

ภาคผนวก 1

ตาราง 7 แสดงการกรองอนุภาคผ่านเมมเบรนชนิดต่าง ๆ

ชนิดของการกรอง	← RO →		← UF →			← MF →		← CF →	
ขนาดของอนุภาค	Metal Ions		Sugars			Virus		Carbon Black/Pigments	
	Aqueous Salts		Colloidal Silica			Albumin		Bacteria	
มวลโมเลกุล	100	200	20,000	100,000	500,000				
ไมครอน	10^{-4}	10^{-3}	0.01	0.1	1.0	10.0			
อังสตรอม	1	10	100	1,000	10,000	100,000			

ที่มา : สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
(2542, หน้า 8)

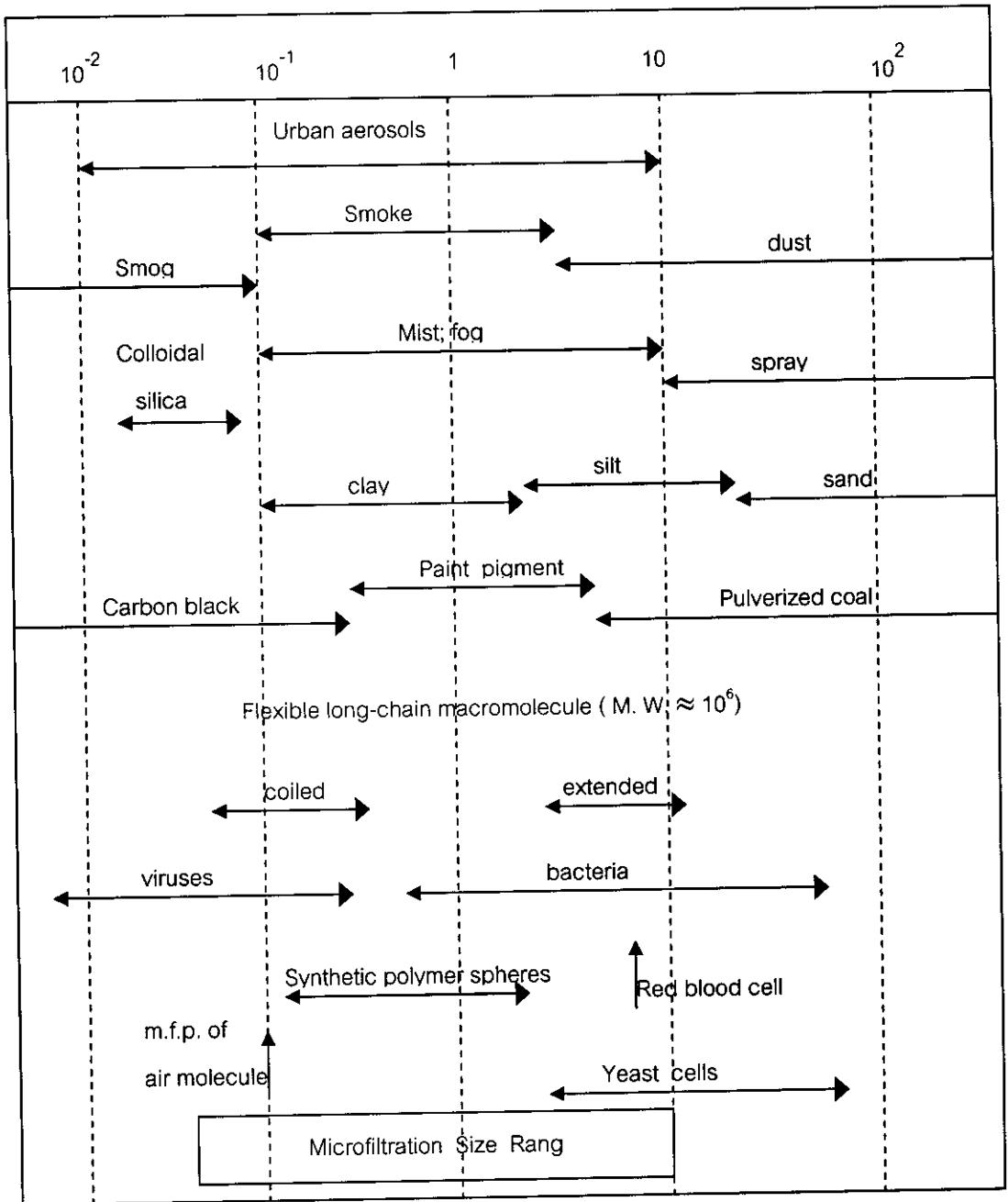
RO = Reverse Osmosis

UF = Ultrafiltration

MF = Microfiltration

CF = Conventional Filtration

ตารางที่ 8 แสดงขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคกับอนุภาคที่กรองในช่วงของไมโครฟิวเตรชัน



