หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการวิจัย และตรวจสอบคุณภาพของแท่งดินขับตามลำดับขั้นตอนในการปฏิบัติ ได้ผลดังนี้

4.1 ผลการพิจารณาค่า Exposure

จาก Exposure Chart ของอลูมิเนียมในรูป3.1 ที่ความหนา 0.57นิ้ว พบว่าที่ศักย์ไฟฟ้า50 กิโลโวลต์ มีค่า Exposure (เป็นมิลลิแอมแปร์–วินาที) ประมาณ 400 ดังนั้นจะใช้ตารางที่ 2.10 (หน้า 38) คาดคะเนเวลาที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเปลี่ยนค่าศักย์ไฟฟ้าเมื่อเปรียบเทียบกับศักย์ไฟฟ้า 50 กิโลโวลต์ ดังนี้

เมื่อใช้ศักย์ไฟฟ้า 70 กิโลโวลต์ ค่าศักย์ไฟฟ้าเพิ่มจาก 50 kvp. ประมาณ 40 % เวลาที่ใช้จะลดลงจากเวลาเดิม 50 %

เมื่อใช้ 110 kvp ศักย์ไฟฟ้าเพิ่มจาก 50 kvp ประมาณ 100 % เวลาที่ใช้จะลดลงประมาณ 75 %

เมื่อใช้ 90 kvp ศักย์ไฟฟ้าลดลง 110 kvp ประมาณ 18 % เวลาที่ใช้จะเพิ่มขึ้น 50 %

เนื่องจากดินขับจรวดมีความหนาแน่นต่ำมาก จะใช้กระแสต่ำมีค่า 2 มิลลิแอมแปร์ (mA) ดังนั้นจะได้ตารางค่าคะประมาณ Exposure ของดินขับหนา 1 นิ้ว ซึ่งจะใช้ Exposure นี้กับฟิล์มทั้งสองชนิด ดังตาราง 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าคาดคะเนของค่า Exposure ของดินขับจรวด ในศักย์ไฟฟ้าระดับต่าง ๆ กัน

ศักย์ไฟฟ้า (Kvp)	50	70	90	110
กระแส (mA)	2	2	2	2
เวลา (วินาที)	200	100	80	65
Exposure	400	200	160	130

ผลการใช้ Exposure ดังตาราง 4.1 ถ่ายภาพแท่งดินขับ เมื่อล้างฟิล์มแล้ววัดความหนาแน่นในศักย์ไฟฟ้าแต่ละระดับเมื่อใช้ฟิล์มทั้งสองชนิด ดังตารางที่ 4.2 ดังนี้

ตารางที่ 4.2 ค่าความหนาแน่นของฟิล์มที่ได้จากการทดลอง (ดินขับหนา 1 นิ้ว)

ศักย์ไฟฟ้า / ความหนาแน่นของฟิล์ม	50	70	90	110
AA	2.87	> 3	> 3	2.94
M	1.2	1.7	1.5	1.34

4.2 ผลการอ่านผลด้วยตาเปล่า

จากค่าความหนาแน่นของฟิล์ม ฟิล์มที่ดำมากจะมีค่าความหนาแน่นสูง การอ่านผลด้วยตาเปล่า ปรากฏว่าสามารถเห็นเนื้อในของดินขับได้ โดยที่แท่งดินขับที่เลือกขึ้นมาตรวจสอบนี้ไม่มีฟองอากาศหรือรอยร้าวอยู่เลย บนฟิล์มมองเห็นบริเวณที่ใสเป็นเม็ดเล็ก ๆ ซึ่งเป็น

