

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 ผลการทดสอบถ่ายภาพด้วยรังสีแบบฟิล์มเดี่ยว โดยใช้ฟิล์มความไวแสงปานกลาง (AA400)

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดความเข้มฟิล์มในวิธีทดสอบแบบฟิล์มเดี่ยวโดยใช้ฟิล์มความไวแสงปานกลาง (AA400) ที่ 100 kV

ความหนา ชิ้นงาน	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	
	ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว		ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว		ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว	
ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1				
1									
2	5.27	5.25	5.26						
3	4.15	4.15	4.15	5.28	5.29	5.29			
4	2.80	2.80	2.80	4.54	4.55	4.55			
5	1.83	1.84	1.84	3.16	3.14	3.15	4.81	4.71	4.76
6	1.26	1.27	1.27	2.20	2.18	2.19	3.60	3.51	3.56
7	0.90	0.91	0.91	1.53	1.52	1.53	2.56	2.51	2.54
8	0.68	0.68	0.68	1.10	1.09	1.10	1.82	1.80	1.81
9	0.54	0.54	0.54	0.82	0.81	0.82	1.34	1.30	1.32
10	0.45	0.45	0.45	0.65	0.64	0.65	0.98	0.97	0.98
11	0.39	0.39	0.39	0.53	0.53	0.53	0.75	0.74	0.75
12	0.35	0.35	0.35	0.45	0.45	0.45	0.59	0.58	0.59
13				0.40	0.41	0.41	0.49	0.48	0.49
14							0.44	0.43	0.44
15									

จากผลการทดลอง ในตารางที่ 4.1 พบว่า

ที่ 100 kV, 20 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับได้ที่ช่วงความหนา 4 – 5 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 2.80 – 1.84

ที่ 100 kV, 40 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับได้ที่ช่วงความหนา 5 – 6 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.15 – 2.19

ที่ 100 kV, 80 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับได้ที่ช่วงความหนา 6 – 8 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.56 – 1.81

ตารางที่ 4.2 ผลการวัดความเข้มฟิล์มในวิธีทดสอบแบบฟิล์มเดี่ยวโดยใช้ฟิล์มความไวแสงปานกลาง (AA400) ที่ 130 kV

ความหนา ชิ้นงาน	ผลการวัดความเข้มของฟิล์มที่ค่าความหนาต่างๆ								
	ทดสอบที่ค่าพลังงาน 130 kV								
	3 mA.Min		ค่าเฉลี่ย	15 mA.Min		ค่าเฉลี่ย	30 mA.Min		ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
	ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว		ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว		ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว	
ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1				
1									
2	3.81	3.85	3.83						
3	2.59	2.64	2.62						
4	1.89	1.92	1.91						
5	1.40	1.42	1.41	5.10	5.09	5.10			
6	1.09	1.11	1.10	4.08	4.07	4.08			
7	0.88	0.89	0.89	3.25	3.22	3.24	5.31	5.30	5.31
8	0.73	0.74	0.74	2.58	2.56	2.57	4.35	4.25	4.30
9	0.62	0.62	0.62	2.07	2.04	2.06	3.59	3.48	3.54
10	0.54	0.55	0.55	1.69	1.67	1.68	2.93	2.86	2.90
11	0.47	0.48	0.48	1.37	1.38	1.38	2.43	2.38	2.41
12	0.43	0.44	0.44	1.13	1.14	1.14	2.01	1.94	1.98
13	0.41	0.41	0.41	0.96	0.96	0.96	1.69	1.64	1.67
14	0.39	0.39	0.39	0.84	0.83	0.84	1.47	1.41	1.44
15	0.38	0.38	0.38	0.81	0.80	0.81	1.37	1.32	1.35

จากผลการทดลอง ในตารางที่ 4.2 พบว่า

ที่ 130 kV, 3 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับได้ที่ช่วงความหนา 2 – 4 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.83 – 1.91

ที่ 130 kV, 15 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับได้ที่ช่วงความหนา 7 – 9 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 4.08 – 2.06

ที่ 130 kV, 30 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับได้ที่ช่วงความหนา 9 – 12 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.54 – 1.98

ตารางที่ 4.3 ผลการวัดความเข้มฟิล์มในวิธีทดสอบแบบฟิล์มเดี่ยวโดยใช้ฟิล์มความไวแสงปานกลาง (AA400) ที่ 160 kV

ความหนา ชั้นงาน	ผลการวัดความเข้มของฟิล์มที่ค่าความหนาต่างๆ								
	ทดสอบที่ค่าพลังงาน 160 kV								
	2 mA.Min		ค่าเฉลี่ย	8 mA.Min		ค่าเฉลี่ย	15 mA.Min		ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
	ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว		ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว		ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว	
ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1				
1									
2	3.94	3.98	3.96						
3	2.94	2.96	2.95						
4	2.28	2.30	2.29						
5	1.79	1.81	1.80						
6	1.46	1.46	1.46	4.59	4.63	4.61			
7	1.20	1.21	1.21	3.93	3.96	3.95			
8	1.00	1.01	1.01	3.36	3.36	3.36	4.98	5.00	4.99
9	0.85	0.85	0.85	2.86	2.85	2.86	4.33	4.38	4.36
10	0.73	0.73	0.73	2.44	2.44	2.44	3.75	3.80	3.78
11	0.63	0.64	0.64	2.10	2.09	2.10	3.25	3.29	3.27
12	0.55	0.55	0.55	1.78	1.77	1.78	2.76	2.81	2.79
13	0.49	0.49	0.49	1.52	1.52	1.52	2.39	2.44	2.42
14	0.44	0.44	0.44	1.32	1.32	1.32	2.11	2.12	2.12
15				1.22	1.22	1.22	1.94	1.96	1.95

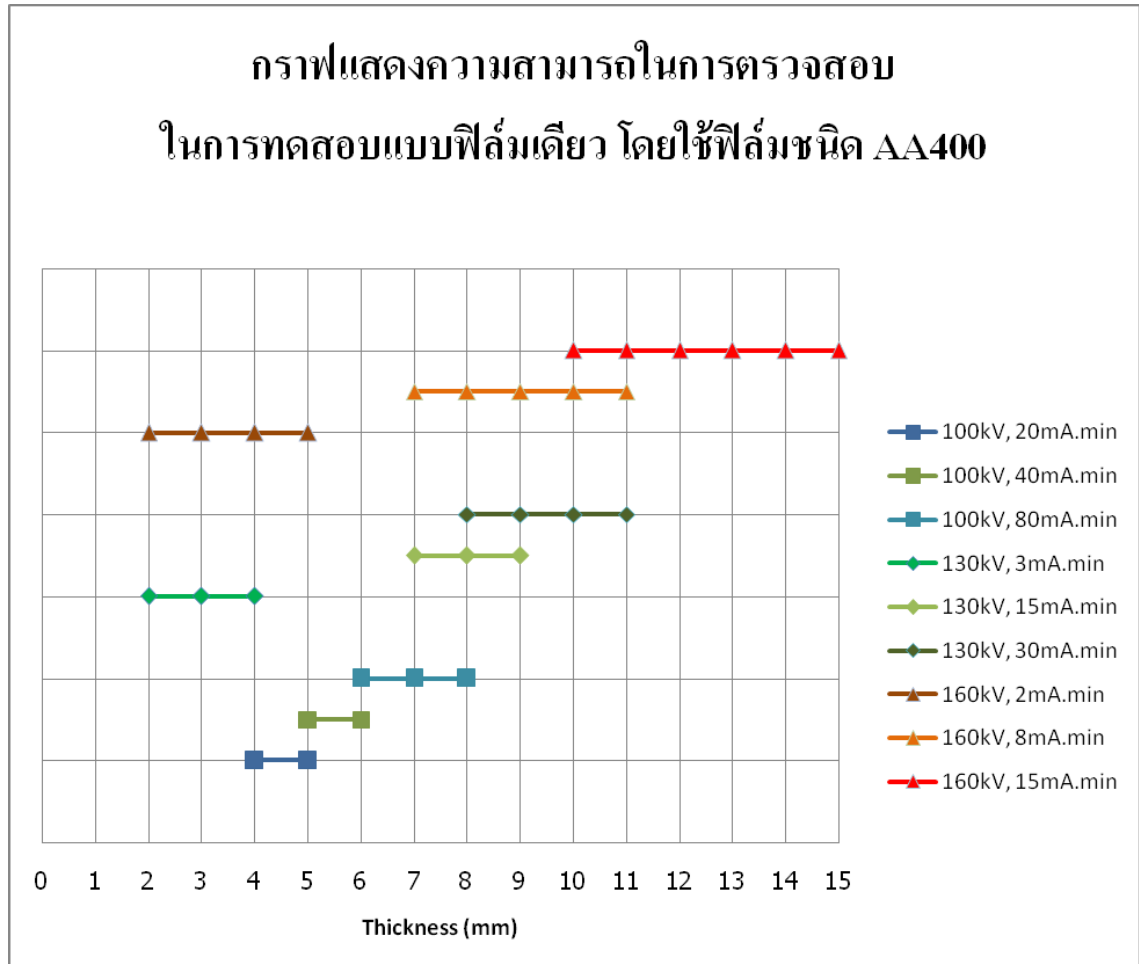
จากผลการทดลอง ในตารางที่ 4.3 พบว่า

ที่ 160 kV, 2 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับ ได้ที่ช่วงความหนา 2 – 5 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.96 – 1.80

ที่ 160 kV, 8 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับ ได้ที่ช่วงความหนา 7 – 11 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.95 – 2.10

ที่ 160 kV, 15 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับ ได้ที่ช่วงความหนา 10 – 15 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.78 – 1.95

จากผลการทดสอบถ่ายภาพด้วยรังสีแบบฟิล์มเดี่ยว โดยใช้ฟิล์มความไวแสงปานกลาง (AA400) ในตารางที่ 4.1 – 4.3 เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสามารถในการตรวจสอบ โดยเลือกค่าความเข้มที่เป็นไปตามมาตรฐานการยอมรับของASME คือ ยอมรับที่ 1.8 – 4.0 จะมีผลดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสามารถในการตรวจสอบ ในการทดสอบแบบฟิล์มเดี่ยว โดยใช้ฟิล์มชนิด AA400

จากรูปที่ 4.1 เมื่อทำการเลือกค่าความเข้มที่เป็นไปตามมาตรฐานการยอมรับของASME คือ ยอมรับที่ 1.8 – 4.0 จะสามารถเลือกใช้ตัวแปรที่เหมาะสม ตามช่วงของระยะของความหนา ของการทดสอบแบบฟิล์มเดี่ยว โดยใช้ฟิล์มชนิด AA400 ได้ ยกตัวอย่างเช่น ถ้ามีชิ้นงานที่มีความหนาอยู่ที่ 7 – 11 มิลลิเมตร เราสามารถตรวจสอบชิ้นงาน โดยใช้ตัวแปรที่ 160 kV, 8 mA.min แต่ถ้ามีชิ้นงานที่มีความหนาอยู่ที่ 8 – 11 มิลลิเมตร เราสามารถตรวจสอบชิ้นงาน โดยใช้ตัวแปรที่ 130 kV, 30 mA.min หรือ ที่ 160 kV, 8 mA.min ก็ได้ เนื่องจากทั้ง 2 ตัวแปรสามารถตรวจสอบในช่วงระยะจุดนี้ได้

