บทที่ 4

วิธีดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย

การถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยวิธีแทรคเอตช์ ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ได้แก่ การถ่ายภาพและการล้างกัดรอย การทดลองประกอบด้วย การหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการล้างกัดรอย ระยะเวลาในการถ่ายภาพ ระยะเวลาในการล้างกัดรอย และการเปรียบเทียบผลจากการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยวิธีแทรคเอตช์ เปรียบเทียบกับการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยบันทึกด้วยฟิล์มถ่ายรูปและฟิล์มรังสีเอกซ์ ทั้งการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยวิธีถ่ายตรง และการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยวิธีถ่ายทอด

4.1 การหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการล้างกัดรอย

การวิจัยประกอบด้วย การถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยวิธีแทรคเอตช์ ที่ใช้เงื่อนไขการถ่ายภาพเดียวกัน จำนวน 3 ชุด ล้างกัดรอยในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 2.5 นอร์มอล ที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ อุณหภูมิ 50 °C 60 °C และ 70 °C ดังนี้

1. ถ่ายภาพด้วยนิวตรอน โดยประกบฟิล์มไนโตรเซลลูโลสไว้ด้านหน้าฉากเปลี่ยนนิวตรอน บีอี-10 บรรจุลงในคาสเซตต์อลูมิเนียม นำไปวางที่ตำแหน่งถ่ายภาพด้านหน้าลำนิวตรอนเปิดชัตเตอร์ของลำนิวตรอน ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 15 นาที โดยทำการถ่ายภาพ จำนวน 3 ภาพ

2. ตัดแบ่งฟิล์มไนโตรเซลลูโลส จากการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนภาพที่ 1 ออกเป็น 4 ส่วน ล้างฟิล์มแต่ละส่วนในน้ำยาล้างกัดรอยอุณหภูมิ 50 °C โดยฟิล์มส่วนที่ 1 ใช้เวลาในการล้างกัดรอย 10 นาที ฟิล์มส่วนที่ 2 ใช้เวลาในการล้างกัดรอย 20 นาที ฟิล์มส่วนที่ 3 ใช้เวลาในการล้างกัดรอย 30 นาที และฟิล์มส่วนที่ 4 ใช้เวลาในการล้างกัดรอย 40 นาที

3. ล้างน้ำยาล้างกัดรอยออกจากฟิล์มด้วยน้ำ และตากฟิล์มให้แห้ง

4. ตัดแบ่งฟิล์มไนโตรเซลลูโลสจากการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนภาพที่ 2 ออกเป็น 4 ส่วน ล้างฟิล์มแต่ละส่วนในน้ำยาล้างกัดรอยอุณหภูมิ 60 °C โดยใช้เวลาในการล้างกัดรอยฟิล์มแต่ละส่วน เช่นเดียวกับการทดลองในข้อ 2.

5. ตัดแบ่งฟิล์มไนโตรเซลลูโลสจากการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนภาพที่ 3 ออกเป็น 4 ส่วน ล้างฟิล์มแต่ละส่วนในน้ำยาล้างกัดรอยอุณหภูมิ 70 °C โดยใช้เวลาในการล้างกัดรอยฟิล์มแต่ละส่วน เช่นเดียวกับการทดลองในข้อ 2.

6. อ่านความเข้มฟิล์มแต่ละส่วนด้วยเครื่องวัดความดำฟิล์ม

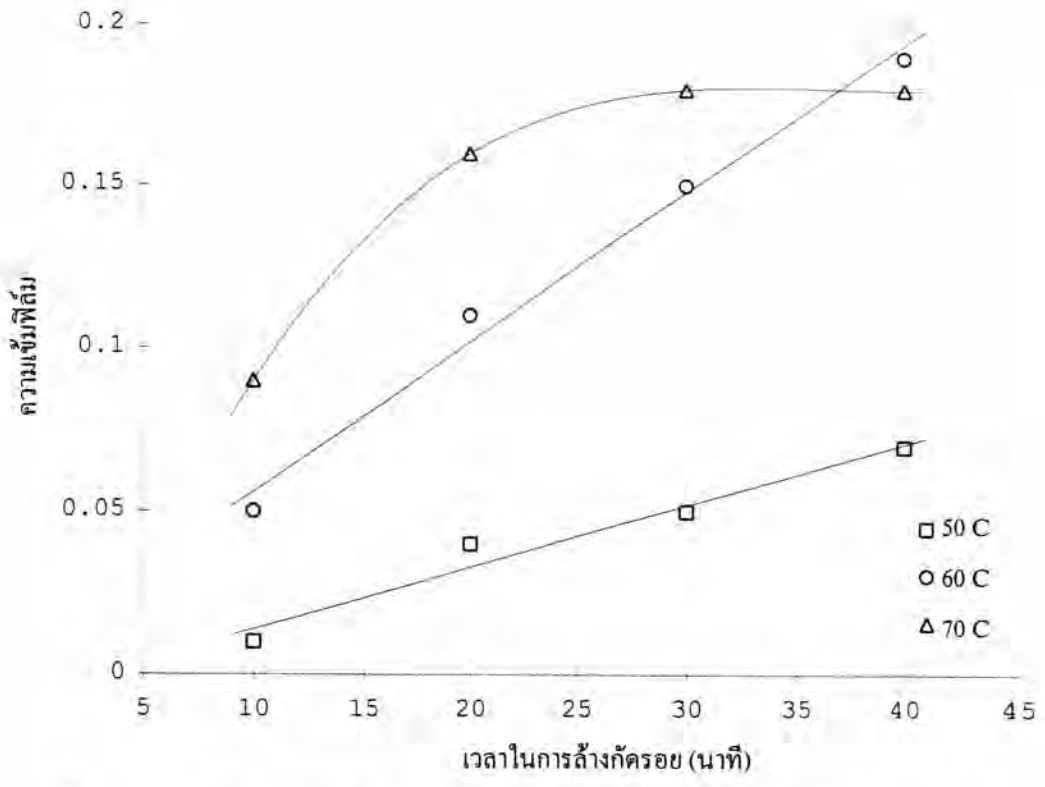
7. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการล้างกัดรอยกับความเข้มของฟิล์ม จากการกัดรอยที่อุณหภูมิต่างๆ

ผลการวิจัย

จากการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยใช้ฉากเปลี่ยนนิวตรอนบีอี-10 และบันทึกภาพด้วยฟิล์มไนโตรเซลลูโลส ถ่ายภาพด้วยนิวตรอนเป็นเวลา 15 นาที ล้างกัดรอยฟิล์มในน้ำยาล้างกัดรอยอุณหภูมิ 50 °C, 60 °C และ 70 °C ใช้เวลาในการล้างกัดรอย 10 นาที 20 นาที 30 นาที และ 40 นาที ได้ผลการวัดความเข้มของฟิล์มไนโตรเซลลูโลส ดังตารางที่ 4.1 และเขียนกราฟความสัมพันธ์ของความเข้มฟิล์มกับเวลาในการล้างกัดรอยได้ ดังรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ความเข้มของฟิล์มที่ถ่ายภาพด้วยนิวตรอน 15 นาที และล้างกัดรอยที่อุณหภูมิต่างกัน

เวลาล้างกัดรอย (นาที)	ความเข้มของฟิล์มไนโตรเซลลูโลส		
	อุณหภูมิน้ำยาล้างกัดรอย 50 °C	อุณหภูมิน้ำยาล้างกัดรอย 60 °C	อุณหภูมิน้ำยาล้างกัดรอย 70 °C
10	0.01	0.05	0.09
20	0.04	0.11	0.16
30	0.05	0.15	0.18
40	0.07	0.19	0.18



รูปที่ 4.1 ความเข้มของฟิล์มกับเวลาในการล้างกัดรอยเมื่อล้างกัดรอยที่อุณหภูมิต่างกัน

วิเคราะห์ผลการวิจัย

จากการทดสอบอุณหภูมิของน้ำยาล้างกัดรอย โดยถ่ายภาพด้วยนิวตรอนแล้วล้างฟิล์มไนโตรเซลลูโลสในน้ำยาล้างกัดรอย อุณหภูมิ 50 °C, 60 °C และ 70 °C พบว่า อุณภูมิของน้ำยาล้างกัดรอย 60 °C ให้ภาพถ่ายที่ดีกว่ากรณีอื่น โดยพิจารณาจากกราฟในรูปที่ 4.1 ดังนี้

(1) ฟิล์มที่ล้างในน้ำยาล้างกัดรอยอุณหภูมิ 50 °C มีความเข้มต่ำ กราฟมีความชันน้อย แสดงว่าภาพที่ได้จะให้ค่าความเปรียบต่างต่ำและซึ่งจะมีปัญหาในการสังเกตรายละเอียดของภาพ

(2) ฟิล์มที่ล้างในน้ำยาล้างกัดรอยอุณหภูมิ 70 °C ฟิล์มมีความเข้มสูงสุดเมื่อใช้เวลาล้างต่ำกว่า 18 นาที หลังจากนั้น เส้นกราฟมีความชันลดลง แสดงว่าฟิล์มที่ถ่ายและใช้เวลาล้างเกินกว่า 18 นาที ภาพมีความเปรียบต่างต่ำลง ซึ่งหมายถึงรายละเอียดของภาพจะลดลงด้วย

(3) ฟิล์มที่ล้างในน้ำยาล้างกัดรอยอุณหภูมิ 60 °C มีความเข้มของฟิล์มและความชันของเส้นกราฟสูงขึ้นตามเวลาในการล้างกัดรอยตลอดช่วงเวลา 10 ถึง 40 นาที แสดงว่าภาพถ่ายที่ได้จะมีความเปรียบต่างสูงขึ้น สามารถให้รายละเอียดของภาพและความคมชัดได้มากขึ้น

ดังนั้น อุณหภูมิของน้ำยาล้างกัดรอยที่เหมาะสมในการล้างฟิล์มไนโตรเซลลูโลสเพื่อการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน ได้แก่ อุณหภูมิ 60 °C

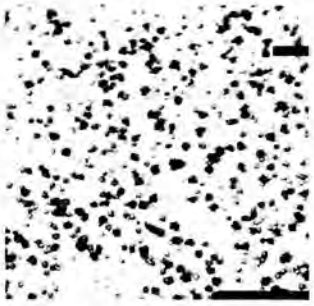
4.2 การทดสอบเวลาในการถ่ายภาพและเวลาในการล้างกัดรอย

การทดลองเพื่อทดสอบเวลาที่เหมาะสมในการถ่ายภาพและเวลาที่เหมาะสมในการล้างกัดรอย โดยใช้เวลาในการถ่ายภาพ 5 นาที 10 นาที 20 นาที 30 นาที และ 60 นาที ฟิล์มจากการถ่ายภาพแต่ละครั้ง ใช้เวลาในการล้างกัดรอย 2 นาที 5 นาที 10 นาที 20 นาที 30 นาที และ 40 นาที โดยมีรายละเอียดการทดลอง ดังนี้

1. ถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยใช้ฟิล์มไนโตรเซลลูโลสและฉากเปลี่ยนนิวตรอน บีอี-10 จำนวน 5 ภาพ ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 5 นาที 10 นาที 20 นาที 30 นาที และ 60 นาที
2. ตัดแบ่งฟิล์มที่ถ่ายภาพแล้ว ออกเป็น 6 ส่วน
3. ล้างฟิล์มแต่ละส่วนในน้ำยาล้างกัดรอยอุณหภูมิ 60 °C โดยใช้เวลาในการล้างกัดรอยแต่ละส่วน 2 นาที 5 นาที 10 นาที 20 นาที 30 นาที และ 40 นาที
4. ถ่ายภาพรอยอนุภาคบนฟิล์มแต่ละส่วนที่ล้างกัดรอยแล้ว ด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยใช้กำลังขยาย 400 เท่า
5. ล้างฟิล์มและอัดขยายภาพของรอย 2.5 เท่าบนกระดาษอัดภาพ
6. เปรียบเทียบผลของเวลาในการถ่ายภาพ และเวลาในการล้างกัดรอย จากภาพของรอยอนุภาค
7. วัดความเข้มของฟิล์มแต่ละส่วน จากการถ่ายภาพแต่ละครั้ง ด้วยเครื่องวัดความดำของฟิล์ม
8. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเวลาในการถ่ายภาพ และเวลาในการล้างกัดรอยต่อความเข้มของฟิล์ม

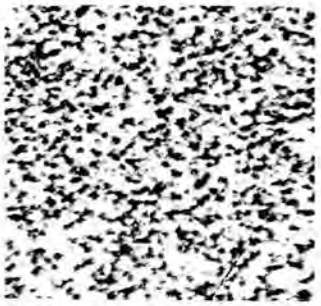
ผลการวิจัย

จากการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยใช้ฉากเปลี่ยนนิวตรอน บีอี-10 บันทึกภาพด้วยฟิล์มไนโตรเซลลูโลส พบว่าการเพิ่มเวลาในการถ่ายภาพทำให้ความหนาแน่นของรอยอนุภาคบนฟิล์มสูงขึ้น รูปที่ 4.2 แสดงภาพขยาย 1000 เท่า ของรอยอนุภาคบนฟิล์มไนโตรเซลลูโลส ซึ่งถ่ายภาพด้วยเวลาต่าง ๆ กัน โดยใช้เวลาในการล้างกัดรอย 20 นาที