ที่มา : สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
(2542, หน้า 7)

ภาคผนวก 2

ตาราง 9 แสดงเงื่อนไขการกัดขยารอยสำหรับสารต่าง ๆ (Fleischer และคณะ, 1975)

Mineral	Etching Conditions
tektite	48% HF, 30 sec 24% HBF ₄ : 5% HNO ₃ : 0.5% acetic acid 90 min 48% HF, 5 sec
uranium-soda glass	50% HF, 30 min
uranium phosphate glass	48% HF, 10 sec
V ₂ O ₅ ·(P ₂ O ₅) ₅ (semiconducting)	30 g K ₂ Cr ₂ O ₇ : 50 ml conc. H ₂ SO ₄ , 40 h, 28°C
amber	1 ml 15% NaClO: 2 ml 6.25N NaOH, 1 h, 40°C 25 g NaOH: 20 g KOH: 4.5 g KmnO ₄ : 90 g H ₂ O,
cellulose acetate (Kodacel; Triafol T; Cellit)	2-30 min, 50°C 6.25N NaOH, 12 min, 70°C 6.25N NaOH, 2-4 h, 23°C
cellulose acetate butyrate	
cellulose nitrate (Diacell ; Nixon-Baldwin)	28% KOH, 100 min, 60°C 1 ml 15% NaClO : 2 ml 6.25N NaOH, 1 h, 40°C
cellulose propionate (Cellidor)	25N NaOH, 3 min, 115°C
cellulose triacetate (Kodacel TA401, unplasticized; Bayer TN)	
dimethyl siloxane (crosslinked)	

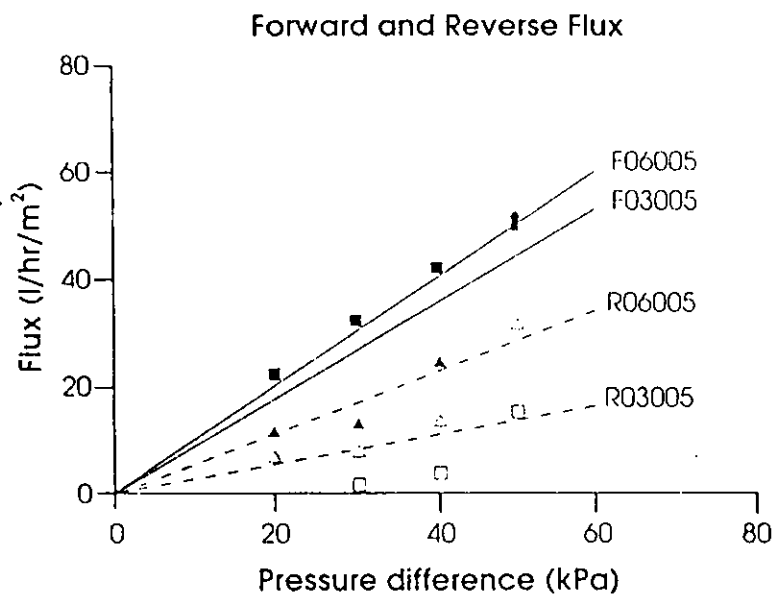
ตาราง 9 (ต่อ)

Mineral	Etching Conditions
formophenol (ambrolithe, phenoplaste)	6N NaOH, 1 h, 40°C; 48% HF, 30 sec, 40°C, in sequence
HBpaIT (polyester, C ₁₇ H ₉ O ₂)	6.25N NaOH, 8 min, 70°C
ionomeric polyethylene (Surlyn)	10 g K ₂ Cr ₂ O ₇ ; 35 ml 30% H ₂ SO ₄ , 1 h 50°C KmnO ₄ (25% aq), 1.5 h, 100°C
polyamide (H-Film)	6N NaOH solution KmnO ₄ in H ₂ O
polyimide	1 ml 6.25N NaOH: 1 ml ethanol, 24 h, 23°C
poly 1-4 butylene terephthalate	6.25N NaOH, 20 min, 50°C 6.25N NaOH + 0.4% Benax*, 20 min, 70°C
polycarbonate (Lexan; Makrofol; Merlon; Kimfol)	10 g K ₂ Cr ₂ O ₇ ; 35 ml 30% H ₂ SO ₄ , 30 min, 85°C
polyethylene	6.25N NaOH, 10 min, 70°C KmnO ₄ (25%, aq), 1 h, 55°C sat . KmnO ₄ , 8 min, 85°C
polyethylene terephthalate (Mylar; Chronar; Melinex; Terphane)	5% KmnO ₄ , 10 h, 60°C
polymethyl methacralate (Plexiglas; Lucite)	KMnO ₄ , (25% aq), 4 min, 100°C
polyoxymethylene (Delrin)	
polyphenoxide	

