

การศึกษาการตรวจสอบด้วยภาพถ่ายรังสี ในชิ้นงานที่มีหลายความหนาแตกต่างกัน โดยใช้เทคนิคหลายฟิล์ม

Study of radiographic testing of multiple thicknesses by using multiple film technique

พิสิษฐ์ วิชานนะ^{1*} บวรโชค ผู้พัฒน์²

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

E-mail: bpoopat@yahoo.com *

Pisit Vichanna^{1*} Bovornchok Poopat²

^{1,2}Department of Production Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of

Technology Thonburi, Bangkok

E-mail: bpoopat@yahoo.com *

บทคัดย่อ

โดยทั่วไปการตรวจสอบโดยไม่ทำลายด้วยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี ในชิ้นงานที่มีหลายความหนา จะทำการตรวจสอบโดยการทดสอบทีละฟิล์ม และใช้กราฟเอกซ์โพซิเจอร์หลายกราฟ ทำให้เสียเวลาและงบประมาณในการทำงานหลายครั้ง งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาวิธีการตรวจสอบโดยใช้เทคนิคหลายฟิล์ม เพื่อทำการตรวจสอบชิ้นงานที่มีหลายความหนา โดยการเตรียมชิ้นงานเหล็ก ที่มีหลายความหนา ซึ่งมีความหนาตั้งแต่ 1 – 15 มิลลิเมตร แล้วทำการทดสอบถ่ายภาพด้วยรังสี โดยใช้ฟิล์ม KODAK AA400 และ MX125 เพื่อหาค่าเอกซ์โพซิเจอร์ที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานในแต่ละช่วงความหนา ซึ่งคุณภาพของฟิล์มนั้นจะพิจารณาจากความเข้มของฟิล์มและตัวชี้วัดแบบเส้นลวด โดยประเมินตามมาตรฐานที่กำหนดจาก ASME Section V ผลการวิจัยพบว่า เทคนิคนี้สามารถปรับปรุงระยะจุดของฟิล์ม ทำให้สามารถเพิ่มช่วงความหนาที่สามารถตรวจสอบได้

คำหลัก หลายความหนา เทคนิคหลายฟิล์ม เอกซ์โพซิเจอร์

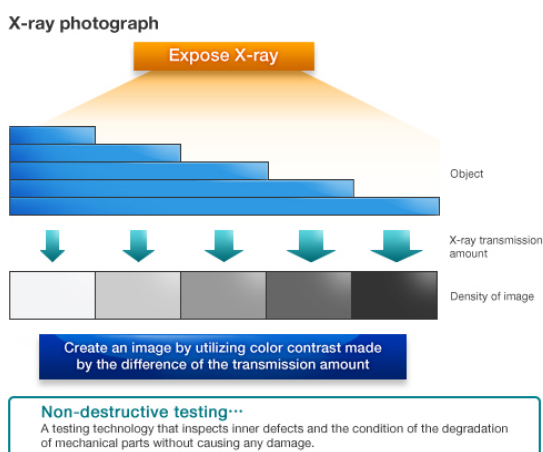
Abstract

In general, radiographic testing of the part with multiple thicknesses requires many exposures for each range of thickness. This leads to time consuming and operating cost. The objective of this study is to propose radiographic testing by using multiple film technique to inspect the part with multiple thicknesses. In this study, carbon steel plate with the thicknesses of 1-15 mm was used to simulate various thicknesses of the part. Two types of films having different film speed, Kodak AA400 and MX125, were used. Radiographic exposure chart was proposed. Image quality such as density requirement and required essential wire was also evaluated to ASME sec V. The results showed that this technique could improve the latitude of the film resulting in increasing thickness range of the part that could be inspected.

