บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 ผลการทดสอบของการฉายรังสีเอกซเรย์แบบพัลส์

ผลการทดลองในการวัดความเข้มของภาพถ่ายรังสีเอกซเรย์แบบดิจิทัล ที่ความหนาตั้งแต่ 1 - 10 มิลลิเมตร ที่จำนวนพัลส์ตั้งแต่ 10 - 99 พัลส์ นำมาเขียนเป็นชุดข้อมูลค่าความเข้มของภาพถ่ายได้ดังตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดความเข้มของภาพถ่ายรังสีเอกซเรย์แบบพัลส์

	Pulse X-ray									
Thickness (mm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99
1	**6,313**	**12,649**	16,384	16,384	16,384	16,384	16,384	16,384	16,384	16,384
2	4,274	**8,605**	**12,268**	16,000	16,384	16,384	16,384	16,384	16,384	16,384
3	3,168	6,456	**9,145**	**11,987**	15,174	16,384	16,384	16,384	16,384	16,384
4	2,490	5,055	7,211	**9,458**	**11,978**	14,385	16,384	16,384	16,384	16,384
5	2,004	4,110	5,861	7,707	**9,780**	**11,815**	13,581	15,248	16,384	16,384
6	1,635	3,403	4,885	6,420	8,124	**9,790**	**11,339**	12,667	14,669	15,601
7	1,371	2,845	4,082	5,322	6,793	8,242	**9,537**	**10,622**	12,400	13,161
8	1,121	2,365	3,363	4,445	5,660	6,843	7,998	**8,850**	**10,425**	11,035
9	883	1,896	2,708	3,563	4,568	5,594	6,498	7,259	8,491	9,206
10	707	1,513	2,171	2,846	3,685	4,445	5,116	5,813	6,855	7,296

จากผลการทดลอง ในตารางที่ 4.1 พบว่า
รังสีเอกซเรย์แบบพัลส์ที่ทะลุผ่านชิ้นงานนั้นมีการถูกลดทอนของรังสีเช่นเดียวกันกับเอกซเรย์แบบทั่วไปโดยมีการลดทอนในลักษณะแบบเลขยกกำลัง ซึ่งแสดงออกมาในรูปแบบความเข้มของภาพถ่าย ดังนั้นเมื่อเรากำหนดความเข้มอยู่ที่ 10,000 Grayscale สามารถทำการวิเคราะห์จำนวนพัลส์ที่จะถูกใช้ในแต่ละความหนาได้ดังนี้

ที่จำนวน 10 พัลส์ มีค่าความเข้มที่ยังไม่สามารถทำให้ได้ความเข้มของภาพถ่ายเป็นไปตามที่กำหนดไว้
ที่จำนวน 20 พัลส์ มีค่าความเข้มที่ต้องการอยู่ในช่วงความหนาที่ 1-2 มิลลิเมตร
ที่จำนวน 30 พัลส์ มีค่าความเข้มที่ต้องการอยู่ในช่วงความหนาที่ 2-3 มิลลิเมตร
ที่จำนวน 40 พัลส์ มีค่าความเข้มที่ต้องการอยู่ในช่วงความหนาที่ 3-4 มิลลิเมตร

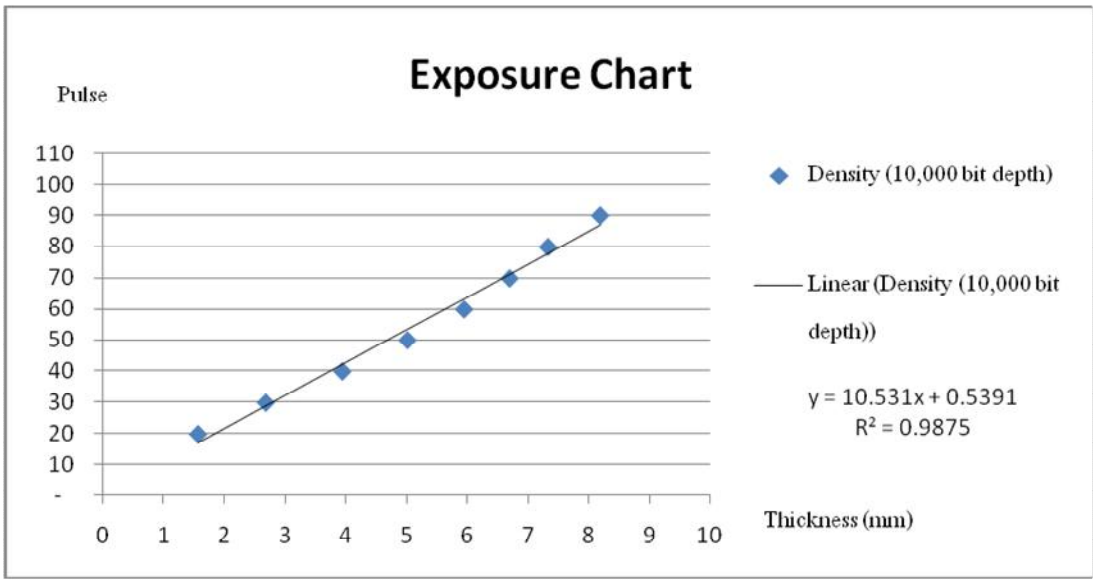
ที่จำนวน 50 พัลล์ มีค่าความเข้มที่ต้องการอยู่ในช่วงความหนาที่ 4-5 มิลลิเมตร
ที่จำนวน 60 พัลล์ มีค่าความเข้มที่ต้องการอยู่ในช่วงความหนาที่ 5-6 มิลลิเมตร
ที่จำนวน 70 พัลล์ มีค่าความเข้มที่ต้องการอยู่ในช่วงความหนาที่ 6-7 มิลลิเมตร
ที่จำนวน 80 พัลล์ มีค่าความเข้มที่ต้องการอยู่ในช่วงความหนาที่ 7 มิลลิเมตร
ที่จำนวน 90 พัลล์ มีค่าความเข้มที่ต้องการอยู่ในช่วงความหนาที่ 8 มิลลิเมตร
ที่จำนวน 99 พัลล์ มีค่าความเข้มที่ต้องการอยู่ในช่วงความหนาที่ 8-9 มิลลิเมตร

