสต่อไป

วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเทคนิคการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนแบบต่าง ๆ
2. เพื่อศึกษาและออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในงานการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน
3. เพื่อทดลองถ่ายภาพชิ้นส่วนอากาศยานด้วยนิวตรอน แล้วนำภาพถ่ายมาเปรียบ

เทียบกับการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน และรังสีเอกซ์

2. ออกแบบและสร้างท่อบังคับลำนิวตรอน (neutron collimator) สำหรับใช้ในการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน

3. จัดเตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือ และ ชิ้นส่วนอากาศยานสำหรับการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน

4. ถ่ายภาพชิ้นส่วนอากาศยานด้วยรังสีเอกซ์

5. ถ่ายภาพชิ้นส่วนอากาศยานด้วยนิวตรอนโดยใช้วิธีต่าง ๆ กัน

6. คัดเลือกภาพถ่ายที่สมบูรณ์ที่ได้จากการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน นำไปเปรียบเทียบกับภาพถ่ายที่ได้จากการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์

7. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

การสำรวจการวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ประสม สุขสว่าง (2523) ได้ศึกษาวิธีการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยใช้ฉากเปลี่ยนนิวตรอนแกโดลิเนียม (gadolinium,Gd) และใช้นิวตรอนจากเครื่องปรมาณูวิจัย สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ซึ่งมีความเข้มของเทอร์มัลนิวตรอน 2.91×10^{6} นิวตรอนต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที ทำการถ่ายภาพโดยวิธีตรงกับดินส่งกระสุนที่บรรจุอยู่ในลูกปืน ฉากเปลี่ยนนิวตรอนแกโดลิเนียมที่ใช้หนา 0.001 นิ้ว ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 100-150 วินาที ผลการทดสอบสามารถเห็นดินส่งกระสุนได้เป็นอย่างดี และทำการถ่ายภาพโดยวิธีถ่ายทอดกับสารรังสีอิริเดียม-192 ซึ่งใช้ฉากเปลี่ยนนิวตรอนอินเดียม หนา 0.01 นิ้ว ผลการทดสอบสามารถเห็นรายละเอียดโครงสร้างภายในของสารรังสีอิริเดียม-192 ได้เป็นอย่างดีเช่นกัน

ยุทธพงศ์ บุษมงคล (2524) ได้ทดลองถ่ายภาพด้วยนิวตรอนจากเครื่องปรมาณูวิจัย โดยใช้ฟิล์มเซลลูโลสไนเตรท ชิ้นงานที่ตรวจสอบคือ ไฟแช็ค ลูกปืน และไอซี (integreted circuit) ผลของการถ่ายภาพสามารถเห็นรายละเอียดได้ดีเพียงบางส่วน ความคมชัดของภาพ และ คอนทรัสต์ (contrast) มีค่าต่ำ ซึ่งอาจจะเป็นเพราะความเข้มของนิวตรอน อุปกรณ์บังคับลำนิวตรอน และเวลาในการถายภาพยังไม่มีความสัมพันธ์กันดีพอ จึงทำให้ผลของการถ่ายภาพยังไม่สมบูรณ์ และนอกจากนี้ยังไม่มีการพัฒนาวิธีดูภาพถ่ายให้สะดวกต่อการอ่านผลอีกด้วย

นิวัฒน์ ตะโพนทอง (2431) ได้ทดลองวิธีการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน โดยใช้เทคนิคแทร์ก-เอทช์ โดยใช้ท่อขนาด 8 นิ้ว เป็นตัวบังคับลำนิวตรอนจากเครื่องปรมาณูวิจัยความเข้มของนิวตรอน ประมาณ 7 X 10^6 นิวตรอนต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที ชิ้นงานที่ตรวจสอบคือ แคดเมียม โพลีเอทธิลีน และ อิริเดียม-192 ฟิล์มที่ใช้ ได้แก่ โกดัก CN85 แบบ B และ โกดัก AA-5 ใช้ลิเทียมเตตราบอเรต และแผ่นตะกั่วเป็นฉาก เวลาในการถ่ายภาพ 60-150 นาที และใช้เวลาในการกัดขยายรอยอนุภาคบนแผ่นภาพโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 10 ที่อุณหภูมิ 60°C นาน 15 นาที ผลปรากฏว่าภาพถ่ายที่ได้มีความคมชัดอยู่ในเกณฑ์ดีและสามารถตรวจสอบโครงสร้างของ อิริเดียม-192 ได้ดีมาก