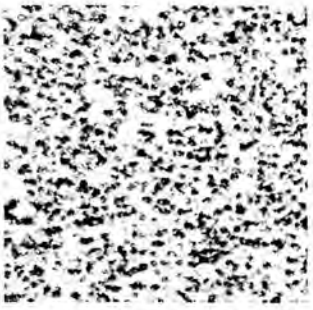


(ก) เวลาถ่ายภาพ 5 นาที

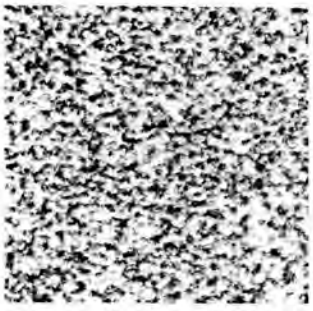
(ข) เวลาถ่ายภาพ 10 นาที



(ค) เวลาถ่ายภาพ 20 นาที



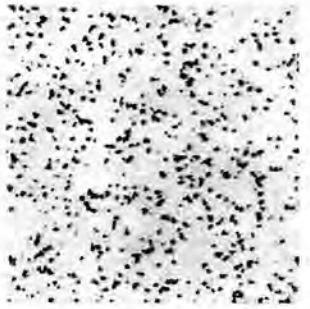
(ง) เวลาถ่ายภาพ 30 นาที



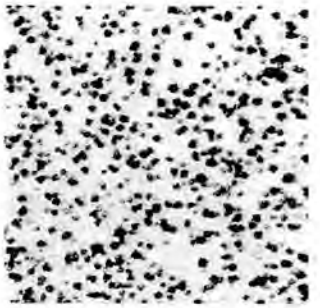
(จ) เวลาถ่ายภาพ 60 นาที

รูปที่ 4.2 ภาพถ่ายของรอยอนุภาคบนฟิล์มที่เวลาถ่ายภาพต่าง ๆ กัน และล้างกัดรอย 20 นาที (ภาพขยาย 1000 เท่า)

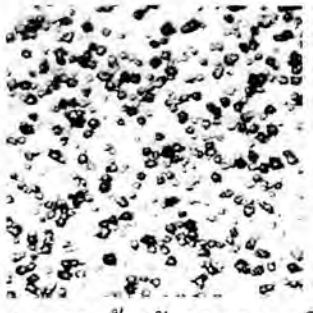
(ก) เวลาล้างกัดรอย 5 นาที



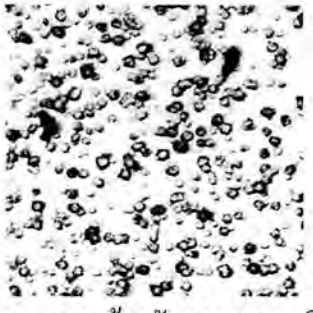
(ข) เวลาล้างกัดรอย 10 นาที



(ค) เวลาล้างกัดรอย 20 นาที



(ง) เวลาล้างกัดรอย 30 นาที



(จ) เวลาล้างกัดรอย 40 นาที

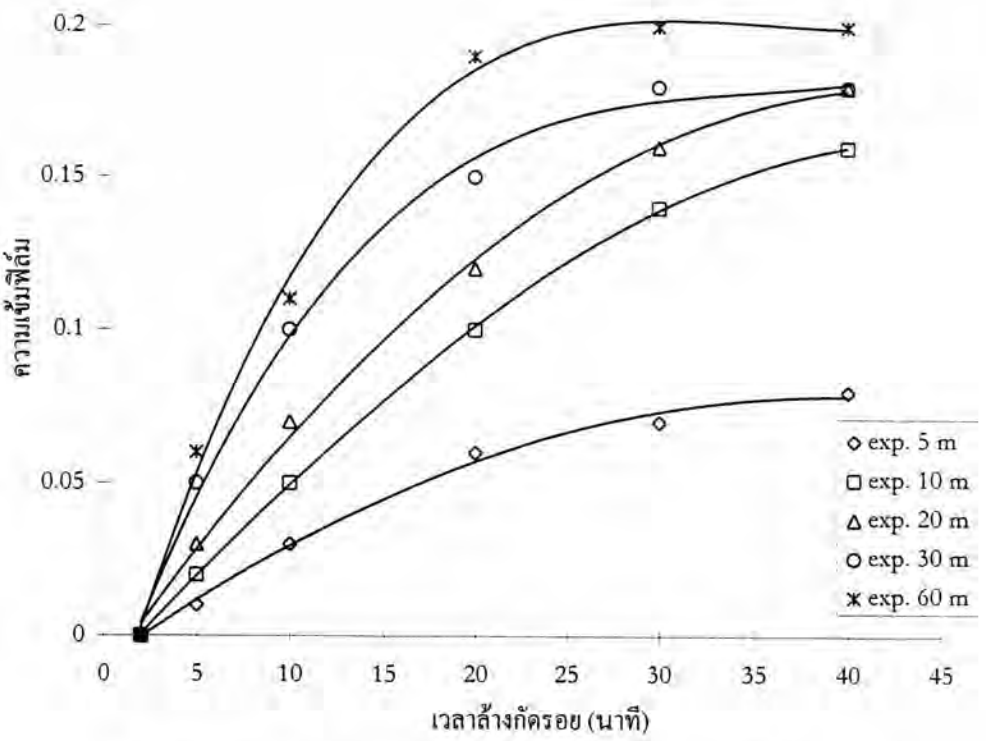
รูปที่ 4.3 ภาพถ่ายของรอยอนุภาคบนฟิล์มเมื่อถ่ายภาพ 5 นาที และล้างกัดรอยเวลาต่างๆกัน (ภาพขยาย 1000 เท่า)

จากการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยใช้ฉากเปลี่ยนนิวตรอน บีอี-10 บันทึกภาพด้วยฟิล์มไนโตรเซลลูโลส พบว่าการเพิ่มเวลาในการล้างฟิล์มในน้ำยาล้างกัดรอย ทำให้ขนาดของรอยอนุภาคโตขึ้น รูปที่ 4.3 แสดงภาพขยาย 1000 เท่า ของรอยอนุภาคบนฟิล์มไนโตรเซลลูโลส ที่ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 5 นาที

ฟิล์มไนโตรเซลลูโลสจากการถ่ายภาพและการล้างกัดรอยแต่ละเงื่อนไข วัดความเข้มด้วยเครื่องวัดความเข้มฟิล์ม ได้ผลดังตารางที่ 4.2 ซึ่งเขียนกราฟความสัมพันธ์ของความเข้มฟิล์มกับเวลาในการล้างกัดรอยของเวลาการถ่ายภาพแต่ละค่า ได้ดังรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.2 ความเข้มของฟิล์มไนโตรเซลลูโลสที่ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 15 นาที และเวลาล้างกัดรอยต่าง ๆ กัน

เวลาล้างกัดรอย (นาที)	ความเข้มฟิล์ม				
	ถ่ายภาพ 5 นาที	ถ่ายภาพ 10 นาที	ถ่ายภาพ 20 นาที	ถ่ายภาพ 30 นาที	ถ่ายภาพ 60 นาที
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.01	0.02	0.03	0.05	0.06
10	0.03	0.05	0.07	0.10	0.11
20	0.06	0.10	0.12	0.15	0.19
30	0.07	0.14	0.16	0.18	0.20
40	0.08	0.16	0.18	0.18	0.20



รูปที่ 4.4 ความเข้มฟิล์มไนโตรเซลลูโลสกับเวลาในการล้างกัดรอย
เมื่อถ่ายภาพด้วยเวลาต่างกัน

วิเคราะห์ผลการวิจัย

จากการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยใช้ฉากเปลี่ยนนิวตรอน บีอี-10 และบันทึกภาพด้วยฟิล์มไนโตรเซลลูโลส เพื่อศึกษาผลของเวลาในการถ่ายภาพและเวลาในการล้างกัดรอย พบว่า

(1) จากรูปที่ 4.2 ความหนาแน่นของรอยอนุภาคมีค่าสูงขึ้นเมื่อใช้เวลาในการถ่ายภาพมากขึ้น และเมื่อความหนาแน่นสูงมาก รอยอนุภาคจะเกิดการซ้อนทับกัน

(2) จากรูปที่ 4.3 รอยอนุภาคมีขนาดโตขึ้น เมื่อใช้เวลาในการล้างกัดรอยมากขึ้น การใช้เวลาในการล้างกัดรอยน้อย รอยอนุภาคจะมีขนาดเล็กมาก ทำให้ฟิล์มยังคงใสอยู่ แต่เมื่อใช้เวลาในการล้างกัดรอยนานมาก รอยอนุภาคจะมีขนาดใหญ่จนเกิดการซ้อนทับกัน โดยเฉพาะฟิล์มที่มีความหนาแน่นของรอยอนุภาคสูง

(3) จากกราฟความเข้มฟิล์มกับเวลาในการล้างกัดรอยในรูปที่ 4.4 การล้างกัดรอยโดยใช้เวลามากขึ้นทำให้ฟิล์มมีความเข้มสูงขึ้น และให้เส้นกราฟที่มีความชันสูงขึ้น ในช่วงต้นของการล้างกัดรอย จากนั้นความชันจะลดลง แสดงว่าภาพถ่ายแยกแยะรายละเอียดได้ดีในช่วงต้นของการล้างกัดรอย และรายละเอียดจะลดลงจนหายไปเมื่อใช้เวลาในการล้างกัดรอยนานมาก

(4) ภาพที่ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 5 นาทีให้เส้นกราฟที่ความเข้มของภาพและความชันของกราฟต่ำมาก เมื่อใช้เวลาล้างฟิล์ม 30-40 นาที ความเข้มของภาพจะถึงจุดอิ่มตัวที่ความเข้มฟิล์มต่ำกว่า 0.10 จึงไม่เหมาะในการใช้ถ่ายภาพ เนื่องจากจะให้ภาพที่แสดงรายละเอียดได้น้อยและมีความเปรียบต่างต่ำ

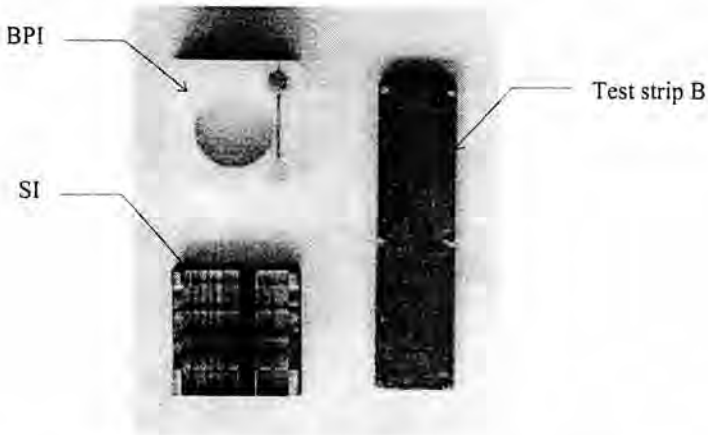
(5) ภาพที่ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 10 นาที และ 20 นาที ภาพถ่ายมีความเข้มสูงขึ้นเมื่อใช้เวลาในการล้างกัดรอยมากขึ้น แต่เส้นกราฟมีความชันไม่สูงแสดงว่าภาพถ่ายมีความเปรียบต่างค่อนข้างต่ำ

(6) ภาพที่ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 30 นาที และ 60 นาที ให้ภาพที่มีความเข้มสูงขึ้น กราฟมีความชันสูงเมื่อใช้เวลาในการล้างกัดรอย 10 ถึง 20 นาที หลังจากนั้นความชันจะลดลงจนความเข้มฟิล์มถึงจุดอิ่มตัวที่ความเข้ม 0.20

(7) จากผลการทดลองเวลาที่เหมาะสมในการถ่ายภาพจึงอยู่ระหว่าง 30 ถึง 60 นาที และเวลาในการล้างกัดรอย 10 ถึง 20 นาที โดยจุดที่ฟิล์มมีความเข้มสูงและความชันสูงอยู่ระหว่างเวลาในการล้างกัดรอย 13 ถึง 18 นาที

4.3 การถ่ายภาพวัตถุตัวอย่างมาตรฐานด้วยนิวตรอน

วัตถุตัวอย่างมาตรฐานที่ใช้ในการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนจำนวน 3 ชิ้น ได้แก่ Beam Purity Indicator (BPI) Sensitivity Indicator (SI) และ Test Strip B ซึ่งใช้สำหรับทดสอบคุณภาพของระบบการถ่ายภาพ โดยแสดงผลเป็นค่าความเปรียบต่างและการมองเห็นรายละเอียดของวัตถุในภาพถ่าย การจัดวางวัตถุตัวอย่างเพื่อการถ่ายภาพมีลักษณะดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 วัตถุตัวอย่างมาตรฐานที่ใช้ถ่ายภาพด้วยนิวตรอน