ตาราง 9 (ต่อ)

Mineral	Etching Conditions
polyphenylene oxide (PPO)	KmnO ₄ aq., sat., 24 h, 93°C
polypropylene (Cryovac-Y)	35 ml 30% H ₂ SO ₄ : 10 g, Cr ₂ K ₂ O ₇ , 5 min, 94°C sat. KmnO ₄ , 2.5 h, 85°C
polystyrene	10 g K ₂ Cr ₂ O ₇ : 35 ml, 30% H ₂ SO ₄ , 3 h, 85°C 6.25N NaOH, 200 h, 23°C KMnO ₄ (25% aq.) 30 min, 100°C
polyvinyl acetate (Formvar)	sat. KmnO ₄ , 2.5 h, 85°C
polyvinylaceto-chloride	KMnO ₄ (25% aq.), 2 h, 55°C
polyvinylchloride	KMnO ₄ , sat., aq., 30 min, 100°C
polyvinylidene chloride (Saran)	6.25N NaOH 20 min, 50°C
polyvinyl toluene	8N NaOH + ~0.1% Dowfax, 3 h, 85°C
silicone-polycarbonate copolymer	
siloxane-cellulose copolymer	

ภาคผนวก 3



ภาพประกอบ 52 พลิกซ์ของน้ำด้านหน้าและด้านหลังของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองของตัวที่ใช้เวลาในการระดมยิงนาน 30 นาทีและ 60 นาที กักขยาชรอนาน 5 นาที

ที่มา : Wanichapichat และคณะ, 2002

ภาคผนวก 4

วิธีการและขั้นตอนการหาค่าฟลักซ์ของน้ำ

1. ตัดเมมเบรนที่มีขนาดใหญ่ให้มีขนาดเท่ากับ Stirred cell โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 47 mm
2. นำเมมเบรนที่ตัดไปใส่ในชุดของการกรองดั่งภาพประกอบ 47 และ 48
3. ปรับความดันของแก๊สไนโตรเจนให้ได้ตามที่จะวัด คือ 10 , 20 , 30 , 40 และ 50 kPa
4. ชั่งมวลของน้ำที่ออกมาโดยใช้เครื่องชั่งแบบดิจิตอลโดยจับเวลา
5. นำค่ามวลของน้ำที่ได้มาหาผลต่างของมวล และนำมาหาค่ามวลเฉลี่ย
6. นำค่ามวลเฉลี่ยที่ได้ไปคิดฟลักซ์ของน้ำโดยใช้สมการ

$$J = \frac{\Delta m}{A \cdot \Delta t}$$

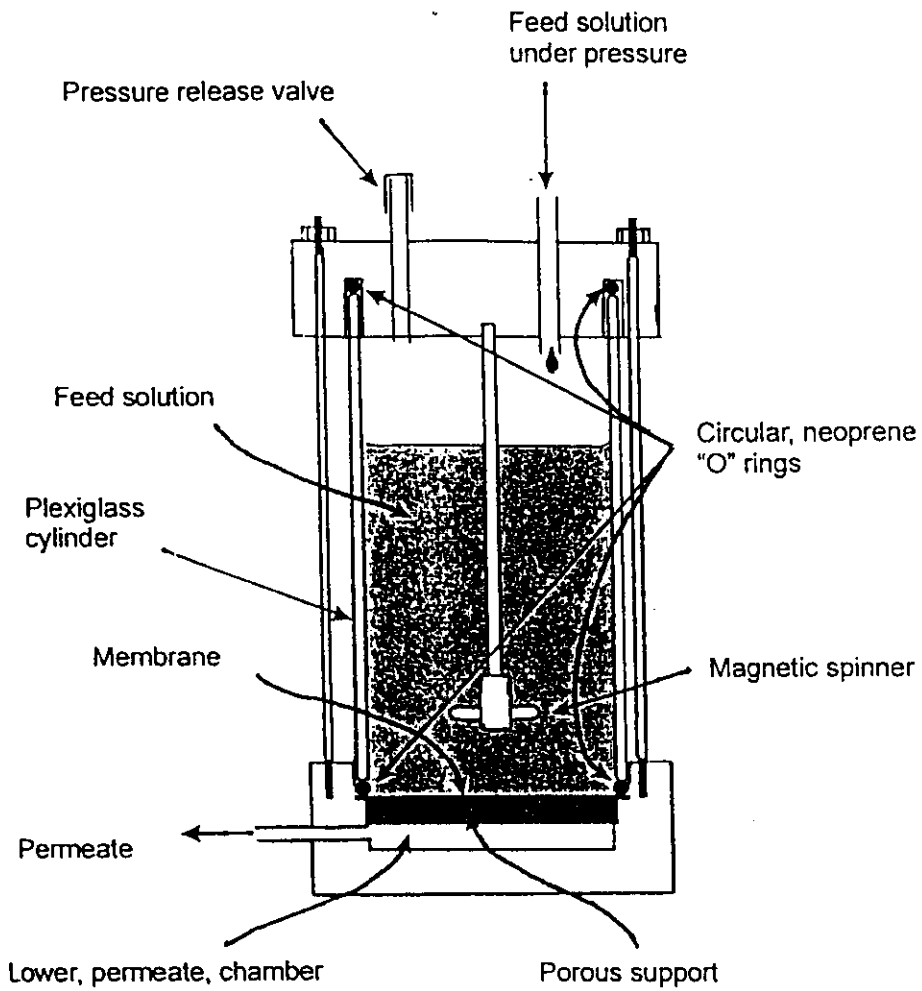
$$J = \text{ฟลักซ์ของน้ำ (L/hr/m}^2\text{)}$$

