บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุและอุปกรณ์การวิจัย

การวิจัยนี้ใช้วัสดุ และอุปกรณ์ ในการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ และนิวตรอน ดังต่อไปนี้

1. เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ 2 ชุด

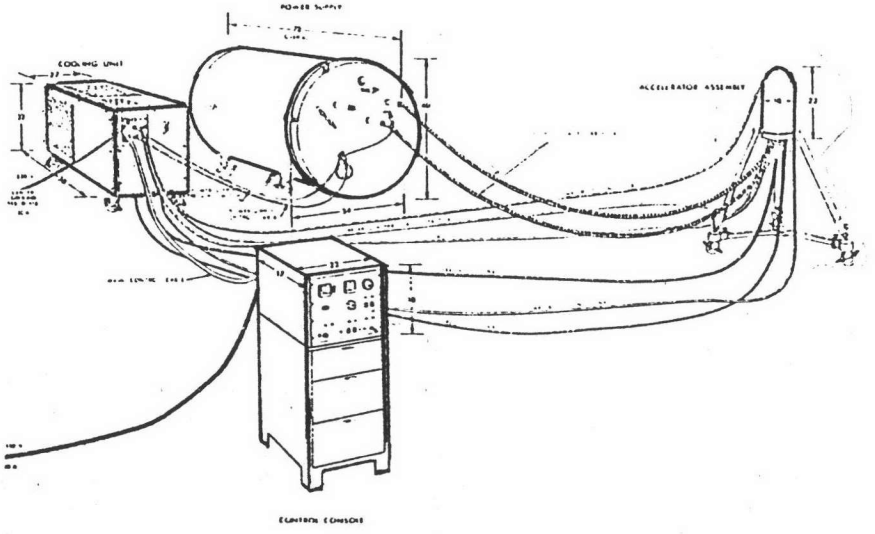
- ชุดที่หนึ่ง เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ Andrex model 1622 ผลิตในประเทศเดนมาร์ก ซึ่งสามารถผลิตรังสีเอกซ์ที่มีพลังงานสูงสุด 200 keV ตั้งกระแสได้สูงสุด 5 มิลลิแอมแปร์ (mA) เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ชุดนี้ติดตั้งอยู่ที่กรมช่างอากาศ กองทัพอากาศ

- ชุดที่สอง เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ Andrex model CMA ผลิตในประเทศเดนมาร์ก สามารถผลิตรังสีเอกซ์ที่มีพลังงานสูงสุด 200 keV ตั้งกระแสได้สูงสุด 8 มิลลิแอมแปร์ เครื่องชุดนี้ติดตั้งอยู่ที่ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. เครื่องผลิตนิวตรอน (neutron generator) เป็นเครื่องผลิตนิวตรอนแบบปิดผนึก model A-711 ผลิตโดย Kaman Science Corporation ประเทศสหรัฐอเมริกา สามารถผลิตนิวตรอนเร็วจากปฏิกิริยาฟิวชัน (fusion) ของดิวทีเรียม (deuterium , $^{2}_{1}D$) กับตริเตรียม (tritium , $^{3}_{1}T$) ดังนี้

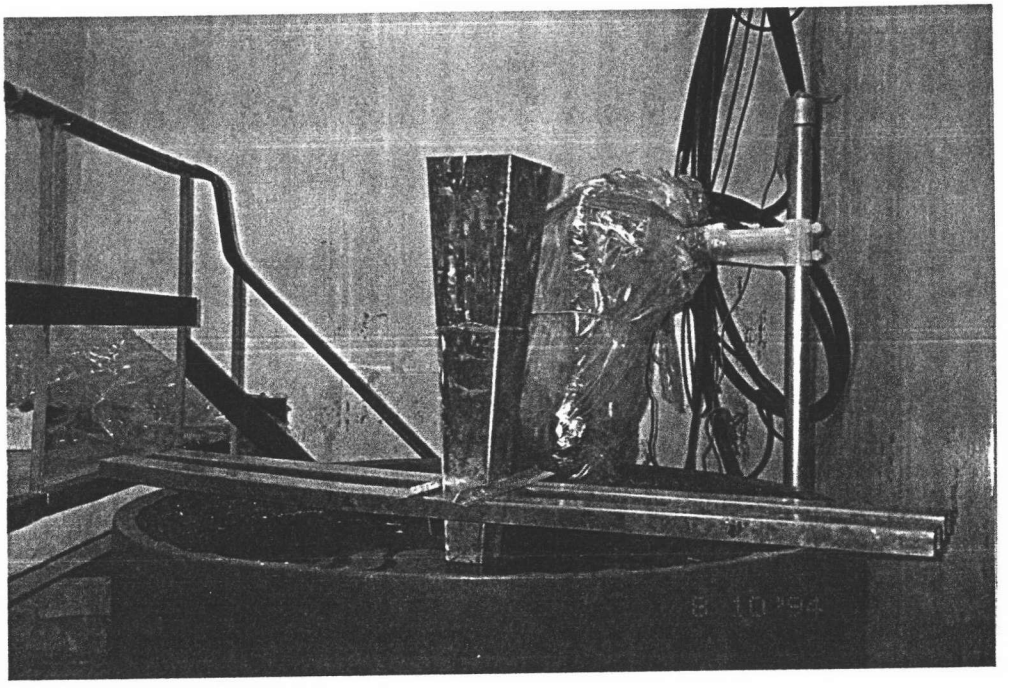
$$^{2}_{1}D + ^{3}_{1}T \longrightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n + 17.6\ MeV$$