จากลักษณะความเข้มของภาพถ่ายรังสีที่อยู่ในช่วง 10,000 Grayscale มีลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนพัลล์กับความหนาของชิ้นงาน ซึ่งจำนวนพัลล์ที่ใช้จะมากขึ้นตามความหนาที่เพิ่มขึ้นโดยเพิ่มขึ้นที่ละ 10 พัลล์ ต่อ 1 มิลลิเมตร ดังนั้นจึงได้ทำการหาค่าด้วยการนำชุดข้อมูลความหนาที่ใช้ในแต่ละพัลล์มาสร้างกราฟเพื่อหาจุดตัดที่ความเข้มของภาพอยู่ที่ 10,000 Grayscale ดังภาคผนวก ข ซึ่งค่าความหนาที่วัดมาเขียน ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าความหนาในแต่ละช่วงพัลล์ ที่ความเข้ม 10,000 Grayscale

Pulse	20	30	40	50	60	70	80	90
Thickness (mm)	1.57	2.68	3.94	5.01	5.95	6.70	7.33	8.19

จากตารางที่ 4.2 ได้ทำการตัดชุดข้อมูลความหนาที่ 10 และ 99 พัลล์ ออกเนื่องจากค่าความเข้มของภาพถ่ายที่ 10 พัลล์ ไม่เป็นไปตามที่กำหนดไว้ และที่ 99 พัลล์ ค่าความเข้มที่ได้ไม่สอดคล้องกับการเพิ่มจำนวนความหนาตามจำนวนพัลล์อื่นๆ อาจเนื่องมาจากการทดลองหรือขีดจำกัดของเครื่องที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนดไว้ ดังนั้นจากตารางที่ 4.2 ทำให้ทราบถึงจำนวนพัลล์ที่ใช้ในการฉายรังสีในระดับความหนาต่างๆ ที่สามารถนำค่าที่ได้มาสร้างเป็นกราฟเอกซ์โพเชอร์ชาร์ท ในการฉายรังสีเอกซเรย์แบบพัลล์ที่สามารถนำไปใช้งานที่ความหนาตั้งแต่ 1-8 มิลลิเมตร ที่ระยะ SID 500 มิลลิเมตร ได้ดังรูปที่ 4.1 ซึ่งในการใช้งานของตัวเครื่องพัลล์เอกซเรย์นั้นสามารถจำกัดจำนวนพัลล์ที่ 99 พัลล์ ต่อหนึ่งรอบการฉายรังสี แต่ฉากรับรังสีเอกซเรย์นั้นสามารถที่จะเปิดรับรังสีได้นานถึง 2.30 นาที จึงสามารถทำการฉายพัลล์เอกซเรย์ได้โดยจำกัดอยู่ที่ 200 พัลล์ภายใน 4 นาที



รูปที่ 4.1 กราฟเอกซ์โพเซอร์ชาร์ทของพัลส์เอกซเรย์

จากผลการทดลองสามารถนำชุดข้อมูลมาเขียนกราฟเอกซ์โพเซอร์ชาร์ทของการฉายรังสีเอกซเรย์แบบพัลส์ โดยมีลักษณะเป็นความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น ระหว่างจำนวนพัลส์กับความหนาสังเกตได้จากจุดตัดระหว่างแกน X กับแกน Y มีลักษณะการเพิ่มขึ้นของจำนวนพัลส์กับความหนาที่เท่ากันจึงมีลักษณะเป็นเส้นตรง ซึ่งเป็นลักษณะที่สอดคล้องกับการฉายรังสี ถ้าชิ้นงานมีความหนาที่มากขึ้นแล้วจำนวนพัลส์ในการฉายรังสีต้องมากขึ้นลำดับเช่นกัน ดังนั้นจึงเขียนสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นได้ดังแสดงในสมการที่ 4.1

$$Y = 10.54\,x + 0.54 \qquad (4.1)$$

โดยที่ Y = จำนวนพัลส์

x = ความหนา (มิลลิเมตร)