Keywords: Multiple thicknesses, Multiple film technique, Exposure

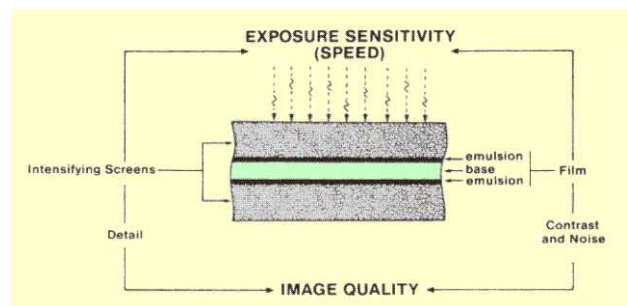
1. บทนำ

การถ่ายภาพด้วยรังสีในการตรวจสอบโดยไม่ทำลายนั้น มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เพื่อใช้ในการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพของชิ้นงานในอุตสาหกรรม ยกตัวอย่างเช่น การตรวจสอบรอยเชื่อมต่อระหว่างท่อหรือชิ้นงานทั่วไป ซึ่งมีข้อดีหลายอย่าง เช่น สามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ เนื่องจากมีการถ่ายภาพเป็นหลักฐานไว้ แต่ก็มีข้อจำกัดหลายอย่างเช่นกัน เช่น ต้องเข้าถึงชิ้นงานตรวจสอบทั้ง 2 ด้าน, ข้อจำกัดทางด้านความหนาของชิ้นงาน ซึ่งจะสามารถตรวจสอบได้กับชิ้นงานที่มีความหนา เพียงความหนาเดียว หรือไม่ก็ต่างกันเพียงเล็กน้อย ซึ่งเกิดจากการดูดซับรังสี[1] ตามความหนาที่แตกต่างกัน ในกรณีของวัสดุชนิดเดียวกัน โดยที่ บริเวณชิ้นงานที่มีความหนามากกว่า จะสามารถดูดซับรังสีได้มากกว่า ดังนั้นปริมาณรังสีที่ตกกระทบไปยังฟิล์ม จะมีปริมาณน้อยกว่า ทำให้ความเข้มของฟิล์ม (Density) นั้นต่ำกว่า ดังแสดงในรูปที่ 1 ส่วนบริเวณที่มีความหนาน้อยกว่า จะมีความเข้มที่มากกว่า แต่ถ้าในกรณีที่วัสดุต่างชนิดกัน จะขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์การดูดซับรังสี ของแต่ละวัสดุด้วย ซึ่งความแตกต่างของความหนานั้น จะหมายถึง ละติจูด ของช่วงความหนา ดังนั้นในงานอุตสาหกรรมจริง ๆ แล้ว ในชิ้นงานที่มีความหนาหลายความหนา จะทำให้ต้องเสียเวลาและงบประมาณในการถ่ายภาพรังสี หลายครั้ง



รูปที่ 1 ความแตกต่างของความเข้มของฟิล์ม ตามความหนาที่แตกต่างกัน ในกรณีของวัสดุชนิดเดียวกัน [2]

จากงานวิจัยที่ผ่านมา ได้มีการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อละติจูดของการทดสอบการถ่ายภาพด้วยรังสี[3] มาแล้ว แต่ยังไม่ได้ศึกษาวิธีการนำไปใช้งาน ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จะทำการปรับปรุงและศึกษาการตรวจสอบด้วยภาพถ่ายรังสี ในชิ้นงานที่มีหลายความหนาใน 1 ชิ้นงาน โดยใช้เทคนิคหลายฟิล์ม (Multiple film technique, Double film technique) เพื่อลดเวลาและจำนวนครั้งในการตรวจสอบ รวมถึงศึกษาแนวทางการเลือกใช้ค่าตัวแปรที่เหมาะสมในการตรวจสอบชิ้นงาน โดยใช้เทคนิคหลายฟิล์ม ซึ่งคุณภาพของฟิล์มนั้นจะพิจารณาจากความเข้มของฟิล์ม และตัววัดคุณภาพของภาพถ่ายรังสี (Image Quality Indicator, IQI) ว่าเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดของ ASME Section V [4] หรือไม่ ซึ่งจากมาตรฐานของ ASME Section V Article 2 ได้กำหนดไว้ว่า ความเข้มของฟิล์มนั้น จะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 1.8 และไม่เกิน 4.0 ของการทดสอบแบบฟิล์มเดี่ยว (Single film) แต่ถ้าทดสอบแบบหลายฟิล์ม จะต้องมีค่าความเข้มในแต่ละฟิล์มไม่น้อยกว่า 1.3 ซึ่งเทคนิคหลายฟิล์มนั้นจะแตกต่างจากเทคนิคฟิล์มเดี่ยวคือ จะบรรจุฟิล์มเข้าไปในระหว่าง Intensifying screen มากกว่า 1 แผ่น แต่เทคนิคแบบฟิล์มเดี่ยว จะบรรจุฟิล์มเพียง 1 แผ่น ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการบรรจุฟิล์ม ของเทคนิคแบบฟิล์มเดี่ยว [5]