$$m = \text{มวลของน้ำที่ไหลผ่านเมมเบรน (kg)}$$

$$A = \text{พื้นที่หน้าตัดของเมมเบรนส่วนที่รองรับความดัน (m}^2\text{)}$$

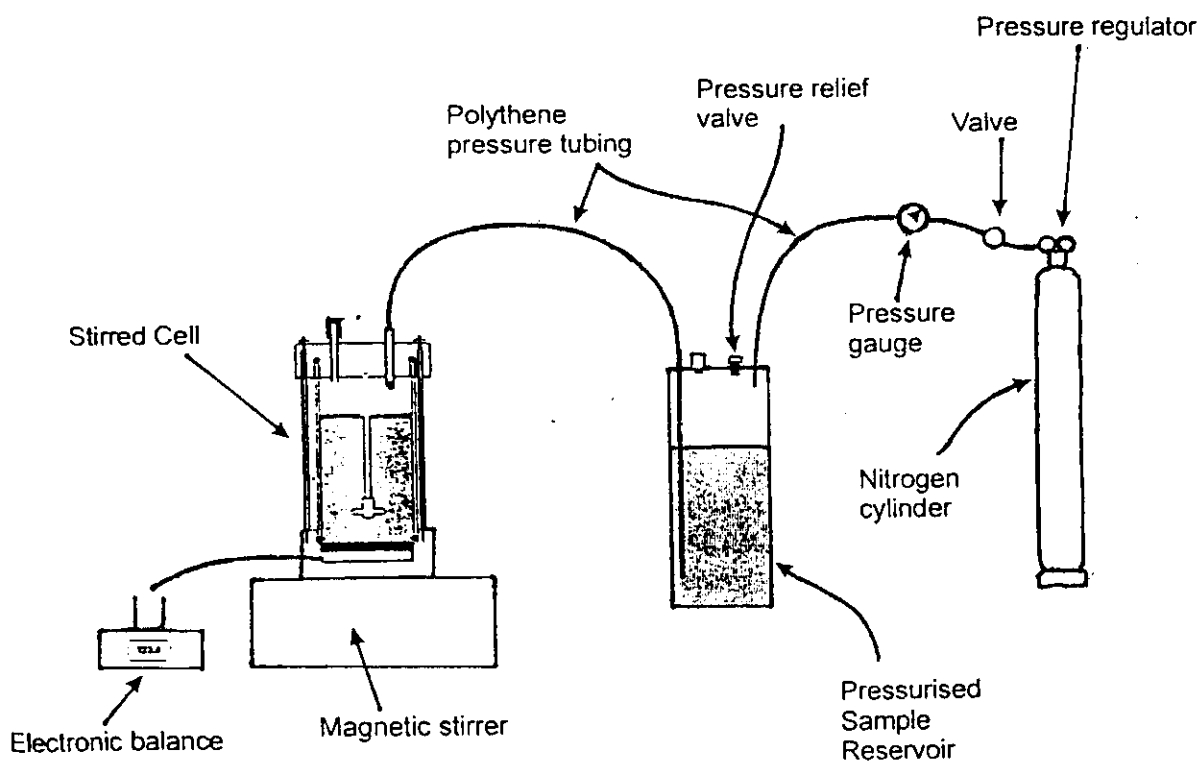
$$t = \text{เวลาในการไหลของน้ำ (hr)}$$

7. เทียบมวลจาก 1 ลิตร = 1000 cc และ 1 cc = 1 กรัม
8. เส้นผ่านศูนย์กลางของเมมเบรนที่รองรับความดัน คือ 41.85 mm