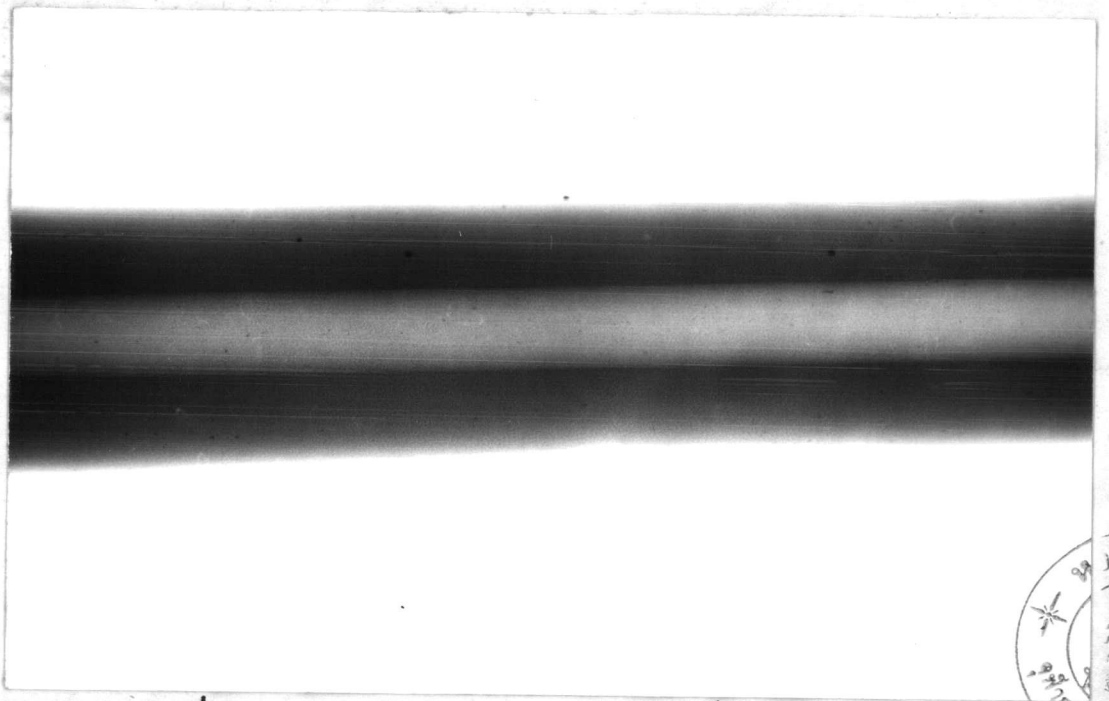
เกล็ดของสารเคมี 2-Nitro Diphenylamine ซึ่งเป็นสารซึ่งเติมเข้าไปเพื่อช่วยป้องกันมิให้ส่วนผสมของดินขับสลายตัวเมื่อเก็บไว้นาน ๆ ทำให้ยืดอายุการใช้งานของดินขับ ซึ่งเรียกสารที่มีคุณสมบัติเช่นนี้ว่าเป็น Stabilizer ซึ่งสามารถมองเห็นเกล็ดสารนี้ในฟิล์มทั้งสองชนิด ทั้งนี้เนื่องจากความหนาแน่นของสารนี้ต่างไปจากเนื้อดินขับ ลักษณะที่ปรากฏนี้แสดงว่าความหนาแน่นของเกล็ดสารมากกว่าเนื้อดินขับ เมื่อรังสีเอกซ์ตกลงบนแท่งดินขับจะผ่านเนื้อดินไปได้มากกว่าบริเวณที่มีเกล็ด Stabilizer ตัวนี้ ดังนั้นเมื่อล้างฟิล์มจึงได้เห็นเป็นจุดใส ๆ บนฟิล์ม ซึ่งกระจายอยู่ทั่วไปในแท่งดินขับ แสดงว่ารังสีเอกซ์สามารถใช้ตรวจสอบเนื้อในของดินขับได้ในลักษณะที่คล้ายอุลตร้าโซนิคไม่สามารถตรวจความสม่ำเสมอของการอัดตัวที่ไม่มีฟองอากาศ หรือรอยแยกของเนื้อดินได้ ในขั้นนี้สามารถเลือกชนิดของฟิล์มที่เหมาะสมกับงานวิจัยตรวจสอบดินขับได้โดยจะเห็นได้ว่า ฟิล์ม AA ขึ้นดำมากเกินไป จนมองเห็นรายละเอียดได้น้อย ยิ่งเมื่อใช้ศักย์ไฟฟ้าสูงขึ้นความชัดเจนของฟิล์มยิ่งมีน้อย ทั้งนี้เนื่องจากฟิล์ม AA นั้นไวต่อแสงมากกว่าฟิล์ม M ถึง 4 เท่า ผลึกเงินโบรไมด์จึงได้รับรังสีมากเกินไป ทำให้ฟิล์มดำมากกว่า ดังนั้นในการตรวจสอบเนื้อดินขับโดยรังสีเอกซ์ควรใช้ฟิล์ม M ซึ่งถ้าใช้ Exposure ที่เหมาะสมแล้วจะเห็นรายละเอียด และให้ความชัดเจนได้มากกว่าฟิล์ม AA มาก ดังภาพถ่ายของแท่งดินขับในรูปที่ 4.1 และ 4.2