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาความสามารถในการตรวจสอบด้วยภาพถ่ายรังสี ในชิ้นงานที่มีความหนาแตกต่างกัน โดยใช้เทคนิคหลายฟิล์ม และสามารถเลือกตัวแปรต่างๆที่เหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรมได้

2. วิธีการทดลอง

2.1.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

จากหลักการการดูดซับรังสีที่แตกต่างกัน ตามความหนาของวัสดุ ในกรณีของวัสดุชนิดเดียวกัน เพื่อที่จะศึกษาความแตกต่างของความเข้มในแต่ละความหนารวมถึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานในอุตสาหกรรมได้นั้น วัสดุที่เลือกใช้ในการทดลองนี้จึงเป็น เหล็กกล้า เนื่องจากมีการใช้งานกันเป็นจำนวนมาก โดยเป็นชิ้นงานแบบชิ้นแบนใด ซึ่งแต่ละชั้นจะมีความหนาแตกต่างกัน 1 มิลลิเมตร ตามลำดับ ตั้งแต่ความหนา 1 มิลลิเมตร ถึง 15 มิลลิเมตร และทำการทดสอบโดยใช้ฟิล์ม KODAK AA400 และ MX125 ซึ่งมีความไวในการตรวจสอบแตกต่างกัน โดยฟิล์มชนิด AA400 มีความไวในการตรวจสอบปานกลาง ส่วนฟิล์มชนิด MX125 มีความไวในการตรวจสอบช้า ซึ่งเมื่อนำมาทดสอบโดยใช้เทคนิคหลายฟิล์มนั้น จะทำให้สามารถรับภาพได้แตกต่างกัน โดยใช้ฉากกรองรังสี (Intensifying screen, Lead screen) ที่มีความหนา 0.005 นิ้วหรือ 0.127 มิลลิเมตร

2.1.2 อุปกรณ์และการเตรียมทดลอง

ในการทดลองนี้จะนำชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon steel) แบบชิ้นแบนใด มาทำการทดสอบโดยการนำมาทดสอบกับเครื่องทดสอบรังสี เอกซเรย์ โดยมีขนาดของต้นกำเนิดรังสี (Focal spot size) ที่ 3 มิลลิเมตร ระยะจากต้นกำเนิดรังสีถึงฟิล์ม (Source to film distance, SFD) นั้น มีค่าอยู่ที่ 700 มิลลิเมตร มีแผ่นกรองรังสี (Filter) อลูมิเนียมความหนา 2 มิลลิเมตร และใช้ IQI แบบเส้นลวด เป็นตัววัดคุณภาพของชิ้นงาน

2.2 การดำเนินการทดลอง

ในการทดลองนี้จะดำเนินการทดลองทั้งหมด 5 แบบ ดังนี้

- ทดลองแบบฟิล์มเดี่ยว ชนิด AA400
- ทดลองแบบฟิล์มเดี่ยว ชนิด MX125
- ทดลองแบบหลายฟิล์ม ชนิด AA400
- ทดลองแบบหลายฟิล์ม ชนิด MX125
- ทดลองแบบหลายฟิล์ม โดยใช้ฟิล์ม AA400 และ MX125 อย่างละฟิล์ม

โดยที่งานวิจัยนี้จะเริ่มทำการทดลองในทุกแบบเหมือนกันตามลำดับดังนี้

1. ทำการโหลดฟิล์มในห้องมืด

2. นำไปทดสอบรังสี ตามระดับพลังงาน (kV) และเอกซโพเชอร์ (Exposure) ที่กำหนดไว้ ดังตารางที่ 1 ในทุกรูปแบบ