ภาพประกอบ 53 ภาพตัดขวางของชุด Stirred cell

ที่มา : Prince of Songkla University UNESCO Centre for Membrane Science and Technology The University of New South Wales Australia. 1997



ภาพประกอบ 54 ชุดของการวัดฟลักซ์ของน้ำ

ที่มา : Prince of Songkla University UNESCO Centre for Membrane Science and Technology The University of New South Wales Australia. 1997

ภาคผนวก 5

ตาราง 10 ฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่มีขายในเชิงพาณิชย์ที่ความดัน 10 kPa

polycarbonate MF 0.2 μm Commercial					
ความดัน 10 kPa					
เวลา (นาทีก)	น้ำหนัก (กรัม)	ผลต่างของมวล (กรัม)	ผลรวมผลต่างของ มวล(กรัม)	มวลเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการไหลของน้ำ (L/hr/m ²)
0	7.1	0	421.90	60.27	2628.05
1	68	60.9			
2	132	64			
3	195	63			
4	256	61			
5	315	59			
6	373	58			
7	429	56			

ตาราง 11 ฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่มีขายในเชิงพาณิชย์ที่ความดัน 20 kPa

polycarbonate MF 0.2 μm Commercial					
ความดัน 20 kPa					
เวลา (นาทีก)	น้ำหนัก (กรัม)	ผลต่างของมวล (กรัม)	ผลรวมผลต่างของ มวล(กรัม)	มวลเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการไหลของน้ำ (L/hr/m ²)
0	37	0	675.00	112.50	4905.52
1	157	120			
2	275	118			
3	390	115			
4	500	110			
5	609	109			
6	712	103			

ตาราง 12 พลิกซ์ของน้ำของเมมเบรนที่มีขายในเชิงพาณิชย์ที่ความดัน 30 kPa

polycarbonate MF 0.2 μm Commercial					
ความดัน 30 kPa					
เวลา (นาท)	น้ำหนัก (กรัม)	ผลต่างของมวล (กรัม)	ผลรวมผลต่างของ มวล(กรัม)	มวลเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการไหลของน้ำ (L/hr/m ²)
0	30	0	1058.00	264.50	11533.43
1	281	251			
2	544	263			
3	811	267			
4	1088	277			

ตาราง 13 พลิกซ์ของน้ำของเมมเบรนที่มีขายในเชิงพาณิชย์ที่ความดัน 40 kPa

polycarbonate MF 0.2 μm Commercial					
ความดัน 40 kPa					
เวลา (นาท)	น้ำหนัก (กรัม)	ผลต่างของมวล (กรัม)	ผลรวมผลต่างของ มวล(กรัม)	มวลเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการไหลของน้ำ (L/hr/m ²)
0	35	0	1060.00	353.33	15406.98
1	310	275			
2	730	420			
3	1095	365			

ตาราง 14 พลั๊กซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองโดยระดมยิง 2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 5 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 10 kPa

polycarbonate MF bombard 2 hr Etching 5 min Tem 85°C Con 6.25 N					
ความดัน 10 kPa					
เวลา (นาที)	น้ำหนัก (กรัม)	ผลต่างของมวล (กรัม)	ผลรวมผลต่างของมวล(กรัม)	มวลเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการไหลของน้ำ (L/hr/m ²)
0	10	0	58.00	8.29	361.30
1	21	11			
2	32	11			
3	41	9			
4	49	8			
5	56	7			
6	63	7			
7	68	5			

ตาราง 15 พลั๊กซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองโดยระดมยิง 2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 5 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 20 kPa

polycarbonate MF bombard 2 hr Etching 5 min Tem 85°C Con 6.25 N					
ความดัน 20 kPa					
เวลา (นาที)	น้ำหนัก (กรัม)	ผลต่างของมวล (กรัม)	ผลรวมผลต่างของมวล(กรัม)	มวลเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการไหลของน้ำ (L/hr/m ²)
0	73	0	63.00	10.50	457.85
1	88	15			
2	100	12			
3	111	11			
4	120	9			
5	128	8			
6	136	8			

ตาราง 16 พลั๊กซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองโดยระดมยิง 2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 5 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 30 kPa

polycarbonate MF bombard 2 hr Etching 5 min Tem 85°C Con 6.25 N					
ความดัน 30 kPa					
เวลา (นาที)	น้ำหนัก (กรัม)	ผลต่างของมวล (กรัม)	ผลรวมผลต่างของมวล(กรัม)	มวลเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการไหลของน้ำ (L/hr/m ²)
0	139	0	41.00	10.25	446.95
1	151	12			
2	162	11			
3	171	9			
4	180	9			