4.3.1 การถ่ายภาพวัตถุตัวอย่างมาตรฐานโดยวิธีแทรคเอตช์

การทดลองถ่ายภาพวัตถุตัวอย่างมาตรฐาน BPI, SI และ test strip B เพื่อทดสอบคุณภาพของภาพถ่าย จากการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยวิธีแทรคเอตช์ ใช้ฉากเปลี่ยนนิวตรอนบีอี-10 และบันทึกภาพด้วยฟิล์มไนโตรเซลลูโลส การถ่ายภาพและการล้างกัดรอยใช้เงื่อนไขที่ได้จากการทดลองในข้อ 4.2 ได้แก่ การใช้เวลาในการถ่ายภาพ 30 นาที และ 60 นาที และล้างเพื่อกัดขยายรอยที่เวลา 13 นาที และ 18 นาที ซึ่งเป็นช่วงที่เส้นกราฟมีความชันสูงและฟิล์มมีความเข้มสูง ทั้งนี้การทดลองได้ทดสอบการใช้เวลาถ่ายภาพ 20 นาที ใช้เวลาล้างกัดรอยค่าเดียวกันเพื่อเปรียบเทียบผลด้วย ภาพถ่ายจากฟิล์ม บันทึกโดยสแกนด้วยสแกนเนอร์ พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลการถ่ายภาพ

ผลการวิจัย

จากภาพถ่ายที่บันทึกด้วยฟิล์มไนโตรเซลลูโลส นำมาวิเคราะห์ภาพโดยการสแกนด้วยสแกนเนอร์ ได้ภาพดังรูปที่ 4.6 (ก) (ข) และ (ค)

วิเคราะห์ผลการวิจัย

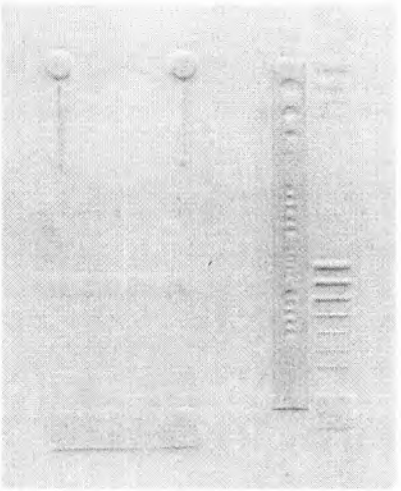
จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบความเปรียบต่าง และความไวในการถ่ายภาพ(Sensitivity) ของภาพถ่ายวัตถุตัวอย่างมาตรฐาน BPI, SI และ test strip B ที่ใช้เวลาในการถ่ายภาพและเวลาในการล้างกัดรอยที่แตกต่างกัน พบว่า

(1) ผลต่างของความเข้มฟิล์มไนโตรเซลลูโลส ที่ตำแหน่งโบรอนไนไตรด์(BN,D_B) และตำแหน่งของพื้นฟิล์มในวงกลม ($Hole,D_H$) ของ BPI คำนวณได้เป็นค่าความเปรียบต่าง ΔD ของภาพถ่าย ซึ่งมีค่าสูงขึ้นตามเวลาที่ใช้ในการถ่ายภาพและเวลาที่ใช้ในการล้างกัดรอย

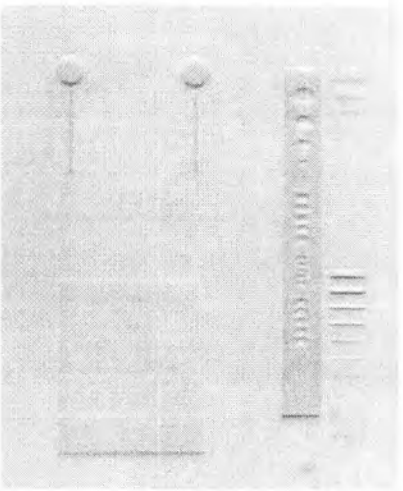
(2) รายละเอียดที่ภาพถ่ายสามารถสังเกตเห็นได้ (Sensitivity) จากภาพของ test strip B ซึ่งประกอบด้วยลวดแคดเมียมขนาด 0.10 ถึง 0.75 มิลลิเมตร ภาพถ่ายสามารถแสดงให้เห็นลวดแคดเมียมขนาด 0.10 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดเล็กที่สุดได้

(3) รายละเอียดของภาพส่วนที่เป็นลวดพลาสติก ของ test strip B ซึ่งมีขนาด 0.07 ถึง 2.5 มิลลิเมตร สามารถแสดงให้เห็นภาพถ่ายลวดพลาสติกขนาดเล็กที่สุด 0.20 ถึง 0.45 มิลลิเมตร ดังที่แสดงในตารางที่ 4.3

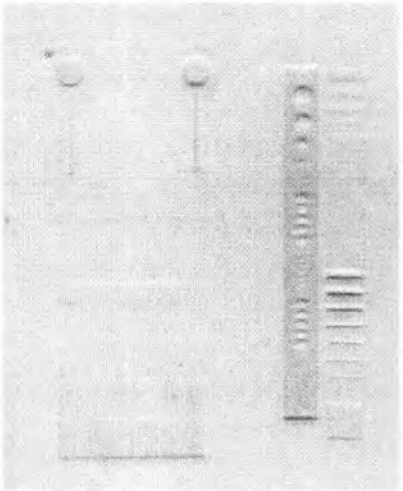
(4) Sensitivity Indicator (SI) ซึ่งประกอบด้วยแนวของช่องขนาด 0.013 ถึง 0.25 มิลลิเมตร ภาพถ่ายสามารถแสดงให้เห็นช่องขนาดเล็กที่สุด 0.013 ถึง 0.051 มิลลิเมตร ดังที่แสดงในตารางที่ 4.3



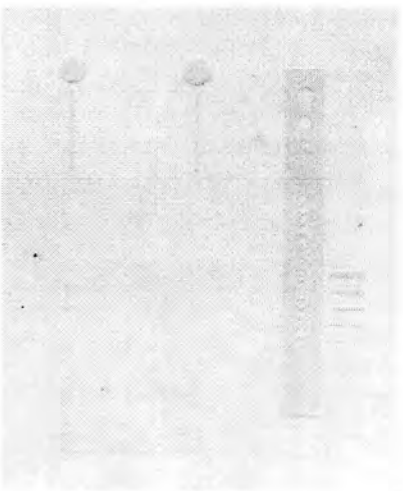
(ก) <u>เวลาถ่ายภาพ 20 นาที</u> เวลาล้างกัดรอย 13 นาที



เวลาล้างกัดรอย 18 นาที

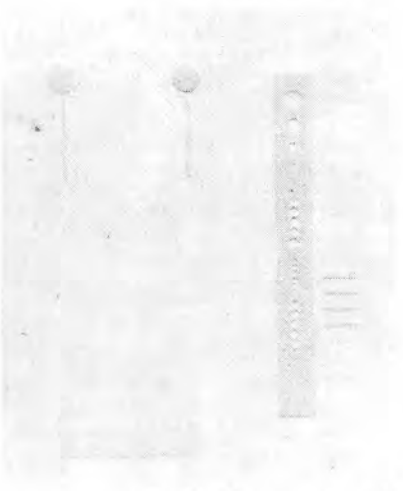


(ข) <u>เวลาถ่ายภาพ 30 นาที</u> เวลาล้างกัดรอย 13 นาที



เวลาล้างกัดรอย 18 นาที

(ค) <u>เวลาถ่ายภาพ 60 นาที</u> เวลาล้างกัดรอย 13 นาที



เวลาล้างกัดรอย 18 นาที

รูปที่ 4.6 ภาพจากการสแกนฟิล์มไนโตรเซลลูโลสโดยตรง

ตารางที่ 4.3 ความเปรียบต่างและรายละเอียดจากการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยวิธีแทรคเอตช์

เวลาถ่ายภาพ - เวลาล้างกัดรอย	ความเข้มของ BN (D_B)	ความเข้มของพื้นฟิล์ม (D_H)	ความเปรียบต่าง (ΔD)	ขนาดลวดแคดเมียม	ขนาดลวดพลาสติก	ขนาดช่องของ SI
20 นาที - 13 นาที	0.04	0.10	0.06	0.1 mm	0.45 mm	0.051 mm
20 นาที - 18 นาที	0.05	0.13	0.08	0.1 mm	0.45 mm	0.051 mm
30 นาที - 13 นาที	0.05	0.13	0.08	0.1 mm	0.37 mm	0.051 mm
30 นาที - 18 นาที	0.06	0.15	0.09	0.1 mm	0.45 mm	0.013 mm
60 นาที - 13 นาที	0.07	0.18	0.11	0.1 mm	0.45 mm	0.013 mm
60 นาที - 18 นาที	0.07	0.18	0.11	0.1 mm	0.20 mm	0.013 mm

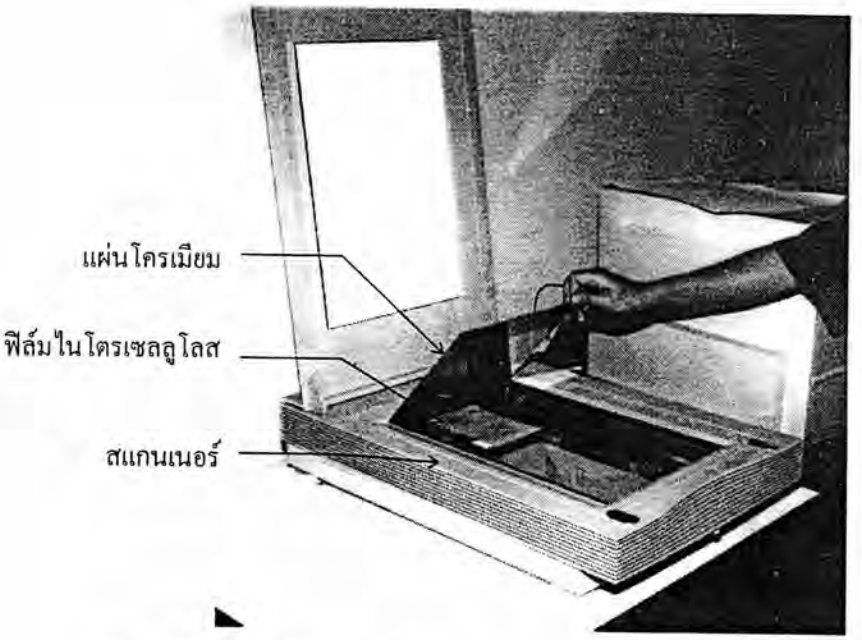
4.3.2 การปรับความเปรียบต่างของภาพถ่าย จากการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยวิธีแทรคเอตช์

การถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยวิธีแทรคเอตช์ บันทึกภาพถ่ายด้วยฟิล์มไนโตรเซลลูโลส ซึ่งเป็นฟิล์มใส เมื่อผ่านการล้างกัดรอยแล้ว จะให้ภาพที่มีลักษณะเป็นรอยขุ่นฝ้า ภาพที่ได้ให้รายละเอียดสูง แต่มีความเปรียบต่างค่อนข้างต่ำ ดังผลจากการทดลองในข้อ 4.3.1 ซึ่งไม่สะดวกในการสังเกตและวิเคราะห์ภาพถ่าย รวมทั้งไม่สามารถนำเสนอภาพด้วยการพิมพ์ได้โดยตรง การปรับความเปรียบต่างเพื่อดูภาพถ่ายด้วยนิวตรอนโดยวิธีแทรคเอตช์ ในการวิจัยนี้ได้ใช้วิธีสแกนภาพบนฟิล์มด้วยสแกนเนอร์ โดยมีแผ่นโลหะผิวเรียบมันช่วยในการสะท้อนแสง ซึ่งสามารถเพิ่มความเปรียบต่างได้ และยังสามารถใช้ซอฟต์แวร์ช่วยเพิ่มความเปรียบต่างได้อีก[14] ขั้นตอนการบันทึกภาพและการเพิ่มความเปรียบต่างโดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีดังนี้

1. วางแผ่นฟิล์มไนโตรเซลลูโลสลงบนสแกนเนอร์ แล้ววางแผ่นโครเมียมขัดเงาไว้ด้านบน ดังรูปที่ 4.7

2. อ่านและบันทึกภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3. ปรับความเปรียบต่างของภาพ เปรียบเทียบและบันทึกภาพจากการปรับความเปรียบต่างแต่ละระดับ