จากกราฟเอกซ์โพเซอร์เราสามารถนำไปใช้งานได้ โดยนำความหนาชิ้นงานที่ต้องการถ่ายภาพรังสีเอกซเรย์แทนค่า x จากสมการที่ 1 จะได้จำนวนพัลส์ในการฉายรังสีเป็นค่า y เช่นถ้าชิ้นงานมีความหนาที่ 4 มิลลิเมตร จะใช้จำนวนพัลส์ในการฉายรังสีที่ 43 พัลส์ จากกราฟเอกซ์โพเซอร์ของการฉายรังสีเอกซเรย์แบบพัลส์ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient Of Determination, r^2) อยู่ที่ 0.9875 หรือ 98.75 เปอร์เซ็นต์ โดยส่วนที่เหลือ 1.25 เปอร์เซ็นต์ เป็นผลมาจากตัวแปรหรือปัจจัยอื่นที่ไม่ทราบค่า

4.1.2 ผลการทดสอบของการฉายรังสีเอกซเรย์แบบทั่วไป

ผลการทดลองในการวัดความเข้มของภาพถ่ายรังสีเอกซเรย์แบบดิจิทัล ที่ความหนาตั้งแต่ 1 - 8 มิลลิเมตร ที่ระดับค่าพลังงานที่ 120, 140, 160 kV ที่ 0.5 mA นำมาเขียนเป็นชุดข้อมูลค่าความเข้มของภาพถ่าย ได้ดังตารางที่ 4.3 ในค่าระดับพลังงานที่ 100 kV จะถูกตัดออกจากชุดข้อมูลที่จะนำสร้างกราฟเอกซ์โพเชอร์ชาร์ท เนื่องจากจำนวนค่าความเข้มที่ได้นั้นมีจำนวนที่น้อยกว่า 3 จำนวนซึ่งไม่สามารถที่จะนำมาสร้างกราฟได้

ตารางที่ 4.3 ผลการวัดความเข้มของภาพถ่ายรังสีเอกซเรย์แบบทั่วไป

120 kV	Time	Thickness (mm)							
mAs	sec	1	2	3	4	5	6	7	8
2.5	5	13,230	9,007	6,427	4,652	3,553	2,789	2,313	2,003
5	10	16,384	16,384	12,962	9,582	7,232	5,732	4,814	4,052
7.5	15	16,384	16,384	16,384	14,306	10,991	8,648	7,370	6,222
10	20	16,384	16,384	16,384	16,384	14,591	11,493	10,169	8,260
140 kV	Time	Thickness (mm)							
mAs	sec	1	2	3	4	5	6	7	8
0.5	1	4,402	3,114	2,316	1,760	1,346	1,112	920	766
1	2	9,178	6,542	4,865	3,714	2,904	2,320	1,959	1,618
2	4	16,384	13,356	10,014	7,610	5,964	4,791	4,059	3,379
3	6	16,384	16,384	14,968	11,516	9,034	7,329	6,223	5,150
4	8	16,384	16,384	16,384	15,358	12,124	9,712	8,531	6,917
5	10	16,384	16,384	16,384	16,384	15,024	12,129	10,422	8,628
160 kV	Time	Thickness (mm)							
mAs	sec	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	13,701	10,201	7,806	6,098	4,893	3,979	3,407	2,859
2	4	16,384	16,384	15,864	12,582	10,112	8,224	7,625	5,907
3	6	16,384	16,384	16,384	16,384	15,035	12,438	10,705	8,988
4	8	16,384	16,384	16,384	16,384	16,384	16,384	14,243	11,915
5	10	16,384	16,384	16,384	16,384	16,384	16,384	16,384	14,880