ตาราง 17 พลั๊กซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองโดยระดมยิง 2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 5 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 40 kPa

polycarbonate MF bombard 2 hr Etching 5 min Tem 85°C Con 6.25 N					
ความดัน 40 kPa					
เวลา (นาที)	น้ำหนัก (กรัม)	ผลต่างของมวล (กรัม)	ผลรวมผลต่างของมวล(กรัม)	มวลเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการไหลของน้ำ (L/hr/m ²)
0	185	0	70.00	14.00	610.47
1	205	20			
2	220	15			
3	234	14			
4	245	11			
5	255	10			

ตาราง 18 ฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเอง โดยระดมยิง 2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 15 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 10 kPa

polycarbonate(MF) bommbard 2 hr Etching 15 min Tem 85 C Con 6.25 N					
ความดัน 10 kPa					
เวลา (นาที)	น้ำหนัก (กรัม)	ผลต่างของมวล (กรัม)	ผลรวมผลต่างของมวล(กรัม)	มวลเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการไหลของน้ำ (L/m ² /hr)
0	19.2	0	149.60	14.96	652.33
1	39.6	20.4			
2	58.9	19.3			
3	77.9	19			
4	94.6	16.7			
5	108.7	14.1			
6	122.4	13.7			
7	135	12.6			
8	146.8	11.8			
9	158.1	11.3			
10	168.8	10.7			

ตาราง 19 พลิกซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองโดยระคมยง 2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 15 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 20 kPa

polycarbonate (MF) bommbard 2 hr Etching 15 min Tem 85 C Con 6.25 N					
ความดัน 20 kPa					
เวลา (นาที)	น้ำหนัก (กรัม)	ผลต่างของมวล (กรัม)	ผลรวมผลต่างของมวล(กรัม)	มวลเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการไหลของน้ำ (L/m ² /hr)
0	180	0	155.40	15.54	677.62
1	201.6	21.6			
2	221	19.4			
3	239	18			
4	256.2	17.2			
5	271	14.8			
6	285.4	14.4			
7	299	13.6			
8	311.8	12.8			
9	323.8	12			
10	335.4	11.6			

ตาราง 20 ฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองโดยระดมยิง 2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 15 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 30 kPa

polycarbonate (MF) bommbard 2 hr Etching 15 min Tem 85 C Con 6.25 N					
ความดัน 30 kPa					
เวลา (นาที)	น้ำหนัก (กรัม)	ผลต่างของมวล (กรัม)	ผลรวมผลต่างของมวล(กรัม)	มวลเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการไหลของน้ำ (L/m ² /hr)
0	343.9	0	135.10	13.51	589.10
1	361.2	17.3			
2	376.8	15.6			
3	392.1	15.3			
4	406.4	14.3			
5	419.7	13.3			
6	432.8	13.1			
7	444.9	12.1			
8	457.1	12.2			
9	468.5	11.4			
10	479	10.5			

ตาราง 21 ฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองโดยระดมยิง 2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 15 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 40 kPa

polycarbonate (MF) bommbard 2 hr Etching 15 min Tem 85 C Con 6.25 N					
ความดัน 40 kPa					
เวลา (นาที)	น้ำหนัก (กรัม)	ผลต่างของมวล (กรัม)	ผลรวมผลต่างของ มวล(กรัม)	มวลเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการไหลของน้ำ (L/m ² /hr)
0	484.5	0	120.90	12.09	527.18
1	498.8	14.3			
2	512.6	13.8			
3	525.7	13.1			
4	538.2	12.5			
5	550.4	12.2			
6	561.7	11.3			
7	572.8	11.1			
8	583.9	11.1			
9	595	11.1			
10	605.4	10.4			

ตาราง 22 พลั๊กซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองโดยระดมยิง 2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 15 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 50 kPa

polycarbonate (MF) bommbard 2 hr Etching 15 min Tem 85 C Con 6.25 N					
ความดัน 50 kPa					
เวลา (นาทื)	น้ำหนัก (กรัม)	ผลต่างของมวล (กรัม)	ผลรวมผลต่างของ มวล(กรัม)	มวลเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการไหลของน้ำ (L/m ² /hr)
0	610.8	0	112.80	11.28	491.86
1	623.9	13.1			
2	636.3	12.4			
3	648.6	12.3			
4	660.1	11.5			
5	671.4	11.3			
6	682.5	11.1			
7	693.1	10.6			
8	703.5	10.4			
9	713.7	10.2			
10	723.6	9.9			

ตาราง 23 พลั๊กซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเอง โดยระดมยิง 2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 25 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 10 kPa