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลจากกราฟที่ได้มาพบว่า ที่ระดับพลังงานสูง (160 kV) จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาได้มากกว่าที่ระดับพลังงานต่ำกว่า ตัวอย่างเช่น ที่ 160 kV, 15 mA.min สามารถตรวจสอบได้ช่วงความหนา 6 ความหนา คือ ตั้งแต่ 10 – 15 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับ ที่ 130 kV, 30 mA.min สามารถตรวจสอบได้ช่วงความหนา 4 ความหนา คือตั้งแต่ 8 – 11 มิลลิเมตร ซึ่งเห็นว่า ที่ 160 kV จะสามารถตรวจสอบได้มากกว่าที่ 130 kV อยู่ 2 ความหนา เป็นต้น และเมื่อวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 100 kV พบว่า ระดับพลังงานที่ต่ำ จะทำให้รังสี ไม่สามารถทะลุผ่านวัสดุ ที่มีความหนาสูงขึ้นได้ เนื่องจากความสามารถในการดูดกลืนรังสีจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ ความหนาของชิ้นงาน และระดับพลังงานของรังสีที่ใช้ ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีความหนาครึ่งค่า (HVL) กล่าวคือ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีจะแปรผกผันกับความหนาครึ่งค่า ดังนั้น ที่ระดับพลังงานของรังสีสูงขึ้น จะทำให้ปริมาณรังสีที่สามารถทะลุผ่านวัสดุมีปริมาณมากขึ้น แต่ถ้าระดับพลังงานที่ต่ำ ปริมาณรังสีจะถูกดูดกลืนไว้ในชิ้นงาน ทำให้รังสีที่สามารถทะลุผ่านวัสดุมีปริมาณน้อยลง หรือไม่สามารถผ่านได้

ดังนั้น ระดับพลังงาน (kV) จึงเป็นปัจจัยที่มีผลต่อละติจูด และความสามารถในการตรวจสอบในแต่ละช่วงความหนา กล่าวคือ การใช้ระดับพลังงานในการตรวจสอบ ในแต่ละช่วงความหนานั้น จะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสม กับช่วงความหนาที่ต้องการตรวจสอบ ถึงแม้การใช้พลังงานสูงจะทำให้มีละติจูด (Latitude) สูงขึ้น หรือทำให้ฟิล์มมีความสามารถในการบันทึกภาพที่มีความหนาแตกต่างกันไว้ในฟิล์มเดียวกันได้มากขึ้น แต่ก็จะทำให้ความไวในการตรวจสอบลดลง [15]

4.1.2 ผลการทดสอบถ่ายภาพด้วยรังสีแบบฟิล์มเดี่ยว โดยใช้ฟิล์มความไวแสงต่ำ (MX125)

ตารางที่ 4.4 ผลการวัดความเข้มฟิล์มในวิธีทดสอบแบบฟิล์มเดี่ยวโดยใช้ฟิล์มความไวแสงต่ำ (MX125) ที่ 100 kV

ความหนา ชั้นงาน	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	
	ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว		ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว		ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว	
ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1				
1									
2	3.79	3.76	3.78						
3	2.22	2.21	2.22	3.94	4.02	3.98			
4	1.39	1.37	1.38	2.54	2.56	2.55	4.29	4.30	4.30
5	0.89	0.88	0.89	1.60	1.62	1.61	2.82	2.82	2.82
6	0.63	0.62	0.63	1.09	1.10	1.10	1.91	1.91	1.91
7	0.47	0.46	0.47	0.76	0.77	0.77	1.30	1.30	1.30
8	0.37	0.37	0.37	0.56	0.57	0.57	0.92	0.93	0.93
9	0.32	0.30	0.31	0.44	0.45	0.45	0.68	0.68	0.68
10	0.27	0.27	0.27	0.36	0.37	0.37	0.53	0.53	0.53
11	0.24	0.24	0.24	0.31	0.31	0.31	0.43	0.43	0.43
12				0.28	0.28	0.28	0.36	0.36	0.36
13							0.32	0.32	0.32
14									
15									

จากผลการทดลอง ในตารางที่ 4.4 พบว่า

ที่ 100 kV, 20 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับได้ที่ช่วงความหนา 2 – 3 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.78 – 2.22

ที่ 100 kV, 40 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับได้ที่ช่วงความหนา 3 – 4 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.15 – 2.19

ที่ 100 kV, 80 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับได้ที่ช่วงความหนา 5 – 6 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 2.82 – 1.91

ตารางที่ 4.5 ผลการวัดความเข้มฟิล์มในวิธีทดสอบแบบฟิล์มเดี่ยวโดยใช้ฟิล์มความไวแสงต่ำ (MX125) ที่ 130 kV

ความหนา ชิ้นงาน	ผลการวัดความเข้มของฟิล์มที่ค่าความหนาต่างๆ								
	ทดสอบที่ค่าพลังงาน 130 kV								
	3 mA.Min		ค่าเฉลี่ย	15 mA.Min		ค่าเฉลี่ย	30 mA.Min		ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
	ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว		ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว		ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว	
ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1				
1	2.96	2.96	2.96						
2	1.79	1.78	1.79						
3	1.18	1.18	1.18	4.51	4.50	4.51			
4	0.86	0.86	0.86	3.33	3.31	3.32	5.43	5.46	5.45
5	0.65	0.65	0.65	2.41	2.42	2.42	4.13	4.22	4.18
6	0.52	0.52	0.52	1.83	1.85	1.84	3.21	3.29	3.25
7	0.44	0.44	0.44	1.40	1.42	1.41	2.49	2.53	2.51
8	0.38	0.37	0.38	1.10	1.11	1.11	1.95	1.96	1.96
9	0.34	0.33	0.34	0.88	0.89	0.89	1.54	1.54	1.54
10				0.72	0.73	0.73	1.23	1.24	1.24
11				0.60	0.61	0.61	1.00	1.01	1.01
12				0.51	0.51	0.51	0.82	0.82	0.82
13				0.45	0.44	0.45	0.68	0.69	0.69
14				0.40	0.39	0.40	0.59	0.60	0.60
15							0.54	0.55	0.55

จากผลการทดลอง ในตารางที่ 4.5 พบว่า

ที่ 130 kV, 3 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับ ได้ที่ช่วงความหนา 1 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 2.96

ที่ 130 kV, 15 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับ ได้ที่ช่วงความหนา 4 – 6 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.31 – 1.85

ที่ 130 kV, 30 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับ ได้ที่ช่วงความหนา 6 – 8 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.25 – 1.96

ตารางที่ 4.6 ผลการวัดความเข้มฟิล์มในวิธีทดสอบแบบฟิล์มเดี่ยวโดยใช้ฟิล์มความไวแสงต่ำ (MX125) ที่ 160 kV

ความหนา ชั้นงาน	ผลการวัดความเข้มของฟิล์มที่ค่าความหนาต่างๆ								
	ทดสอบที่ค่าพลังงาน 160 kV								
	2 mA.Min		ค่าเฉลี่ย	8 mA.Min		ค่าเฉลี่ย	15 mA.Min		ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
	ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว		ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว		ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว	
ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1	ฟิล์ม 1				
1	3.36	3.33	3.35						
2	2.19	2.18	2.19						
3	1.55	1.53	1.54	4.93	4.87	4.90			
4	1.18	1.16	1.17	3.90	3.84	3.87			
5	0.92	0.90	0.91	3.07	3.04	3.06	4.77	4.78	4.78
6	0.75	0.74	0.75	2.51	2.47	2.49	3.94	3.97	3.96
7	0.63	0.62	0.63	2.04	2.02	2.03	3.25	3.28	3.27
8	0.54	0.53	0.54	1.68	1.67	1.68	2.70	2.72	2.71
9	0.47	0.46	0.47	1.41	1.39	1.40	2.25	2.72	2.49
10	0.41	0.41	0.41	1.19	1.17	1.18	1.89	1.89	1.89
11	0.37	0.37	0.37	1.01	1.00	1.01	1.60	1.60	1.60
12	0.34	0.33	0.34	0.85	0.84	0.85	1.35	1.34	1.35
13				0.74	0.73	0.74	1.16	1.15	1.16
14				0.65	0.65	0.65	1.00	0.99	1.00
15							0.93	0.92	0.93

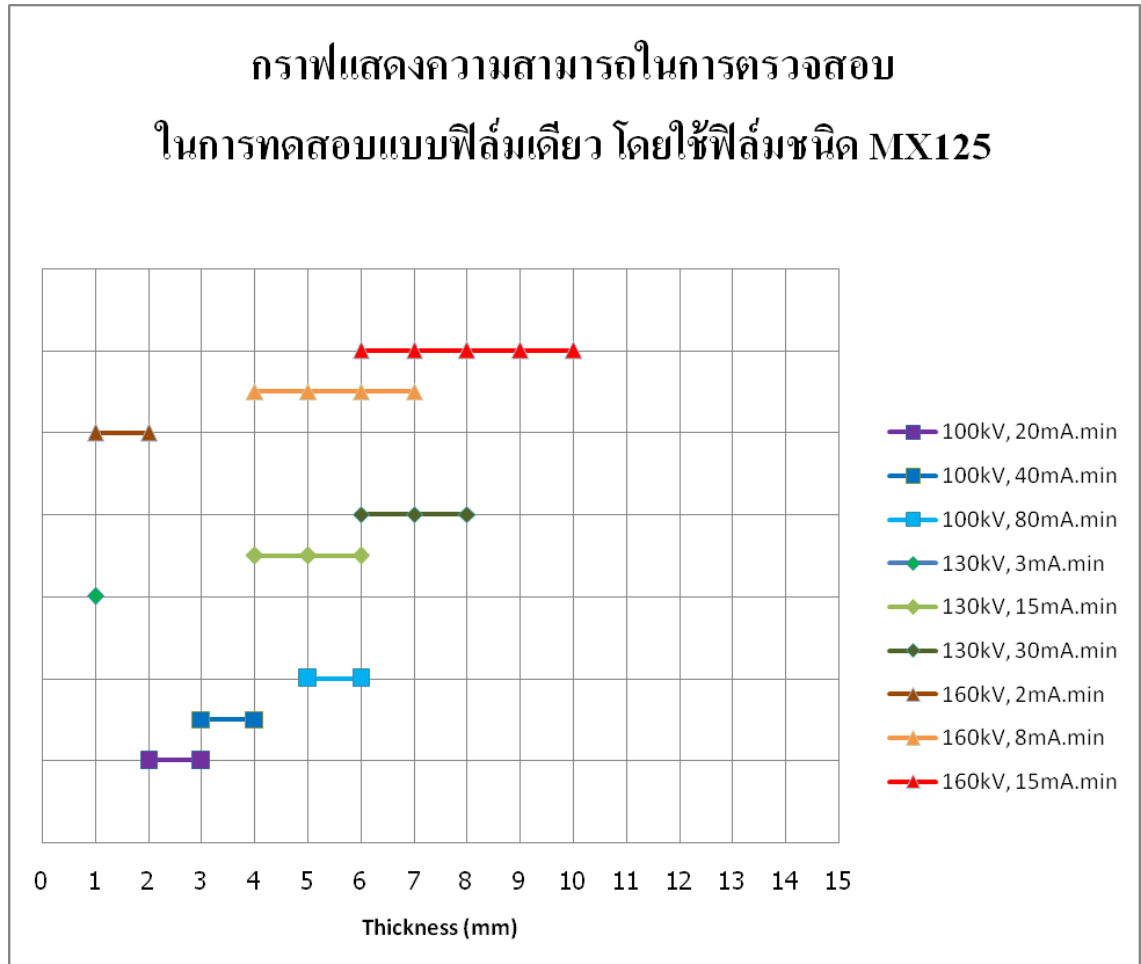
จากผลการทดลอง ในตารางที่ 4.6 พบว่า

ที่ 160 kV, 2 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับ ได้ที่ช่วงความหนา 1 – 2 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.35 – 2.19