4.3 ผลการปรับค่า Exposure ให้ได้ความหนาแน่นของฟิล์มเป็น 2.0

การปรับค่า Exposure ให้ได้ความหนาแน่นของฟิล์ม เมื่อลางแล้วตามต้องการใช้กราฟจากรูปที่ 2.10 (หน้า 32) ซึ่งแกนราบเป็นค่า Log Relative Exposure แกนดิ่งเป็นค่าความหนาแน่นของฟิล์ม วิธีการใช้ทำดังนี้

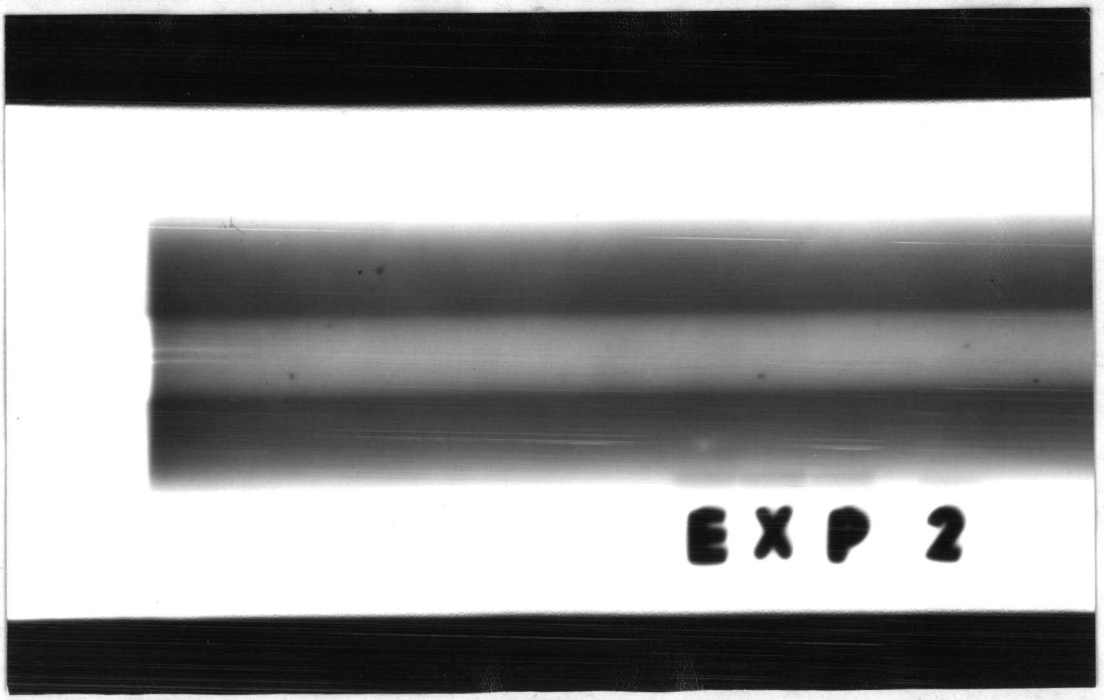
เมื่อใช้ศักย์ไฟฟ้าระดับหนึ่งซึ่งผลปรากฏว่าได้ค่า Exposure (มิลลิแอมแปร์–นาที หรือ มิลลิแอมแปร์–วินาที) เป็น E_1 ซึ่งมีความหนาแน่นของฟิล์มเป็น D_1 และมีค่า Log Relative Exposure เป็น $\log E_1$

ถ้าเราต้องการให้ความหนาแน่นของฟิล์ม (จะเพิ่มขึ้นจาก D_1 หรือลดลงจาก D_1) มีค่าเป็น D ซึ่งมีค่า Log Relative Exposure เป็น $\log E$ ที่ศักย์ไฟฟ้าระดับเดียวกันนั้น จะต้องทำดังนี้คือ



หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.1 ภาพเนื้อดินขับจรวด จุดดำ ๆ ที่เห็นคือเกล็ด 2-Nitro Diphenylamine