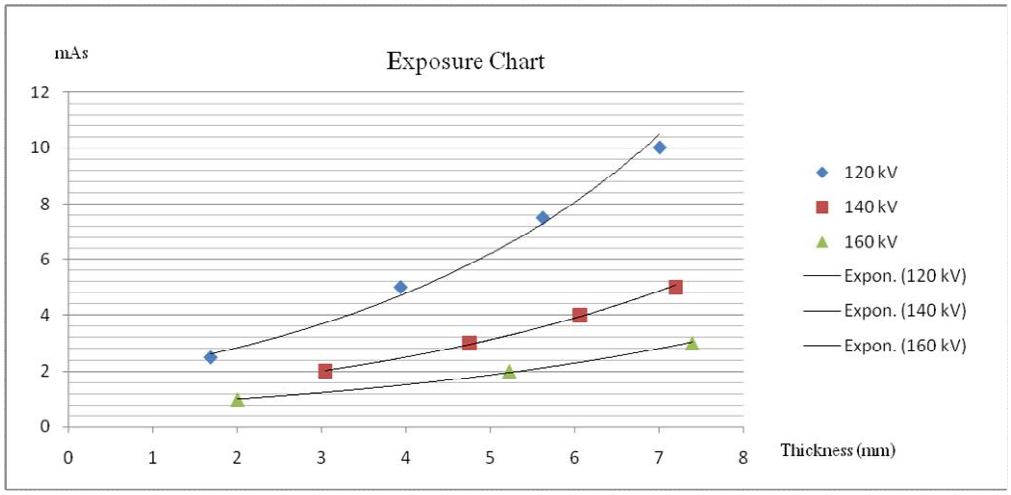
จากตารางที่ 4.3 สามารถทราบถึงค่าความเข้มที่ความหนาตั้งแต่ 1-8 มิลลิเมตร ที่ระดับพลังงานที่ 120, 140, 160 kV โดยนำค่ามิลลิแอมป์ (mA) ที่ถูกใช้มาคูณกับเวลาเพื่อให้ได้เป็นค่าของมิลลิแอมป์วินาที (mA·sec) ที่จะนำไปใช้ในการฉายรังสีเอกซเรย์แบบทั่วไป ซึ่งจากค่าความเข้มที่ได้นั้นนำมาเขียนกราฟเพื่อหาค่าความหนาที่ระดับพลังงานต่างๆ โดยการคำนวณหาค่าความเข้มอยู่ใน ภาคผนวก ข

จากรูปที่ ข. 2.1, 2.2, 2.3 แกน x เป็นค่าของความเข้ม แกน y เป็นค่าความหนาของชิ้นงาน โดยจะทำการลากเส้นที่ความเข้ม 10,000 Grayscale เพื่อหาจุดตัดของแต่ละช่วง mA·sec ทำให้ทราบค่าความหนาในแต่ระดับพลังงานต่างๆ ดังตารางที่ 4.4 เพื่อที่จะนำค่าไปสร้างกราฟเอกซ์โพเชอร์ชาร์ทต่อไป

ตารางที่ 4.4 ตารางค่าความหนาของแต่ละช่วงมิลลิแอมป์วินาที

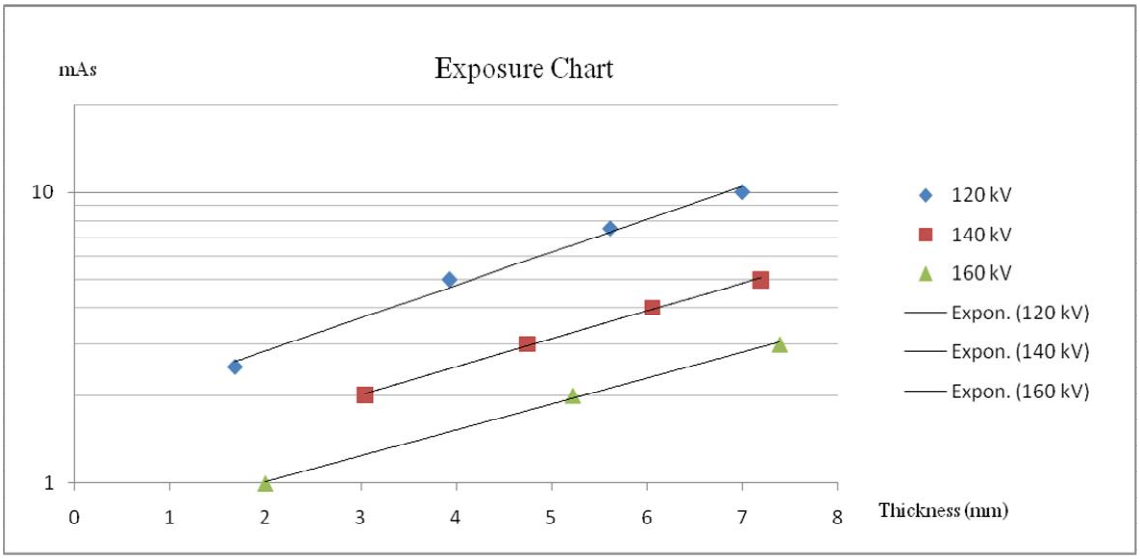
Conventional X-ray					
120 kV	mAs	2.5	5.0	7.5	10.0
	Thickness (mm)	1.68	3.93	5.62	7.00
140 kV	mAs	2.0	3.0	4.0	5.0
	Thickness (mm)	3.04	4.75	6.06	7.20
160 kV	mAs	1.0	2.0	3.0	
	Thickness (mm)	2.00	5.22	7.39	

จากตารางที่ 4.4 นำชุดข้อมูลที่ได้จากการอ่านกราฟความสัมพันธ์ความหนากับความเข้มมาเขียนเป็นกราฟเอกซ์โพเชอร์ของการฉายรังสีเอกซเรย์แบบทั่วไป ดังแสดงในรูปที่ 4.2