ตารางที่ 1 ค่า kV และ Exposure ที่ใช้ในการทดลอง

kV	เอกซโพเชอร์ (mA.min)		
	20	40	80
100	20	40	80
130	3	15	30
160	2	8	15

จากตารางที่ 1 เป็นตารางแสดงค่าของการทดลอง โดยที่ kV คือ ค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้า ที่สามารถส่งผลให้รังสีส่องผ่านขึ้นได้ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ kV ที่แตกต่างกันเพื่อดูความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน ในแต่ละช่วงของระยะจุด ส่วน Exposure นั้นเป็นผลคูณระหว่างกระแสไฟฟ้ากับเวลาในการฉายรังสี ตัวอย่างเช่น ต้องการ Exposure ที่ 15 mA.min คือ ใช้กระแสไฟฟ้าที่ 3 mA และใช้เวลา 5 นาที หรือใช้กระแสไฟฟ้า 5 mA และใช้เวลา 3 นาที เป็นต้น ซึ่งค่า Exposure ที่ใช้นั้นเลือกใช้ให้ครอบคลุมความหนา และเหมาะสมตามค่า kV

3. นำฟิล์มที่ผ่านกระบวนการทดสอบรังสีแล้ว เข้ากระบวนการล้างฟิล์ม ดังแสดงกระบวนการล้างในตารางที่ 2 โดยที่ควบคุมอุณหภูมิ ของการสร้างภาพ (Developing) ไว้ที่ 20 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมินี้เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการล้างฟิล์ม

ตารางที่ 2 กระบวนการล้างฟิล์ม

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

ในกระบวนการล้างฟิล์มนั้นจะมีทั้งหมด 4 กระบวนการ ซึ่งใน 4 กระบวนการนี้จะมี 2 กระบวนการที่ต้องใช้สารเคมี เพื่อทำปฏิกิริยากับฟิล์ม คือ กระบวนการสร้างภาพ และ ฟอกซิง ซึ่งทั้ง 2 กระบวนการนั้น จะทำการผสมสารเคมีในอัตราส่วน 1 : 4 กล่าวคือ สารเคมี 1 ส่วนต่อน้ำเปล่า 4 ส่วน โดยที่กระบวนการล้างฟิล์มนั้นเริ่มจากกระบวนการสร้างภาพ เพื่อให้ฟิล์มที่ได้รับรังสีนั้น เกิดการสร้างภาพขึ้นมาบนฟิล์ม ต่อมาคือการกันชน คือ กระบวนการ

ป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนของสารเคมีในกระบวนการพิกซิง เนื่องจากสารสร้างภาพนั้น มีฤทธิ์เป็นด่าง แต่สารพิกเซอร์นั้นมีฤทธิ์เป็นกรด ดังนั้นหากนำฟิล์มจากกระบวนการสร้างภาพ จุ่มลงในกระบวนการพิกซิงทันที จะทำให้สารเคมีในกระบวนการพิกซิงเกิดการปนเปื้อนและเสื่อมสภาพได้ ต่อมาคือ กระบวนการพิกซิง จะทำหน้าที่หยุดการทำงานของสารสร้างภาพ และทำให้สารเคลือบแข็งตัว และกระบวนการสุดท้าย คือ การล้างน้ำยาเป็นกระบวนการที่ป้องกันสารพิกเซอร์ ไม่ให้ตกค้างอยู่บนฟิล์ม ซึ่งสารพิกเซอร์ที่ตกค้างจะเป็นผลเสียต่อฟิล์ม [6]

3. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ตารางที่ 3 ผลการทดลองของทุกรูปแบบ