G.Matsumoto, K.Ohkubo และ Y.Ikeda (ค.ศ.1984) ภาควิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยนาโกยา ประเทศญี่ปุ่น ได้ผลิตฉากเปลี่ยนนิวตรอนโดยใช้โบรอนไนไตรด์ (BN) เป็นสารดูดกลืนนิวตรอนแล้วปล่อยรังสีแอลฟาออกมา และใช้ชิงค์ซัลไฟด์เงิน ZnS(Ag) เป็นสารเรืองแสงสำหรับใช้ในงานถ่ายภาพด้วยเทอร์มัลนิวตรอน โดยใช้แหล่งกำเนิดรังสีจากเครื่องเร่งอนุภาคและเตาปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ซึ่งให้นิวตรอนฟลักซ์เท่ากับ $1x10^5$ ถึง $1x10^6$ นิวตรอนต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ การหาสัดส่วนโดยน้ำหนักที่เหมาะสมระหว่างสารที่จะนำมาทำฉากเปลี่ยนนิวตรอน ได้แก่ BN ZnS(Ag) และ โพลีเอทธิลีน แล้วนำมาทดสอบคุณภาพของฉากเปลี่ยนนิวตรอนแต่ละแผ่น โดยนำไปถ่ายภาพกับฟิล์มรังสีเอกซ์ หนา 0.8 มิลลิเมตร แล้วทำการเปรียบเทียบรายละเอียดของภาพถ่ายที่ได้ โดยใช้การประเมินค่า จากการทดลองได้ผล ดังนี้

- สัดส่วนโดยน้ำหนักที่เหมาะสมสำหรับผลิตฉากเปลี่ยนนิวตรอน BN/ZnS(Ag)

เท่ากับ 1.5 และปริมาณของโพลีเอทธิลีนต้องมากกว่า 10 % ของน้ำหนักทั้งหมด

- ความไวของฉากเปลี่ยนนิวตรอน BN/ZnS(Ag) ต่ำกว่าฉากเปลี่ยนนิวตรอน NE 426เล็กน้อย

- ฉากเปลี่ยนปี่ยนนิวตรอน BN/ZnS(Ag) ให้รายละเอียดได้ดีกว่าฉากเปลี่ยนนิวตรอน NE 426

- คุณภาพของภาพถ่ายจากที่ได้จากฉากเปลี่ยนนิวตรอน BN/ZnS(Ag) ดีกว่าฉากเปลี่ยนนิวตรอน NE 426

Y.Suzuki, N.Miura, E.Hiraoka, M.Fujishiro, S.Okuda, R. Taniguchi, S.Tazama, K.Yoneda, K.Okamoto และK.Katsurayama (ค.ศ.1990) ได้ทำการทดลองเพื่อพัฒนาฉากเปลี่ยนนิวตรอน 2 ชนิด คือ ^{6}LiF/ZnS:Ag และ Gd_2O_3/ZnS:Ag โดยทำการผสมสารดังกล่าวในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน จำนวน 50 ตัวอย่าง แล้วนำมาทดสอบคุณภาพกับฟิล์มเซลลูโลสอะซิเตดหนา 5 ไมครอน แหล่งกำเนิดนิวตรอนที่ใช้ คือ เตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์และเครื่องเร่งอนุภาค ผลการทดลองพบว่า ฉากเปลี่ยนนิวตรอน ชนิด ^{6}LiF/ZnS:Ag ที่ผลิตขึ้นมาเป็นฉากที่มีความไวสูงกว่าฉากเปลี่ยนนิวตรอน Gd_2O_3/ZnS:Ag จำนวน 50 เท่า และมีความไวสูงกว่าฉากโลหะแกโดลิเนียม 100 เท่า และพบว่าความคมชัดของภาพที่ได้จากฉาก ^{6}LiF/ZnS:Ag จะเพิ่มขึ้นจนถึง 90 % ของความคมชัดที่ได้จากฉากโลหะแกโดลิเนียม ดังนั้นฉากชนิดนี้จึงมีความไวสูงกว่า และให้คุณภาพของภาพถ่ายได้ดีกว่าฉาก NE 426

<u>ประโยชน์ที่จะได้จากการวิจัยเรื่องนี้</u>

1. เป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนานำเทคนิคการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน ไปใช้กับงานตรวจสอบอากาศยานในประเทศ

2. เพื่อใช้ตรวจสอบคุณภาพของวัสดุบางชนิด ซึ่งไม่สามารถให้รายละเอียดได้ดีพอเมื่อใช้วิธีการตรวจสอบจากภาพถ่ายด้วยรังสีเอกซ์และรังสีแกมมา เช่น วัสดุที่มีธาตุเบาประ

กอบอยู่ด้วย และวัสดุที่เป็นธาตุเบาที่ถูกห่อหุ้มด้วยธาตุหนัก เป็นต้น

3. เพื่อพัฒนาความรู้และเทคนิคการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนให้มีโอกาสนำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมอื่นได้ต่อไป