อนุภาคนิวตรอนที่ได้จากปฏิกิริยานี้ มีพลังงานจลน์ 14.3 MeV สำหรับหัวผลิตนิวตรอนใหม่ จะผลิตนิวตรอนได้ 10^{11} นิวตรอนต่อวินาที เครื่องผลิตนิวตรอน แบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ หัวผลิตนิวตรอน (neutron tube-head) อุปกรณ์หล่อเย็น (cooling unit) ถังศักดาไฟฟ้าสูง (high voltage tank) และแผงควบคุม (control panel) ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 เครื่องกำเนิดนิวตรอน Kaman A-711

เนื่องจากในการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน ต้องการนิวตรอนช้า (slow neutron) หรือเทอร์มัลนิวตรอน (thermal neutron) แต่นิวตรอนที่ผลิตจากเครื่องผลิตนิวตรอนมีพลังงานสูงถึง 14.3 MeV จึงต้องทำการหน่วงพลังงานนิวตรอน ในการวิจัยนี้ ใช้น้ำเป็นตัวหน่วงนิวตรอน (neutron moderator) โดยบรรจุน้ำไว้ในถังโพลีเอทีลีน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.20 เมตร สูง 1.20 เมตร แล้วหย่อนหัวผลิตนิวตรอนเอียงลงในถังน้ำ (ดังแสดงในรูปที่ 3.2) โดยมีท่อบังคับลำนิวตรอนหย่อนลงไปในน้ำในแนวดิ่งบริเวณกึ่งกลางของถัง



รูปที่ 3.2 ระบบถ่ายภาพด้วยนิวตรอนที่ใช้เครื่องผลิตนิวตรอน

3. ต้นกำเนิดนิวตรอนแบบไอโซโทปรังสี พลูโทเนียม-238/เบริลเลียม ความแรง 5 คูรี บรรจุอยู่ในถังเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร สูง 1 เมตร ซึ่งมีน้ำซึ่งใช้เป็นตัวหน่วงนิวตรอนบรรจุอยู่เต็ม และมีท่อบังคับลำนิวตรอนหย่อนลงไปในน้ำในแนวดิ่ง บริเวณกึ่งกลางตัว ดังแสดงในรูปที่ 3.3

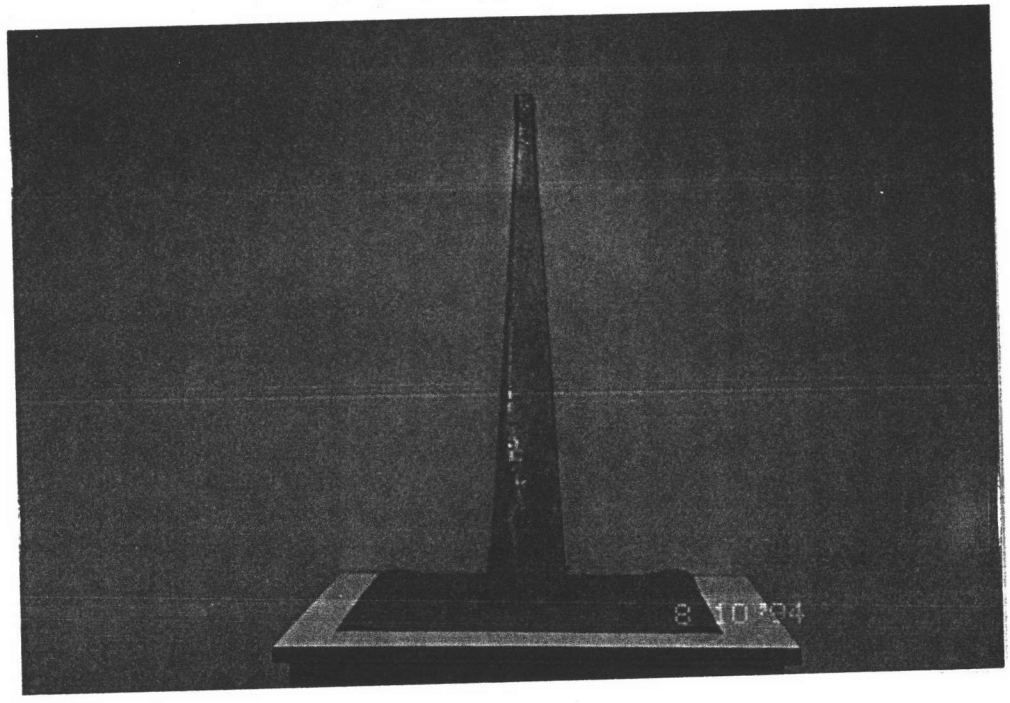
รูปที่ 3.3 ระบบถ่ายภาพด้วยนิวตรอน ที่ใช้ต้นกำเนิดรังสีพลูโตเนียม-238/เบริลเลียม