รูปแบบ	KV	ขนาดฟิล์ม (mm)	ความหนาแน่น (เฉลี่ย)																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
ฟิล์มชนิด AA400	100	20	AA400	5.26	4.15	2.95	1.94	1.27	0.91	0.68	0.54	0.45	0.39	0.35						
		40	AA400		5.29	4.55	3.15	2.16	1.53	1.10	0.82	0.65	0.53	0.45	0.41					
		80	AA400			4.76	3.58	2.54	1.61	1.32	0.98	0.75	0.59	0.49	0.44					
		3	AA400	3.83	2.62	1.91	1.41	1.10	0.89	0.74	0.62	0.55	0.48	0.44	0.41	0.39	0.38			
		15	AA400				5.10	4.08	3.24	2.57	2.06	1.68	1.38	1.14	0.96	0.84	0.81			
		30	AA400							5.31	4.30	3.54	2.90	2.41	1.98	1.67	1.44	1.35		
	180	2	AA400		3.98	2.95	2.29	1.80	1.46	1.21	1.01	0.85	0.73	0.64	0.55	0.49	0.44			
		8	AA400					4.61	3.48	3.36	2.66	2.44	2.10	1.76	1.52	1.32	1.22			
		15	AA400							4.59	4.36	3.76	3.27	2.79	2.42	2.12	1.98			
		20	MX125	3.76	2.52	1.38	0.89	0.63	0.47	0.37	0.31	0.27	0.24							
		40	MX125		3.98	2.55	1.61	1.10	0.77	0.57	0.45	0.37	0.31	0.28						
		80	MX125			4.30	2.82	1.91	1.30	0.93	0.68	0.53	0.43	0.36	0.32					
ฟิล์มชนิด MX125	100	3	MX125	2.98	1.79	1.18	0.85	0.65	0.52	0.44	0.38	0.34								
		15	MX125		4.51	3.32	2.42	1.84	1.41	1.11	0.89	0.73	0.61	0.51	0.45	0.40				
		30	MX125				5.45	4.18	3.25	2.51	1.96	1.54	1.24	1.01	0.82	0.69	0.60	0.55		
		2	MX125	3.85	2.16	1.54	1.17	0.91	0.75	0.63	0.54	0.47	0.41	0.37	0.34					
		8	MX125		4.80	3.67	3.09	2.48	2.03	1.69	1.40	1.18	1.01	0.85	0.74	0.65				
		15	MX125				4.78	3.58	3.27	2.71	2.49	1.96	1.50	1.35	1.16	1.00	0.93			
	180	20	AA400			4.52	3.06	2.71	1.39	0.98	0.73	0.57	0.46	0.40	0.36	0.33				
		40	AA400				3.89	2.76	1.95	1.44	1.12	0.92	0.79	0.68	0.63					
		80	AA400				4.98	3.45	2.43	1.70	1.22	0.91	0.71	0.57	0.48	0.43	0.41			
		2	AA400				4.83	3.34	2.42	1.79	1.38	1.13	0.94	0.83	0.80					
		8	AA400				5.42	4.06	2.92	2.09	1.52	1.14	0.89	0.71	0.60	0.57				
		15	AA400							5.09	4.15	3.02	2.27	1.77	1.40	1.18	1.11			
ฟิล์มชนิด AA400 + AA400	100	3	AA400	3.92	2.72	1.98	1.47	1.14	0.91	0.74	0.62	0.54	0.47	0.42						
		15	AA400		5.36	3.95	2.92	2.28	1.79	1.46	1.23	1.05	0.92	0.82						
		30	AA400			5.81	4.69	3.79	3.01	2.45	1.93	1.56	1.31	1.07	0.91	0.80				
		2	AA400						6.11	4.77	3.93	3.11	2.57	2.12	1.77	1.58				
		8	AA400						5.10	4.22	3.45	2.82	2.31	1.88	1.57	1.36	1.25			
		15	AA400																	
	180	2	AA400	4.44	3.34	2.59	2.02	1.57	1.35	1.13	0.96	0.83	0.73	0.64	0.57	0.52				
		8	AA400																	
		15	AA400																	
		20	MX125																	
		40	MX125																	
		80	MX125																	
ฟิล์มชนิด MX125 + MX125	100	3	MX125	4.14	2.48	1.57	1.01	0.71	0.53	0.41	0.35	0.30								
		15	MX125			4.90	3.10	1.99	1.40	1.03	0.81	0.65	0.57							
		30	MX125			4.30	2.78	1.78	1.20	0.84	0.62	0.48	0.39	0.34	0.30					
		2	MX125						5.51	3.53	2.37	1.65	1.21	0.94	0.76	0.65	0.57			
		8	MX125						4.60	3.94	3.07	1.41	0.99	0.73	0.56	0.45	0.38	0.34	0.32	
		15	MX125																	
	180	2	MX125	3.62	2.30	1.85	1.24	0.97	0.79	0.66	0.56	0.49	0.43	0.39	0.36					
		8	MX125			4.67	3.27	2.45	1.90	1.55	1.28	1.09	0.94	0.84	0.76	0.69				
		15	MX125				5.15	4.08	3.20	2.59	2.10	1.72	1.43	1.20	1.03	0.87	0.76	0.67		
		20	MX125						5.15	4.16	3.43	2.84	2.39	2.03	1.72	1.49	1.32			
		40	MX125							4.94	4.09	3.38	2.85	2.33	1.98	1.69	1.39	1.19	1.04	0.93
		80	MX125										4.63	3.87	3.29	2.79	2.36	2.05	1.83	
ฟิล์มชนิด AA400 + MX125	100	20	AA400			4.56	3.10	2.04	1.40	0.99	0.73	0.57	0.45	0.39						
		40	MX125			4.00	2.38	1.48	0.94	0.66	0.48	0.38	0.31	0.27	0.24					
		80	AA400				4.86	3.40	2.38	1.66	1.19	0.89	0.69	0.56						
		2	MX125			5.97	3.93	2.56	1.62	1.10	0.78	0.58	0.44	0.37	0.32					
		8	AA400				5.44	4.14	2.98	2.14	1.56	1.15	0.90	0.71	0.60					
		15	MX125				4.60	3.05	2.07	1.41	0.99	0.73	0.56	0.45	0.38	0.33				
	180	3	AA400	5.46	3.79	2.53	1.92	1.42	1.10	0.87	0.71	0.60	0.51	0.46	0.41	0.37				
		15	MX125			3.18	1.94	1.25	0.91	0.67	0.54	0.45	0.39	0.34	0.30	0.28	0.26			
		30	AA400				5.95	4.83	3.93	3.12	2.47	1.96	1.50	1.31	1.07	0.90	0.80			
		2	MX125				4.67	3.45	2.53	1.93	1.48	1.15	0.92	0.75	0.63	0.53	0.46	0.41		
		8	AA400						5.68	4.31	3.37	2.61	2.04	1.61	1.29	1.05	0.86	0.72	0.63	
		15	MX125						5.91	4.43	3.52	2.67	2.00	1.61	1.31	1.09	0.92	0.78	0.68	0.59
100	2	MX125	3.52	2.31	1.62	1.22	0.95	0.77	0.64	0.54	0.47	0.42	0.38	0.34	0.31	0.29				
	8	AA400						5.80	4.72	4.02	3.40	2.89	2.45	2.11	1.79	1.54	1.35			
	15	AA400						4.92	3.80	3.07	2.49	2.02	1.67	1.36	1.17	1.00	0.85	0.74	0.65	
	20	AA400																		
	40	MX125						4.92	4.10	3.40	3.02	2.55	1.96	1.67	1.41	1.21	1.05	1.00		