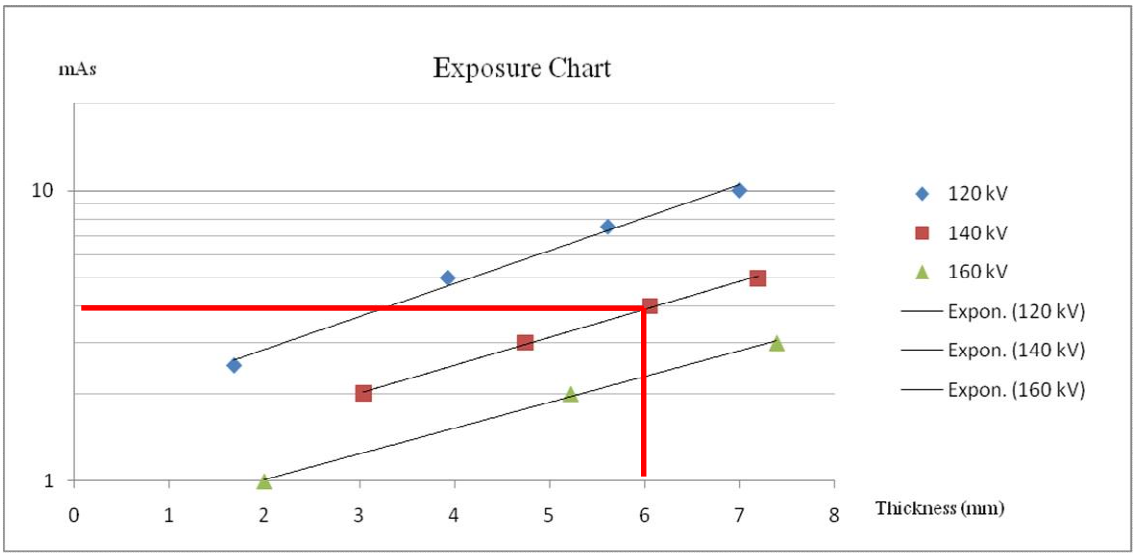
รูปที่ 4.2 กราฟเอกซ์โพเชอร์ชาร์ทของการฉายรังสีเอกซเรย์แบบทั่วไป

โดยกราฟจะแสดงลักษณะความสัมพันธ์ระหว่าง ความหนาของชิ้นงานกับกระแสไฟ x ระยะเวลา (mA·sec) ที่ใช้ในการฉายรังสีเอกซเรย์ ณ ระดับพลังงานที่ 120, 140 และ 160 kV จากกราฟเอกซ์โพเชอร์ชาร์ทนี้จะอยู่ในรูปแบบของฟังก์ชั่น เอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Function) หรือสมการเลขยกกำลัง ที่มีการเพิ่มขึ้นของตัวแปรเป็นแบบชี้กำลัง ซึ่งอัตราที่เพิ่มขึ้นเป็นแบบชี้กำลัง ทำให้กราฟเอกซ์โพเนนเชียลมีความยุ่งยากและซับซ้อนในการนำไปใช้งาน ดังนั้นในการใช้โดยทั่วไปจึงได้นำ Log scale เข้ามาใส่ในสมการเอกซ์โพเนนเชียลเพื่อทำให้กราฟมีลักษณะเป็นเส้นตรง ทำให้สามารถอ่านค่าได้ง่ายขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กราฟเอกซ์โพเชอร์ชาร์ทของการฉายรังสีเอกซเรย์แบบทั่วไป

จากกราฟเอกซ์โพเชอร์ชาร์ทสามารถคำนวณหาค่าเอกซ์โพเชอร์ได้ดังสมการที่ 2.3 ในการใช้งานกราฟเอกซ์โพเชอร์ชาร์ท ต้องทำการหาค่าเอกซ์โพเชอร์ โดยเลือกค่า kV ที่จะใช้ในการถ่ายภาพยิ่งค่า kV สูงขึ้น ค่า mA·sec ที่ใช้ก็จะน้อยลง ยกตัวอย่างความหนาชิ้นงาน 6 มิลลิเมตร ใช้พลังงานที่ 140 kV ทำการลากเส้นตั้งฉากจากแกน x เพื่อให้เกิดจุดตัดที่เส้น 140 kV ลากเส้นจากจุดตัดไปหาแกน y จะได้ค่า เอกซ์โพเชอร์ เท่ากับ 4 mA·sec ดังนั้นถ้าใช้กระแสที่ 2 mA เวลาที่ใช้ในการถ่ายภาพรังสีจะเท่ากับ 2 วินาที ดังรูปที่ 4.4 จากกราฟเอกซ์โพเชอร์ของการฉายรังสีเอกซเรย์แบบทั่วไปมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) ของเส้น ณ ระดับพลังงาน 120, 140 และ 160 kV อยู่ที่ 0.9920, 0.9983 และ 0.9986 หรือ 99.20, 99.83 และ 99.86 เปอร์เซ็นต์