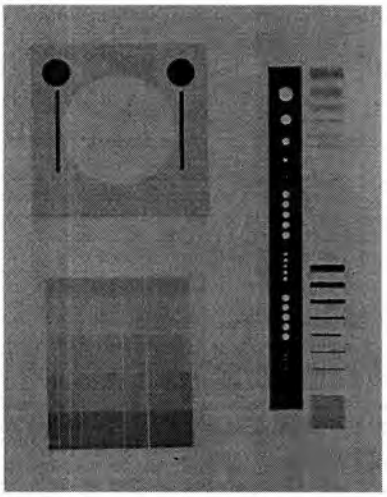


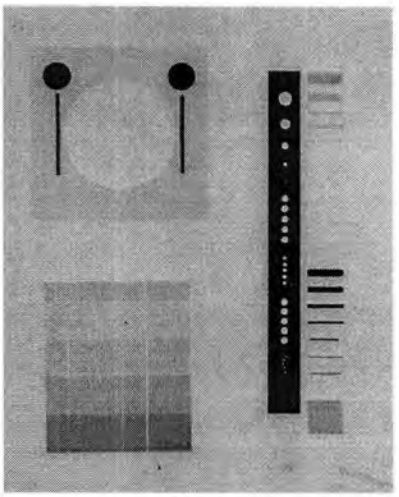
รูปที่ 4.7 การปรับความเปรียบต่างของภาพบนฟิล์มไนโตรเซลลูโลสโดยใช้แผ่นโครเมียมขัดเงาสะท้อนแสงขณะสแกนภาพ

ผลการวิจัย

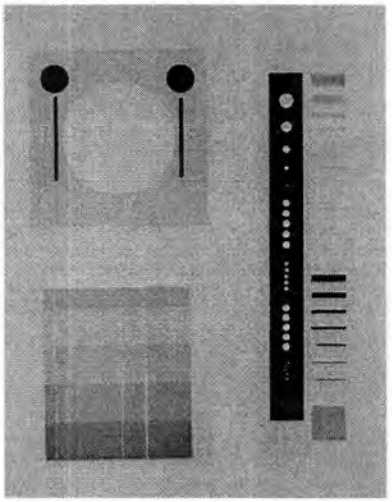
ภาพจากการสแกนโดยวางแผ่นโครเมียมขัดเงาไว้ด้านบนฟิล์มไนโตรเซลลูโลส ให้ภาพที่มีความเปรียบต่างสูงขึ้น ทำให้ภาพมีความชัดเจนมากขึ้น สามารถสังเกตรายละเอียดของภาพได้สะดวก ดังรูปที่ 4.8 (ก) (ข) และ (ค)

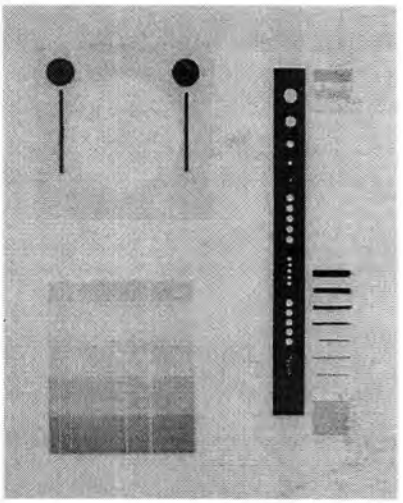
ภาพถ่ายจากฟิล์มไนโตรเซลลูโลส ที่สแกนโดยวางแผ่นโครเมียมขัดเงาไว้ด้านบนฟิล์ม เมื่อได้ภาพแล้ว ทำการปรับความเปรียบต่างของภาพโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทำให้ความเปรียบต่างของภาพสูงขึ้น ดังรูปที่ 4.9 ถึง รูปที่ 4.14



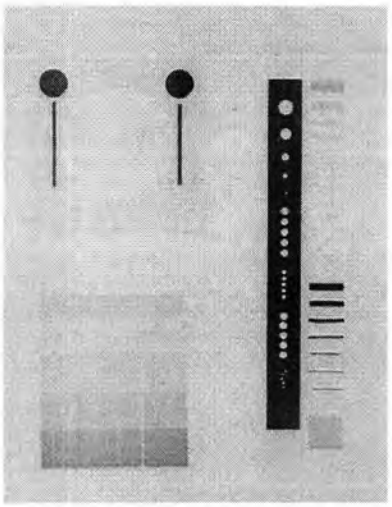


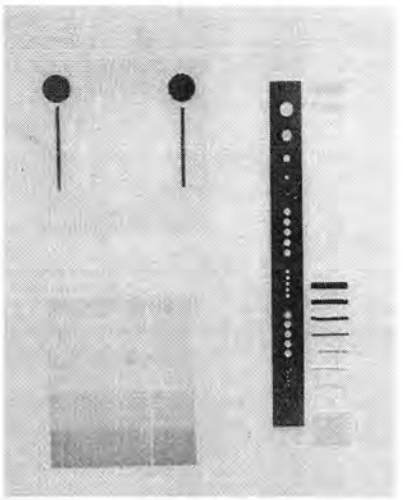
(ก) <u>เวลาถ่ายภาพ 20 นาที</u> เวลาล้างกัดรอย 13 นาที เวลาล้างกัดรอย 18 นาที





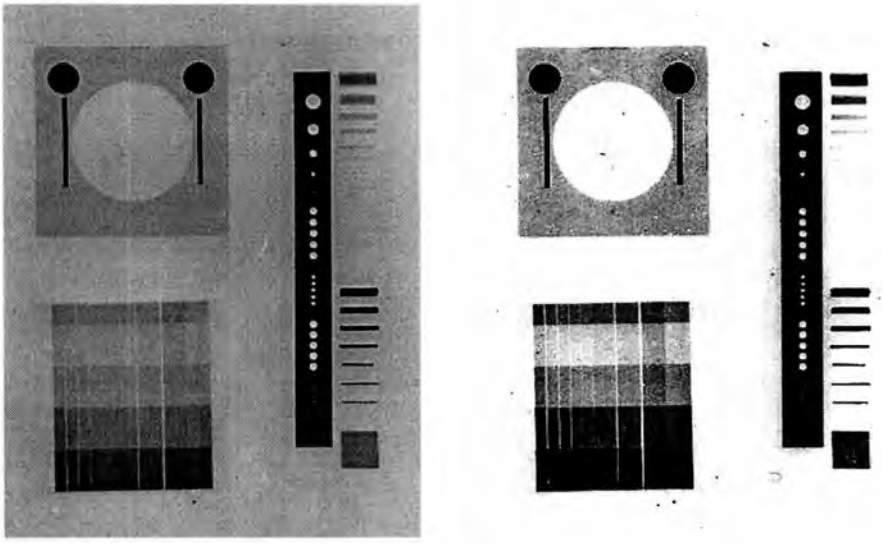
(ข) <u>เวลาถ่ายภาพ 30 นาที</u> เวลาล้างกัดรอย 13 นาที เวลาล้างกัดรอย 18 นาที





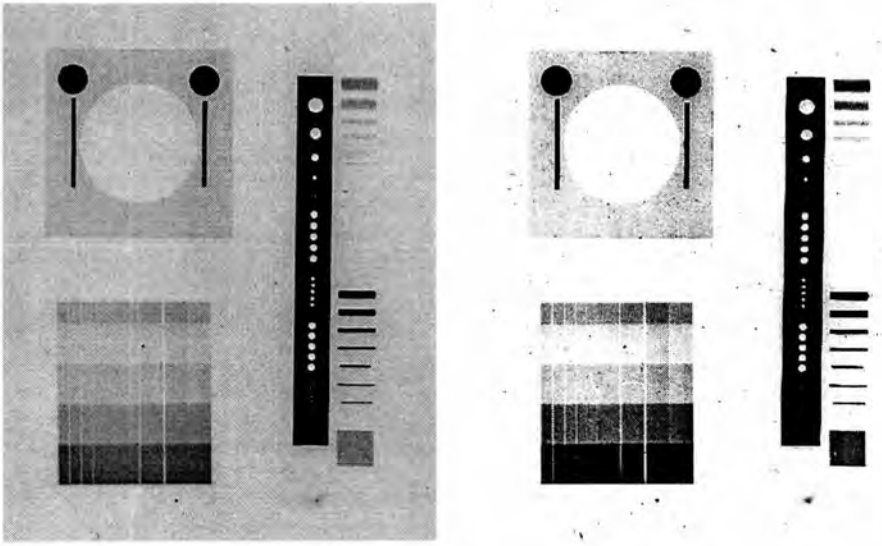
(ค) <u>เวลาถ่ายภาพ 60 นาที</u> เวลาล้างกัดรอย 13 นาที เวลาล้างกัดรอย 18 นาที

รูปที่ 4.8 ภาพจากการสแกนฟิล์มไนโตรเซลลูโลสโดยใช้แผ่นโครเมียมขัดเงาเพิ่มความเปรียบต่าง



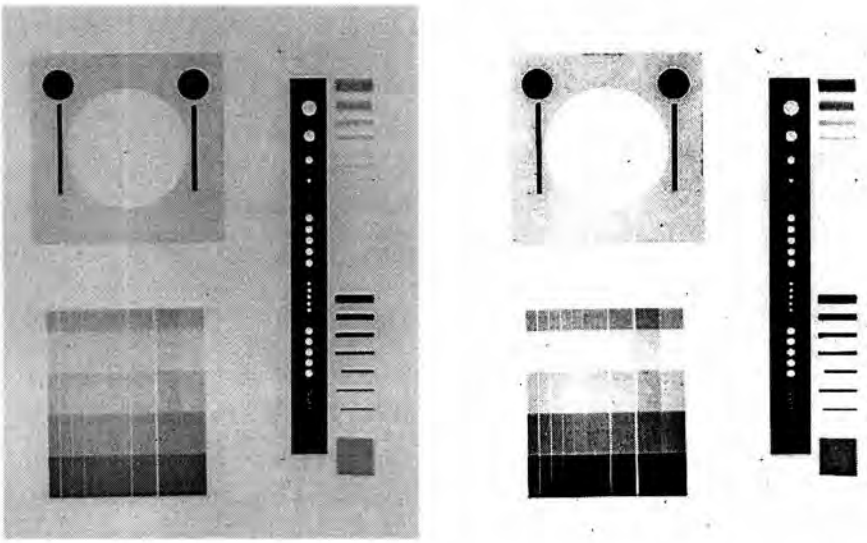
ปรับเพิ่มความเปรียบต่าง 50% ปรับเพิ่มความเปรียบต่าง 90%

รูปที่ 4.9 ภาพจากการสแกนฟิล์มไนโตรเซลลูโลส ซึ่งถ่ายภาพ 20 นาที ล้าง 13 นาที เพิ่มความเปรียบต่าง โดยใช้แผ่นโครเมียมขัดเงา และปรับความเปรียบต่างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์



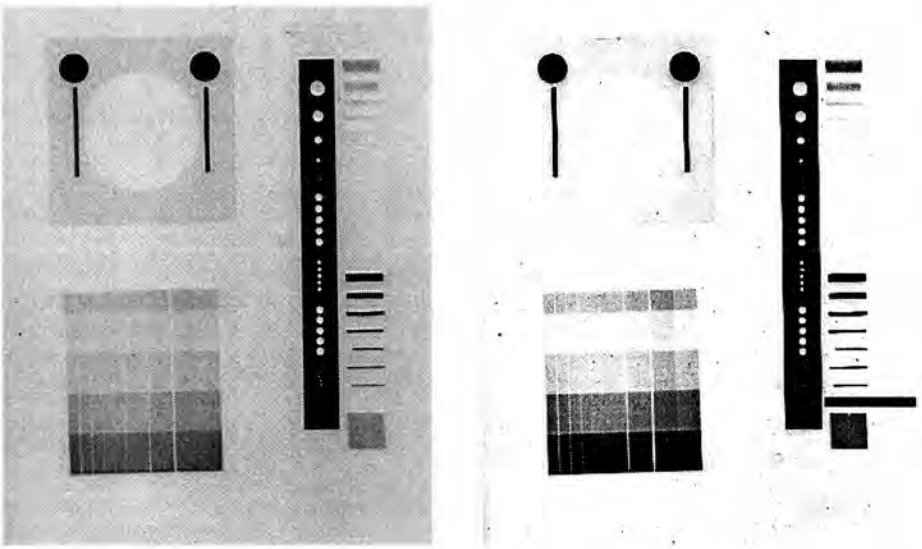
ปรับเพิ่มความเปรียบต่าง 50% ปรับเพิ่มความเปรียบต่าง 90%

รูปที่ 4.10 ภาพจากการสแกนฟิล์มไนโตรเซลลูโลส ซึ่งถ่ายภาพ 20 นาที ล้าง 18 นาที เพิ่มความเปรียบต่าง โดยใช้แผ่นโครเมียมขัดเงา และปรับความเปรียบต่างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์