ที่ 160 kV, 8 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับ ได้ที่ช่วงความหนา 4 – 7 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.87 – 2.03

ที่ 160 kV, 15 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับ ได้ที่ช่วงความหนา 6 – 10 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.96 – 1.89

จากผลการทดสอบถ่ายภาพด้วยรังสีแบบฟิล์มเดี่ยว โดยใช้ฟิล์มความไวแสงต่ำ (MX125) ในตารางที่ 4.4 – 4.6 เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสามารถในการตรวจสอบโดยเลือกค่าความเข้มที่เป็นไปตามมาตรฐานการยอมรับของASME คือ ยอมรับที่ 1.8 – 4.0 จะมีผลดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสามารถในการตรวจสอบ ในการทดสอบแบบฟิล์มเดี่ยว โดยใช้ฟิล์มชนิด MX125

จากรูปที่ 4.2 เมื่อทำการเลือกค่าความเข้มที่เป็นไปตามมาตรฐานการยอมรับของASME คือ ยอมรับที่ 1.8 – 4.0 จะสามารถเลือกใช้ตัวแปรที่เหมาะสม ตามช่วงของระยะจุดของความหนา ของการทดสอบแบบฟิล์มเดี่ยว โดยใช้ฟิล์มชนิด MX125 ได้ ยกตัวอย่างเช่น ถ้ามีชิ้นงานที่มีความหนาอยู่ที่ 6 – 10 มิลลิเมตร เราสามารถตรวจสอบชิ้นงาน โดยใช้ตัวแปรที่ 160 kV, 15 mA.min หรือถ้ามีชิ้นงานที่มีความหนาอยู่ที่ 4 – 7 มิลลิเมตร เราสามารถตรวจสอบชิ้นงาน โดยใช้ตัวแปรที่ 160 kV, 8 mA.min เป็นต้น

จากรูปที่ 4.1 และ 4.2 เมื่อนำมาวิเคราะห์ผลการทดลองพบว่า ที่ 160 kV จะให้ช่วงละติจูดของความหนาแน่นมากกว่าที่ 130kV และ 100 kV ยกตัวอย่างเช่น ที่ 160 kV, 8 mA.min โดยใช้ฟิล์ม AA400 สามารถตรวจสอบช่วงความหนาแน่นที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับ ได้ที่ช่วงความหนาแน่น 7 – 11 มิลลิเมตร (สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมด 5 ความหนาแน่น) เมื่อเทียบกับที่ 130 kV, 15 mA.min นั้นสามารถตรวจสอบช่วงความหนาแน่นที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับ ได้ที่ช่วงความหนาแน่น 7 – 9 มิลลิเมตร (สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมด 3 ความหนาแน่น) และที่ 100 kV, 80 mA.min นั้นสามารถตรวจสอบช่วงความหนาแน่นที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับ ได้ที่ช่วงความหนาแน่น 6 – 8 มิลลิเมตร (สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมด 3 ความหนาแน่น) ซึ่งผลการทดลองของฟิล์ม MX125 นั้น ก็มีผลการทดลองเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับฟิล์ม AA400 และเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างฟิล์ม AA400 และ ฟิล์ม MX125 ที่ค่าระดับพลังงานและเอกซโพเชอร์เดียวกัน พบว่า ฟิล์มแต่ละชนิดจะสามารถตรวจสอบได้ช่วงความหนาแน่นที่แตกต่างกัน โดยที่ฟิล์ม AA400 ซึ่งมีความไวแสงปานกลาง จะสามารถตรวจสอบชิ้นงานในช่วงความหนาแน่นที่มีความหนาแน่นมากกว่า และฟิล์ม AA400 จะให้ช่วงละติจูดที่ดีกว่าฟิล์ม MX125 ยกตัวอย่างเช่น ที่ 160 kV, 8 mA.min พบว่า ฟิล์ม AA400 จะสามารถตรวจสอบได้ทั้งหมด 5 ความหนาแน่น คือตั้งแต่ 7 – 11 มิลลิเมตร แต่ฟิล์ม MX125 จะสามารถตรวจสอบได้ทั้งหมด 4 ความหนาแน่น คือตั้งแต่ 4 – 7 มิลลิเมตร เป็นต้น เนื่องจากความละเอียดเกรนของฟิล์มแตกต่างกัน โดยฟิล์มที่มีความไวแสงต่ำจะมีขนาดเกรนที่ละเอียดมากกว่าฟิล์มความไวแสงปานกลาง ซึ่งฟิล์มที่มีขนาดเกรนละเอียดมากกว่าจะให้ค่าคอนทราสต์ดีกว่าแต่ละจุด (Latitude) จะต่ำกว่าเมื่อเทียบกับฟิล์มที่มีขนาดเกรนหยาบ ดังนั้น ฟิล์มที่ใช้ในการทดสอบเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อละติจูดทำให้ความเข้มฟิล์มที่ได้แตกต่างกัน กล่าวคือ การเลือกฟิล์มในการทดสอบถ่ายภาพด้วยรังสี จะต้องพิจารณาถึง ความไวแสง ความละเอียดของเกรนของฟิล์ม คอนทราสต์ รวมถึงเวลาในการทดสอบถ่ายภาพด้วยรังสีที่แตกต่างกัน

4.1.3 ผลการทดสอบถ่ายภาพด้วยรังสีแบบหลายฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มชนิดเดียวกัน ด้วยฟิล์มความไวแสงปานกลาง (AA400)

จากผลการทดลอง ในตารางที่ 4.7 พบว่า

ที่ 100 kV, 20 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่นามาตรฐานการยอมรับ ได้ที่ช่วงความหนา 4 – 6 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยวได้ที่ช่วงความหนา 4 – 5 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.06 – 2.01 และแปรผลแบบซ้อนฟิล์มได้ที่ช่วงความหนา 5 – 6 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.99 –

2.76

ที่ 100 kV, 40 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่นามาตรฐานการยอมรับ ได้ที่ช่วงความหนา 5 – 7 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยวได้ที่ช่วงความหนา 5 – 6 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.46 – 2.43 และแปรผลแบบซ้อนฟิล์มได้ที่ความหนา 7 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.39

ที่ 100 kV, 80 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่นามาตรฐานการยอมรับ ได้ที่ช่วงความหนา 7 – 9 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยวได้ที่ช่วงความหนา 7 – 8 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 2.92 – 2.09 และแปรผลแบบซ้อนฟิล์มได้ที่ความหนา 9 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.02

ตารางที่ 4.8 ผลการวัดความเข้มฟิล์มในวิธีทดสอบแบบหลายฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มความไวแสงปานกลาง (AA400) ที่ 130 kV

ความ หนา ชิ้นงาน	ผลการวัดความเข้มของฟิล์มที่ค่าความหนาต่างๆ																	
	ทดสอบที่ค่าพลังงาน 130 kV																	
	3 mA.Min						15 mA.Min						30 mA.Min					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย
1																		
2	3.89	3.94	3.97															
3	2.69	2.74	2.77	5.30	5.41	5.36												
4	1.95	2.01	2.02	1.98	4.01	3.95	5.84	5.78	5.81	5.81	5.81							
5	1.45	1.49	1.50	1.47	2.97	2.92	4.71	4.65	4.69	4.71	4.69							
6	1.12	1.11	1.16	1.14	2.30	2.26	3.81	3.75	3.76	3.79	3.78							
7	0.89	0.88	0.93	0.91	1.83	1.79	3.02	3.00	3.01	3.02	3.01	6.00	6.21	6.11	5.13	5.03	5.08	5.10
8	0.72	0.71	0.76	0.74	1.49	1.46	2.39	2.39	2.40	2.41	2.40	4.74	4.79	4.77	4.23	4.15	4.24	4.22
9	0.60	0.60	0.64	0.62	1.19	1.23	1.92	1.93	1.92	1.93	1.93	3.83	3.82	3.83	3.47	3.39	3.46	3.45
10	0.52	0.52	0.55	0.54	1.02	1.05	1.56	1.56	1.56	1.57	1.56	3.10	3.11	3.11	2.83	2.76	2.83	2.82
11	0.46	0.46	0.49	0.47	0.89	0.92	1.29	1.30	1.30	1.31	1.30	2.56	2.57	2.57	2.32	2.26	2.32	2.31
12	0.41	0.40	0.43	0.42	0.80	0.82	1.06	1.07	1.07	1.07	1.07	2.11	2.12	2.12	1.90	1.84	1.89	1.89
13							0.90	0.91	0.90	0.91	0.91	1.77	1.77	1.77	1.57	1.54	1.57	1.57
14							0.80	0.80	0.80	0.81	0.80	1.57	1.58	1.58	1.36	1.34	1.37	1.36
15															1.25	1.23	1.26	1.25

จากผลการทดลอง ในตารางที่ 4.8 พบว่า

ที่ 130 kV, 3 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู๋ในมาตรฐานการยอมรับได้ที่ช่วงความหนา 2 – 5 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยวได้ที่ช่วงความหนา 2 – 4 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.92 – 1.98 และแปรผลแบบซ้อนฟิล์มได้ที่ช่วงความหนา 4 – 5 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.95 – 2.92 ที่ 130 kV, 15 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู๋ในมาตรฐานการยอมรับได้ที่ช่วงความหนา 6 – 10 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยวได้ที่ช่วงความหนา 6 – 9 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.78 – 1.93 และแปรผลแบบซ้อนฟิล์มได้ที่ช่วงความหนา 9 – 10 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.83 – 3.11 ที่ 130 kV, 30 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู๋ในมาตรฐานการยอมรับได้ที่ช่วงความหนา 9 – 14 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยวได้ที่ช่วงความหนา 9 – 12 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.45 – 1.89 และแปรผลแบบซ้อนฟิล์มได้ที่ช่วงความหนา 12 – 14 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.75 –

จากผลการทดลอง ในตารางที่ 4.9 พบว่า

ที่ 160 kV, 2 mA.min จะสามารถตรวจหาความหนาที่อยู่ที่ในมาตรฐานการยอมรับได้ในช่วงความหนา 3 – 7 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยวได้ในช่วงความหนา 3 – 5 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.34 – 2.02 และแปรผลแบบซ้อนฟิล์มได้ในช่วงความหนา 6 – 7 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.28 –