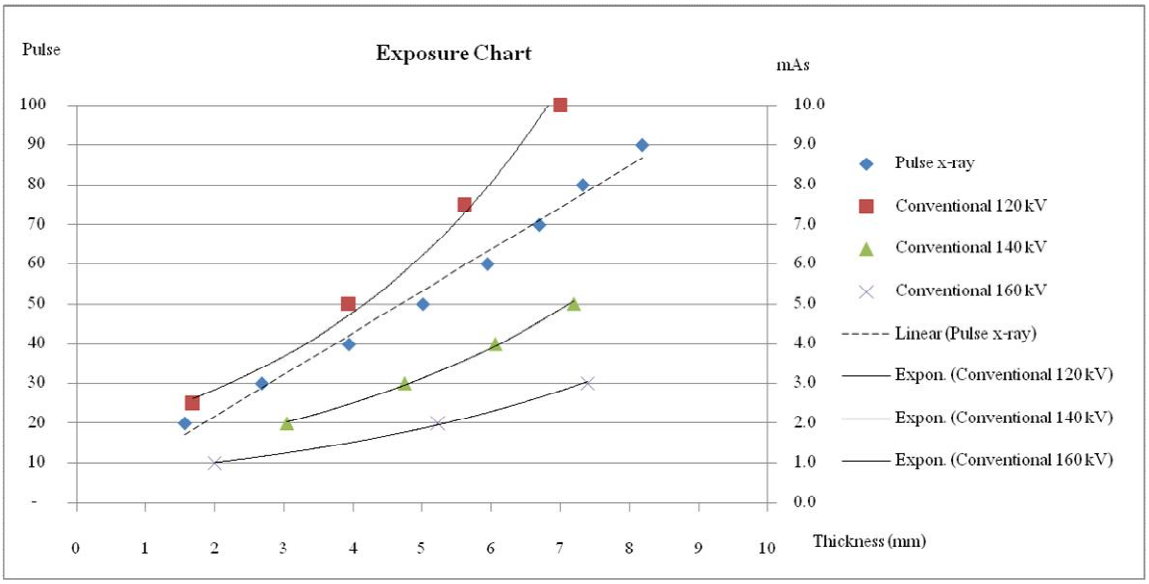


รูปที่ 4.4 การใช้กราฟเอกซ์โพเชอร์ชาร์ทของการฉายรังสีเอกซเรย์แบบทั่วไป

4.2 การอภิปรายผลการทดลอง

4.2.1 การเปรียบเทียบกราฟเอกซ์โพเชอร์ชาร์ของแบบพัลล์และแบบทั่วไป

เมื่อทำการนำกราฟเอกซ์โพเชอร์ชาร์ทของแบบพัลล์และแบบทั่วไปมาสร้างกราฟในรูปแบบเดียวกัน โดยการฉายรังสีเอกซเรย์แบบพัลล์จะใช้ความหนาชิ้นงานที่กันกับแบบทั่วไป ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบกราฟเอกซ์โพเชอร์ชาร์ทของแบบพัลล์และแบบทั่วไป

จากรูปที่ 4.5 สามารถแบ่งกราฟเอกซ์โพเชอร์ชาร์ทออกเป็นสองส่วน ได้แก่ กราฟฝั่งซ้ายจะเป็นกราฟเอกซ์โพเชอร์ชาร์ทของพัลส์ โดยจะมีส่วนประกอบของค่าความสัมพันธ์ระหว่างแกนตั้ง (จำนวนพัลส์) กับแกนนอน (ความหนาของชิ้นงาน) จะมีเส้นเอกซ์โพเชอร์เป็นเส้นปะและส่วนทางด้านขวาจะเป็นกราฟเอกซ์โพเชอร์ชาร์ทของแบบทั่วไป มีส่วนประกอบของค่าความสัมพันธ์ระหว่างแกนตั้ง (จำนวนมิลลิแอมป์เวลา) กับแกนนอน (ความหนาของชิ้นงาน) ซึ่งจะมีเส้นเอกซ์โพเชอร์เป็นเส้นทึบสามเส้น ในลักษณะเส้นของกราฟที่นำมาเปรียบเทียบจะมีความแตกต่างกันโดยพัลส์เอกซเรย์จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง ซึ่งกราฟในแบบทั่วไปจะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งที่ระดับพลังงาน 120, 140, 160 kV ซึ่งมีปัจจัยหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนี้