4. ท่อบังคับลำนิวตรอน

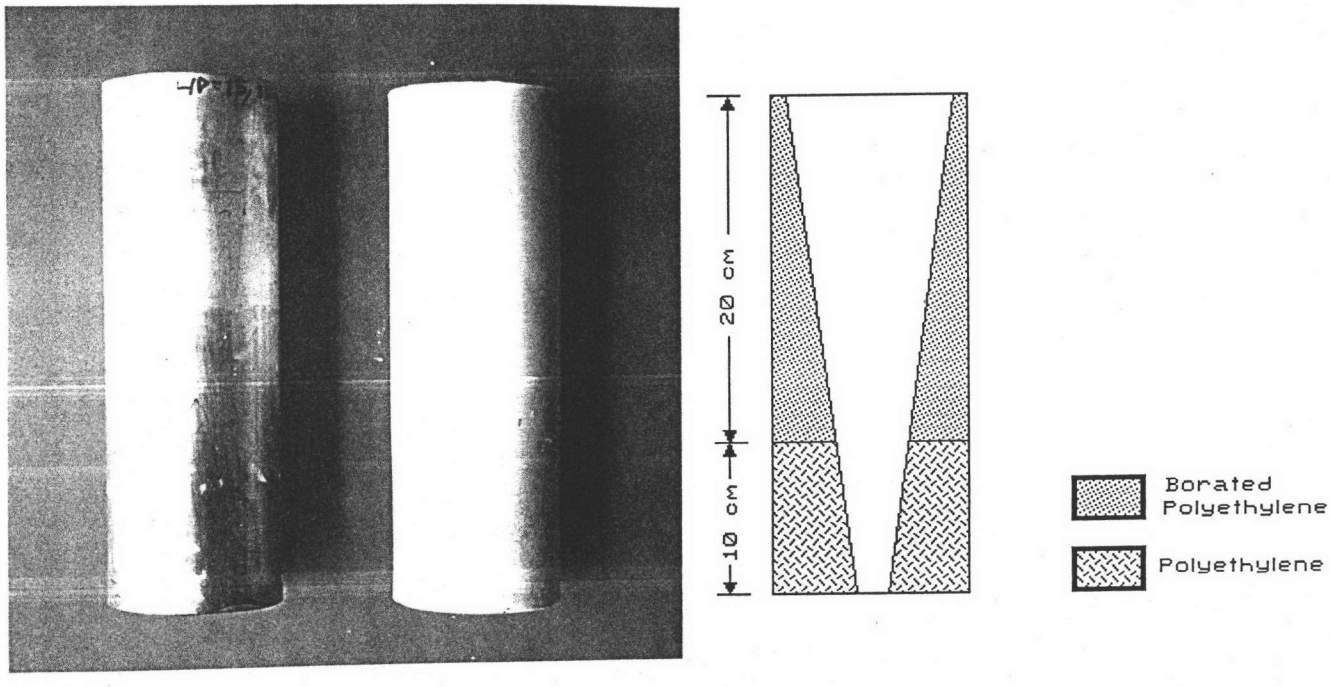
4.1 สำหรับเครื่องผลิตนิวตรอน ได้ออกแบบท่อบังคับลำนิวตรอนให้มีลักษณะเป็นกรวยสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 16 ซม. x 16 ซม. ยาว 70 ซม. ทำด้วยโลหะอะลูมิเนียมหนา 1 มม. ภายในบุด้วยแผ่นแคดเมียมหนา 0.5 มม. ในช่วงปากท่อบังคับลำนิวตรอน 15 ซม. ตอนบน

4.2 สำหรับต้นกำเนิดพลูโทเนียม-238/เบริลเลียม ได้ออกแบบให้มีลักษณะเป็นทรงกระบอกกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. ยาว 30 ซม. ภายในมีลักษณะเป็นกรวยทำด้วยโพลีเอทีลีนผสมโบรอน ยาว 20 ซม. (ตอนบน) และ ทำด้วยโพลีเอทีลีนยาว 10 ซม. (ตอนล่าง)

ลักษณะของท่อบังคับลำนิวตรอนแสดงไว้ในรูปที่ 3.4 และ 3.5



รูปที่ 3.4 ท่อบังคับลำนิวตรอนที่ใช้กับเครื่องผลิตนิวตรอน



รูปที่ 3.5 ท่อบังคับลำนิวตรอนสำหรับต้นกำเนิดรังสีพลูโทเนียม-238/เบริลเลียม

5. ฉากเปลี่ยนนิวตรอน (neutron converter screen) ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มี แบบ คือ NE 426 ขนาด 8 ซม. x 12 ซม. , แผ่นโลหะแกโดลิเนียมขนาด 8 ซม. x 20 ซม. หนา 0.025 มม.,Konica Ortho Screen $Gd_2O_2S(Tb)$ ขนาด 20 ซม.x 20 ซม. และ Kodak BE-10 enriched boron-10 screen