รูปที่ 4.2 ภาพเนื้อดินขับจรวดเมื่อทำให้เกิดตำหนิเป็นรอยร้าวในเนื้อ

ตารางที่ 4.5 แสดงค่า Anti-Log

LM	ALM	LM	ALM	LM	ALM	LM	ALM	LM	ALM
.00	1.00	.20	1.58	.40	2.51	.60	3.96	.80	6.31
.01	1.02	.21	1.62	.41	2.57	.61	4.07	.81	6.45
.02	1.04	.22	1.66	.42	2.63	.62	2.16	.82	6.60
.03	1.07	.23	1.69	.43	2.69	.63	4.30	.83	6.76
.04	1.09	.24	1.73	.44	2.75	.64	4.36	.84	6.91
.05	1.12	.25	1.77	.45	2.81	.65	4.46	.85	7.01
.06	1.14	.26	1.72	.46	2.55	.66	4.57	.86	7.24
.07	1.17	.27	1.86	.47	2.95	.67	4.67	.87	7.41
.08	1.20	.28	1.90	.48	3.02	.68	4.78	.88	7.58
.09	1.22	.29	1.95	.49	3.09	.69	4.89	.89	7.76
.10	1.25	.30	1.99	.50	3.16	.70	5.01	.90	7.94
.11	1.28	.31	2.04	.51	3.23	.71	5.29	.91	8.12
.12	1.31	.32	2.08	.52	3.31	.72	5.34	.92	8.31
.13	1.34	.33	2.13	.53	3.38	.73	5.37	.93	8.51
.14	1.38	.34	2.18	.54	3.46	.74	5.49	.94	8.71
.15	1.41	.35	2.24	.55	3.54	.75	5.62	.95	8.91
.16	1.44	.36	2.29	.56	3.63	.76	5.75	.96	9.12
.17	1.47	.37	2.34	.57	3.71	.77	5.88	.97	9.33
.18	1.51	.38	2.39	.58	3.80	.78	6.02	.98	9.55
.19	1.55	.39	2.45	.59	3.87	.77	6.16	.99	9.77

LM แทน Log M

ALM แทน Anti-Log M

1. หาค่าผลต่างของ Log Relative Exposure ในความหนาแน่นที่ต่างกันนั้น จากกราฟในรูปที่ 2.10 สมมุติได้ค่าความแตกต่างมีค่าเป็น Log M

2. หาค่าM (ความแตกต่างของ Exposure) โดยใช้ค่า Anti-Log M ซึ่งจะได้ค่า Exposure ที่ต่างกัน คือM ดังตารางที่ 4.3

3. ถ้า D > D_1 ให้นำ M ไปคูณ Exposure เดิม (E_1) ผลจะได้ Exposure ใหม่ที่ทำให้ความหนาแน่นของฟิล์มเมื่อล้างแล้วสูงขึ้นจาก D_1 เป็นD ตามต้องการ

ถ้า D < D_1 ให้นำ M ไปหาร Exposure เดิม (E_1) ผลจะได้ Exposure ใหม่ที่ทำให้ความหนาแน่นของฟิล์มเมื่อล้างแล้วต่ำลงจาก D_1 เป็น D ตามต้องการ

ดังนั้นผลที่ได้จากการปรับค่า Exposure จากตารางที่ 4.2 (หน้า 49) ของดินขับที่หนา 1 นิ้ว ให้ได้ค่าความหนาแน่นบนฟิล์ม จะได้ผลดังตารางที่ดังนี้

ตารางที่ 4.4 แสดงค่า Exposure ใหม่(ความหนา 1 นิ้ว)เมื่อปรับให้ฟิล์มมีความหนาแน่น (ฟิล์มM) ซึ่งมีค่า Log Relative Exposure = 2.54 ที่ระยะจากต้นกำเนิดรังสีเอกซ์ถึงฟิล์ม 36 นิ้ว

ศักย์ไฟฟ้า (kvp)	50	70	90	110
กระแส (mA)	2	2	2	2
เวลาที่ฉายรังสีเดิม	200	100	80	50
Exposure เริ่มต้น	400	200	160	100
Film Density	1.23	1.7	1.5	1.34

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

Log Relative Exposure	2.32	2.46	2.42	2.36
ผลต่างของ Log-Relative Exposure	0.22	0.08	0.12	0.18
Anti-Log ของค่าผลต่างของ Log-Relative Exposure	1.66	1.20	1.31	1.51
Exposure ใหม่ ที่ให้ความหนาแน่นของฟิล์ม 2.0	(664)	(240)	(209)	(151) *
	660	240	210	150
เวลาที่ฉายรังสีใหม่ (วินาที)	330	120	105	75

* (ค่าในวงเล็บเป็นผลคูณของ Exposure เดิมกับค่า Anti-Log)