จากตารางที่ 3 นำผลการทดลองของค่าความเข้มมาเขียน

เป็นตาราง และทำการเลือกค่าความเข้ม ที่เป็นไปตามมาตรฐาน ASME Section V Article 2 ที่ได้กำหนดไว้ โดยที่ค่าความเข้มในการทดสอบแบบฟิล์มเดี่ยว จะต้องอยู่ในช่วง 1.8 – 4.0 แต่ในการทดสอบแบบซ้อนฟิล์ม แต่ละฟิล์มจะต้องมีความเข้มของแต่ละฟิล์มไม่น้อยกว่า 1.3 ถึงจะสามารถนำมาแปรผลแบบซ้อนฟิล์มได้ ยกตัวอย่าง เช่น การทดสอบแบบซ้อนฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มชนิด AA400 ที่ 130 KV, 30 mA.min นั้น สามารถแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยวได้ที่มีความหนา 10 – 12 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.45 – 1.89 และแปรผลแบบซ้อนฟิล์มได้ที่ 12 – 14 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.75 – 2.71 แต่ที่ความหนา 15 นั้น ไม่สามารถที่จะนำมาแปรผลได้ เนื่องจาก ความเข้มในแต่ละฟิล์มนั้น มีความเข้มไม่ถึง 1.3 กล่าวคือ มีความเข้มที่ 1.26 ถึงแม้ว่าในการแปรผลแบบซ้อนฟิล์มจะได้ความ 2.49 ก็ตาม

3.1 ผลการศึกษาเทคนิคแบบฟิล์มเดี่ยว และ ผลกระทบทางด้าน KV

จากการศึกษาพบว่า เทคนิคแบบฟิล์มเดี่ยวนั้น จะให้ช่วงของระยะจุดที่น้อยที่สุด และทุกรูปแบบของการทดลองนั้น KV ที่สูงกว่า จะสามารถให้ช่วงของระยะจุดที่ดีกว่า KV ที่ต่ำกว่า

3.2 ผลการศึกษาเทคนิคแบบหลายฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มชนิดเดียวกัน