6. ฟิล์มและกระดาษอัดรูป ได้แก่ ฟิล์ม Ilford HP5 plus ขนาด 4" x 5" สำหรับใช้กับฉาก NE 426 และ $Gd_2O_2S(Tb)$, ฟิล์ม Fuji Industrial 400 ขนาด 3 1/2" x 12" สำหรับใช้กับฉาก NE 426 และ $Gd_2O_2S(Tb)$, ฟิล์มเซลลูโลสไนเตรท Kodak CN 85 ขนาด 9 ซม. x 12 ซม. สำหรับใช้กับฉาก BE-10 และกระดาษอัดรูป Forte เบอร์ 2 และเบอร์ 3 สำหรับใช้ในการอัดรูปจากฟิล์ม และในการถ่ายภาพด้วยรังสี เอกซ์ (ประกบกับฉาก $Gd_2O_2S(Tb)$)

7. น้ำยาล้างฟิล์มและน้ำยาล้างกระดาษอัดรูป

8. ชิ้นงาน ชิ้นงานที่ใช้ในการศึกษาวิจัย มี ชิ้น ดังต่อไปนี้

8.1 ชุดชิ้นงาน สำหรับทดสอบคุณภาพของลำนิวตรอน ประกอบด้วย

- แผ่นแคดเมียม ขนาด 1 ซม. x 0.5 มม. เจาะรูบริเวณกึ่งกลางให้มี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.4 , 0.6 , 1 , 2 , 2.5 , 3 ,4 และ 5 มม.
- แผ่นพลาสติกขนาด 2.8 ซม. x 2.8 ซม. x 3 มม. เจาะรูบริเวณ ขอบ 2 ด้าน ตรงกันข้าม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 , 1.5 , 2 , 3 และ 4 มม.และมีตัวหนังสือตะกั่วตัวอักษร "PB" ติดอยู่บริเวณกึ่งกลาง ด้านบนของแผ่นพลาสติกนี้
- กรดบอริกอัดเป็นแผ่นกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 ซม. หนา 3 มม. (คิดเป็นความหนาประมาณ 1 กรัม ต่อตารางเซนติเมตร) มีขอบ ทำด้วยอะลูมิเนียม

- พลาสติกชั้นบันได 5 ชั้น ขนาด 1 ซม. x 5 ซม. แต่ละชั้นมีขนาด 1 ซม. x 1 ซม. หนา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 มม. ตามลำดับ

ชั้นที่ 1 หนา 1 มม. เจาะรูทะลุ 1 รู

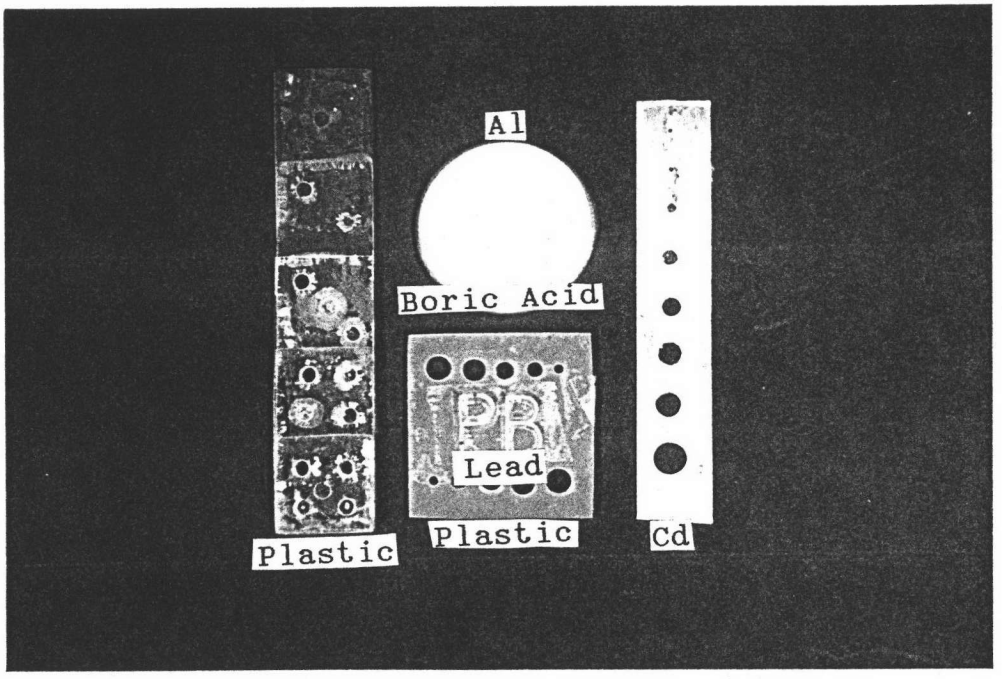
ชั้นที่ 2 หนา 2 มม. เจาะรูลึก 1 มม. และทะลุ 2 มม.

ชั้นที่ 3 หนา 3 มม. เจาะรูลึก 1 , 2 มม. และทะลุ 3 มม.

ชั้นที่ 4 หนา 4 มม. เจาะรูลึก 1 , 2 , 3 มม. และทะลุ 4 มม.

ชั้นที่ 5 หนา 5 มม. เจาะรูลึก 1 , 2 , 3 , 4 มม. และทะลุ 5 มม.