2.68

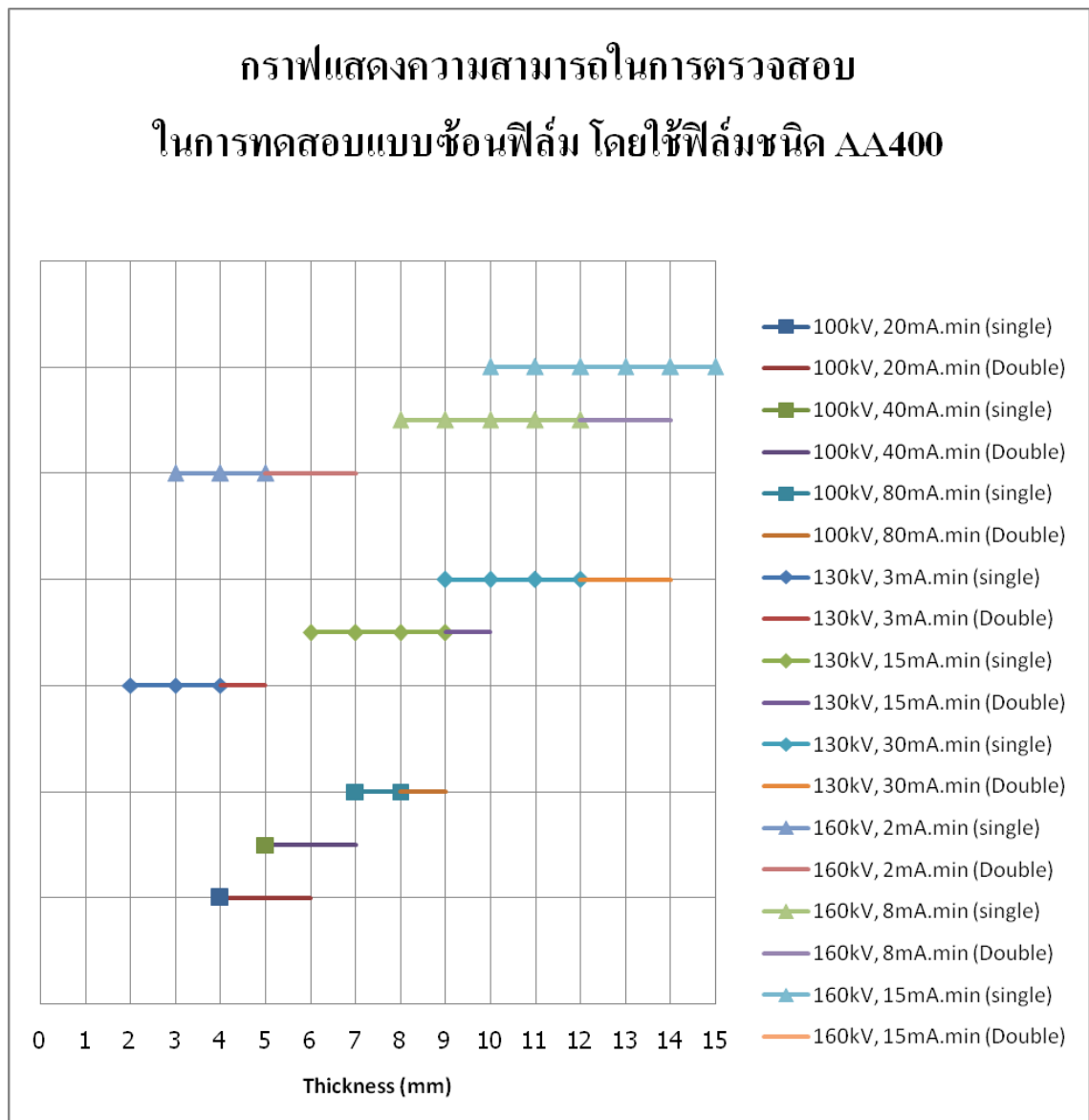
ที่ 160 kV, 8 mA.min จะสามารถตรวจหาความหนาที่อยู่ที่ในมาตรฐานการยอมรับได้ในช่วงความหนา 8 – 14 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยวได้ในช่วงความหนา 8 – 12 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.53 – 1.85 และแปรผลแบบซ้อนฟิล์มได้ในช่วงความหนา 13 – 14 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.18 –

2.78

ที่ 160 kV, 15 mA.min จะสามารถตรวจหาความหนาที่อยู่ที่ในมาตรฐานการยอมรับได้ในช่วงความหนา 10 – 15 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว

โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.45 – 1.89

จากผลการทดสอบถ่ายภาพด้วยรังสีแบบซ้อนฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มความไวแสงปานกลาง (AA400) ในตารางที่ 4.7 – 4.9 เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสามารถในการตรวจสอบ โดยเลือกค่าความเข้มที่เป็นไปตามมาตรฐานการยอมรับของASME คือ ยอมรับที่ 1.8 – 4.0 ในการแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว แต่ในการแปรผลแบบหลายฟิล์ม จะต้องมีความเข้มในแต่ละฟิล์มไม่น้อยกว่า 1.3 จะมีผลดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสามารถในการตรวจสอบ ในการทดสอบแบบซ้อนฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มชนิด AA400

จากรูปที่ 4.3 เมื่อทำการเลือกค่าความเข้มที่เป็นไปตามมาตรฐานการยอมรับของASME คือ ยอมรับที่ 1.8 – 4.0 ในการแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว แต่ถ้าแปรผลแบบหลายฟิล์ม จะต้องมีความเข้มในแต่ละฟิล์ม

ไม่น้อยกว่า 1.3 จะสามารถเลือกใช้ตัวแปรที่เหมาะสม ตามช่วงของละติจูดของความหนา ของการทดสอบแบบซ้อนฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มชนิด AA400 ได้ ยกตัวอย่างเช่น ถ้ามีชิ้นงานที่มีความหนายู่ที่ 8 – 14 มิลลิเมตร เราสามารถตรวจสอบชิ้นงาน โดยใช้ตัวแปรที่ 160 kV, 8 mA.min โดยที่จะมีการแปรผล 2 แบบ คือแบบแรก จะเป็นการแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว ในช่วงความหนา 8 – 12 มิลลิเมตร และแบบที่ 2 คือการแปรผลแบบซ้อนฟิล์ม ในช่วงความหนาที่มากกว่า 12 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 14 มิลลิเมตร เป็นต้น

ซึ่งเทคนิคในการทดสอบแบบซ้อนฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มชนิดเดียวกัน เมื่อนำพบการทดลองมาวิเคราะห์ พบว่า ระดับพลังงาน (kV) เป็นปัจจัยที่มีผลต่อละติจูด และความสามารถในการตรวจสอบในแต่ละช่วงความหนา เช่นเดียวกันกับเทคนิคในการทดสอบแบบฟิล์มเดี่ยว แต่พบว่า การทดสอบแบบซ้อนฟิล์ม นั้น มีละติจูดที่มากกว่า เนื่องจาก ในการทดสอบแบบซ้อนฟิล์ม นั้น สามารถแปรผลแบบซ้อนฟิล์มได้ โดยที่ในแต่ละฟิล์มจะต้องมีความเข้มไม่ต่ำกว่า 1.3 ดังนั้น กล่าวคือ ในช่วงความหนาที่สูงกว่า 1 – 2 มิลลิเมตร ของการทดสอบแบบฟิล์มเดี่ยวนั้น ในการทดสอบแบบซ้อนฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มชนิดเดียวกันนั้น จะสามารถแปรผลได้ โดยใช้การแปรผลแบบซ้อนฟิล์ม ยกตัวอย่างเช่น ที่ 130 kV, 3 mA.min โดยใช้ฟิล์มชนิด AA400 ในการทดสอบแบบฟิล์มเดี่ยว จะสามารถตรวจสอบได้ที่ช่วงความหนา 2 – 4 มิลลิเมตร แต่ในการทดสอบแบบซ้อนฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มชนิดเดียวกันนั้น จะสามารถตรวจสอบได้ที่ช่วงความหนา 2 -5 มิลลิเมตร โดยแยกแปรผล 2 แบบ คือ แปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว ในช่วงความหนา 2 – 4 มิลลิเมตร และช่วงความหนาที่มากกว่า 4 มิลลิเมตร ไม่เกิน 5 มิลลิเมตร จะเป็นการแปรผลแบบซ้อนฟิล์ม เป็นต้น

4.1.4 ผลการทดสอบถ่ายภาพด้วยรังสีแบบหลายฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มชนิดเดียวกัน ด้วยฟิล์มความไวแสงต่ำ (MX125)

ตารางที่ 4.10 ผลการวัดความเข้มฟิล์มในวิธีทดสอบแบบหลายฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มความไวแสงต่ำ (MX125) ที่ 100 kV

ความหนาชิ้นงาน		ผลการวัดความเข้มของฟิล์มที่ค่าความหนาต่างๆ																	
		20 mA.Min						40 mA.Min						80 mA.Min					
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย (ฟิล์มเดี่ยว)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย (ฟิล์มเดี่ยว)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย (ฟิล์มเดี่ยว)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย (ฟิล์มเดี่ยว)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย (ฟิล์มเดี่ยว)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย (ฟิล์มเดี่ยว)
1																			
2	4.19	4.07	4.11	4.17	4.14														
3	2.52	2.44	2.45	2.51	2.48	4.89	4.90	4.90	4.28	4.33	4.32	4.26	4.30						
4	1.60	1.53	1.55	1.60	1.57	3.10	3.10	3.10	2.79	2.83	2.78	2.76	2.79	5.55	5.46	5.51	4.58	4.69	4.60
5	1.03	0.98	1.00	1.03	1.01	1.98	1.99	1.99	1.78	1.81	1.76	1.75	1.78	3.56	3.47	3.52	3.01	3.12	3.05
6	0.72	0.69	0.70	0.73	0.71	1.39	1.40	1.40	1.19	1.23	1.19	1.19	1.20	2.39	2.35	2.37	2.04	2.12	2.08
7	0.53	0.51	0.52	0.54	0.53	1.02	1.03	1.03	0.83	0.86	0.83	0.83	0.84	1.67	1.63	1.65	1.39	1.45	1.41
8	0.42	0.40	0.41	0.42	0.41	0.80	0.81	0.81	0.61	0.63	0.62	0.61	0.62	1.22	1.20	1.21	0.98	1.02	0.99
9	0.35	0.33	0.35	0.36	0.35	0.65	0.67	0.66	0.48	0.49	0.48	0.48	0.48	0.94	0.93	0.94	0.72	0.75	0.73
10	0.30	0.29	0.30	0.31	0.30	0.56	0.58	0.57	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.76	0.76	0.76	0.56	0.58	0.56
11									0.33	0.34	0.34	0.34	0.34	0.65	0.65	0.65	0.46	0.47	0.46
12									0.29	0.29	0.30	0.30	0.30	0.56	0.57	0.57	0.38	0.39	0.38
13																	0.33	0.34	0.34
14																	0.32	0.32	0.32
15																	0.32	0.32	0.32