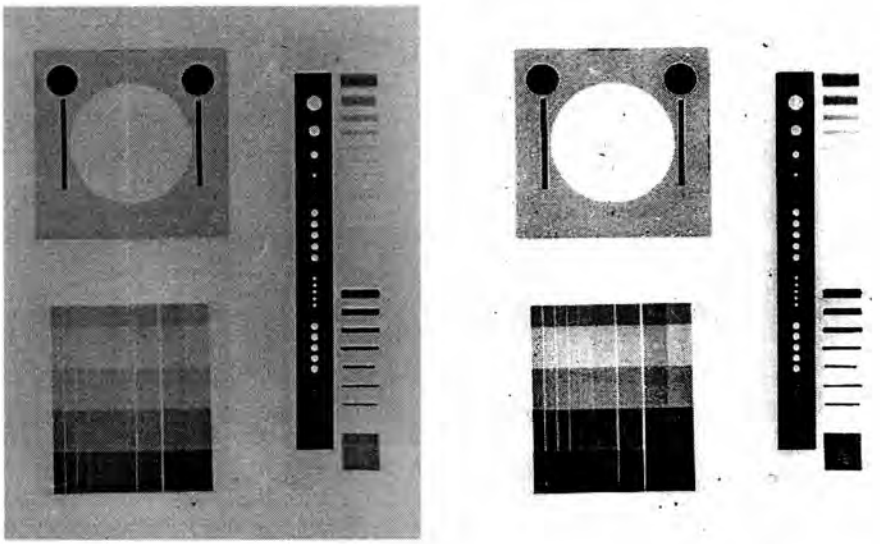
ปรับเพิ่มความเปรียบต่าง 50% ปรับเพิ่มความเปรียบต่าง 90%

รูปที่ 4.11 ภาพจากการสแกนฟิล์มไนโตรเซลลูโลส ซึ่งถ่ายภาพ 30 นาที ล้าง 13 นาที เพิ่มความเปรียบต่าง โดยใช้แผ่นโครเมียมขัดเงา และปรับความเปรียบต่างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์



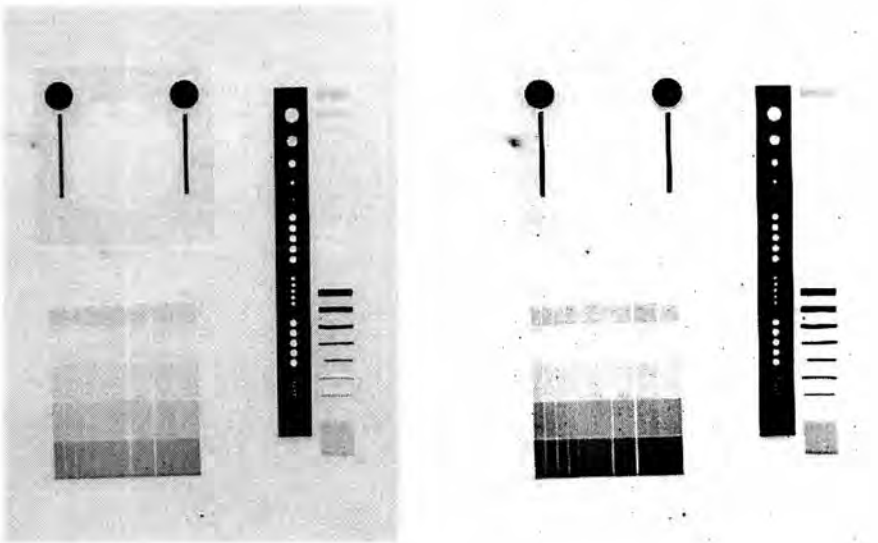
ปรับเพิ่มความเปรียบต่าง 50% ปรับเพิ่มความเปรียบต่าง 90%

รูปที่ 4.12 ภาพจากการสแกนฟิล์มไนโตรเซลลูโลส ซึ่งถ่ายภาพ 30 นาที ล้าง 18 นาที เพิ่มความเปรียบต่าง โดยใช้แผ่นโครเมียมขัดเงา และปรับความเปรียบต่างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์



ปรับเพิ่มความเปรียบต่าง 50%　　ปรับเพิ่มความเปรียบต่าง 90%

รูปที่ 4.13 ภาพจากการสแกนฟิล์มไนโตรเซลลูโลส ซึ่งถ่ายภาพ 60 นาที ล้าง 13 นาที เพิ่มความเปรียบต่าง โดยใช้แผ่นโครเมียมขัดเงา และปรับความเปรียบต่างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์



ปรับเพิ่มความเปรียบต่าง 50%　　ปรับเพิ่มความเปรียบต่าง 90%

รูปที่ 4.14 ภาพจากการสแกนฟิล์มไนโตรเซลลูโลส ซึ่งถ่ายภาพ 60 นาที ล้าง 18 นาที เพิ่มความเปรียบต่าง โดยใช้แผ่นโครเมียมขัดเงา และปรับความเปรียบต่างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

วิเคราะห์ผลการวิจัย

การปรับความเข้มของภาพจากฟิล์มไนโตรเซลลูโลส โดยวางแผ่นโครเมียมขัดเงาไว้ด้านบนของแผ่นฟิล์มขณะทำการสแกนภาพ ทำให้ได้ภาพที่มีความเปรียบต่างมากขึ้น สามารถสังเกตรายละเอียดของภาพได้ชัดเจนขึ้น ภาพที่ปรากฏมีความเปรียบต่างดีกว่าการสแกนภาพโดยตรงจากฟิล์ม เนื่องจากแผ่นโครเมียมเพิ่มการสะท้อนแสงจากการอ่านภาพของสแกนเนอร์ จึงทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เพิ่มความเปรียบต่างของภาพให้สูงกว่าความเปรียบต่างของฟิล์ม

ภาพที่ปรับเพิ่มความเปรียบต่างโดยใช้แผ่นโครเมียมสะท้อนแสงวางไว้ด้านบนแผ่นฟิล์มขณะสแกนเพื่อบันทึกภาพ และทำการปรับเพิ่มความเปรียบต่างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ภาพที่ได้มีความคมชัดมากขึ้น ตามร้อยละของความเปรียบต่างที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อปรับเพิ่มความเปรียบต่างถึงระดับ 90% รายละเอียดของภาพลดลง โดยส่วนของภาพที่มีความเข้มต่ำจะหายไปเมื่อปรับเพิ่มความเปรียบต่างสูงมาก

4.3.3 การถ่ายภาพวัตถุตัวอย่างมาตรฐานโดยบันทึกด้วยฟิล์มถ่ายรูปและฟิล์มรังสีเอกซ์

การถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยบันทึกด้วยฟิล์มถ่ายรูปและฟิล์มรังสีเอกซ์ เพื่อเปรียบเทียบผล กับการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยเทคนิคแทรคเอตช์ ใช้วัตถุตัวอย่างมาตรฐานได้แก่ BPI, SI และ test strip B การถ่ายภาพประกอบด้วย การถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยวิธีถ่ายตรงและการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยวิธีถ่ายทอด ซึ่งรายละเอียดการทดลองใช้เงื่อนไขตามรายงานทางวิชาการของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ [5] ดังตารางที่ 4.4 ดังนี้

ตารางที่ 4.4 อุปกรณ์ในการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยบันทึกด้วยฟิล์มรังสีเอกซ์

เทคนิคการถ่ายภาพ	ฉากเปลี่ยนนิวตรอน	ฟิล์ม	เวลาถ่ายภาพ
การถ่ายตรง	Gd	โกดัก SR	20 นาที
	NE426	Ilford HP5	10 วินาที
การถ่ายทอด	Dy	โกดัก AA	30 นาที

1. ติดผนึกวัตถุตัวอย่างมาตรฐานไว้ด้านหน้าคาสเซตต์อลูมิเนียม

2. ถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยวิธีถ่ายตรง โดยบรรจุฉากเปลี่ยนนิวตรอนกับฟิล์มไว้ในคาสเซตต์อลูมิเนียม การถ่ายภาพใช้ฟิล์มบันทึกภาพและเวลาในการถ่ายภาพ ตามตารางที่ 4.4

3. ล้างฟิล์มโดยใช้เวลาในน้ำยาสร้างภาพอุณหภูมิ 20 °C 5 นาที ล้างน้ำ 2 นาที ล้างในน้ำยาคงสภาพ 6 นาที และล้างน้ำ 15 นาที

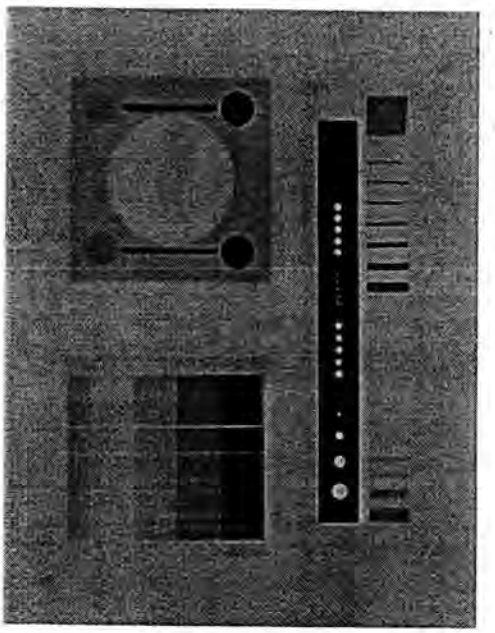
4. ถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยวิธีถ่ายทอด โดยใช้เวลาอาบนิวตรอนลงบนฉากโลหะดิสโปรเซียม 30 นาที แล้วจึงประกบฉากดิสโปรเซียมลงบนฟิล์มโกดัก AA บรรจุลงในคาสเซตต์อลูมิเนียม ปล่อยให้ฉากสลายกัมมันตภาพรังสีลงบนฟิล์ม 18 ชั่วโมง

5. ล้างฟิล์มและอัดภาพจากการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนลงบนกระดาษอัดภาพ

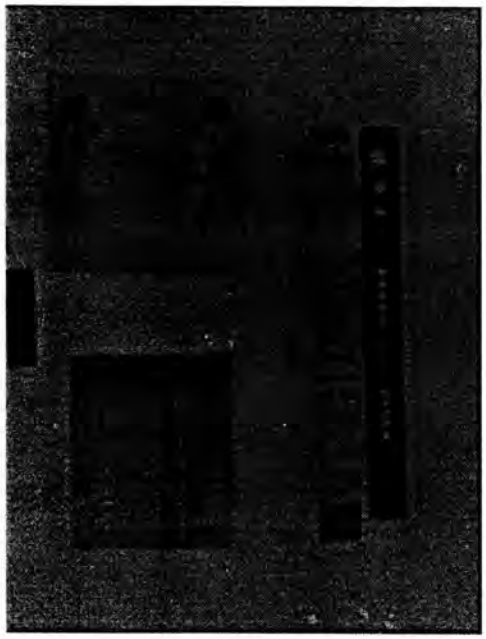
6. วิเคราะห์ภาพถ่าย เปรียบเทียบกับผลจากการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยวิธีแทรคเอตช์

ผลการวิจัย

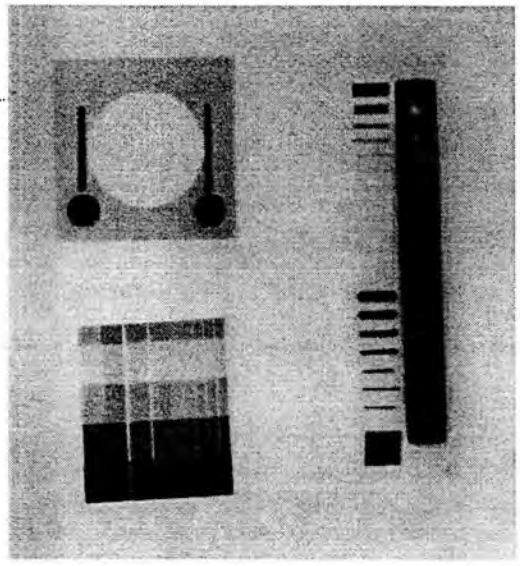
การถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยบันทึกผลด้วยฟิล์มถ่ายรูปและฟิล์มรังสีเอกซ์ ให้ภาพที่มีความเปรียบต่างค่อนข้างสูง การสังเกตุรายละเอียดใช้แสงส่องจากด้านหลังเช่นเดียวกับการสังเกตุภาพถ่ายด้วยรังสีเอกซ์ รูปที่ 4.15 ถึง รูปที่ 4.17 แสดงผลการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน โดยอัดภาพจากฟิล์มลงบนกระดาษอัดภาพ ซึ่งรายละเอียดของภาพและความคมชัดของภาพลดลงบางส่วนเมื่อรูปเหล่านี้ผ่านกระบวนการอัดภาพ



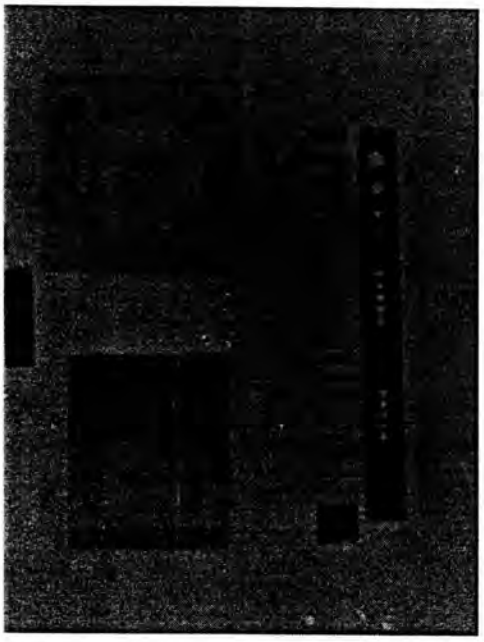
รูปที่ 4.15 ภาพถ่ายด้วยนิวตรอนโดยใช้ฉากเปลี่ยนนิวตรอน Gd บันทึกภาพด้วยฟิล์มโกดัก SR