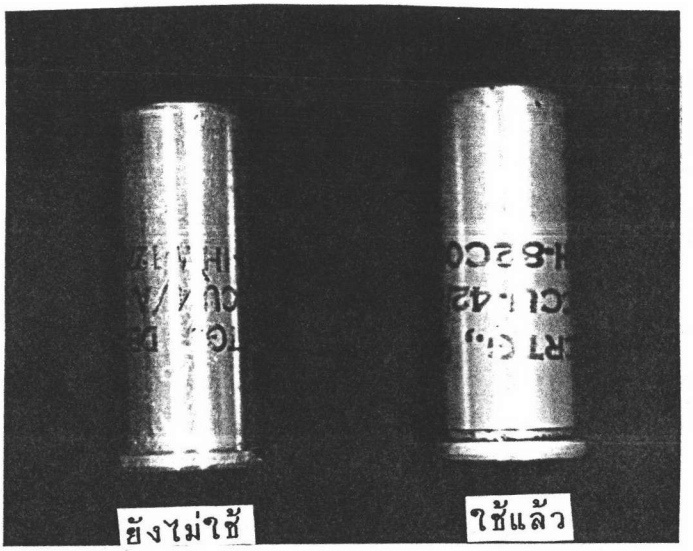
ลักษณะของชุดชิ้นงานทดสอบแสดงไว้ในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ชิ้นงานสำหรับทดสอบคุณภาพลำนิวตรอน

8.2 อุปกรณ์ของระบบสละอากาศยาน

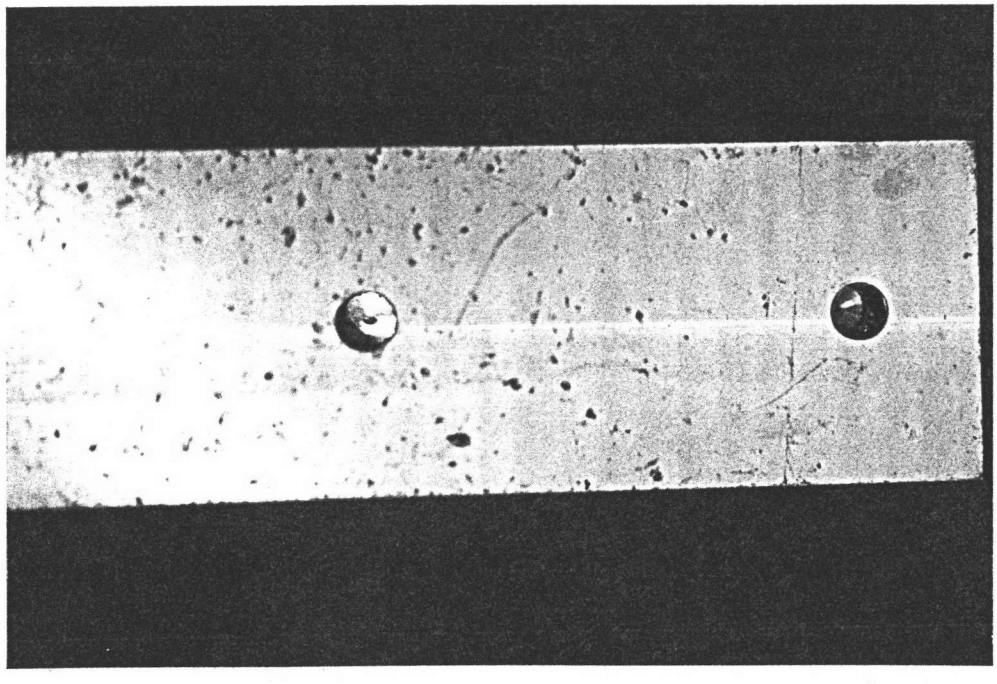
อุปกรณ์ดังกล่าวทำหน้าที่เป็นตัวจุดระเบิด เพื่อให้ร่มชูชีพกางออกโดยอัตโนมัติ มีรูปร่างคล้ายลูกปืน ตัวปลอกทำด้วยวัสดุอะลูมิเนียม ภายในบรรจุดินส่งกระสุน มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ยาว 2.51 เซนติเมตร น้ำหนักรวม 0.15 กรัม