Polycarbonate (MF) bombard 2 hr Etching 25 min Tem 85 C Con 6.25 N					
ความดัน 10 kPa					
เวลา (นาท)	น้ำหนัก (กรัม)	ผลต่างของมวล (กรัม)	ผลรวมผลต่างของมวล(กรัม)	มวลเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการไหลของน้ำ (L/m ² /hr)
0	2.78	0	100.60	10.06	438.66
1	12.78	10			
2	22.07	9.29			
3	32.9	10.83			
4	43.8	10.9			
5	53.78	9.98			
6	63.16	9.38			
7	72.35	9.19			
8	82.64	10.29			
9	93.12	10.48			
10	103.38	10.26			

ตาราง 24 ฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเอง โดยระดมยิง 2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 25 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 20 kPa

Polycarbonate (MF) bombard 2 hr Etching 25 min Tem 85 C Con 6.25 N					
ความดัน 20 kPa					
เวลา (นาที)	น้ำหนัก (กรัม)	ผลต่างของมวล (กรัม)	ผลรวมผลต่างของ มวล(กรัม)	มวลเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการไหลของน้ำ (L/m ² /hr)
0	114.48	0	207.32	20.73	904.01
1	133.8	19.32			
2	153.8	20			
3	175	21.2			
4	196.2	21.2			
5	216.6	20.4			
6	237.1	20.5			
7	258.2	21.1			
8	279.2	21			
9	299.3	20.1			
10	321.8	22.5			

ตาราง 25 ฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองโดยระดมยิง 2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 25 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 30 kPa

Polycarbonate (MF) bombard 2 hr Etching 25 min Tem 85 C Con 6.25 N					
ความดัน 30 kPa					
เวลา (นาที)	น้ำหนัก (กรัม)	ผลต่างของมวล (กรัม)	ผลรวมผลต่างของมวล(กรัม)	มวลเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการไหลของน้ำ (L/m ² /hr)
0	337.6	0	370.50	37.05	1615.55
1	372.8	35.2			
2	408.7	35.9			
3	444.9	36.2			
4	483.2	38.3			
5	520.9	37.7			
6	557.8	36.9			
7	595.9	38.1			
8	633.3	37.4			
9	671.3	38			
10	708.1	36.8			

ตาราง 26 ฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองโดยระดมยิง 2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 25 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 40 kPa

Polycarbonate (MF) bombard 2 hr Etching 25 min Tem 85 C Con 6.25 N					
ความดัน 40 kPa					
เวลา (นาทึ)	น้ำหนัก (กรัม)	ผลต่างของมวล (กรัม)	ผลรวมผลต่างของมวล(กรัม)	มวลเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการไหลของน้ำ (L/m ² /hr)
0	31.8	0	689.10	68.91	3004.80
1	95.4	63.6			
2	160.8	65.4			
3	229.5	68.7			
4	297.6	68.1			
5	365.9	68.3			
6	435.6	69.7			
7	506.8	71.2			
8	578.6	71.8			
9	649.5	70.9			
10	720.9	71.4			

ตาราง 27 พลั๊กซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองโดยระดมยิง 2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 25 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 50 kPa

Polycarbonate (MF) bombard 2 hr Etching 25 min Tem 85 C Con 6.25 N					
ความดัน 50 kPa					
เวลา (นาที)	น้ำหนัก (กรัม)	ผลต่างของมวล (กรัม)	ผลรวมผลต่างของมวล(กรัม)	มวลเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการไหลของน้ำ (L/m ² /hr)
0	23.8	0	1152.00	115.20	5023.26
1	120.4	96.6			
2	228.5	108.1			
3	342.7	114.2			
4	457.6	114.9			
5	575.6	118			
6	693.9	118.3			
7	813.4	119.5			
8	930.1	116.7			
9	1053.8	123.7			
10	1175.8	122			

ตาราง 28 ฟลักซ์ของน้ำของแผ่นโพลีคาร์บอเนต MF 0.2 μm Commercial

ความดัน (kPa)	Flux (L/hr/m ²)	ค่าความผิดพลาด
0	0	0
10	2628.05	51.26
20	4905.52	70.04
30	11533.43	107.39
40	15406.98	124.12

ตาราง 29 ฟลักซ์ของน้ำของแผ่นโพลีคาร์บอเนต MF Home-made Bombard 2 hr Etching 25 min

ความดัน (kPa)	Flux (L/hr/m ²)	ค่าความผิดพลาด
0	0	0
10	438.66	20.94
20	904.01	30.07
30	1615.55	40.19
40	3004.8	54.82
50	5023.26	70.87

ตาราง 30 ฟลักซ์ของน้ำของแผ่นโพลีคาร์บอเนต MF Home-made Bombard 2 hr Etching 5 min