จากผลการทดลอง ในตารางที่ 4.10 พบว่า

ที่ 100 kV, 20 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับได้ที่ช่วงความหนา 3 – 4 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยวได้ที่ความหนา 3 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 2.48 และแปรผลแบบซ้อนฟิล์มได้ที่ความหนา 4 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.10 ที่ 100 kV, 40 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับได้ที่ช่วงความหนา 4 – 5 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยวได้ที่ความหนา 4 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 2.79 และแปรผลแบบซ้อนฟิล์มได้ที่ความหนา 5 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.52 ที่ 100 kV, 80 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับได้ที่ช่วงความหนา 5 – 7 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยวได้ที่ช่วงความหนา 5 – 6 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.04 – 2.07 และแปรผลแบบซ้อนฟิล์มได้ที่ความหนา 7 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 2.79

ตารางที่ 4.11 ผลการวัดความเข้มฟิล์มในวิธีทดสอบแบบหลายฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มความไวแสงต่ำ (MX125) ที่ 130 kV

ความหนา ชั้นงาน		ผลการวัดความเข้มของฟิล์มที่ค่าความหนาต่างๆ											
		3 mA.Min				15 mA.Min				30 mA.Min			
		ค่าเฉลี่ย (ฟิล์มเดี่ยว)				ค่าเฉลี่ย (ฟิล์มเดี่ยว)				ค่าเฉลี่ย (ฟิล์มเดี่ยว)			
		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2	
		ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว	ฟิล์มเดี่ยว
		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		3.21	3.17	3.26	3.20	3.21							
2		1.98	1.95	1.98	1.94	1.96							
3		1.31	1.29	1.30	1.27	1.29	4.63	4.61	4.63				
4		0.94	0.94	0.93	0.92	0.93	3.43	3.39	3.42	4.62			
5		0.71	0.70	0.68	0.67	0.69	2.50	2.47	2.48	2.49	4.88	4.90	
6		0.56	0.56	0.54	0.53	0.55	1.89	1.88	1.88	1.88	3.76	3.75	
7		0.46	0.46	0.44	0.44	0.45	1.44	1.44	1.44	1.44	2.87	2.87	
8		0.39	0.39	0.38	0.37	0.38	1.12	1.12	1.12	1.12	2.24	2.22	
9		0.34	0.34	0.33	0.33	0.34	0.90	0.89	0.89	0.90	1.79	1.78	
10		0.31	0.31	0.29	0.29	0.30	0.73	0.73	0.73	0.73	1.45	1.44	
11		0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.61	0.61	0.61	0.61	1.21	1.20	
12		0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.52	0.51	0.51	0.52	1.02	1.01	
13		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.45	0.45	0.45	0.45	0.88	0.88	
14							0.41	0.40	0.40	0.41	0.79	0.79	
15											0.58	0.58	
											5.48	5.52	5.56
											4.26	4.24	4.25
											3.31	3.27	3.28
											2.56	2.52	2.85
											1.99	1.96	1.97
											1.57	1.54	1.54
											1.25	1.23	1.23
											1.02	1.00	1.00
											0.83	0.82	0.82
											0.70	0.69	0.69
											0.62	0.60	0.60
											0.58	0.57	0.57
											5.08	5.00	5.04
											3.96	3.90	3.93
											3.11	3.07	3.09
											2.48	2.45	2.47
											2.02	2.00	2.01
											1.65	1.63	1.64
											1.38	1.37	1.38
											1.21	1.19	1.20
											1.16	1.14	1.15

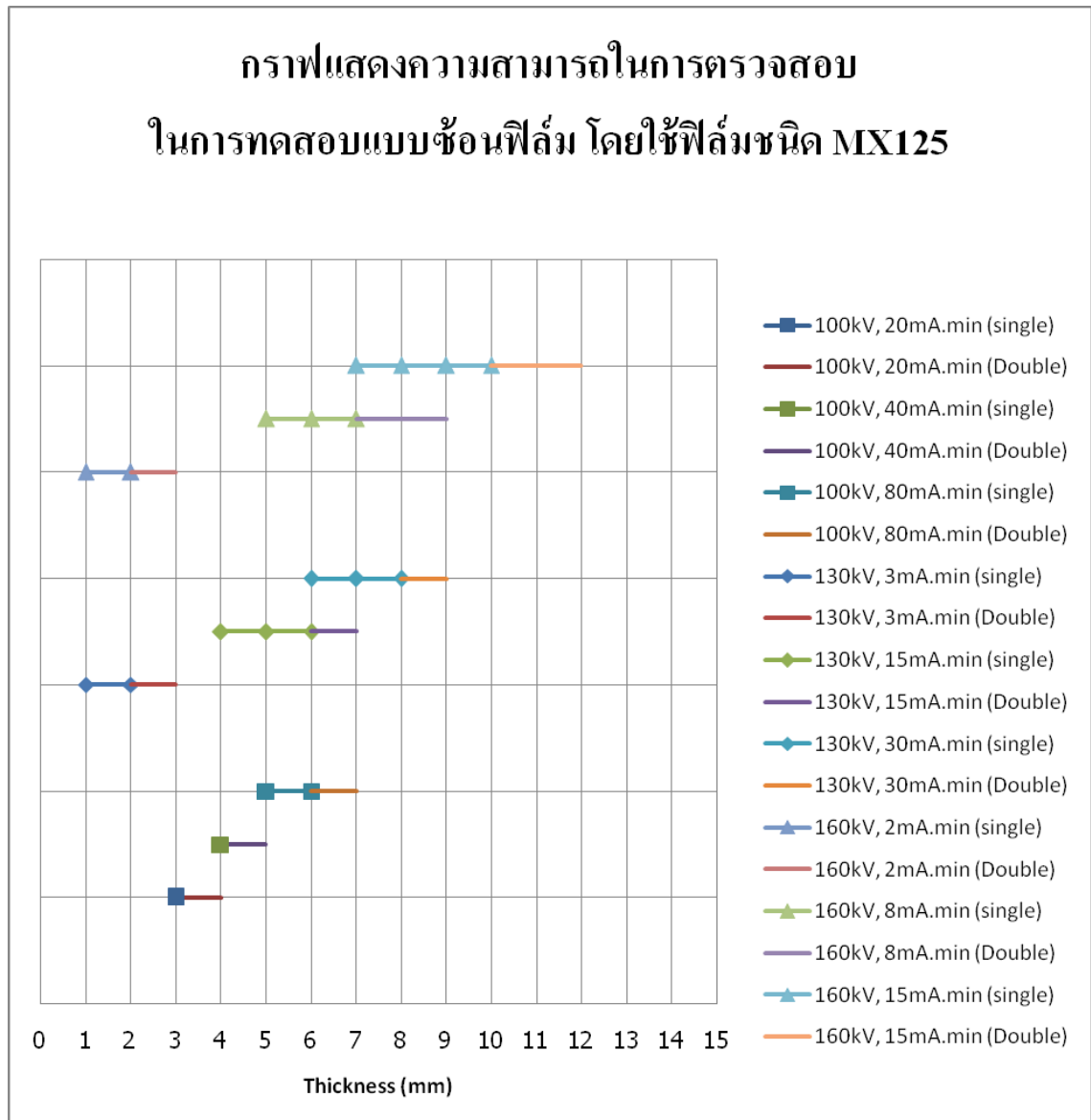
จากผลการทดลอง ในตารางที่ 4.11 พบว่า

- ที่ 130 kV, 3 mA.min จะสามารถตรวจหาข้อบกพร่องช่วงความหนาที่อยู่ที่ในมาตรฐานการยอมรับได้ที่ช่วงความหนา 1 – 3 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยวได้ที่ช่วงความหนา 1 – 2 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.21 – 1.96 และแปรผลแบบซ้อนฟิล์มได้ที่ช่วงความหนา 2 – 3 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.90 – 2.57
- ที่ 130 kV, 15 mA.min จะสามารถตรวจหาข้อบกพร่องช่วงความหนาที่อยู่ที่ในมาตรฐานการยอมรับได้ที่ช่วงความหนา 4 – 7 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยวได้ที่ช่วงความหนา 4 – 6 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.42 – 1.88 และแปรผลแบบซ้อนฟิล์มได้ที่ช่วงความหนา 6 – 7 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.76 – 2.87
- ที่ 130 kV, 30 mA.min จะสามารถตรวจหาข้อบกพร่องช่วงความหนาที่อยู่ที่ในมาตรฐานการยอมรับได้ที่ช่วงความหนา 6 – 9 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยวได้ที่ช่วงความหนา 6 – 8 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.30 – 1.98 และแปรผลแบบซ้อนฟิล์มได้ที่ช่วงความหนา 7 – 8 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.93 – 3.09

จากผลการทดลอง ในตารางที่ 4.12 พบว่า

ที่ 160 kV, 2 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ที่มาตรฐานการยอมรับได้ในช่วงความหนา 1 – 3 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยวได้ในช่วงความหนา 1 – 2 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.62 – 2.35 และแปรผลแบบซ้อนฟิล์มได้ในช่วงความหนา 3 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.27 ที่ 160 kV, 8 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ที่มาตรฐานการยอมรับได้ในช่วงความหนา 5 – 9 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยวได้ในช่วงความหนา 5 – 7 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.20 – 2.10 และแปรผลแบบซ้อนฟิล์มได้ในช่วงความหนา 8 – 9 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.43 – 2.84 ที่ 160 kV, 15 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ที่มาตรฐานการยอมรับได้ในช่วงความหนา 7 – 12 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยวได้ในช่วงความหนา 7 – 10 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.38 – 1.96 และแปรผลแบบซ้อนฟิล์มได้ในช่วงความหนา 10 – 12 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.87 –

จากผลการทดสอบถ่ายภาพด้วยรังสีแบบซ้อนฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มความไวแสงต่ำ (MX125) ในตารางที่ 4.10 – 4.12 เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสามารถในการตรวจสอบ โดยเลือกค่าความเข้มที่เป็นไปตามมาตรฐานการยอมรับของASME คือ ขอมรับที่ 1.8 – 4.0 ในการแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว แต่ในการแปรผลแบบหลายฟิล์ม จะต้องมีความเข้มในแต่ละฟิล์มไม่น้อยกว่า 1.3 จะมีผลดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสามารถในการตรวจสอบ ในการทดสอบแบบซ้อนฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มชนิด MX125

จากรูปที่ 4.4 เมื่อทำการเลือกค่าความเข้มที่เป็นไปตามมาตรฐานการยอมรับของASME คือ ขอมรับที่ 1.8 – 4.0 ในการแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว แต่ถ้าแปรผลแบบหลายฟิล์ม จะต้องมีความเข้มในแต่ละฟิล์ม

ไม่น้อยกว่า 1.3 จะสามารถเลือกใช้ตัวแปรที่เหมาะสม ตามช่วงของละติจูดของความหนา ของการทดสอบแบบซ็อนฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มชนิด MX125 ได้ ยกตัวอย่างเช่น ถ้ามีชิ้นงานที่มีความหนาอยู่ที่ 7 – 12 มิลลิเมตร เราสามารถตรวจสอบชิ้นงาน โดยใช้ตัวแปรที่ 160 kV, 15 mA.min โดยที่จะมีการแปรผล 2 แบบ คือแบบแรก จะเป็นการแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว ในช่วงความหนา 7 – 10 มิลลิเมตร และแบบที่ 2 คือการแปรผลแบบซ็อนฟิล์ม ในช่วงความหนาที่มากกว่า 10 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 12 มิลลิเมตร เป็นต้น