ผลที่ได้จากตารางที่ 4.4 เป็นค่า Exposure ของดินขับในความหนา 1 นิ้ว การจะสร้าง Exposure Chart ของดินขับ จะต้องหา Exposure ของดินขับในความหนาต่าง ๆ กันในระดับศักย์ไฟฟ้าที่เลือกใช้ เนื่องจากแท่งดินขับจรวดนั้นมีขนาดความหนาเพิ่มขึ้นไม่มากนัก ทั้งนี้เนื่องจากอาวุธจรวดที่ผลิตมีขนาดมาตรฐานเป็น 2.25 นิ้ว และ 2.75 นิ้วเป็นส่วนใหญ่ การทำ Exposure Chart นั้นถ้าจะให้ได้ค่า Exposure ที่ดีที่สุดควรทำการทดสอบถ่ายภาพดินขับในความหนาต่าง ๆ กัน เป็น Step Wedge แต่เนื่องจากดินขับมีความหนาแน่นต่ำ ดังนั้นการเปลี่ยนความหนาเพียงน้อยจะทำให้เกิดความแตกต่างของความหนาแน่นของฟิล์มไม่มากนัก ด้วยเหตุนี้จึงสามารถจะกาดกะเนกราฟของ Exposure ในแต่ละค่าศักย์ไฟฟ้าได้ โดยใช้ความหนาที่เพิ่มขึ้นอีก 1 ค่า ให้มีช่วงความหนาต่างกับความหนาเดิม ดังนั้นจะเลือกความหนาของดินขับเป็น 4 นิ้ว ซึ่งเป็นความหนาของดินขับมากที่สุดที่ยังพอจะใช้ Exposure Chart ของกลูมิเนียมได้ แล้วทำการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ในระดับศักย์ไฟฟ้าต่าง ๆ กันเช่นเดิม

เมื่อเปลี่ยนความหนาของดินขับ จะเพิ่มกระแสเป็น 3 มิลลิแอมแปร์ โดยเลือกทดสอบกับดินขับหนา 4 นิ้ว ซึ่งคิดว่าเป็นความหนามากที่สุดของดินขับที่เราจะนำมาใช้งานได้ โดยทำการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ จากการเปรียบเทียบค่า S.E.T. โดยประมาณแล้วดินขับหนา 4 นิ้วมีความสามารถในการกั้นรังสีเท่ากับอลูมิเนียมหนาประมาณ 2 นิ้ว เมื่อพิจารณาจาก Exposure Chart ของอลูมิเนียมในรูป 3.1 จะเห็นได้ว่าค่า Exposure สูงมาก เนื่องจากการทดสอบ Exposure ในความหนา 1 นิ้ว พบว่าที่ศักย์ไฟฟ้า 70 kvp นั้นให้ค่าความหนาแน่นของฟิล์มอยู่ในเกณฑ์ดีที่สุด ดังนั้นจะลองใช้ศักย์ไฟฟ้า 70 kvp ซึ่งประมาณค่า Exposure ประมาณ 6000 มิลลิแอมแปร์–วินาที และเนื่องจากการทดสอบวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำเมื่อใช้ความหนามาก ๆ เมื่อใช้ศักย์ไฟฟ้าสูงขึ้นจะมีรังสีสะท้อนเกิดขึ้นจากเนื้อในวัสดุได้มาก ซึ่งจะลดความชัดเจนของเนื้อในวัสดุอันจะมีผลให้ความหนาแน่นของฟิล์มที่ได้เปลี่ยนไปจากที่ควรจะเป็นใน Exposure นั้น ในการทดสอบถ่ายภาพดินขับหนา 4 นิ้ว จึงใช้แผ่นตะกั่วบาง ๆ หุ้มผิวภายนอกและภายในแท่งดินขับ เริ่มต้นทดลองใช้ศักย์ไฟฟ้า 70 kvp เวลาในการฉายรังสี 8 นาที ที่ระยะจากต้นกำเนิดรังสีถึงฟิล์ม 18 นิ้ว ได้ค่า Exposure 5760 มิลลิแอมแปร์–วินาที วัดความหนาแน่นของฟิล์มได้ 1.44 ซึ่งพอจะอ่านความหมายของเนื้อในของวัสดุได้พอสมควร แล้วทดสอบถ่ายภาพดินขับโดยใช้ศักย์ไฟฟ้า 50,90 และ 110 kvp จากการคาดคะเน เมื่อวัดความหนาแน่นของฟิล์มเมื่อล้างฟิล์มแล้ว ทำการปรับเทียบความหนาแน่นให้เป็น 2.0 ได้ค่า Exposure ใหม่ ซึ่งเมื่อทดสอบถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ใน Exposure ที่เปลี่ยนไปนี้ได้ค่าความหนาแน่นของฟิล์มประมาณ 2.0 จริงทุกค่าศักย์ไฟฟ้า ยกเว้นที่ศักย์ไฟฟ้า 50 kvp เมื่อแก้ค่า Exposure แล้วทดสอบถ่ายภาพใน Exposure นั้น ปรากฏว่าได้ความหนาแน่นของฟิล์มเป็น 1.5 ซึ่งต่ำลงไปบ้าง แต่ก็อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถตีความหมายของเนื้อในของดินขับได้ แสดงว่าอำนาจในการทะลุทะลวงของรังสีเอกซ์ที่ 50 kvp ไม่แรงพอที่จะทะลุผ่านเนื้อในดินขับไปได้มากพอ เมื่อลองคำนวณปรับเทียบความหนาแน่นของฟิล์มเป็น 2.0 พบว่าต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้นจากเดิม (45 นาที) เป็น 60 นาที ได้ความหนาแน่นบนฟิล์มตามต้องการ ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงค่า Exposure ของดินขับจรวดหนา 4 นิ้ว เมื่อปรับให้ฟิล์มมีความหนาแน่น 2.0 ที่ระยะ 18 นิ้ว