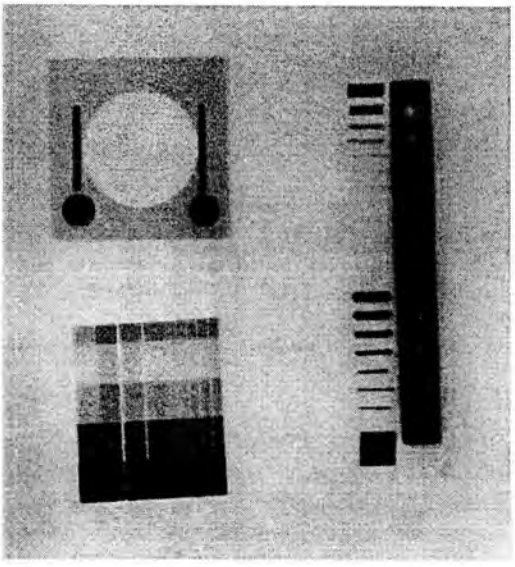
รูปที่ 4.16 ภาพถ่ายด้วยนิวตรอนโดยใช้ฉากเปลี่ยนนิวตรอน NE426
บันทึกภาพด้วยฟิล์ม Ilford HP5



รูปที่ 4.17 ภาพถ่ายด้วยนิวตรอนโดยใช้ฉากเปลี่ยนนิวตรอน Dy
บันทึกภาพด้วยฟิล์มโกดัก AA



รูปที่ 4.16 ภาพถ่ายด้วยนิวตรอนโดยใช้ฉากเปลี่ยนนิวตรอน NE426
บันทึกภาพด้วยฟิล์ม Ilford HP5



รูปที่ 4.17 ภาพถ่ายด้วยนิวตรอนโดยใช้ฉากเปลี่ยนนิวตรอน Dy
บันทึกภาพด้วยฟิล์มโกดัก AA

วิเคราะห์ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ความเปรียบต่างและรายละเอียดของภาพที่ถ่ายภาพด้วยนิวตรอนและบันทึกภาพด้วยฟิล์มถ่ายรูปและฟิล์มรังสีเอกซ์ ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.5 และ ตารางที่ 4.6 เป็นการสังเกตรายละเอียดของภาพและการวัดความเข้มจากฟิล์ม ซึ่งรายละเอียดดังกล่าวจะลดลงเมื่อผ่านกระบวนการอัดภาพ ขนาดของวัสดุจึงละเอียดกว่าที่ปรากฏในรูปที่ 4.15 ถึง รูปที่ 4.17 ซึ่งผ่านกระบวนการอัดภาพมาแล้ว

ตารางที่ 4.5 ความเข้มและความเปรียบต่างของฟิล์มจากการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน

ฉาก-ฟิล์ม	ความเข้มของ BN(D_B)	ความเข้มของพื้นฟิล์ม(D_H)	ความเปรียบต่าง(ΔD)
Gd - SR	1.01	2.02	1.01
NE426-Ilford	0.84	1.57	0.73
Dy - AA	0.41	1.83	1.42

ตารางที่ 4.6 ขนาดของวัสดุบนชิ้นตัวอย่าง SI และ test strip B ที่สามารถมองเห็นได้จากการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน

ฉาก-ฟิล์ม	ขนาดลวดแคดเมียม	ขนาดลวดพลาสติก	ขนาดช่องของ SI
Gd - SR	0.1 mm	0.37 mm	0.013 mm
NE426-Ilford	0.1 mm	0.45 mm	0.051 mm
Dy - AA	0.1 mm	0.30 mm	0.013 mm

จากการสังเกตภาพถ่ายบนฟิล์มบันทึกภาพจากรูปที่ 4.15 ถึง รูปที่ 4.17 และข้อมูลในตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6 เมื่อเปรียบเทียบการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยบันทึกภาพด้วยฟิล์มถ่ายภาพแต่ละเทคนิคพบว่า การถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยใช้ฉากเปลี่ยนนิวตรอนเป็นโลหะแกโดลิเนียม บันทึกภาพด้วยฟิล์มโกดักชนิด SR ให้ภาพที่มีรายละเอียดสูง ความเปรียบต่าง และความคมชัดสูงกว่าเทคนิคอื่น อย่างไรก็ดี การถ่ายภาพแต่ละวิธีมีคุณสมบัติและจุดเด่นที่แตกต่างกัน ได้แก่ การถ่ายภาพโดยใช้ฉากเปลี่ยนนิวตรอน NE426 บันทึกด้วยฟิล์ม Ilford ใช้เวลาในการถ่ายภาพสั้น ให้ผลเร็ว ขณะที่การถ่ายภาพโดยใช้ฉากเปลี่ยนนิวตรอนเป็นโลหะดิสโปรเซียม บันทึกภาพด้วยฟิล์มโกดักชนิด AA เหมาะสมสำหรับการถ่ายภาพวัสดุที่มีกัมมันตภาพรังสี หรือบริเวณที่ทำการถ่ายภาพมีความแรงรังสีสูง เนื่องจากเป็นการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยวิธีถ่ายทอด

4.4 การถ่ายภาพวัตถุตัวอย่าง

วัตถุตัวอย่างที่ใช้ในการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน ประกอบด้วย ฮาร์ดดิสก์ (Hard Disk) และฟลอปปีดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว (Floppy Disk Drive) การถ่ายภาพวัตถุตัวอย่างประกอบด้วย การถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ การถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยบันทึกภาพด้วยฟิล์มรังสีเอกซ์ และการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยวิธีแทรคเอตช์ เพื่อเปรียบเทียบภาพที่ได้จากการถ่ายภาพแต่ละวิธี

4.4.1 การถ่ายภาพวัตถุตัวอย่างด้วยนิวตรอนโดยบันทึกด้วยฟิล์มรังสีเอกซ์

การถ่ายภาพวัตถุตัวอย่างด้วยนิวตรอนโดยบันทึกด้วยฟิล์มรังสีเอกซ์ ประกอบด้วยการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยวิธีถ่ายตรง และการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยวิธีถ่ายทอด โดยมีรายละเอียดของอุปกรณ์และวิธีการทดลองดังตารางที่ 4.7

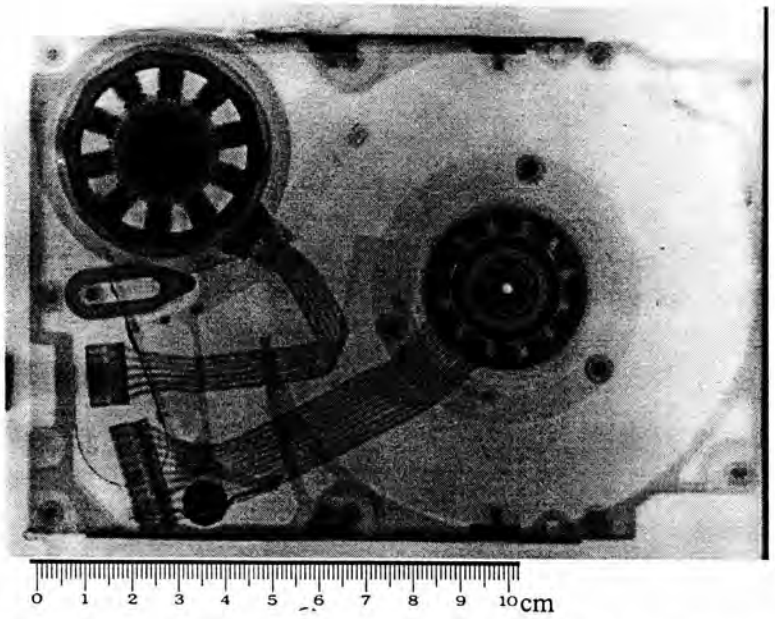
ตารางที่ 4.7 อุปกรณ์และเวลาในการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยบันทึกด้วยฟิล์มรังสีเอกซ์

เทคนิคการถ่ายภาพ	ฉากเปลี่ยนนิวตรอน	ฟิล์ม	เวลาถ่ายภาพ
วิธีถ่ายตรง	Gd	โกดัก SR	20 นาที
	NE426	โกดัก SR	2 นาที
วิธีถ่ายทอด	Dy	โกดัก AA	30 นาที

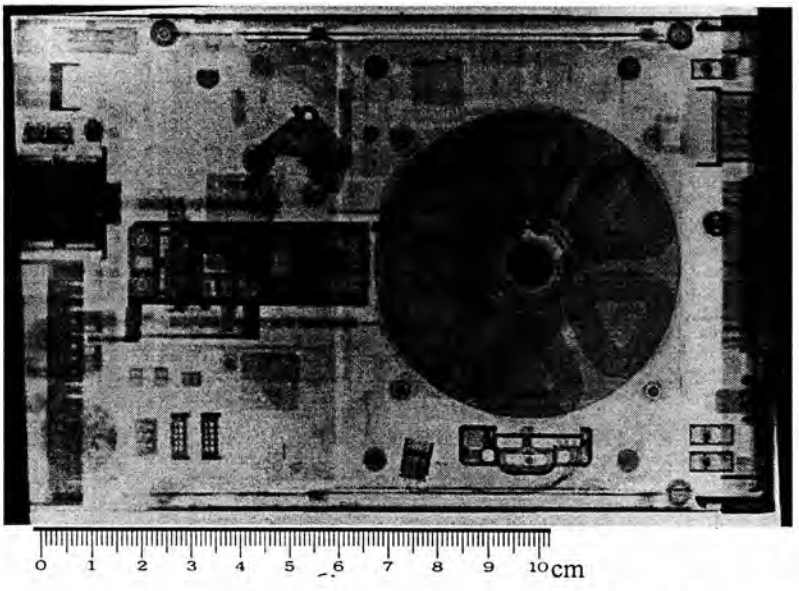
1. ติดผนึกวัตถุตัวอย่างไว้ด้านหน้าคาสเซตต์อลูมิเนียม
2. ถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยวิธีถ่ายตรง และถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยวิธีถ่ายทอด ตามรายละเอียดในตารางที่ 4.7
3. อัดภาพจากฟิล์มที่บันทึกจากการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนลงบนกระดาษอัดภาพ

ผลการทดลอง

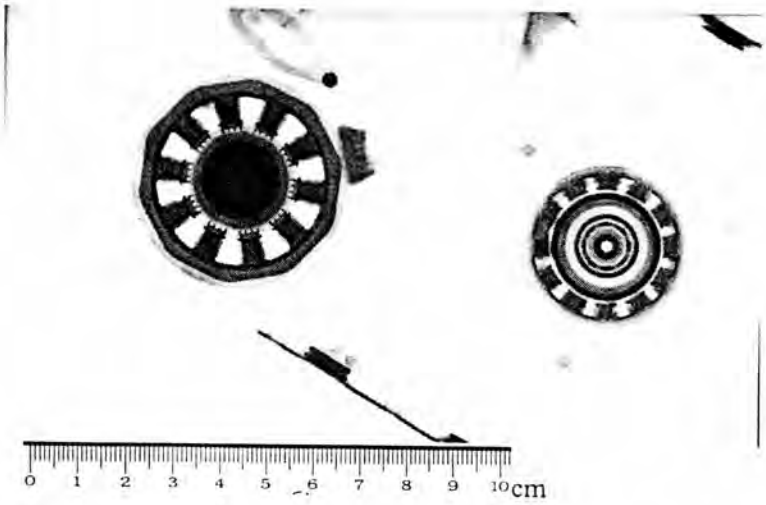
รูปที่ 4.18 ถึง รูปที่ 4.21 แสดงภาพถ่ายด้วยนิวตรอนโดยบันทึกด้วยฟิล์มรังสีเอกซ์ของฮาร์ดดิสก์ และฟลอปปีดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว โดยเป็นภาพที่อัดจากฟิล์มรังสีเอกซ์ลงบนกระดาษอัดภาพ