4.2.1.1 ระดับพลังงานในการฉายรังสีเอกซเรย์แบบพัลส์และแบบทั่วไป

ค่าพลังงานที่เกิดจากการระดมยิงอิเล็กตรอนไปยังเป้าทังสเตนของพัลส์เอกซเรย์ ถูกออกแบบให้มีความต่างศักย์ถึง 370 kV ทำให้เกิดรังสีเอกซเรย์ที่มีพลังงานสูง ซึ่งในการใช้งานรังสีที่มีพลังงานสูงกับชิ้นงานที่มีความหนาต่ำที่ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร รังสีเอกซเรย์เกือบทั้งหมดนั้น จะสามารถทะลุผ่านชิ้นงานไปได้และไปปรากฏเป็นภาพของชิ้นงาน ที่เกิดบนฉากรับแบบดิจิทัลได้เกือบทั้งหมด ดังนั้นปริมาณของรังสีที่เกิดขึ้นจากจำนวนพัลส์ จึงแปรผันเป็นเส้นตรงกับความเข้มของภาพที่เกิดขึ้นในชิ้นงาน ในขณะที่เครื่องฉายรังสีเอกซเรย์แบบทั่วไป ความต่างศักย์ที่ใช้มีค่าต่ำกว่าแบบพัลส์ ทำให้รังสีแบบทั่วไปมีพลังงานที่ต่ำกว่า ในขณะที่รังสีถูกส่งผ่านชิ้นงาน รังสีส่วนที่มีพลังงานต่ำจึงถูกดูดกลืนโดยชิ้นงาน และถ้ามีความหนาที่เพิ่มมากขึ้น การถูกดูดกลืนก็เพิ่มมากขึ้นตามลักษณะของการดูดกลืนแบบ HVL จึงส่งผลทำให้เส้นกราฟเอกซ์โพเชอร์ชาร์ทของแบบทั่วไปมีลักษณะเป็นเส้นโค้งแบบเอกซ์โพแนนเชียล โดยยิ่งความหนาชิ้นงานมีมากขึ้น ปริมาณของรังสี (mA·sec) ที่ใช้ก็ย่อมมากขึ้นในแบบเอกซ์โพแนนเชียล เช่นกัน

4.2.1.2 ระยะเวลาในการฉายรังสีเอกซเรย์แบบดิจิทัล

ในการฉายรังสีเอกซเรย์แบบพัลส์ไม่มีตัวแปรเรื่องของเวลาเข้ามาเกี่ยวเนื่องจากจำนวนครั้งในการปล่อยพลังงานออกมานั้นมีความกว้างของพัลส์เฉลี่ยอยู่ที่ 50 นาโนวินาที ซึ่งมีระยะเวลาที่สั้นมาก เมื่อเทียบกับการฉายรังสีแบบทั่วไป ซึ่งในการฉายรังสีเอกซเรย์แบบทั่วไปนั้นมีตัวแปรในเรื่องของเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องซึ่งต้องนำระยะเวลาในการฉายคูณกับค่ากระแสไฟที่ใช้ ดังนั้นกราฟเอกซ์โพเชอร์ชาร์ทของเอกซเรย์แบบทั่วไปมีลักษณะเป็นสมการ 3 ตัวแปร จึงส่งผลให้เส้นมีลักษณะเป็นเส้นโค้ง ทั้งนี้ในการฉายรังสีเอกซเรย์แบบพัลส์และแบบทั่วไปนั้นได้มีฉากรับรังสีแบบดิจิทัล (DR) เข้ามาช่วยในการตรวจสอบถ่ายภาพรังสีซึ่งคุณสมบัติของฉากรับรังสีนั้นสามารถตอบสนองรังสีเอกซเรย์ที่สามารถทะลุผ่านชิ้นงานแม้จะมีปริมาณเล็กน้อยที่ตกกระทบบนพื้นที่ของฉากรับรังสีก็สามารถ

จำแนกถึงรูปร่างลักษณะของชิ้นงานได้ ดังนั้นในการตรวจสอบถ่ายภาพรังสีเอกซเรย์แบบพัลส์และแบบทั่วไปนั้นสามารถใช้ระยะเวลาน้อยและได้ภาพที่มีความคมชัดในระดับใกล้เคียงกันได้

4.2.1.3 ปัจจัยควบคุมในการใช้งานของกราฟเอกซ์โพเชอร์ชาร์ทแบบพัลส์และแบบทั่วไป

ในการใช้งานกราฟทั้งสองแบบได้มีปัจจัยที่ควบคุมได้แก่ ระยะแหล่งกำเนิดรังสีถึงฟิล์มที่ 500 มิลลิเมตร, ความหนาชิ้นงานที่ 1-10 มิลลิเมตร (สำหรับพัลส์เอกซเรย์) ที่ 1-8 มิลลิเมตร (สำหรับเอกซเรย์แบบทั่วไป), จำนวนพัลส์ตั้งแต่ 10 - 99, พลังงาน 120, 140, 160 kV, ใช้กับฉากรับรังสีแบบดิจิทัล ในด้านคุณภาพของภาพถ่ายรังสีนี้สามารถเห็นเส้นที่ 4-6 ของตัววัดคุณภาพ ซึ่งผ่านตามมาตรฐาน ASME Sec. V ที่ได้กำหนดจะต้องเห็นเส้นที่ 6 และเมื่อวัดค่าความไวของภาพถ่ายแบบดิจิทัลพบว่าภาพถ่ายมีความไวของภาพอยู่ที่ 2-3%

4.3 การเปรียบเทียบปริมาณรังสีเอกซเรย์แบบพัลส์กับแบบทั่วไป

ในการเปรียบเทียบปริมาณรังสีเอกซเรย์แบบพัลส์กับแบบทั่วไปนั้นจะทำการเปรียบเทียบจากระยะเวลาและระยะห่างจากแหล่งกำเนิดรังสีที่เท่ากัน เพื่อนำมาเปรียบเทียบถึงความแตกต่างของปริมาณรังสีแบบพัลส์และแบบทั่วไปได้ดังนี้