จากรูปที่ 4.3 และ 4.4 เมื่อนำมาวิเคราะห์ผลการทดลองพบว่า ผลการทดลองมีลักษณะเดียวกันกับการทดสอบแบบฟิล์มเดี่ยว กล่าวคือ ความสามารถในการตรวจสอบของระดับพลังงานที่สูงกว่า จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับได้มากกว่า ที่ระดับพลังงานต่ำกว่า เนื่องจากความสามารถในการดูดกลืนรังสีจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ ความหนาของชิ้นงาน และระดับพลังงานของรังสีที่ใช้ และเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างฟิล์ม AA400 และ ฟิล์ม MX125 ที่ค่าระดับพลังงานและเอกซ์โพเซอร์เดียวกัน พบว่า ฟิล์มแต่ละชนิดจะสามารถตรวจสอบได้ช่วงความหนาที่แตกต่างกัน และจะให้ช่วงละติจูดที่แตกต่างกัน เช่นเดียวกันกับการทดสอบแบบฟิล์มเดี่ยว เนื่องจากความละเอียดเกรนของฟิล์มแตกต่างกัน ทำให้ความสามารถในการตรวจสอบแตกต่างกัน และในการนำผลการทดลองแบบฟิล์มเดี่ยว มาเปรียบเทียบกับ การทดสอบแบบซ็อนฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มชนิดเดียวกันพบว่า ในการทดสอบแบบซ็อนฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มชนิดเดียวกันนั้น จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาของชิ้นงานได้มากกว่า เช่นเดียวกันกับการทดสอบแบบซ็อนฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มชนิด AA400 ยกตัวอย่างเช่น ที่ 160 kV, 2 mA.min โดยใช้ฟิล์มชนิด MX125 ผลปรากฏว่า การทดสอบแบบฟิล์มเดี่ยว จะได้ช่วงของความหนาอยู่ที่ 1 – 2 มิลลิเมตร แต่ในการทดสอบแบบซ็อนฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มชนิดเดียวกันนั้น จะได้ช่วงความหนาอยู่ที่ 1 – 3 มิลลิเมตร เป็นต้น ซึ่งช่วงความหนาที่เพิ่มขึ้นนั้น เกิดจากการแปรผลแบบซ็อนฟิล์ม

4.1.5 ผลการทดสอบถ่ายภาพด้วยรังสีแบบหลายฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มต่างชนิดกัน (AA400 + MX125)

จากผลการทดลอง ในตารางที่ 4.13 พบว่า

ที่ 100 kV, 20 mA.min จะสามารถตรวจหาความหนาที่อยู่ที่ในมาตรฐานการยอมรับ ได้ในช่วงความหนา 2 – 5 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว ของฟิล์ม MX125 ได้ที่ความหนา 2 - 3 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 4.00 – 2.36 และแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว ของฟิล์ม AA400 ได้ที่ความหนา 4 – 5 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.10 – 2.04

ที่ 100 kV, 40 mA.min จะสามารถตรวจหาความหนาที่อยู่ที่ในมาตรฐานการยอมรับ ได้ในช่วงความหนา 3 – 6 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว ของฟิล์ม MX125 ได้ที่ความหนา 3 - 4 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.93 – 2.56 และแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว ของฟิล์ม AA400 ได้ที่ความหนา 5 – 6 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.40 – 2.39

ที่ 100 kV, 80 mA.min จะสามารถตรวจหาความหนาที่อยู่ที่ในมาตรฐานการยอมรับ ได้ในช่วงความหนา 5 – 8 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว ได้ที่ช่วงความหนา 5 – 6 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.05 – 2.07 และแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว ได้ที่ความหนา 7 - 8 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 2.99 – 2.14

จากผลการทดลอง ในตารางที่ 4.14 พบว่า

ที่ 130 kV, 3 mA.min จะสามารถตรวจสอสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับ ได้ที่ช่วงความหนา 1 – 4 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว ของฟิล์ม MX125 ได้ที่ความหนา 1 - 2 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.13 – 1.91 และแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว ของฟิล์ม AA400 ได้ที่ความหนา 2 – 4 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.79 – 1.92

ที่ 130 kV, 15 mA.min จะสามารถตรวจสอสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับ ได้ที่ช่วงความหนา 4 – 9 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว ของฟิล์ม MX125 ได้ที่ความหนา 4 - 6 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.45 – 1.93 และแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว ของฟิล์ม AA400 ได้ที่ความหนา 6 – 9 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.90 – 1.98

ที่ 130 kV, 30 mA.min จะสามารถตรวจสอสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับ ได้ที่ช่วงความหนา 6 – 11 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว ของฟิล์ม MX125 ได้ที่ความหนา 6 - 8 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.37 – 2.04 และแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว ของฟิล์ม AA400 ได้ที่ความหนา 8 – 11 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.98 – 2.17

จากผลการทดลอง ในตารางที่ 4.15 พบว่า

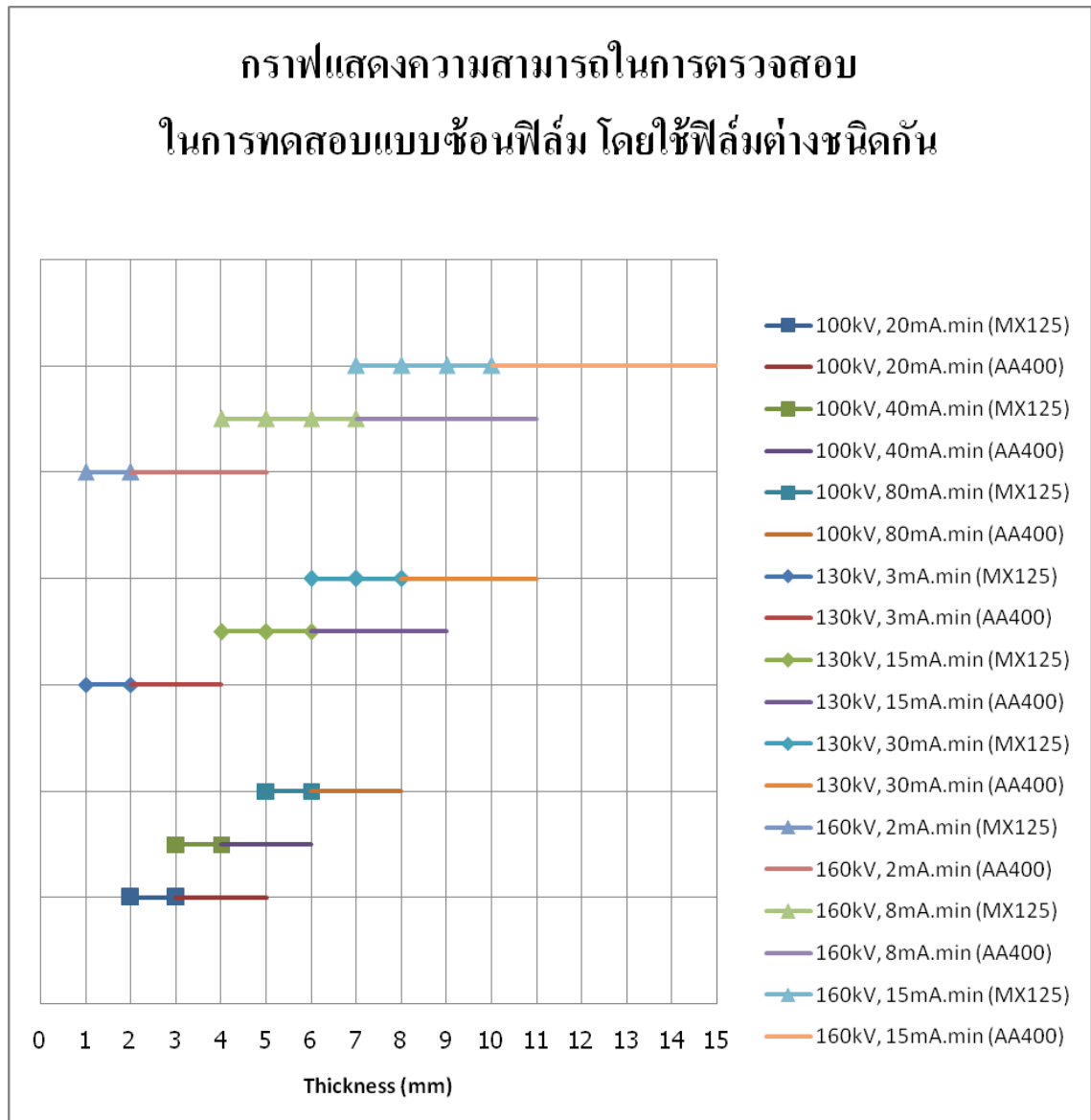
ที่ 160 kV, 2 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับ ได้ที่ช่วงความหนา 1 – 5 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว ของฟิล์ม MX125 ได้ที่ความหนา 1 - 2 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.52 – 2.31 และแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว ของฟิล์ม AA400 ได้ที่ความหนา 3 – 5 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.32 – 2.00

ที่ 160 kV, 8 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับ ได้ที่ช่วงความหนา 4 – 11 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว ของฟิล์ม MX125 ได้ที่ช่วงความหนา 4 – 7 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.90 – 2.02 และแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว ของฟิล์ม AA400 ได้ที่ช่วงความหนา 8 – 11 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.40 – 2.11

ที่ 160 kV, 15 mA.min จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับ ได้ที่ช่วงความหนา 7 – 15 มิลลิเมตร ซึ่งจะแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว ของฟิล์ม MX125 ได้ที่ช่วงความหนา 7 – 10 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.40 – 1.98 และแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว ของฟิล์ม AA400 ได้ที่ช่วงความหนา 10 – 15 มิลลิเมตร โดยมีความเข้มอยู่ที่ 3.95 – 2.11

จากผลการทดสอบถ่ายภาพด้วยรังสีแบบซ้อนฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มต่างชนิดกัน ในตารางที่ 4.13 – 4.15 เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสามารถในการตรวจสอบ จะมีผลดังรูปที่ 4.4

จากผลการทดสอบถ่ายภาพด้วยรังสีแบบซ้อนฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มต่างชนิดกัน ในตารางที่ 4.13 – 4.15 เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสามารถในการตรวจสอบ โดยเลือกค่าความเข้มที่เป็นไปตามมาตรฐานการยอมรับของASME คือ ยอมรับที่ 1.8 – 4.0 ในการแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว แต่ในการแปรผลแบบซ้อนฟิล์ม จะต้องมีความเข้มในแต่ละฟิล์มไม่น้อยกว่า 1.3 จะมีผลดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสามารถในการตรวจสอบ ในการทดสอบแบบซ้อนฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มต่างชนิดกัน (AA400 + MX125)

