บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึง การออกแบบการทดลอง วิธีการดำเนินงานวิจัย โดยเริ่มจากการออกแบบการทดลอง แล้วจะทำการจัดเตรียมวัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีความจำเป็น เช่น เครื่องถ่ายภาพรังสี ชิ้นงานที่ใช้ทดสอบ การเตรียมน้ำยาล้างฟิล์ม และการเตรียมการถ่ายภาพรังสี เพื่อศึกษาและดำเนินการวิจัยให้เหมาะสม ดังนี้

ศึกษาทฤษฎี และหลักการของการตรวจสอบโดยไม่ทำลายด้วยการถ่ายภาพรังสี

(1) การถ่ายภาพรังสี ในการทดสอบแบบฟิล์มเดียว

(2) การถ่ายภาพรังสี ในการทดสอบแบบซ้อนฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มชนิดเดียวกัน

(3) การถ่ายภาพรังสี ในการทดสอบแบบซ้อนฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มต่างชนิดกัน

การออกแบบการทดลองของการทดสอบภาพรังสี 3 แบบคือ

1. ศึกษาเครื่องกำเนิดรังสีที่ใช้ทดสอบ เพื่อดูข้อจำกัด และการใช้งาน
2. ออกแบบชิ้นงานในการทดสอบ ให้เหมาะสมกับเครื่องกำเนิดรังสี
3. เลือกชนิดของฟิล์มที่จะใช้ในการทดสอบ
4. เลือกขนาดของฉากตะกั่วที่จะใช้ในการทดสอบ
5. กำหนดระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีถึงฟิล์ม โดยจะต้องคำนึงถึงความไม่คมชัดของภาพถ่ายรังสี
6. กำหนดตำแหน่งการวางของฟิล์มและชิ้นงาน
7. เลือกค่าระดับพลังงานให้เหมาะสมกับชิ้นงาน หรือช่วงความหนาที่ต้องการทดสอบ
8. เลือกค่าเอกซ์โพเชอร์ โดยการเลือกค่าเอกซ์โพเชอร์นั้น ต้องเลือกค่าให้เหมะสมกับระดับพลังงาน และช่วงความหนาที่ต้องการทดสอบ

กระบวนการทดลอง

1. การถ่ายภาพรังสี
2. กระบวนการล้างฟิล์ม
3. การวัดความเข้มของฟิล์ม และบันทึกผลการทดลอง

การบันทึกผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

1. การตรวจสอบความเข้มของฟิล์ม เพื่อดูความสามารถในการตรวจสอบช่วงความหนา ที่สามารถตรวจสอบได้
2. วิเคราะห์ผลการทดลอง โดยต้องมีการอ้างอิงมาตรฐานการยอมรับ และทำการเปรียบเทียบการทดลองในแต่ละแบบ

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการออกแบบ และวิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 การจัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบภาพถ่ายรังสี

3.1.1 เครื่องกำเนิดรังสีเอ็กซ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องฉายรังสีที่ใช้ในการทดลองจะเป็นเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ ขนาดของแหล่งกำเนิดรังสีมีค่าเท่ากับ 3 มิลลิเมตร ซึ่งให้ค่าพลังงานในการทดสอบสูงสุดที่ 200 kV และกระแสสูงสูดที่ 4.5 mA

รูปที่ 3.2 เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ ที่ใช้ในการทดลอง