ในด้านของพัลส์เอกซเรย์ คู่มือของตัวเครื่องฉายรังสี [16] กล่าวคือในการฉายรังสีที่ 1 พัลส์ ปริมาณของรังสี (Dose Rate) อยู่ที่ 4-7 มิลลิเรินท์เกน (mR) ที่ระยะห่างจากจุดกำเนิดที่ 12 นิ้ว (300 มิลลิเมตร) ซึ่งใน 1 วินาที ตัวเครื่องสามารถปล่อยจำนวนพัลส์ได้ 10 พัลส์ ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบที่ 1 วินาที ปริมาณรังสีที่ได้จะมีค่า 40-70 มิลลิเรินท์เกนต่อวินาที (mR/sec) มีระยะห่างจากจุดกำเนิดรังสีที่ 300 มิลลิเมตร ซึ่งในงานวิจัยได้กำหนดระยะห่างจากแหล่งกำเนิดรังสีอยู่ที่ 500 มิลลิเมตร ดังนั้นเมื่อต้องการหาค่าปริมาณรังสีที่ระยะห่างเปลี่ยนไป สูตรกำลังสองผกผัน (Inverse Square Law) จึงมีความเหมาะสมในการคำนวณหาปริมาณรังสีที่ระยะห่างเปลี่ยนแปลงไป โดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$I_0 / I_1 = (D_1 / D_0)^2 \qquad (2.6)$$

$$I_0 / 2.4 \text{ R/min} = (300 / 500)^2$$

$$I_0 = 0.846 \text{ R/min}$$

$$= 0.0144 \text{ R/sec}$$

ในด้านปริมาณรังสีของเอกซเรย์แบบทั่วไป ทาง University of Leeds [19] ได้ทำการทดสอบวัดปริมาณรังสีที่ระดับพลังงาน 320 kVp 10 mA ระยะห่างจากจุดกำเนิดรังสี 100 มิลลิเมตร พบว่ามีปริมาณรังสีอยู่ที่ 100 ซีเวิร์ตต่อชั่วโมง (Sievert Per Hour, Sv/h) หรือเท่ากับ 100 เกรยต่อชั่วโมง (Gray

Per Hour, Gy/h) หรือ 1.66 เกรยต่อนาที (Gy/min) และเมื่อทำการแปลงหน่วยเป็นเรินท์เกน จะมีค่าอยู่ที่ 190 เรินท์เกนต่อนาที (R/min) ที่ระยะ 100 มิลลิเมตร ที่ระยะทาง 500 มิลลิเมตร

$$I_0 / I_1 = (D_1 / D_0)^2 \quad (2.6)$$

$$I_0 / 190\ \text{R/min} = (100 / 500)^2$$

$$I_0 = 7.6\ \text{R/min}$$

$$= 0.126\ \text{R/sec}$$

จากกการคำนวณพบว่าปริมาณรังสีเอกซเรย์ที่ 1วินาที พบว่าการฉายรังสีเอกซเรย์แบบทั่วไปมีปริมาณรังสีที่มากกว่าแบบพัลล์อยู่ที่ 0.1116 R/sec ดังนั้นจึงสอดคล้องกับกระบวนการฉายรังสีเอกซเรย์แบบทั่วไปและแบบพัลล์ โดยที่แบบทั่วไปนั้นมีการปล่อยรังสีแบบต่อเนื่องจึงส่งผลให้มีปริมาณรังสีเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ถูกปล่อยรังสีออกมา แต่ในด้านการฉายรังสีเอกซเรย์แบบพัลล์นั้นจะเป็นการปล่อยออกมาเป็นช่วงๆซึ่งมีระยะเวลาที่สั้น จึงส่งผลให้ปริมาณที่ออกมานั้นมีปริมาณที่น้อยกกว่าแบบทั่วไป แต่ระดับพลังงานของพัลล์นั้นมีค่าที่สูงมากกว่าแบบทั่วไปดังนั้นในการป้องกันรังสีเข้าสู่ผู้ปฏิบัติงานจึงต้องมีพื้นที่หรือฉากกั้นรังสีที่เพิ่มขึ้นมากกว่าแบบทั่วไป โดยข้อกำหนดในการถ่ายภาพรังสีนั้นผู้ปฏิบัติงานสามารถรับรังสีได้ไม่เกิน 2.5 มิลลิเรินท์เกนต่อชั่วโมง

ตัวอย่างในการตรวจสอบถ่ายภาพที่ความหนา 2 มิลลิเมตร ในการฉายแบบพัลล์จะใช้ 23.25 พัลล์ ใช้เวลา 2.3 วินาที จะมีปริมาณรังสีทั้งหมดเป็น 0.03312 เรินท์เกน ส่วนในด้านของการฉายรังสีแบบทั่วไปเลือกใช้ที่ 120 kV 0.5 mA จะใช้เวลาในการฉายอยู่ที่ 1.4 วินาที และจะมีปริมาณรังสีทั้งหมดอยู่ที่ 0.1764 เรินท์เกน