รูปที่ 3.7 อุปกรณ์ของระบบสละอากาศยาน

8.3 ชิ้นส่วนโครงสร้างอากาศยานแบบรวงผึ้ง

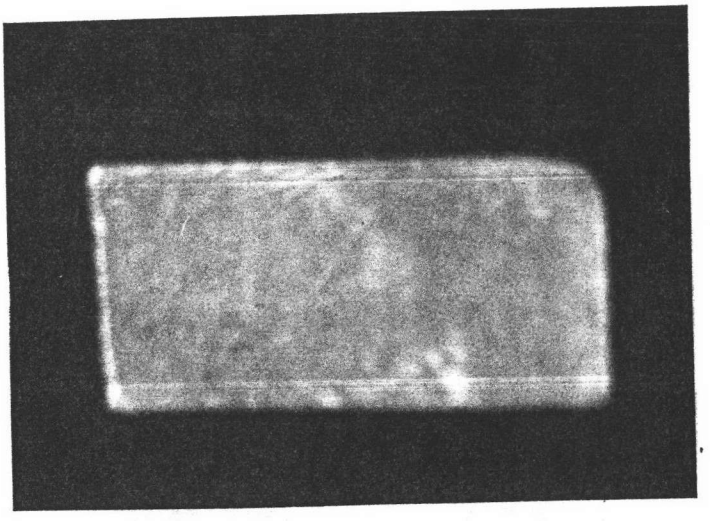
ชิ้นส่วนโครงสร้างอากาศยาน มีลักษณะคล้ายรวงผึ้ง หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า sanwich part ทำด้วยอะลูมิเนียม ด้านบนแบน ด้านล่างเป็นแผ่นเรียบ ตรงกลางจะเป็นรวงผึ้งหกเหลี่ยมเป็นยูนิตเซลเล็ก ๆ ชิ้นส่วนโครงสร้างที่นำมาถ่ายภาพ มีขนาด กว้าง 7 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร หนา 2 เซนติเมตร



รูปที่ 3.8 ชิ้นส่วนโครงสร้างอากาศยานแบบรวงผึ้ง

8.4 ชิ้นส่วนโครงสร้างอากาศยานทำด้วยไฟเบอร์กลาส

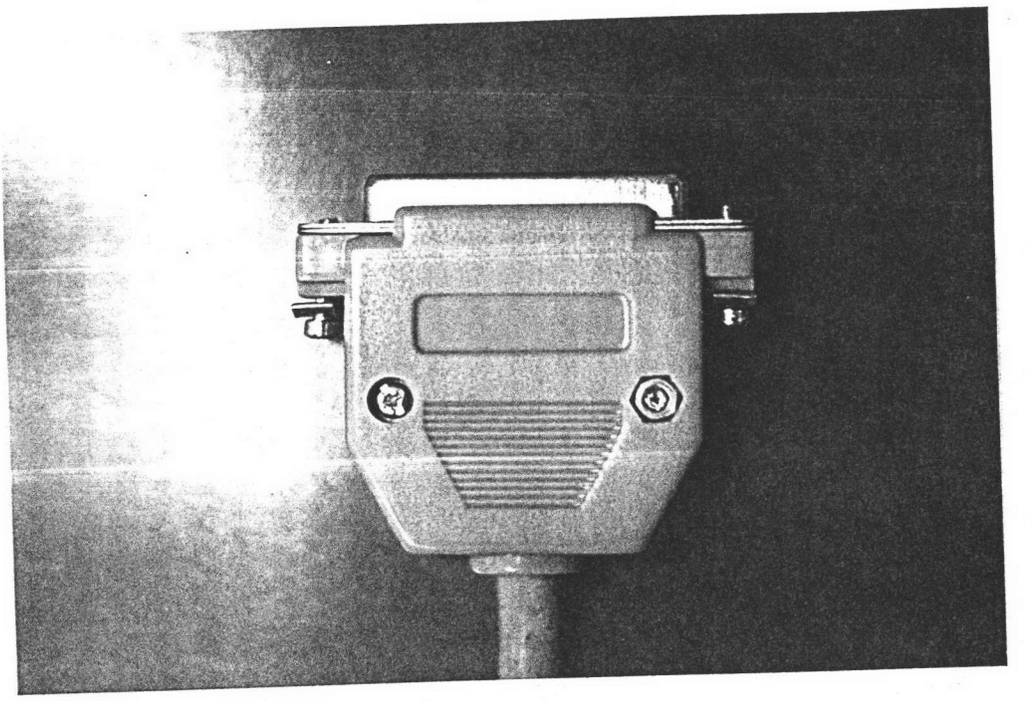
ชิ้นส่วนโครงสร้างอากาศยานทำด้วยไฟเบอร์กลาส มักใช้งานเป็นแผ่นปิดลำตัว หรือ พื้นบังคับเลี้ยว เช่น aileron มักใช้บริเวณที่ไม่ต้องการให้มีผลกระทบต่อการทำงานของคลื่นเรดาห์ที่ใช้กับอากาศยาน ชิ้นส่วนที่นำมาใช้ถ่ายภาพมีขนาดกว้าง 2.5 เซนติเมตร ยาว 7 เซนติเมตร