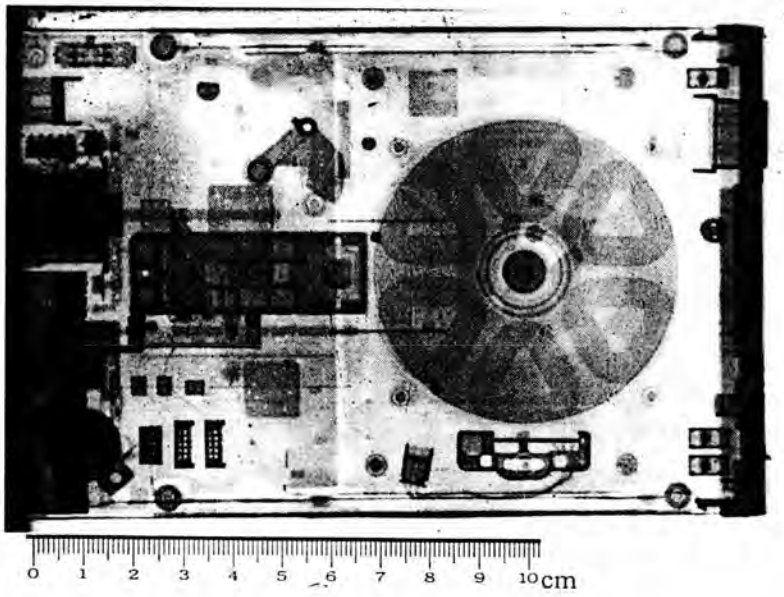
รูปที่ 4.18 ฮาร์ดดิสก์ ถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยใช้ฉากเปลี่ยนนิวตรอน Gd บันทึกภาพด้วยฟิล์มโกดัก SR



รูปที่ 4.19 ฟลอปปีดิสก์ไดรฟ์ ถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยใช้ฉากเปลี่ยนนิวตรอน Gd บันทึกภาพด้วยฟิล์มโกดัก SR



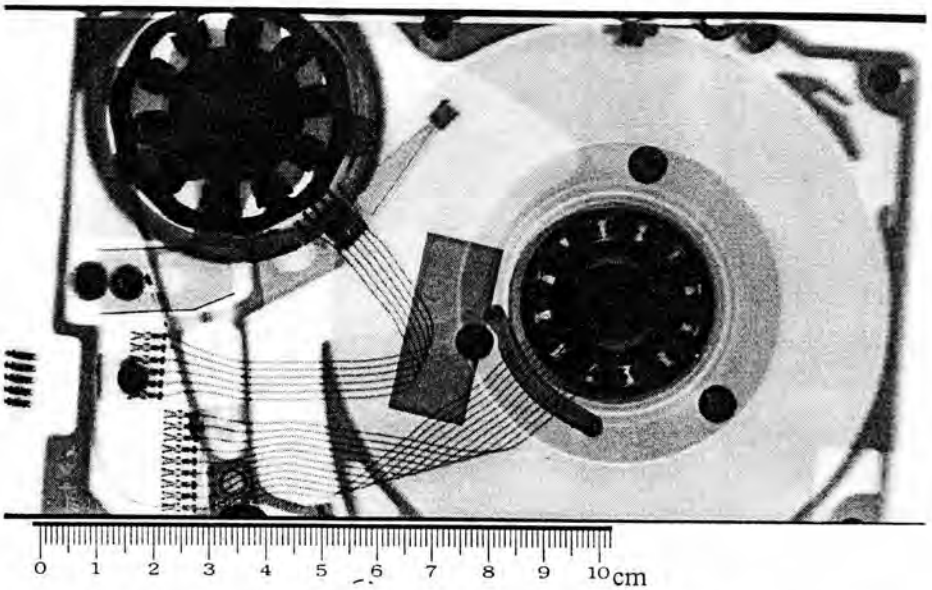
รูปที่ 4.20 ฮาร์ดดิสก์ ถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยใช้ฉากเปลี่ยนนิวตรอน Dy
บันทึกภาพด้วยฟิล์มโกดัก AA



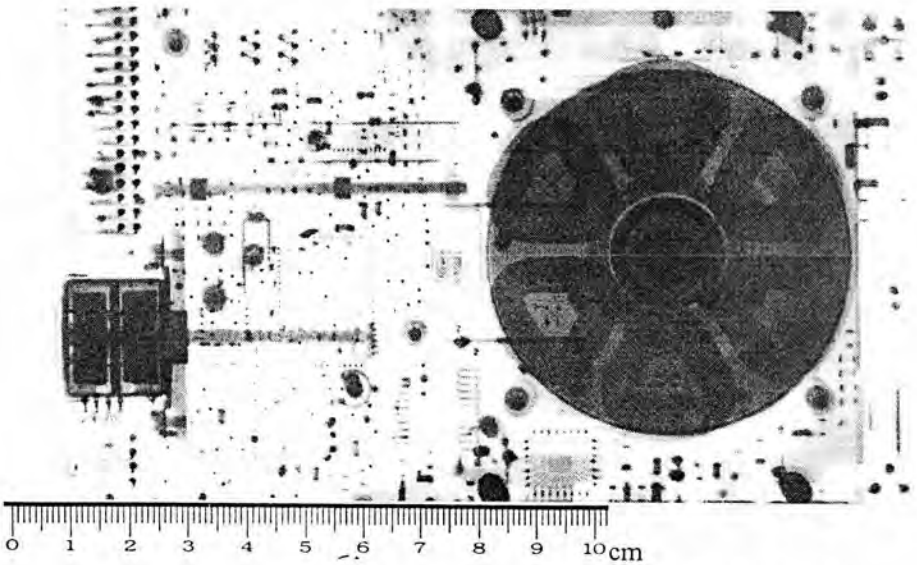
รูปที่ 4.21 ฟลอปปีดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว ถ่ายภาพด้วยนิวตรอน โดยใช้ฉาก NE426
บันทึกภาพด้วยฟิล์มโกดัก SR

4.4.2 การถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์

การถ่ายภาพวัตถุตัวอย่างด้วยรังสีเอกซ์ ใช้ความต่างศักย์ 100 kV กระแส 5 mA บันทึกภาพด้วยฟิล์มโกดักชนิด AA ได้ภาพถ่ายบนฟิล์มแล้วอัดเป็นภาพดังรูปที่ 4.22 และรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.22 ฮาร์ดดิสก์ ถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ บันทึกภาพด้วยฟิล์มโกดัก AA



รูปที่ 4.23 ฟลอปปีดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว ถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ บันทึกภาพด้วยฟิล์มโกดัก AA

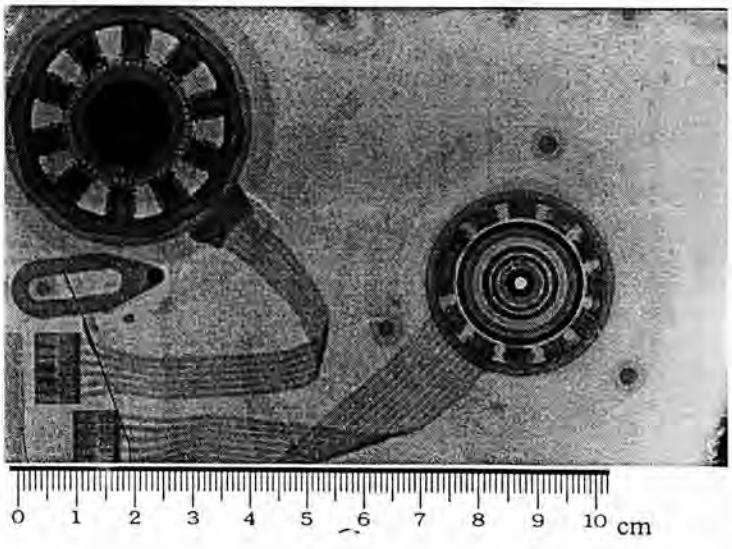
4.4.3 การถ่ายภาพวัตถุตัวอย่างด้วยนิวตรอนโดยวิธีแทรคเอตช์

การถ่ายภาพฮาร์ดดิสก์ ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 20 นาที 30 นาที และ 60 นาที เพื่อเปรียบเทียบผลของเวลาในการถ่ายภาพต่อคุณภาพของภาพถ่าย ส่วนฟลอปปีดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 30 นาทีและ 60 นาที จากนั้นจึงถอดแผ่นวงจรพิมพ์ออกแล้วถ่ายภาพโดยใช้เวลา 30 นาทีและ 60 นาที เพื่อเปรียบเทียบลักษณะของภาพถ่าย ฟิล์มจากการถ่ายภาพทั้งหมดใช้เวลาในการล้างกัดรอย การปรับความเปรียบต่างของภาพโดยใช้แผ่นโครเมียมขัดเงา และการปรับเพิ่มความเปรียบต่างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 60% และ 75%

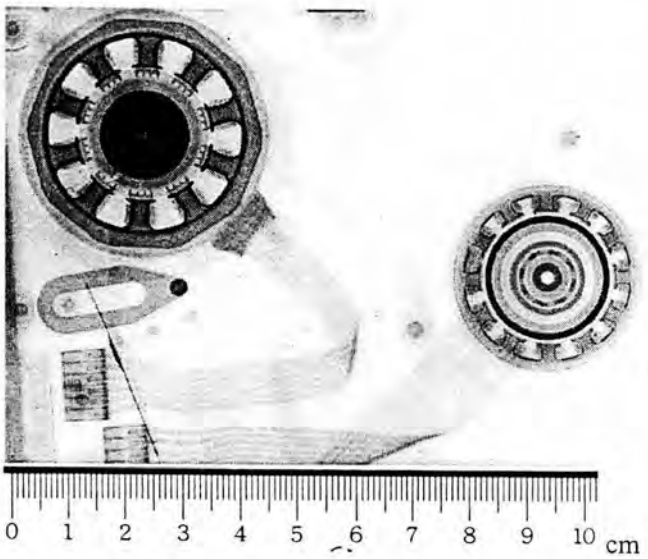
ผลการทดลอง

รูปที่ 4.24 ถึง รูปที่ 4.26 แสดงภาพถ่ายของฮาร์ดดิสก์ ที่ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 20 นาที 30 นาที และ 60 นาที และใช้เวลาในการล้างกัดรอย 13 นาที เพิ่มความเปรียบต่างด้วยแผ่นโครเมียมขัดเงา ปรับเพิ่มความเปรียบต่างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 60% และ 75%

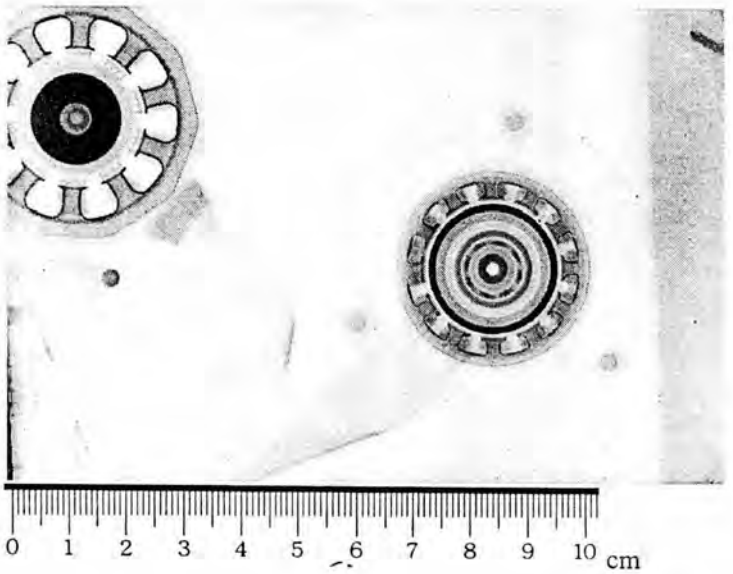
รูปที่ 4.27 ถึงรูปที่ 4.30 แสดงภาพของฟลอปปีดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว ถ่ายภาพด้วยเวลา 30 นาที และ 60 นาที ใช้เวลาล้างกัดรอย 13 นาที เพิ่มความเปรียบต่างของภาพโดยใช้แผ่นโครเมียมขัดเงา และปรับเพิ่มความเปรียบต่างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยรูปที่ 4.29 และรูปที่ 4.30 เป็นภาพของฟลอปปีดิสก์ที่ถอดแผ่นวงจรพิมพ์ออกแล้ว



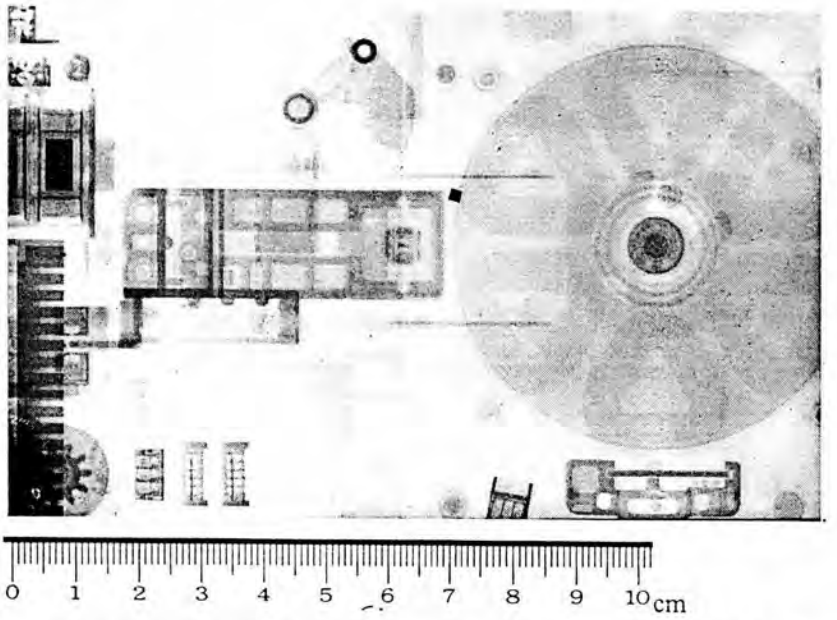
รูปที่ 4.24 ภาพถ่ายฮาร์ดดิสก์ ใช้เวลาถ่ายภาพ 20 นาที เวลาล้างกัดรอย 13 นาที สแกนภาพโดยวางแผ่นโครเมียมไว้ด้านบนฟิล์มและปรับเพิ่มความเปรียบต่าง 60 %