รูปที่ 3.3 แสดงข้อกำหนดต่างๆของเครื่องฉายรังสีที่ใช้ในการทดลอง

รูปที่ 3.4 อุปกรณ์ควบคุมการฉายรังสีที่ใช้ในการทดลอง

3.1.2 ชิ้นงานที่ใช้ทดสอบในการทดลอง

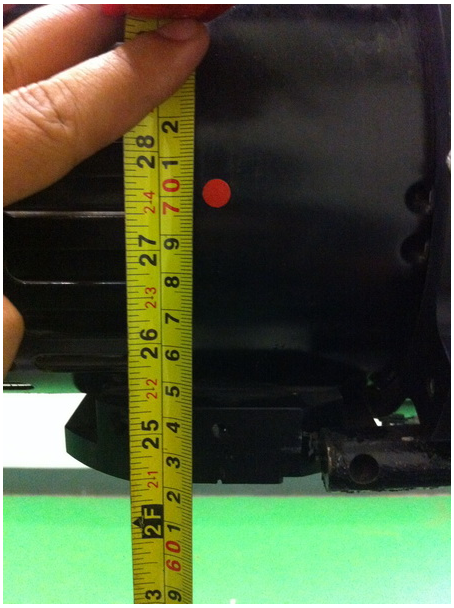
ในขั้นตอนการถ่ายภาพด้วยรังสีนั้น ชิ้นงานที่ใช้ทดสอบ จะเป็นชิ้นงานแบบขั้นบันได ทำจากเหล็ก ขนาดความกว้าง 50 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร ความหนาตั้งแต่ 1 มิลลิเมตร ถึง 15 มิลลิเมตร เนื่องจากผู้วิจัยต้องการให้ชิ้นงานมีความสอดคล้องกับมาตรฐาน IQI ของ ASME แบบเส้นลวด (Wire type) ชุด A ที่มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุด คือ 0.08 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่ที่สุด คือ 0.25 มิลลิเมตร โดยความหนาในแต่ละขั้น แตกต่างกันขั้นละ 1 มิลลิเมตร

ในการออกแบบชิ้นงานนั้น ผู้วิจัยทำออกแบบจากความไวในการตรวจสอบที่ 2% ของความหนาชิ้นงาน ซึ่งเป็นความไวในการตรวจสอบของวิธีการตรวจสอบด้วยภาพถ่ายรังสีที่มักนิยมใช้ในการคำนวณ ดังนั้น ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุด 0.08 มิลลิเมตร จะได้ความหนาชิ้นงาน $0.08\times\frac{100}{2}$ เท่ากับ 4 มิลลิเมตร และที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่ที่สุด 0.25 มิลลิเมตร จะได้ความหนาชิ้นงาน $0.25\times\frac{100}{2}$ เท่ากับ 14.5 มิลลิเมตร ดังนั้นชิ้นงานที่ออกแบบจากการคำนวณคือ 4 มิลลิเมตร ถึง 14.5 มิลลิเมตร แต่เนื่องจากผู้วิจัยต้องการทราบถึงความสามารถในการตรวจสอบในชิ้นงานที่มีความหนาต่ำกว่า 4 มิลลิเมตรด้วย จึงเพิ่มความหนาที่ 1 – 3 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 ชิ้นงาน ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.3 การกำหนดระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสี ถึงฟิล์ม (SFD)

ในการทดลอง ใช้ระยะห่างระหว่างฟิล์มที่ฉายรังสี กับแหล่งกำเนิดรังสี (SFD) มีค่าเท่ากับ 700 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.6 โดยการคำนวณระยะห่างระหว่างฟิล์มที่ฉายรังสีนั้นกับแหล่งกำเนิดรังสี (SFD) สามารถนำมาคำนวณเพื่อหาความไม่คมชัดเรขาคณิต (Ug) ได้จากสมการที่ 2.7 เพื่อคำนวณหาระยะที่เหมาะสมในการวางชิ้นงานได้



รูปที่ 3.6 แสดงระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดรังสีถึงฟิล์ม

3.1.4 ฟิล์มที่ใช้ในการทดลอง

ฟิล์มที่ใช้ในการทดลองนั้น จะใช้ฟิล์มที่มีความไวแสงต่างกัน 2 ชนิด โดยที่ทั้ง 2 ชนิดนั้นจะต้องมีความไวแสงไม่แตกต่างกันมากนัก กล่าวคือ ในงานวิจัยนี้ต้องการละติจูดของช่วงความหนาที่มากขึ้นที่สามารถตรวจสอบได้เพียงครั้งเดียว ซึ่งถ้าใช้ฟิล์มที่มีความไวแสงต่างกันมากเกินไป จะทำให้ได้ช่วงความหนา ที่แตกต่างกันคนละช่วง ตัวอย่างเช่น เมื่อนำไปทำการตรวจสอบแล้วพบว่า สามารถตรวจสอบได้ที่ช่วงความหนา 2 – 3 มิลลิเมตร กับ 7 – 8 มิลลิเมตร เป็นต้น ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ จึงเลือกใช้ฟิล์ม 2 ชนิด ที่มีความไวแสงไม่แตกต่างกันมากนัก ตามตารางที่ 3.1 ซึ่งเป็นตารางแสดงความสัมพันธ์ของฟิล์มแต่ละชนิด ซึ่งฟิล์มที่ใช้ในการทดลองนี้ คือ ฟิล์มยี่ห้อ Kodak ชนิดความไวแสงปานกลาง (Kodak AA400) ซึ่งเป็นฟิล์มที่นิยมใช้กันทั่วไป ดังภาพที่ 3.6 และชนิดความไวแสงต่ำ (Kodak MX125) ดังภาพที่ 3.7 ซึ่งเป็นฟิล์มที่มีความไวแสงช้ากว่าฟิล์ม Kodak AA400 ดังนั้น เมื่อนำไปทดสอบจะได้ช่วงความหนาที่ต่ำกว่าฟิล์ม AA400 โดยที่ขนาดความกว้างของฟิล์ม คือ 216 มิลลิเมตร และมีความยาว 900 มิลลิเมตร