รูปที่ 3.9 ชิ้นส่วนโครงสร้างอากาศยานทำด้วยไฟเบอร์กลาส

8.5 Connecter plug DP-25 pin

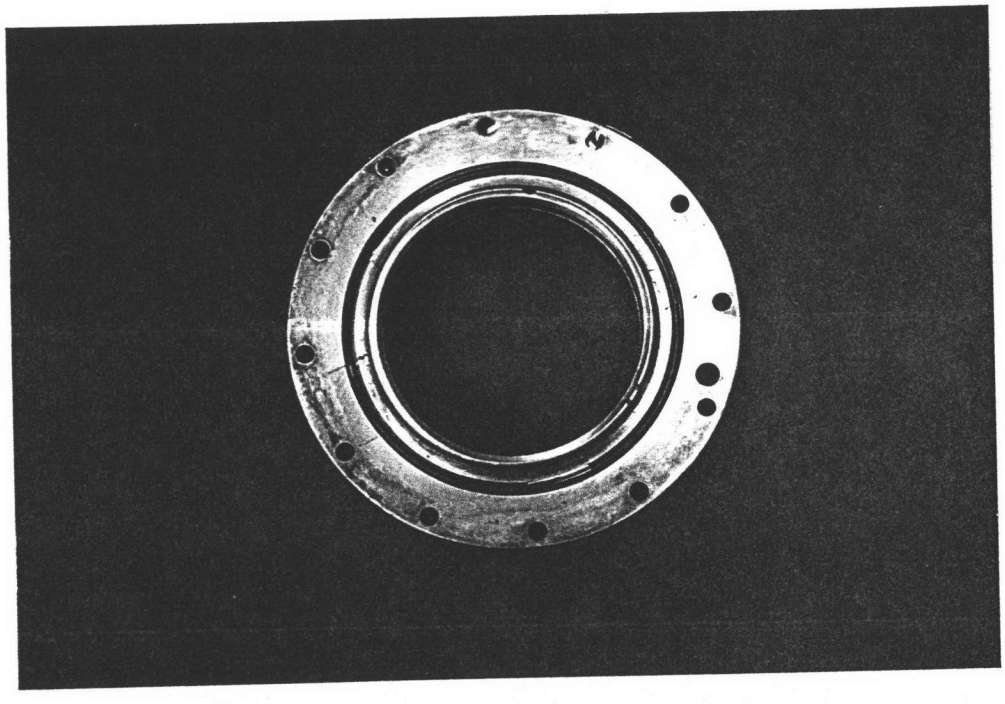
เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบสื่อสารอากาศยาน หรือ เป็นอุปกรณ์ถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรม ที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไป ตัว Connecter ทำด้วยพลาสติก สายสัญญาณเป็น Female



รูปที่ 3.10 Connecter plug DP-25 pin

8.6 ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ไอพ่น ซึ่งมี O-ring เป็นยาง

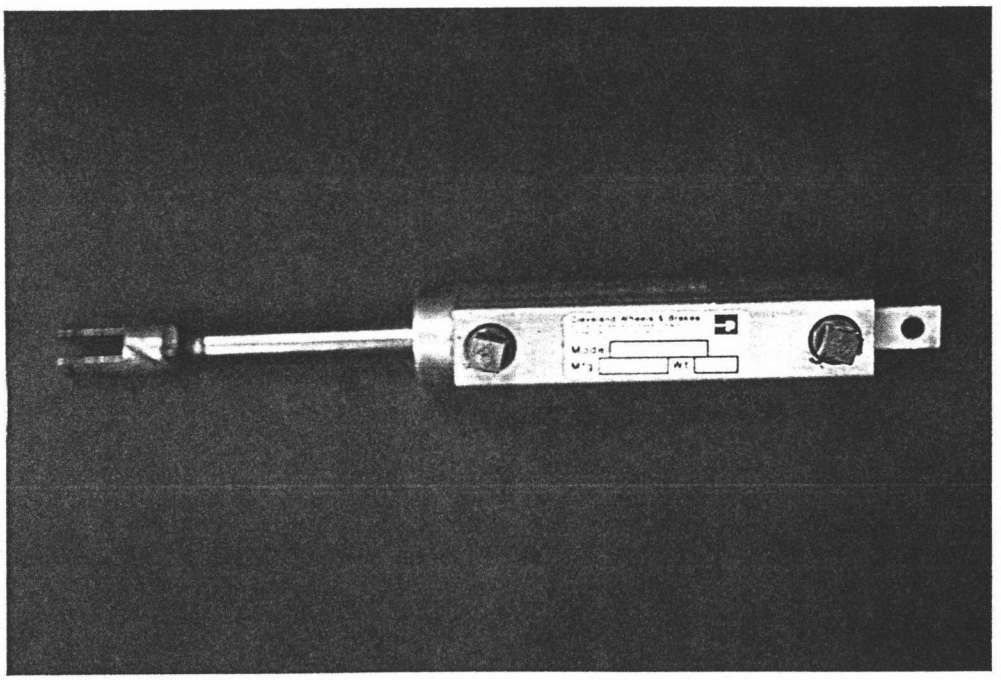
ชิ้นส่วนดังกล่าว ประกอบอยู่ในเครื่องยนต์ไอพ่นของเครื่องบิน F - 5E/F ขณะเครื่องยนต์หมุนด้วยความเร็วสูง จะเป็นตัวที่ทำหน้าที่ปิดกันน้ำมันหล่อลื่นในระบบ ไม่ให้ไหลออกมานอกระบบ เป็นชิ้นส่วนที่ประกอบด้วยวัสดุ ที่เป็นโลหะและยาง ชิ้นส่วนบริเวณที่ถ่ายภาพมีความหนา 1 เซนติเมตร



รูปที่ 3.11 ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ไอพ่น ซึ่งมี O-ring เป็นยาง