ศักย์ไฟฟ้า kvp	50	70	90	110	
กระแส mA	3	3	3	3	
เวลา (นาที)	20	8	3.5	1 5/6	
Exposure มิลลิแกมแปร์-วินาที	14400	5760	2520	1320	
Film Density	0.9	1.44	1.5	1.5	
Log - Rel. Exposure	2.20	2.39	2.42	2.42	
ผลต่าง Log-Exposure	0.34	0.15	0.12	0.12	
Anti - log	2.18	1.41	1.31	1.31	
Exposure ใหม่	(31392) 43320	(8179) 8100	(3301) 3300	(1729) 1700	*
Time ใหม่ (นาที)	60	11.36	4.58	2.4	

* (ค่าในวงเล็บเป็นผลคูณของ Exposure เดิมกับค่า Anti-Log)

4.4 ผลที่ได้จากการทำ Exposure Chart ในศักย์ไฟฟ้าระดับต่าง ๆ กัน เมื่อดินขับมีความหนาต่างกัน

ผลจากการวิจัยการถ่ายภาพแท่งดินขับจรวดเพื่อตรวจดูการคัดตัวของเนื้อดินขับ เมื่อใช้ค่าศักย์ไฟฟ้าต่างระดับกัน และความหนาของดินขับต่างกันได้ผลซึ่งสามารถนำไปสร้าง Exposure Chart ของดินขับ (ซึ่งตารางที่ได้นี้ได้ทำการปรับเทียบ และทดสอบวัดความหนาแน่นของฟิล์มที่ล้างแล้ว) ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการวิจัยเพื่อหาค่า Exposure ของดินขับเพื่อสร้าง Exposure Chart ของดินขับจรวด

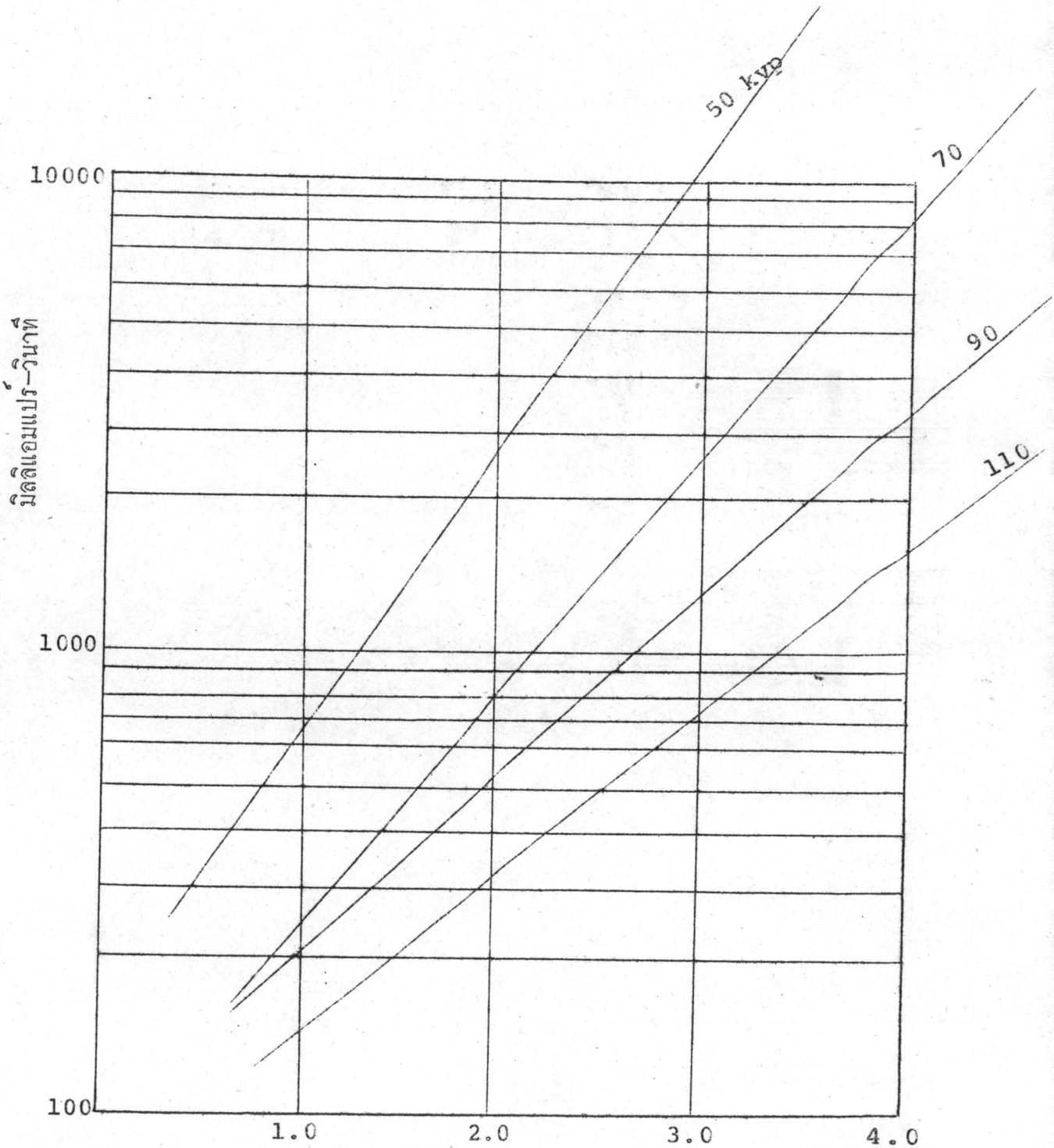
ศักย์ไฟฟ้า (kvp)	50	70	90	110
Exposure ในความหนา 1 นิ้ว	660	240	210	150
Exposure ในความหนา 4 นิ้ว	43000	8100	3300	1700