จากการศึกษาพบว่า เทคนิคการทดสอบแบบหลายฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มชนิดเดียวกันนั้น พบว่าสามารถให้ช่วงของระยะจุดที่ดีกว่า เทคนิคการทดสอบแบบฟิล์มเดี่ยว เนื่องจากสามารถแปรผลแบบซ้อนฟิล์มได้

3.3 ผลการศึกษาเทคนิคแบบหลายฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มต่างชนิดกัน

จากการศึกษาพบว่า เทคนิคการทดสอบแบบหลายฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มต่างชนิดกัน จะสามารถให้ช่วงของระยะจุดที่ดีที่สุด เนื่องจากฟิล์มทั้ง 2 ชนิด ให้ช่วงของระยะจุดที่แตกต่างกัน โดยที่ ฟิล์มชนิด MX125 จะสามารถตรวจสอบในช่วงที่ต่ำกว่า ส่วนฟิล์มชนิด AA400 จะสามารถตรวจสอบในช่วงที่สูงกว่า และเมื่อนำมาแปรผล จะได้ช่วงของระยะจุดที่มากที่สุด

3.4 การนำไปใช้งาน รวมถึงการเลือกใช้ค่าตัวแปรที่เหมาะสม

จากการศึกษาพบว่า ในแต่ละช่วงของระยะจุดนั้น จะ

เลือกใช้เทคนิคและค่าตัวแปรที่แตกต่างกัน ในกรณีในช่วงระยะจุดต่างกันเพียงเล็กน้อยไม่เกิน 5 มิลลิเมตร สามารถใช้การทดสอบแบบฟิล์มเดี่ยวได้ แต่ถ้าต้องการเพิ่มช่วงระยะจุด 1 - 2 มิลลิเมตร สามารถใช้การทดสอบแบบหลายฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มชนิดเดียวกันได้ แต่ถ้าช่วงระยะจุดต่างกันมากนั้น ควรใช้การทดสอบแบบหลายฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มต่างชนิดกัน

ตารางที่ 4 ตารางแนะนำการเลือกใช้ตัวแปรที่เหมาะสม

ความหนา (mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		M, 160(2)	M+M, 160(2)	A+M, 160(2)	A+M, 160(2)										
2			A, 130(3)	A, 130(3)	A+M, 160(2)										
3				A, 130(3)	A, 160(2)	A+A, 160(2)	A+A, 160(2)								
4					A, 160(2)	M, 130(15)	M+M, 130(15)	A+M, 130(15)	A+M, 130(15)	A+M, 130(15)	A+M, 160(8)	A+M, 160(8)			
5						M, 160(8)	M, 160(8)	A+M, 130(15)	A+M, 130(15)	A+M, 160(8)	A+M, 160(8)				
6							M, 130(30)	M, 130(30)	A+M, 130(15)	A+M, 130(15)	A+M, 160(8)				
7								M, 130(30)	M, 160(15)	M, 160(15)	M, 160(15)	A+M, 160(15)	A+M, 160(15)	A+M, 160(15)	A+M, 160(15)
8									A, 160(8)	A, 160(8)	A, 160(8)	A+M, 160(15)	A+M, 160(15)	A+M, 160(15)	A+M, 160(15)
9										A, 160(8)	A, 160(8)	A+M, 160(15)	A+M, 160(15)	A+M, 160(15)	A+M, 160(15)
10											A, 160(8)	A, 160(8)	A, 160(8)	A, 160(8)	A, 160(8)
11												A, 160(15)	A, 160(15)	A, 160(15)	A, 160(15)
12													A, 160(15)	A, 160(15)	A, 160(15)
13														A, 160(15)	A, 160(15)
14															A, 160(15)
15															

โดยที่ A = AA400
M = MX125

ตัวเลขหน้าวงเล็บ คือ KV ที่เหมาะสม

ตัวเลขในวงเล็บ คือ Exposure ที่เหมาะสม

ซึ่งจะต้องควบคุมตัวแปรต่างๆ ดังนี้

ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีถึงฟิล์ม (SFD)