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าเอกซ์โพเชอร์สัมพัทธ์ของฟิล์มแต่ละชนิด [20]

INDUSTREX Films	120 kV[(1)]	220 kV[(2)]
DR50	9.0	7.2
M100	4.1	4.2
MX125	2.9	2.8
T200	1.6	1.7
AA400	1.0	1.0

[(1)] In accordance with ANSI PH 2.8 – ISO 7004 standard. Without lead screens

[(2)] In accordance with ASSI PH 2.8 – ISO 7004 standard – EN 584 – 1 Lead screens

จากตารางที่ 3.1 ในการเลือกฟิล์มเพื่อนำมาใช้งานนั้น สามารถเลือกใช้ฟิล์มจากค่าเอกซ์โพเชอร์สัมพัทธ์ของฟิล์มแต่ละชนิดได้ โดยที่ฟิล์ม AA400 จะเป็นชนิดที่ใช้อ้างอิง เนื่องจากมีค่าเอกซ์โพเชอร์สัมพัทธ์ที่ 1 และถ้าต้องการเลือกใช้ฟิล์มชนิดอื่นๆนั้น ก็สามารถนำค่าเอกซ์โพเชอร์มาคำนวณเปรียบเทียบกับฟิล์ม AA400 ได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ เลือกใช้ฟิล์ม MX125 ที่มีค่าเอกซ์โพเชอร์สัมพัทธ์แตกต่างกัน ไม่มากจนเกินไป เนื่องจากจะทำให้ช่วงละติจูดที่สามารถตรวจสอบได้นั้น ไม่เกิดการขาดช่วง และไม่ซ้อนทับกัน

รูปที่ 3.7 ฟิล์มที่ใช้ในการทดลอง ชนิดความไวแสงปานกลาง (Kodak AA400)

รูปที่ 3.8 ฟิล์มที่ใช้ในการทดลอง ชนิดความไวแสงปานต่ำ (Kodak MX125)

3.1.5 ฉากตะกั่ว (Lead Screen)

ในการทดลองนี้ ใช้ฉากตะกั่วที่มีความหนาทั้งด้านหน้า และด้านหลังที่ 0.127 มิลลิเมตร(0.005 in) ดังแสดงในภาพที่ 3.9

รูปที่ 3.9 ฉากตะกั่วที่ใช้ในการทดลอง

3.1.6 การคำนวณความไม่คมชัดเรขาคณิต (Geometry unsharpness, Ug)

การคำนวณค่าจากสมการที่ 2.7 ;

$$Ug = (3 \times 15) / 700$$

$$= 0.064 \text{ มิลลิเมตร}$$

ซึ่งผลที่ได้อยู่ในค่าที่ยอมรับได้ คือ มีค่าน้อยกว่า 0.51 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถดูค่ายอมรับได้ที่ ตาราง 2.6

3.1.7 การเลือกใช้ค่าระดับพลังงาน

ระดับพลังงานที่ใช้ในการทดสอบนั้น จะประมาณการ การเลือกใช้ระดับพลังงาน จากการคำนวณค่าพลังงาน จากสมการที่ 2.6 และตารางที่ 2.2;
เมื่อแทนค่าลงในสมการ จะได้ว่า

$$kV = 80 + (5 \times 9)$$

$$= 125 \quad \text{(เลือกใช้ระดับพลังงาน 130 kV)}$$

จากการคำนวณจะเลือกใช้ระดับพลังงานที่ 130 กิโลโวลท์ และทำการเลือกค่าระดับพลังงานที่ต่ำกว่าการคำนวณ 1 ค่า และค่าระดับพลังงานที่สูงกว่าการคำนวณ 1 ค่า โดยมีความแตกต่างที่เท่ากัน ดังนั้นในการทดสอบ จะทำการฉายรังสีที่ระดับพลังงานทั้งหมด 3 ช่วงที่ต่างกัน ดังนี้