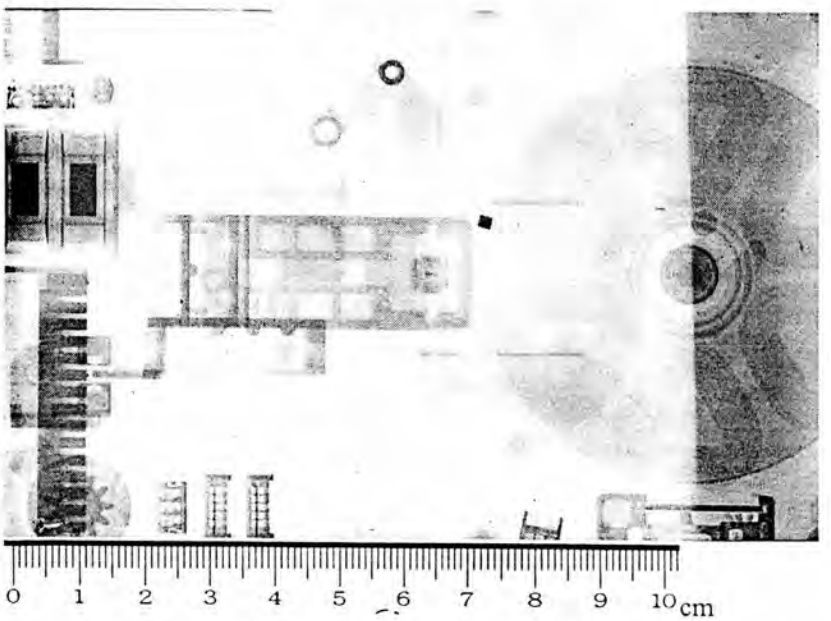
รูปที่ 4.25 ภาพถ่ายฮาร์ดดิสก์ ใช้เวลาถ่ายภาพ 30 นาที เวลาล้างกัดรอย 13 นาที สแกนภาพโดยวางแผ่นโครเมียมไว้ด้านบนฟิล์ม และปรับเพิ่มความเปรียบต่าง 75 %



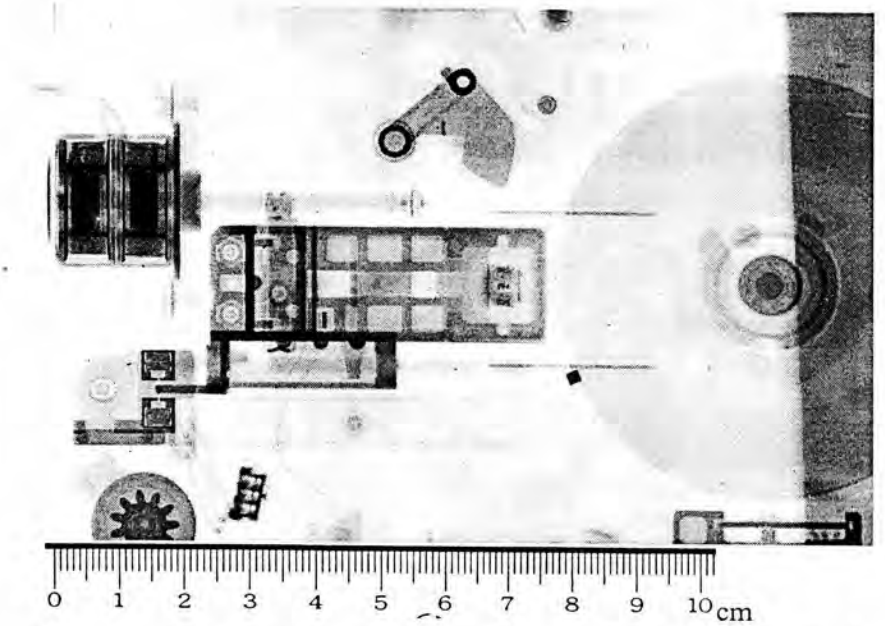
รูปที่ 4.26 ภาพถ่ายฮาร์ดดิสก์ ใช้เวลาถ่ายภาพ 60 นาที เวลาล้างกัดรอย 13 นาที สแกนภาพโดยวางแผ่นโครเมียมไว้ด้านบนฟิล์ม และปรับเพิ่มความเปรียบต่าง 75 %



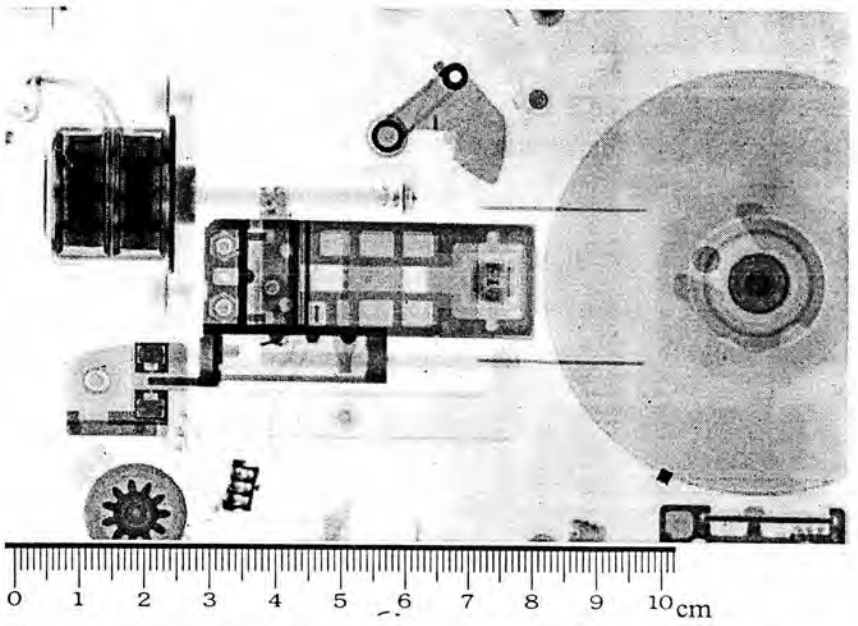
รูปที่ 4.27 ภาพถ่ายของฟลอปปีดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว ถ่ายภาพ 30 นาที ล้างกัดรอย 13 นาที เพิ่มความเปรียบต่างด้วยแผ่นโครเมียมขัดเงา และปรับความเปรียบต่าง 75 %



รูปที่ 4.28 ภาพถ่ายของฟลอปปีดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว ถ่ายภาพ 60 นาที ล้างกัดรอย 13 นาที เพิ่มความเปรียบต่างด้วยแผ่นโครเมียมขัดเงา และปรับความเปรียบต่าง 75 %



รูปที่ 4.29 ภาพถ่ายของฟลอปปีดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว ถอดแผ่นวงจรพิมพ์ออก ถ่ายภาพ 30 นาที ล้างกัดรอย 13 นาที เพิ่มความเปรียบต่างด้วยแผ่นโครเมียมขัดเงา และปรับความเปรียบต่าง 75 %



รูปที่ 4.30 ภาพถ่ายของฟลอปปีดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว ถอดแผ่นวงจรพิมพ์ออก ถ่ายภาพ 60 นาที ล้างกัดรอย 13 นาที เพิ่มความเปรียบต่างด้วยแผ่นโครเมียมขัดเงา และปรับความเปรียบต่าง 75 %

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการถ่ายภาพฮาร์ดดิสก์ และฟลอปปีดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว ด้วยนิวตรอนโดยวิธีแทรคเอตช์ โดยใช้ฉากเปลี่ยนนิวตรอน บีอี-10 บันทึกภาพด้วยฟิล์มไนโตรเซลลูโลส ซึ่งเงื่อนไขที่ใช้ในการถ่ายภาพประกอบด้วย การถ่ายภาพด้วยเวลา 20 นาที 30 นาที และ 60 นาที ล้างกัดรอยด้วยเวลา 13 นาที และ 16 นาที ปรับเพิ่มความเปรียบต่าง 60% และ 75% เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของภาพถ่ายวัตถุตัวอย่างในด้านความเปรียบต่างและรายละเอียดของภาพจากการทดสอบแต่ละเงื่อนไข ได้ผลการสังเกตดังตารางที่ 4.8 ถึง ตารางที่ 4.10 ดังนี้

(1) ฟิล์มที่ใช้เวลาถ่ายภาพ 20 นาที 30 นาที และ 60 นาที เมื่อนำไปล้างกัดรอยด้วยเวลา 13 นาที สแกนภาพโดยเพิ่มความเปรียบต่างด้วยแผ่นโครเมียมขัดเงาแล้ว เปรียบเทียบคุณภาพของภาพถ่ายได้ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลของเวลาถ่ายภาพต่อคุณสมบัติของภาพถ่าย

เวลาถ่ายภาพ	ความเปรียบต่าง	รายละเอียดของภาพ
20 นาที	ต่ำ	สูง
30 นาที	สูง	สูง
60 นาที	สูง	ต่ำ

(2) ฟิล์มที่ผ่านการถ่ายภาพและการล้างกัดรอยด้วยเวลา 13 นาทีแล้ว เมื่อสแกนภาพและปรับเพิ่มความเปรียบต่างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยปรับเพิ่มความเปรียบต่างให้สูงขึ้น 60% และ 75% พบว่ารายละเอียดของภาพถ่ายมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลของการปรับเพิ่มความเปรียบต่างต่อรายละเอียดของภาพถ่าย

เวลาถ่ายภาพ	รายละเอียดของภาพ	
	ปรับเพิ่มความเปรียบต่าง 60%	ปรับเพิ่มความเปรียบต่าง 75%
20 นาที	สูงขึ้น	ลดลง
30 นาที	สูงขึ้น	สูงขึ้น
60 นาที	สูงขึ้น	สูงขึ้น

(3) ฟิล์มที่ผ่านการถ่ายภาพและการล้างกัดรอยด้วยเวลา 13 นาทีแล้ว เมื่อเพิ่มเวลาล้างกัดรอยเป็น 16 นาที มีผลต่อคุณภาพของภาพถ่ายดังผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลของการเพิ่มเวลาล้างกัดรอยต่อคุณสมบัติของภาพถ่าย

เวลาถ่ายภาพ	ความเปรียบต่าง	รายละเอียดของภาพ
20 นาที	สูงขึ้น	สูงขึ้น
30 นาที	สูงขึ้น	ลดลง
60 นาที	สูงขึ้น	ลดลง

(4) เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของภาพถ่ายโดยสังเกตจากความคมชัดของภาพและข้อมูลตามตารางที่ 4.8 ถึง ตารางที่ 4.10 สามารถสรุปได้ว่า เวลาในการถ่ายภาพที่ทำให้ได้ภาพที่มีรายละเอียดและความเปรียบต่างสูง ได้แก่ การใช้เวลาถ่ายภาพ 30 นาที ซึ่งมีช่วงของการปรับความเปรียบต่างที่กว้าง สามารถปรับความเปรียบต่างเพื่อสังเกตภาพได้หลายระดับโดยภาพยังคงให้รายละเอียดได้สูงอยู่

(5) เมื่อเปรียบเทียบกับการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ พบว่า ภาพถ่ายด้วยนิวตรอนให้รายละเอียดของวัสดุที่แตกต่างกัน โดยภาพถ่ายด้วยนิวตรอนให้รายละเอียดได้ดีในส่วนที่เป็นพลาสติก ขณะที่ภาพถ่ายด้วยรังสีเอกซ์ให้รายละเอียดได้ดีในส่วนที่เป็นโลหะ

(6) เมื่อเปรียบเทียบภาพถ่ายจากการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยวิธีแทรคเอตช์ ที่ปรับความเปรียบต่างแล้ว กับการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยวิธีถ่ายตรง ใช้ฉากเปลี่ยนนิวตรอนเป็นโลหะแกโดลิเนียม บันทึกภาพด้วยฟิล์มโกดัก SR ซึ่งเป็นการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนที่บันทึกด้วยฟิล์มรังสีเอกซ์ ที่มีภาพคมชัดที่สุด พบว่า ความไวของการถ่ายภาพ การแสดงรายละเอียดของภาพใกล้เคียงกันโดยความคมชัดของภาพจากฟิล์ม SR จะลดลงเมื่อผ่านกระบวนการอัดขยายลงกระดาษอัดภาพ