= 700 มิลลิเมตร

ฉากกรองรังสี (Intensifying screen) ที่มีความหนา

= 0.127 มิลลิเมตร

จากตารางที่ 4 เป็นตารางแนะนำการเลือกใช้ตัวแปรที่เหมาะสมในการนำใช้งานในวัสดุเหล็กกล้าคาร์บอน ที่มีความหนาตั้งแต่ 1 มิลลิเมตร ถึง 15 มิลลิเมตร ซึ่งจะต้องควบคุมตัวแปรต่างๆ ดังนี้ ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีถึงฟิล์มเท่ากับ 700 มิลลิเมตร ฉากกรองรังสี ที่มีความหนาเท่ากับ 0.127 มิลลิเมตร โดยที่แกนนอน คือ ความหนาที่น้อยที่สุดในชิ้นงานที่จะทดสอบ ส่วนแกนนอนตั้ง คือ ความหนาที่มากที่สุดชิ้นงานที่จะทดสอบ ตัวอย่างเช่น ถ้าชิ้นงานที่จะทดสอบมีความหนาที่ 8 - 14 มิลลิเมตร

แนะนำให้ใช้การทดสอบแบบฟิล์มหลายฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มต่างชนิดกัน คือ AA400 และ MX125 ที่ 160kV, 15mA.min แต่ถ้าชิ้นงานที่จะทดสอบ มีระยะจุดต่างกันไม่มาก ตัวอย่างเช่น ชิ้นงานที่จะทดสอบมีความหนาที่ 8 - 11 มิลลิเมตร แนะนำให้ใช้การทดสอบแบบฟิล์มเดี่ยว โดยใช้ฟิล์มชนิด AA400 ที่ 160kV, 8 mA.min

4. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อศึกษาแนวทางการเลือกใช้ค่าตัวแปรที่เหมาะสมในการตรวจสอบชิ้นงาน โดยใช้เทคนิคหลายฟิล์มนั้นพบว่า เทคนิคแบบหลายฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มต่างชนิดกัน จะสามารถตรวจสอบช่วงของระยะจุดได้มากที่สุด ซึ่งเทคนิคนี้ในการแปรผลส่วนใหญ่ มักจะแปรผลแบบแยกฟิล์มเดี่ยว เนื่องจากฟิล์มที่ใช้ในการทดสอบ มีความไวที่แตกต่างกัน ทำให้ความเข้มที่ได้นั้น จะให้ช่วงของระยะจุดที่แตกต่างกัน โดยฟิล์มความไวช้า จะให้ช่วงของระยะจุดที่ต่ำกว่า แต่ฟิล์มความไวปานกลาง จะให้ช่วงของระยะจุดที่สูงกว่า ทำให้สามารถลดเวลาการตรวจสอบได้ และปัจจัยที่ส่งผลต่อช่วงระยะจุดอีกอย่างหนึ่ง คือ ค่า KV โดยที่ค่า KV ที่มากกว่า จะให้ช่วงระยะจุดที่มากกว่า ส่วนการแปรผลแบบซ้อนฟิล์ม ในการใช้ฟิล์มชนิดเดียวกันนั้น สามารถเพิ่มช่วงของระยะจุดได้มากขึ้นเช่นกัน ซึ่งเกิดจากการแปรผลแบบซ้อนฟิล์ม ซึ่งจะให้ช่วงระยะจุดที่เพิ่มขึ้นจากการแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว 1 - 2 มิลลิเมตร แต่ถ้าช่วงของระยะจุดไม่ต่างกันมาก ประมาณ 1 - 4 มิลลิเมตร ก็ควรเลือกใช้การทดสอบแบบฟิล์มเดี่ยวเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้ฟิล์ม

เอกสารอ้างอิง

- [1] นิธิ บุรณจันทร์. การตรวจสอบโดยใช้ภาพถ่ายรังสี. , ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, หน้า 37-38.
- [2] เข้าถึงได้
จาก: <http://www.fujifilmholdings.com/en/investors/pickup/20130522/index.html>
- [3] พีรพงศ์ สุพลเศรษฐ. 2554. ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระยะจุดของการทดสอบถ่ายภาพด้วยรังสี. งานวิจัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[4] The American Society of Mechanical Engineers.
2013. ASME Boiler & Pressure Vessel Code, V,
article 2.

[5] เข้าถึงได้จาก:

<http://www.sprawls.org/ppmi2/FILMSCR/>

[6] นิธิ บุรณจันทร์. การตรวจสอบโดยใช้ภาพถ่ายรังสี. ,
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์,
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ,
หน้า 136-141.