จากผลที่ได้นี้ สามารถสร้าง Exposure Chart ของการใช้รังสีเอกซ์กับแท่งดินขับจรวด ดังรูปที่ 4.4

4.5 ผลของการเปลี่ยนระยะทาง เพื่อทดสอบกฎกำลังสองผกผัน

พบว่าเป็นความจริงที่เมื่อเปลี่ยนระยะทางจากต้นกำเนิดรังสีถึงฟิล์ม จะได้ผลดังนี้

4.5.1 ถ้าเพิ่มระยะทางจากต้นกำเนิดรังสีถึงฟิล์มไปอีก 1 เท่า จะต้องใช้เวลาในการฉายรังสีเพิ่มขึ้นอีก 4 เท่าของเวลาเดิม เพื่อให้ได้ความหนาแน่นของฟิล์มเมื่อล้างแล้วคงเดิม



รูปที่ 4.4 Exposure Chart ของดินขับ (ความหนาของดินขับเป็นนิ้ว)

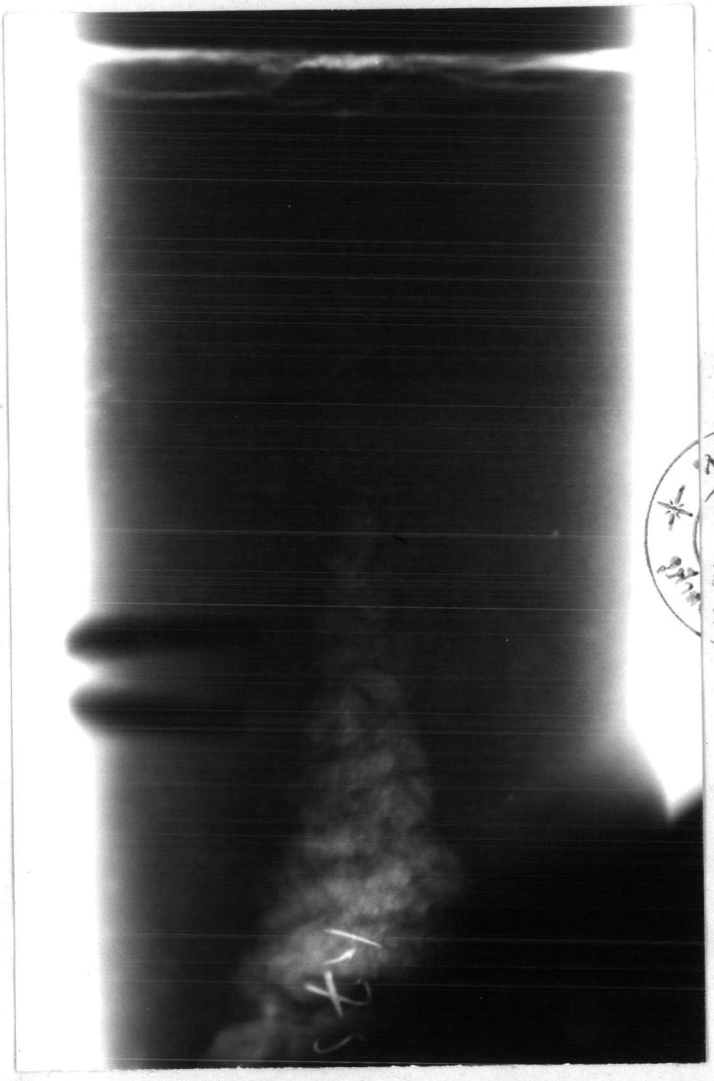
Film Density 2.0, ฟิล์ม M, Dev. 5 Min. 68°F.