1. ค่าที่น้อยกว่าการคำนวณ คือที่ 100 กิโลโวลท์
2. ค่าที่ได้จากการคำนวณ คือที่ 130 กิโลโวลท์
3. ค่าที่มากกว่าการคำนวณ คือที่ 160 กิโลโวลท์

3.1.8 การเลือกใช้ค่าเอกซ์โพเชอร์ในการทดลอง

จากการคำนวณค่าระดับพลังงานที่ใช้ในการทดลองของหัวข้อ 3.1.7 นั้น จะนำค่าระดับพลังงานที่คำนวณได้มาเลือกใช้ค่า Exposure ตามกราฟเอกซ์โพเชอร์ของเครื่องนั้น หรือมีผู้ที่เคยสร้างกราฟเอกซ์โพเชอร์ของเครื่องที่ทำการทดลอง มาใช้ในการเลือกค่าเอกซ์โพเชอร์ โดยที่ในการทดลองนี้นั้นจะทำการเลือกเอกซ์โพเชอร์ของฟิล์มชนิด AA400 ให้มีความเข้มอยู่ที่ 2.5 ที่ 100 kV ให้อยู่ในช่วงความหนา 5 – 6 มิลลิเมตร, ที่ 130 kV ให้อยู่ในช่วงความหนา 8 – 9 มิลลิเมตร และ ที่ 160 kV ให้อยู่ในช่วงความหนา 11 – 12 มิลลิเมตร ซึ่งเมื่อทำการเลือกค่าเอกซ์โพเชอร์แล้ว จะได้ว่า ที่ 100 kV จะได้เอกซ์โพเชอร์ที่ 40 mA.min, ที่ 130 kV จะได้เอกซ์โพเชอร์ที่ 15 mA.min และ ที่ 160 kV จะได้เอกซ์โพเชอร์ที่ 8 mA.min และใช้ค่าเอกซ์โพเชอร์อีก 2 ค่า คือ 0.5 เท่า และ 2 เท่าของแต่ละพลังงาน แต่

เนื่องจากผู้ทำการวิจัย ต้องการทราบความสามารถในการตรวจสอบในช่วงที่มีความหนาต่ำกว่า 4 มิลลิเมตร ดังนั้นที่ระดับพลังงาน 130 kV และ 160 kV เอกซ์โพเชอร์ต่ำสุดของ 130 kV และ 160 kV จึงทำการเลือกค่าเอกซ์โพเชอร์ที่ต่ำลงมา ซึ่งการเลือกค่าเอกซ์โพเชอร์ให้อยู่ในแต่ละความหนานั้น ทางผู้ทำการวิจัยนั้นได้ศึกษาความสัมพันธ์ของฟิล์ม ตามตารางที่ 3.1 พบว่า ในฟิล์มที่มีความไวแสงต่ำกว่า จะต้องใช้เอกซ์โพเชอร์ที่มากกว่า 2.8 เท่า ดังนั้นที่ระดับพลังงานและเอกซ์โพเชอร์เดียวกัน ฟิล์มที่มีความไวแสงต่ำกว่า จะสามารถตรวจสอบได้ในช่วงความหนาที่ต่ำกว่านั่นเอง

3.2. กระบวนการล้างฟิล์ม

3.2.1 การเตรียมสารเคมีที่จะใช้ล้างฟิล์ม

ในกระบวนการล้างฟิล์มนั้นจะมีทั้งหมด 4 กระบวน ซึ่งใน 4 กระบวนการนี้จะมี 2 กระบวนการที่ต้องใช้สารเคมี เพื่อทำปฏิกิริยากับฟิล์ม คือ กระบวนการสร้างภาพ และ ฟิกซิ่ง ซึ่งทั้ง 2 กระบวนการนั้นจะทำการผสมสารเคมีในอัตราส่วน 1:4 กล่าวคือ สารเคมี 1 ส่วนต่อน้ำเปล่า 4 ส่วน ยกตัวอย่างเช่น ในการทดลองนี้ จะใช้สารเคมี 1 ลิตร ต่อน้ำเปล่า 4 ลิตร ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานตามที่ผู้ผลิตได้ทำการระบุไว้

3.2.2 ขั้นตอนการล้างฟิล์ม

ขั้นตอนการล้างฟิล์ม จะมีกระบวนการ 4 ขั้นตอน ดังตารางที่ 3.2 โดยควบคุมอุณหภูมิของน้ำยาสร้างภาพอยู่ที่ 20ºC