<u>วิวัฒนาการของการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน</u>

เบคเคอเรล (Becquerel) (2434) ได้ค้นพบกัมมันตภาพรังสี และต่อมาในปี พ.ศ.2436 ปิแอร์ และแมรี คูรี (Pierre and Marie Curie) ก็สามารถแยกเอาเรเดียม และพอโลเนียม ออกมาได้จากแร่พิชท์เบลนด์ (pitblende) ปรากฏว่าได้มีการใช้เรเดียมเป็นต้นกำเนิดรังสีแกมมาในการถ่ายภาพวัสดุในช่วงประมาณปี พ.ศ.2460-2470 แต่ภายหลังปี พ.ศ.2493 เมื่อเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูได้ถูกพัฒนาขึ้นมาใช้ประโยชน์แล้ว ก็สามารถผลิตสารกัมมันตรังสีชนิดอื่น ๆ ขึ้นมาใช้ประโยชน์แทนเรเดียม ซึ่งได้แก่ โคบอลต์-60 ซีเซียม-137 ทูเลียม-170 และอิริเดียม-192 ซึ่งใช้งานอยู่ในงานถ่ายภาพด้วยรังสีในอุตสาหกรรมจนกระทั่งทุกวันนี้

เรินท์เกน (Roentgen) (2438) นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ได้ค้นพบรังสีเอกซ์ในระหว่างการทดลองเกี่ยวกับรังสีคาโทด (cathode ray) และ ภายหลังจากนั้นไม่นานก็มีการศึกษาทดลองเกี่ยวกับการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ แต่การใช้รังสีเอกซ์เพื่อการถ่ายภาพวัสดุในงานอุตสาหกรรม ได้เริ่มต้นจริง ๆ ภายหลังจากการได้มีการพัฒนาหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ในช่วงประมาณปี พ.ศ. 2463-พ.ศ. 2473

แชดวิด (Chadwick) (2475) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ พบว่า เมื่อนิวตรอนซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างจากรังสีเอกซ์และรังสีแกมมาวิ่งผ่านวัตถุใด ๆ อันตรกิริยาของนิวตรอนจะมีผลต่อนิวเคลียสมากกว่าอิเลคตรอนที่อยู่รอบ ๆ อะตอม ดังนั้นนิวตรอนจึงเป็นรังสีหรืออนุภาคอีกชนิดหนึ่งที่ไม่ทำให้เกิดการแตกตัว (ionization)

คัลล์มานน์ (Kalman) (2478) นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน เป็นคนแรกที่ศึกษาพื้นฐานของการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน (the potential valve of the relative difference in reference attenuation between x-rays and slow neutrons)

โดยใช้เครื่องเร่งอนุภาคขนาดเล็กเป็นต้นกำเนิดนิวตรอน แต่เนื่องจากความเข้มของนิวตรอนที่ใช้ยังไม่เพียงพอจึงทำให้การศึกษาเรื่องนี้หยุดชะงักไป ต่อมา ปีเตอร์ (Peter) ได้ทำการศึกษาทดลอง โดยใช้เครื่องเร่งอนุภาคที่ให้นิวตรอนฟลักซ์สูงกว่า และผลของภาพถ่ายที่ได้ดีกว่า ด้วยซึ่ง ทิวิส และ เดอร์บิเชียร์ (Thewis and Derbyshire) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ดังนี้

- ภาพถ่ายจากนิวตรอนให้ได้ความละเอียดและมีคุณภาพมากที่สุด ต้องใช้แหล่งกำเนิดนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์
- นิวตรอนสามารถใช้ถ่ายภาพวัสดุได้หลายชนิด ตั้งแต่วัสดุธาตุเบาจนถึงวัสดุธาตุหนัก

ข้อดีของการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน

- สามารถแยกให้เห็นความแตกต่างของไอโซโทปบางธาตุได้ ตัวอย่าง เช่น แคดเมียม-133 เป็นต้น
- ใช้ในการตรวจสอบวัตถุที่มีรังสี โดยหลักการทำให้วัสดุบันทึกภาพไม่เกิดปฏิกริยากับรังสีแกมมา

ได้มีการพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่ฮาร์เวลล์ (Harwell) ประเทศอังกฤษและสถาบันวิจัยอาร์กอนน์ (argonne national laboratories) (2490-2500) ประเทศสหรัฐอเมริกา จึงได้รื้อฟื้นการศึกษาวิธีการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนอีกครั้ง

พ.ศ.2506 เป็นปีแรกที่เริ่มมีการใช้นิวตรอนถ่ายภาพวัสดุเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ที่มีรังสี วัตถุระเบิดขนาดเล็ก และชิ้นส่วนอากาศยาน เป็นต้น