4.5.2 ถ้าลดระยะทางจากต้นกำเนิดรังสีถึงฟิล์มไปอีก 1 เท่า จะต้องลดเวลาในการฉายรังสีลง 4 เท่าของเวลาเดิม เพื่อให้ได้ความหนาแน่นของฟิล์มเมื่อล้างแล้วคงเดิม

เทคนิคนี้ช่วยให้เราสามารถใช้เวลาในการฉายรังสีได้น้อยลง โดยยังคงใช้ความคมของภาพบนฟิล์มใกล้เคียงกันมากที่สุด เช่น จากการทดลองพบว่าเมื่อใช้ฟิล์ม M กระแส 2 มิลลิแอมแปร์ที่ระยะจากต้นกำเนิดรังสีถึงฟิล์ม 36 นิ้ว ใช้เวลาในการฉายรังสีเอกซ์ 100 วินาที ได้ความหนาแน่นของฟิล์ม 1.7 แต่ถ้าเปลี่ยนระยะจากต้นกำเนิดรังสีถึงฟิล์ม เป็น 18 นิ้ว เวลาในการฉายรังสีจะลดลงเหลือเพียง $\frac{100}{4} = 25$ วินาที หรือถ้าเปลี่ยนระยะจากต้นกำเนิดรังสีถึงฟิล์มเป็น 72 นิ้ว เวลาในการฉายรังสีจะเป็น $100 \times 4 = 400$ วินาที จึงจะได้ความหนาแน่นบนฟิล์ม 1.7 เท่ากันทั้งสาม Exposure และได้นำเทคนิคนี้มาช่วยในการสร้าง Exposure Chart เมื่อ Exposure ที่ความหนามาก ๆ มีค่าสูงมาก และต้องใช้เวลาในการฉายรังสีนาน ๆ จะวัดระยะทางจากต้นกำเนิดรังสีถึงฟิล์ม เพื่อลดเวลาในการฉายรังสีลง เป็นการช่วยยืดอายุการใช้งานของหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ด้วย

4.6 การใช้ Exposure Chart ของดินขับ

Exposure Chart นี้เป็นตารางการใช้รังสีสำหรับดินขับจรวด ซึ่งมีความหนาแน่น 0.056 ปอนด์/ลูกบาศก์นิ้ว (1.56 ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต) แม้ว่าส่วนผสมของดินขับจะต่างไปจากแท่งดินขับที่นำมาวิจัยก็ตาม นอกจากนี้หากมีวัสดุใดที่มีความหนาแน่นใกล้เคียงกันก็สามารถจะใช้ตารางนี้คาดคะเนการใช้รังสีเอกซ์ถ่ายภาพได้เช่นเดียวกัน ดังตัวอย่างในรูป 4.5 ซึ่งเป็นภาพเนื้อในของดินระเบิด (TNT) ซึ่งมีความหนาแน่น 1.56 ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต เท่ากับดินขับ ถ่ายโดยใช้ Exposure Chart ของดินขับที่หนา $2\frac{1}{2}$ นิ้ว ซึ่งมีค่า Exposure 600 มิลลิแอมแปร์-วินาที ซึ่งใกล้เคียงกับกราฟใน Exposure Chart มาก และวัดความหนาแน่นของฟิล์มได้ 1.75 ที่ 90 kvp



หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.5 ภาพถ่ายเนื้อในแท่งดินระเบิด (T.N.T.) หนา $2\frac{1}{2}$ นิ้ว