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงกระบวนการล้างฟิล์ม

กระบวนการล้างฟิล์ม	เวลาที่ใช้(นาที)
การสร้างภาพ (Developing)	5
การกันชน (Stop bath)	3
ฟิกซิ่ง (Fixing)	5
การล้างน้ำยา (Washing)	10

รูปที่ 3.10 อุปกรณ์ที่ใช้ในการล้างฟิล์ม

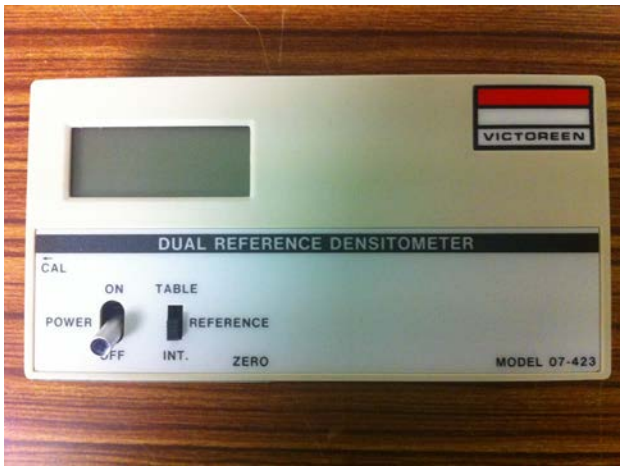
3.2.3 ขั้นตอนการอบฟิล์มให้แห้ง

นำฟิล์มที่ผ่านการล้างน้ำ มาทำการอบฟิล์มให้แห้ง โดยควบคุมอุณภูมิ ไม่ให้เกิน 50ºC ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใช้สำหรับการอบฟิล์ม และไม่ทำให้ฟิล์มเสียหาย ดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.11 อุปกรณ์ที่ใช้ในการอบฟิล์ม

3.3 การวัดความเข้มของฟิล์ม

เมื่อฟิล์มได้ผ่านกระบวนการล้างฟิล์มทั้งหมดแล้ว จะนำฟิล์มมาวัดความเข้มของฟิล์ม (Density) โดยทำการวัดความเข้มตรงกลางฟิล์มในแต่ละช่วงความหนาของฟิล์มที่ทดสอบทุกครั้ง โดยใช้เครื่องมือที่วัดความเข้มของฟิล์ม (Densitometer) ดังภาพที่ 3.11 ทำการวัดความเข้มของฟิล์มที่ได้จากการทดลอง โดยจะทำการเปรียบเทียบกับแผ่นมาตรฐานดังภาพที่ 3.12 โดยค่าความเข้มของฟิล์มที่ต่ำสุด และสูงสุดที่สามารถยอมรับได้ ในการวิเคราะห์ จะอ้างอิงตามมาตรฐาน ASME Section V Article 2 Edition 2010 คือที่ ความเข้มของฟิล์มนั้น จะต้องมีความเข้มไม่น้อยกว่า 1.8 และไม่เกิน 4.0 ของการทดสอบแบบฟิล์มเดียว (Single film) แต่ถ้าทดสอบแบบหลายฟิล์ม จะต้องมีความเข้มในแต่ละฟิล์มไม่น้อยกว่า 1.3



รูปที่ 3.12 Densitometer ที่ใช้การทดลอง

รูปที่ 3.13 แผ่นมาตรฐาน ที่ใช้เปรียบเทียบความเข้มกับ Densitometer

3.4 การบันทึกผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

เมื่อทำการวัดความเข้มฟิล์มที่ได้จากการทดลองต่างๆแล้ว จะทำการบันทึกผลของความเข้มของฟิล์มที่วัดค่าได้ในแต่ละความหนาลงในตารางผลการต่างๆดังนี้ ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองแบบฟิล์มเดี่ยว ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองแบบหลายฟิล์ม ของฟิล์มชนิดเดียวกัน และ ตารางที่ 3.5 ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองแบบหลายฟิล์ม ของฟิล์มต่างชนิดกัน