8.7 อุปกรณ์ของระบบฐานล้ออากาศยาน

อุปกรณ์ดังกล่าว ประกอบอยู่ในชุดฐานล้อของอากาศยาน ภายในบรรจุด้วยน้ำมันไฮดรอลิก ทำหน้าที่เป็นตัวดันชัก-ดันส่ง ให้ล้อกาง หรือเก็บล้อ ขณะวิ่งขึ้น หรือวิ่งลง อุปกรณ์ของระบบฐานลับอากาศยาน มีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร



รูปที่ 3.12 อุปกรณ์ของระบบฐานล้ออากาศยาน

I 17198740

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ถ่ายภาพชิ้นงานด้วยรังสีเอกซ์

2. การเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน

ห้องถ่ายภาพด้วยนิวตรอนถูกจัดไว้ในห้องใต้ดิน เพื่อป้องกันอันตรายขณะเดินเครื่องนิวตรอนให้เหลือน้อยที่ เพื่อความสะดวกในการปฏิบัติงาน จึงได้ดำเนินการเตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. การเตรียมอุปกรณ์ลดพลังงานนิวตรอน

1.1 นำถังขนาดใหญ่ที่ได้เตรียมไว้ในข้อ 9.1 ลงไปในห้องใต้ดิน จากนั้นทำการติดตั้งถังดังกล่าว บนขารองรับน้ำหนักที่จัดไว้บริเวณตำแหน่งที่จะให้ accelerator head ของเครื่องกำเนิดนิวตรอน สามารถเคลื่อนที่เพื่อปรับความลึกได้สะดวก

1.2 ป้องกันน้ำเข้า accelerator head โดยสวม accelerator head ด้วยถังอะลูมิเนียมที่เตรียมไว้ในข้อ 9.3 แล้วทำการยึดแน่นติดกับแขนรัดของตัว accelerator head เพื่อให้สามารถเคลื่อนที่ไปพร้อม ๆ กันได้

1.3 เติมน้ำเข้าถังใบใหญ่ (ข้อ 1.1) จนเต็มถัง

1.4 ปรับตำแหน่ง accelerator head ตามความลึกที่ต้องการที่หาตำแหน่งที่ดีที่สุดสำหรับจะใช้ในการถ่ายภาพ

2. การเตรียมอุปกรณ์บังคับลำนิวตรอน

2.1 นำคานยึดอุปกรณ์บังคับลำนิวตรอนที่เตรียมไว้ในข้อ 9.2 ไปติดตั้งบนปากถังน้ำ ซึ่งคานนี้จะสามารถเคลื่อนไป-มา หาที่เหมาะสมระหว่างอุปกรณ์บังคับลำนิวตรอน กับ accelerator head ได้สะดวก

2.2 นำอุปกรณ์บังคับลำนิวตรอนที่ได้ออกแบบไว้ในข้อ 3. อุปกรณ์

บังคับลำนิวตรอน มาติดตั้งกับคานดังกล่าว โดยให้ปรับตำแหน่งความลึกของอุปกรณ์บังคับลำนิวตรอนที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ภาพที่ดีที่สุด

3. การปรับตำแหน่งเครื่องมือ อุปกรณ์ และระยะเวลาถ่ายภาพ

เพื่อให้การถ่ายภาพที่ได้มีคุณภาพที่ดีที่สุด จำเป็นจะต้องเลื่อนระยะความลึกของ accelerator head ตำแหน่งความลึกของอุปกรณ์บังคับลำนิวตรอน และระยะระหว่างอุปกรณ์บังคับลำนิวตรอน กับ accelerator head และระยะเวลาถ่ายภาพ โดยทำการทดลองถ่ายภาพชิ้นทดสอบ (ประกอบด้วย แคดเมียม โบรอน ตะกั่ว พลาสติก) ที่ตำแหน่งต่าง ๆ กัน แล้วบันทึกระยะของอุปกรณ์ต่าง ๆ ไว้ แล้วนำภาพถ่ายที่ได้แต่ละครั้ง มาพิจารณาคุณภาพภาพถ่าย หาตำแหน่งที่ดีที่สุด เมื่อได้ตำแหน่งของอุปกรณ์ต่าง ๆ แล้ว ก็ให้ติดตั้งไว้อย่างถาวร เพื่อทำการทดลองถ่ายภาพกับชิ้นงานที่จะใช้ทดสอบต่อไป อย่างไรก็ตาม การวิจัยนี้ยังไม่สามารถหาเงื่อนไขในการจัดท่อบังคับลำนิวตรอน และการกำบังรังสีเอกซ์/รังสีแกมมาที่เหมาะสมได้ แต่เครื่องกำเนิดนิวตรอนชำรุดเสียก่อน

สำหรับต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนพลูโทเนียม-238/เบริลเลียม ได้เลือกใช้ท่อบังคับลำนิวตรอน ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.5 เนื่องจากต้องการให้นิวตรอนมีความเข้มสูงพอที่จะถ่ายภาพได้และมี Cd ratio สูงพอ ในการวิจัยนี้ได้วางต้นกำเนิดรังสีอยู่ห่างจากปลายท่อบังคับลำนิวตรอนด้านล่างประมาณ 2 ซม.

4. ถ่ายภาพชิ้นงานต่าง ๆ ด้วยนิวตรอน