จากรูปที่ 4.5 เมื่อทำการเลือกค่าความเข้มที่เป็นไปตามมาตรฐานการยอมรับของASME คือ ยอมรับที่ 1.8 – 4.0 ในการแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว แต่ถ้าแปรผลแบบหลายฟิล์ม จะต้องมีความเข้มใน

แต่ละฟิล์มไม่น้อยกว่า 1.3 จะสามารถเลือกใช้ตัวแปรที่เหมาะสม ตามช่วงของละติจูดของความหนาของการทดสอบแบบซ้อนฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มต่างชนิดกันได้ ยกตัวอย่างเช่น ถ้ามีชิ้นงานที่มีความหนาอยู่ที่ 7 – 15 มิลลิเมตร เราสามารถตรวจสอบชิ้นงาน โดยใช้ตัวแปรที่ 160 kV, 15 mA.min โดยที่จะมีการแยกการแปรผลเป็น 2 ช่วงของความหนา คือช่วงแรก จะเป็นการแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว โดยใช้ฟิล์มความไวแสงต่ำ (MX125) ในช่วงความหนา 7 – 10 มิลลิเมตร และในช่วงความหนาที่ 2 จะเป็นการแปรผลแบบฟิล์มเดี่ยว โดยใช้ฟิล์มความไวแสงปานกลาง (AA400) นั่นก็คือในช่วงความหนาที่มากกว่า 10 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 15 มิลลิเมตร เป็นต้น

จากรูปที่ 4.5 เมื่อนำมาวิเคราะห์ผลการทดลองพบว่า ผลการทดลองมีลักษณะเดียวกันกับการทดสอบแบบฟิล์มเดี่ยว กล่าวคือ ความสามารถในการตรวจสอบของระดับพลังงานที่สูงกว่า จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาที่อยู่ในมาตรฐานการยอมรับได้มากกว่า ที่ระดับพลังงานต่ำกว่า เนื่องจากความสามารถในการดูดกลืนรังสีจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ ความหนาของชิ้นงาน และระดับพลังงานของรังสีที่ใช้ และเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างฟิล์ม AA400 และ ฟิล์ม MX125 ที่ค่าระดับพลังงานและเอกซ์โพซเจอร์เดียวกัน พบว่า ฟิล์มแต่ละชนิดจะสามารถตรวจสอบได้ช่วงความหนาที่แตกต่างกัน และจะให้ช่วงละติจูดที่แตกต่างกัน เช่นเดียวกันกับการทดสอบแบบฟิล์มเดี่ยว เนื่องจากความละเอียดเกรนของฟิล์มแตกต่างกัน ทำให้ความสามารถในการตรวจสอบแตกต่างกัน แต่เมื่อนำผลการทดลองของทุกรูปแบบมาเปรียบเทียบกัน พบว่า การทดสอบแบบซ้อนฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มต่างชนิดเดียวกันนั้น จะสามารถตรวจสอบช่วงความหนาของชิ้นงานได้มากที่สุด เนื่องจากฟิล์มทั้ง 2 ชนิด ให้ช่วงของละติจูดที่แตกต่างกัน โดยที่ ฟิล์มชนิด MX125 จะสามารถตรวจสอบในช่วงที่ต่ำกว่า ส่วนฟิล์มชนิด AA400 จะสามารถตรวจสอบในช่วงที่สูงกว่า และเมื่อนำมาแปรผล จะได้ช่วงของละติจูดที่มากที่สุด ซึ่งเกิดจากฟิล์มทั้ง 2 ชนิด มีความไวแสงที่แตกต่างกัน (ดังตารางที่ 3.1) แต่ไม่แตกต่างกันมากนัก ทำให้ในช่วงของความหนาที่สามารถตรวจสอบได้นั้น อยู่ใกล้กัน และไม่เกิดการขาดช่วงเกิดขึ้น จึงส่งผลให้ได้ช่วงของละติจูดที่มากที่สุด

4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

เมื่อนำผลการทดลอง ของค่าความเข้มทั้งหมดมาเขียนเป็นตาราง และทำการเลือกค่าความเข้ม ที่เป็นไปตามมาตรฐาน ASME Section V Article 2 ที่ได้กำหนดไว้ โดยที่ค่าความเข้มในการทดสอบแบบฟิล์มเดี่ยว จะต้องอยู่ในช่วง 1.8 – 4.0 แต่ในการทดสอบแบบซ้อนฟิล์ม แต่ละฟิล์มจะต้องมีความเข้มของแต่ละฟิล์มไม่น้อยกว่า 1.3 ถึงจะสามารถนำมาแปรผลแบบซ้อนฟิล์มได้ จะได้ผลการดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 แสดงผลการทดลอง และทำการเลือกค่าความเข้มตามมาตรฐาน ASME

รูปแบบการทดสอบ				ความหนาแน่นงาน (มิลลิเมตร)																	
รูปแบบ	kV	เอ็กซ์โพเชอร์ (mA.min)	ชนิดของฟิล์ม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
ฟิล์มเดี่ยว (AA400)	100	100kV, 20mA.min	AA400		5.26	4.15	2.80	1.84	1.27	0.91	0.68	0.54	0.45	0.39	0.35						
		100kV, 40mA.min	AA400			5.29	4.55	3.15	2.19	1.53	1.10	0.82	0.65	0.53	0.45	0.41					
		100kV, 80mA.min	AA400					4.76	3.56	2.54	1.81	1.32	0.98	0.75	0.59	0.49	0.44				
	130	130kV, 3mA.min	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			
		130kV, 15mA.min	AA400					5.10	4.08	3.24	2.57	2.06	1.68	1.38	1.14	0.96	0.84	0.81			
		130kV, 30mA.min	AA400							5.31	4.30	3.54	2.90	2.41	1.98	1.67	1.44	1.35			
	160	160kV, 2mA.min	AA400		3.96	2.95	2.29	1.80	1.46	1.21	1.01	0.85	0.73	0.64	0.55	0.49	0.44				
		160kV, 8mA.min	AA400						4.61	3.95	3.36	2.86	2.44	2.10	1.78	1.52	1.32	1.22			
		160kV, 15mA.min	AA400							4.99	4.36	3.78	3.27	2.79	2.42	2.12	1.95				
	ฟิล์มเดี่ยว (MX125)	100	100kV, 20mA.min	MX125		3.78	2.22	1.38	0.89	0.63	0.47	0.37	0.31	0.27	0.24						
100kV, 40mA.min			MX125			3.98	2.55	1.61	1.10	0.77	0.57	0.45	0.37	0.31	0.28						
100kV, 80mA.min			MX125				4.30	2.82	1.91	1.30	0.93	0.68	0.53	0.43	0.36	0.32					
130		130kV, 3mA.min	MX125		2.96	1.79	1.18	0.86	0.65	0.52	0.44	0.38	0.34								
		130kV, 15mA.min	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			
		130kV, 30mA.min	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			
160		160kV, 2mA.min	MX125		3.35	2.19	1.54	1.17	0.91	0.75	0.63	0.54	0.47	0.41	0.37	0.34					
		160kV, 8mA.min	MX125				4.90	3.87	3.06	2.49	2.03	1.68	1.40	1.18	1.01	0.85	0.74	0.65			
		160kV, 15mA.min	MX125					4.78	3.96	3.27	2.71	2.33	1.89	1.60	1.35	1.16	1.00	0.93			
ฟิล์มคู่ (AA400 + AA400)		100	100kV, 20mA.min	AA400			4.52	3.06	2.01	1.39	0.98	0.73	0.57	0.46	0.40	0.36	0.33				
	AA400 x 2							3.99	2.76	1.96	1.44	1.12	0.92	0.78	0.69	0.63					
	100kV, 40mA.min		AA400				4.98	3.46	2.43	1.70	1.22	0.91	0.71	0.57	0.48	0.43	0.41				
			AA400 x 2						4.83	3.39	2.42	1.79	1.39	1.13	0.94	0.83	0.80				
	100kV, 80mA.min		AA400					5.42	4.06	2.92	2.09	1.52	1.14	0.89	0.71	0.60	0.57				
			AA400 x 2							5.69	4.15	3.02	2.27	1.77	1.40	1.18	1.11				
	130	130kV, 3mA.min	AA400		3.92	2.72	1.98	1.47	1.14	0.91	0.74	0.62	0.54	0.47	0.42						
			AA400 x 2			5.36	3.95	2.92	2.26	1.79	1.46	1.23	1.05	0.92	0.82						
		130kV, 15mA.min	AA400				5.81	4.69	3.78	3.01	2.40	1.93	1.56	1.30	1.07	0.91	0.80				
			AA400 x 2							6.11	4.77	3.83	3.11	2.57	2.12	1.77	1.58				
		130kV, 30mA.min	AA400							5.10	4.22	3.45	2.82	2.31	1.89	1.57	1.36	1.25			
			AA400 x 2									5.75	4.59	3.75	3.13	2.71	2.49				
	160	160kV, 2mA.min	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				
			AA400 x 2				5.12	4.03	3.28	2.68	2.23	1.89	1.63	1.42	1.24	1.11	1.01				
		160kV, 8mA.min	AA400						4.88	4.17	3.53	2.98	2.54	2.18	1.85	1.60	1.40	1.27			
			AA400 x 2											5.01	4.34	3.69	3.18	2.78	2.52		
		160kV, 15mA.min	AA400								5.09	4.45	3.87	3.37	2.89	2.51	2.20	2.04			
			AA400 x 2													4.99	4.39	4.07			
ฟิล์มคู่ (MX125 + MX125)	100	100kV, 20mA.min	MX125		4.14	2.48	1.57	1.01	0.71	0.53	0.41	0.35	0.30								
			MX125 x 2			4.90	3.10	1.99	1.40	1.03	0.81	0.66	0.57								
		100kV, 40mA.min	MX125			4.30	2.79	1.78	1.20	0.84	0.62	0.48	0.39	0.34	0.30						
			MX125 x 2				5.51	3.52	2.37	1.65	1.21	0.94	0.76	0.65	0.57						
		100kV, 80mA.min	MX125				4.60	3.04	2.07	1.41	0.99	0.73	0.56	0.46	0.38	0.34	0.32				
			MX125 x 2						4.09	2.79	1.95	1.43	1.10	0.89	0.74	0.65	0.62				
	130	130kV, 3mA.min	MX125		3.21	1.96	1.29	0.93	0.69	0.55	0.45	0.38	0.34	0.30	0.28	0.25					
			MX125 x 2			3.90	2.57	1.85	1.38	1.09	0.89	0.76	0.66	0.59	0.54	0.50	0.47				
		130kV, 15mA.min	MX125			4.62	3.42	2.49	1.88	1.44	1.12	0.90	0.73	0.61	0.52	0.45	0.41				
			MX125 x 2					4.90	3.76	2.87	2.23	1.79	1.45	1.21	1.02	0.88	0.79				
		130kV, 30mA.min	MX125				5.52	4.26	3.30	2.62	1.98	1.56	1.24	1.01	0.83	0.70	0.61	0.58			
			MX125 x 2							5.04	3.93	3.09	2.47	2.01	1.64	1.38	1.20	1.15			
	160	160kV, 2mA.min	MX125		3.62	2.35	1.65	1.24	0.97	0.79	0.66	0.56	0.49	0.43	0.39	0.36					
			MX125 x 2			4.67	3.27	2.46	1.90	1.55	1.28	1.09	0.94	0.84	0.76	0.69					
		160kV, 8mA.min	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				
			MX125 x 2						5.13	4.16	3.43	2.84	2.39	2.03	1.72	1.49	1.32				
		160kV, 15mA.min	MX125					4.94	4.09	3.38	2.80	2.33	1.96	1.66	1.39	1.19	1.04	0.93			
			MX125 x 2									4.63	3.87	3.29	2.76	2.36	2.05	1.83			