เมื่อทำการทดลอง และบันทึกค่าความเข้ม ที่สามารถตรวจสอบได้ ลงในตารางบันทึก จะสามารถหาค่าเฉลี่ยความเข้มของแต่ละความหนาได้ โดยที่ในการทดสอบแบบซ้อนฟิล์มนั้น จะต้องแปรผล ทั้ง 2 แบบ คือการแปรผลแบบฟิล์มเดียว และแปรผลแบบซ้อนฟิล์ม แล้วจึงทำการหาค่าเฉลี่ยของการทดลอง และเมื่อได้ผลการทดลองทั้งหมดแล้ว จะนำข้อมูลมาสร้างกราฟ เพื่อแสดงความสามารถในการตรวจสอบของแต่ละรูปแบบ โดยที่ค่าความเข้มที่จะสามารถตรวจสอบได้นั้น จะต้องอยู่ในมาตรฐานการยอมรับ ทั้งการแปรผลแบบฟิล์มเดียว และการแปรผลแบบซ้อนฟิล์ม หลังจากนั้นจะนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ เพื่อศึกษาถึงความสามารถในการตรวจสอบด้วยภาพถ่ายรังสี ในชิ้นงานที่มีความหนาแตกต่างกัน ในแต่ละรูปแบบ และศึกษาความสัมพันธ์ของค่าตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อการตรวจสอบชิ้นงานที่มีหลายความหนา และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรมได้

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองแบบฟิล์มเดียว

ความหนาชิ้นงาน	ผลการวัดความเข้มของฟิล์มที่ค่าความหนาต่างๆ								
	ทดสอบที่ค่าพลังงาน 100 kV								
	20 mA.Min		ค่าเฉลี่ย	40 mA.Min		ค่าเฉลี่ย	80 mA.Min		ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
	ฟิล์มเดียว	ฟิล์มเดียว		ฟิล์มเดียว	ฟิล์มเดียว		ฟิล์มเดียว	ฟิล์มเดียว	
	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1		ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1		ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									

ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองแบบหลายฟิล์ม ของฟิล์มชนิดเดียวกัน

ความหนาชิ้นงาน	ผลการวัดความเข้มของฟิล์มที่ค่าความหนาต่างๆ																							
	ทดสอบที่ค่าพลังงาน 100 kV																							
	20 mA.Min								40 mA.Min								80 mA.Min							
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย (ฟิล์มเดี่ยว)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย (ฟิล์มคู่)	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย (ฟิล์มเดี่ยว)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย (ฟิล์มคู่)	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย (ฟิล์มเดี่ยว)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย (ฟิล์มคู่)
	ฟิล์มเดี่ยว		ฟิล์มเดี่ยว			ฟิล์มคู่	ฟิล์มคู่		ฟิล์มเดี่ยว		ฟิล์มเดี่ยว			ฟิล์มคู่	ฟิล์มคู่		ฟิล์มเดี่ยว		ฟิล์มเดี่ยว			ฟิล์มคู่	ฟิล์มคู่	
	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 2	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 2					ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 2	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 2					ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 2	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 2				
1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								
8																								
9																								
10																								
11																								
12																								
13																								
14																								
15																								

ตารางที่ 3.5 ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองแบบหลายฟิล์ม ของฟิล์มต่างชนิดกัน

ความหนาชิ้นงาน	ผลการวัดความเข้มของฟิล์มที่ค่าความหนาต่างๆ																											
	ทดสอบที่ค่าพลังงาน 100 kV																											
	20 mA.Min									40 mA.Min									80 mA.Min									
	AA400 ฟิล์มเดี่ยว		ค่าเฉลี่ย (ฟิล์มเดี่ยว)	MX125 ฟิล์มเดี่ยว		ค่าเฉลี่ย (ฟิล์มเดี่ยว)	ครั้งที่ 1 ฟิล์มคู่	ครั้งที่ 2 ฟิล์มคู่	ค่าเฉลี่ย (ฟิล์มคู่)	AA400 ฟิล์มเดี่ยว		ค่าเฉลี่ย (ฟิล์มเดี่ยว)	MX125 ฟิล์มเดี่ยว		ค่าเฉลี่ย (ฟิล์มเดี่ยว)	ครั้งที่ 1 ฟิล์มคู่	ครั้งที่ 2 ฟิล์มคู่	ค่าเฉลี่ย (ฟิล์มคู่)	AA400 ฟิล์มเดี่ยว		ค่าเฉลี่ย (ฟิล์มเดี่ยว)	MX125 ฟิล์มเดี่ยว		ค่าเฉลี่ย (ฟิล์มเดี่ยว)	ครั้งที่ 1 ฟิล์มคู่	ครั้งที่ 2 ฟิล์มคู่	ค่าเฉลี่ย (ฟิล์มคู่)
	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 2		ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 2					ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 2		ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 2					ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 2		ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 2				
1																												
2																												
3																												
4																												
5																												
6																												
7																												
8																												
9																												
10																												
11																												
12																												
13																												
14																												
15																												