ตารางที่ 4.16 แสดงผลการทดลอง และทำการเลือกค่าความเข้มตามมาตรฐาน ASME (ต่อ)

รูปแบบการทดสอบ				ความหนาแน่นงาน (มิลลิเมตร)																
รูปแบบ	kV	เอ็กซ์โพเชอร์ (mA.min)	ชนิดของฟิล์ม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
ฟิล์มคู่ (AA400 + MX125)	100	100kV, 20mA.min	AA400			4.56	3.10	2.04	1.40	0.99	0.73	0.57	0.45	0.39						
			MX125		4.00	2.36	1.48	0.94	0.66	0.48	0.38	0.31	0.27	0.24						
		100kV, 40mA.min	AA400				4.86	3.40	2.39	1.66	1.19	0.89	0.69	0.56						
			MX125	5.97	3.93	2.56	1.62	1.10	0.78	0.58	0.44	0.37	0.32							
		100kV, 80mA.min	AA400					5.44	4.14	2.99	2.14	1.56	1.16	0.90	0.71	0.60				
			MX125				4.60	3.05	2.07	1.41	0.99	0.73	0.56	0.45	0.38	0.33				
	130	130kV, 3mA.min	AA400	5.46	3.79	2.63	1.92	1.42	1.10	0.87	0.71	0.60	0.51	0.46	0.41	0.37				
			MX125	3.13	1.91	1.26	0.91	0.67	0.54	0.45	0.38	0.34	0.30	0.28	0.26					
		130kV, 15mA.min	AA400				5.86	4.83	3.90	3.12	2.47	1.98	1.60	1.31	1.07	0.90	0.80			
			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			
		130kV, 30mA.min	AA400						4.84	3.98	3.24	2.64	2.17	1.75	1.45	1.24				
			MX125				5.58	4.31	3.37	2.61	2.04	1.61	1.29	1.05	0.86	0.72	0.63			
	160	160kV, 2mA.min	AA400	5.91	4.43	3.32	2.57	2.00	1.61	1.31	1.09	0.92	0.78	0.68	0.59	0.53	0.48			
			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			
		160kV, 8mA.min	AA400					5.50	4.72	4.02	3.40	2.89	2.45	2.11	1.79	1.54	1.35			
			MX125			4.92	3.90	3.07	2.49	2.02	1.67	1.39	1.17	1.00	0.85	0.74	0.65			
		160kV, 15mA.min	AA400							5.19	4.54	3.95	3.42	2.92	2.53	2.22	2.11			
			MX125					4.92	4.10	3.40	2.82	2.35	1.98	1.67	1.41	1.21	1.05	1.00		

เมื่อนำผลการทดลองจากตารางที่ 4.16 และกราฟแสดงความสามารถในการตรวจสอบ ของรูปแบบต่างๆ จากรูปที่ 4.1 – 4.5 นำมาวิเคราะห์ผลการทดลอง พบว่า

4.2.1 ผลการศึกษาเทคนิคแบบฟิล์มเดียว

จากการศึกษาพบว่า เทคนิคการทดสอบแบบฟิล์มเดียวนั้น จะให้ช่วงความหนา (Latitude) ที่น้อยที่สุด เมื่อเทียบกับทุกรูปแบบของการทดลอง

4.2.2 ผลการศึกษาเทคนิคแบบหลายฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มชนิดเดียวกัน

จากการศึกษาพบว่า เทคนิคการทดสอบแบบหลายฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มชนิดเดียวกันนั้น พบว่าสามารถให้ช่วงของระยะจุดที่ตีความ เทคนิคการทดสอบแบบฟิล์มเดียว เนื่องจากสามารถแปรผลแบบซ้อนฟิล์มได้ ในช่วงของความหนาที่มากกว่าแบบฟิล์มเดียวประมาณ 1 - 2 มิลลิเมตร ยกตัวอย่างเช่น ที่ 130 kV, 30 mA.min โดยใช้ฟิล์มชนิด AA400 ผลปรากฏว่า การทดสอบแบบฟิล์มเดียว จะได้ช่วงของความหนาอยู่ที่ 9 - 12 มิลลิเมตร แต่ในการทดสอบแบบซ้อนฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มชนิดเดียวกันนั้น จะได้ช่วงความหนาอยู่ที่ 9 - 14 มิลลิเมตร เป็นต้น ซึ่งช่วงความหนาที่เพิ่มขึ้นนั้น เกิดจากการแปรผลแบบซ้อนฟิล์ม

4.2.3 ผลการศึกษาเทคนิคแบบหลายฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มต่างชนิดกัน

จากการศึกษาพบว่า เทคนิคการทดสอบแบบหลายฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มต่างชนิดกัน จะสามารถให้ช่วงของละติจูดที่ดีที่สุด เนื่องจากฟิล์มทั้ง 2 ชนิด ให้ช่วงของละติจูดที่แตกต่างกัน โดยที่ ฟิล์มชนิด MX125 จะสามารถตรวจสอบในช่วงที่ต่ำกว่า ส่วนฟิล์มชนิด AA400 จะสามารถตรวจสอบในช่วงที่สูงกว่า และเมื่อนำมาแปรผล จะได้ช่วงของละติจูดที่มากที่สุด ซึ่งเกิดจากฟิล์มทั้ง 2 ชนิด มีความไวแสงที่แตกต่างกัน (ดังตารางที่ 3.1) แต่ไม่แตกต่างกันมากนัก ทำให้ในช่วงของความหนาที่สามารถตรวจสอบได้นั้น อยู่ใกล้กัน และไม่เกิดการขาดช่วงเกิดขึ้น จึงส่งผลให้ได้ช่วงของละติจูดที่มากที่สุด

4.2.4 ผลการศึกษาผลกระทบของ kV

จากการศึกษาพบว่า ที่ระดับพลังงาน 160kV จะทำให้ค่าความเข้มของฟิล์มอยู่ในช่วงมาตรฐานมากที่สุดเมื่อเทียบกับการทดสอบที่ค่าพลังงาน 100kV และ 130kV โดยถ้าพิจารณาในเปรียบเทียบในทุกระดับพลังงานจะได้ว่า ช่วงความหนาที่ค่าความเข้มฟิล์มที่ยอมรับได้จะไม่เท่ากัน โดยยิ่งค่าระดับพลังงานสูงขึ้น ค่าความเข้มของฟิล์มจะอยู่ในช่วงมาตรฐานมากขึ้นหรือช่วงความเข้มของฟิล์มที่ยอมรับได้จะเพิ่มมากขึ้น ตัวอย่างเช่น การเปรียบเทียบในการทดสอบแบบฟิล์มเดียวในช่วงความหนา 6 – 12 มิลลิเมตร ที่ค่าพลังงาน 160 kV จะได้ความหนาของชิ้นงานตั้งแต่ 7 – 11 มิลลิเมตร เมื่อเทียบกับค่าพลังงาน 130 kV จะได้ช่วงความหนาของชิ้นงานตั้งแต่ 9 – 12 มิลลิเมตร และที่ค่าพลังงาน 100kV จะได้ช่วงความหนาของชิ้นงานตั้งแต่ 6 – 8 มิลลิเมตร ซึ่งจะเห็นว่า ที่ระดับพลังงาน 160 kV จะได้ช่วงของละติจูดมากที่สุด เนื่องจากความสามารถในการดูดกลืนรังสีจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ ความหนาแน่นของวัสดุ และระดับพลังงานของรังสีที่ใช้ โดยค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีจะแปรผกผันกับค่าระดับพลังงาน เมื่อค่าพลังงานของรังสีสูงขึ้น จะทำให้ปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านวัสดุได้มากขึ้น ดังนั้นค่าพลังงาน kV เป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อละติจูดในการตรวจสอบ

4.2.5 การนำไปใช้งาน รวมถึงการเลือกใช้ค่าตัวแปรที่เหมาะสม

จากการศึกษาพบว่า ในแต่ละช่วงของละติจูดนั้น จะเลือกใช้เทคนิคและค่าตัวแปรที่แตกต่างกัน ในกรณีที่ช่วงละติจูดต่างกันเพียงเล็กน้อยไม่เกิน 5 มิลลิเมตร สามารถใช้การทดสอบแบบฟิล์มเดียวได้ แต่ถ้าต้องการเพิ่มช่วงละติจูด 1- 2 มิลลิเมตร สามารถใช้การทดสอบแบบหลายฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มชนิดเดียวกันได้ แต่ถ้าช่วงละติจูดต่างกันมากนั้น ควรใช้การทดสอบแบบหลายฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มต่างชนิดกัน โดยสามารถเลือกตัวแปรที่เหมาะสมได้จากรูปที่ 4.1 – 4.5 โดยเลือกใช้ช่วงละติจูดที่ ความเข้มนั้น

เป็นไปตามมาตรฐาน ของ ASME คือ 1.8 - 4.0 หรืออีกทางเลือกหนึ่ง คือตารางแนะนำการเลือกใช้ตัวแปรที่เหมาะสม ดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 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, 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, 160(8)	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(15)	A, 160(15)	A, 160(15)	A, 160(15)
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

ระยะห่างระหว่างคั่นกำเนิดรังสีถึงฟิล์ม (SFD) = 700 มิลลิเมตร

ฉากกรองรังสี (Intensifying screen) ที่มีความหนา = 0.127 มิลลิเมตร ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง

จากตารางที่ 4.17 เป็นตารางแนะนำการเลือกใช้ตัวแปรที่เหมาะสมในการนำใช้งานในวัสดุเหล็กกล้าคาร์บอน ที่มีความหนาตั้งแต่ 1 มิลลิเมตร ถึง 15 มิลลิเมตร โดยที่แกนนอน คือ ความหนาที่น้อยที่สุดในชิ้นงานที่จะทดสอบ ส่วนแกนตั้ง คือความหนาที่มากที่สุดในชิ้นงานที่จะทดสอบ ตัวอย่างเช่น ถ้าชิ้นงานที่จะทดสอบมีความหนาที่ 8 – 14 มิลลิเมตร แนะนำให้ใช้การทดสอบแบบฟิล์มหลายฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มต่างชนิดกัน คือ AA400 และ MX125 ที่ 160kV, 15mA.min แต่ถ้าชิ้นงานที่จะทดสอบ มีลักษณะต่างกันไม่มาก ตัวอย่างเช่น ชิ้นงานที่จะทดสอบมีความหนาที่ 8 – 11 มิลลิเมตร แนะนำให้ใช้การทดสอบแบบฟิล์มเดียว โดยใช้ฟิล์มชนิด AA400 ที่ 160kV, 8 mA.min