ความดัน (kPa)	Flux (L/hr/m ²)	ค่าความผิดพลาด
0	0	0
10	361.3	19.01
20	457.85	21.40
30	446.95	21.14
40	610.47	24.71
50	741.28	27.23

ตาราง 31 ฟลักซ์ของน้ำของแผ่นโพลีคาร์บอเนต MF Home-made Bombard 2 hr Etching 15 min

ความดัน (kPa)	Flux (L/hr/m ²)	ค่าความผิดพลาด
0	0	0
10	652.33	25.54
20	677.62	26.03
30	589.1	24.27
40	527.18	22.96
50	491.86	22.18

ตาราง 32 ฟลักซ์ของน้ำของแผ่นโพลีคาร์บอนเนต MF Home-made Bombard 2 hr Etching 15 min and 25 min

ความดัน (kPa)	Flux (L/hr/m ²)	ค่าความ ผิดพลาด	Flux (L/hr/m ²)	ค่าความผิดพลาด
0	0	0	0	0
10	652.33	25.54	438.66	20.94
20	677.62	26.03	904.01	30.07
30	589.1	24.27	1615.55	40.19
40	527.18	22.96	3004.8	54.82
50	491.86	22.18	5023.26	70.87

ตาราง 33 การเปรียบเทียบฟลักซ์ของน้ำของแผ่นโพลีคาร์บอนเนต MF 0.2 μ m commercial กับ Home-made Bombard 2 hr Etching 25 min

ความดัน(kPa)	Flux (L/hr/m ²)	ค่าความผิดพลาด	Flux (L/hr/m ²)	ค่าความผิดพลาด
0	0	0	0	0
10	2628.05	51.26	438.66	20.94
20	4905.52	70.04	904.01	30.07
30	11533.43	107.39	1615.55	40.19
40	15406.98	124.12	3004.8	54.82

ตาราง 34 ตารางขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของรูอนุภาคหลังจากกักรองยด้วยกระบวนการทางเคมีที่เวลาต่าง ๆ

เวลาในการกักรองย(นาทื)	ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลาง (μm)
5	0.7
10	1.06
15	2.15
20	3.3
25	5
30	7.14

ภาคผนวก 7

การเตรียมความเข้มข้นของสารละลาย NaOH

ความเข้มข้นของ NaOH ที่ 2.5N ใช้สาร NaOH 100g แล้วเติมน้ำให้ครบ 1,000 cc

ความเข้มข้นของ NaOH ที่ 4.5N ใช้สาร NaOH 180g แล้วเติมน้ำให้ครบ 1,000 cc

ความเข้มข้นของ NaOH ที่ 5.5N ใช้สาร NaOH 220g แล้วเติมน้ำให้ครบ 1,000 cc

ความเข้มข้นของ NaOH ที่ 6.25N ใช้สาร NaOH 250g แล้วเติมน้ำให้ครบ 1,000 cc

ความเข้มข้นของ NaOH ที่ 6.5N ใช้สาร NaOH 260g แล้วเติมน้ำให้ครบ 1,000 cc

ภาคผนวก 8

วิธีการหาจำนวนรอยเริ่มต้น

จากการนับการเกิดรอยบนแผ่นฟิล์ม โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า นับจำนวนรอยโดยสุ่มทั่ว ๆ แผ่น จำนวน 20 จุด จึงเป็นกระบวนการแบบสุ่ม อธิบายได้ด้วยการแจกแจงแบบพัวซอง (Poisson distribution) ค่าความผิดพลาดของจำนวนรอยเริ่มต้นจึงหาจากสมการ

$$S.D. = \sqrt{n}$$

ภาคผนวก 9

วิธีการแปลงค่า 20% ของพื้นที่เป็นพื้นที่ทั้งหมด

จากการนำแผ่นพอลิคาร์บอเนตที่มีความหนา $670\mu\text{m}$ ที่ระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟาจากแผ่นคอนเวอร์เตอร์นิวตรอนและได้กัศขยายรอยแล้ว นำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบหัวกลับกำลังขยาย 400 เท่า โดยมีกริดที่เลนส์ตาซึ่งยาว 1 เซนติเมตร และกว้าง 1 เซนติเมตร มีจำนวนช่องอยู่ 100 ช่องในกริด จะนับมา 20 ช่องใน 1 พื้นที่ แล้วจะเลื่อนไปนับตำแหน่งใหม่อีกจนครบ 20% ของพื้นที่

แปลงจาก 20 ช่อง เป็น 100 ช่องโดยการคูณ 5 เข้าไปก็จะได้จำนวนรอยต่อ 1 พื้นที่ที่สังเกตจากการนับทั้งหมด 20 ตำแหน่ง หรือ 20% ของพื้นที่ แล้วก็นำ 5 คูณอีกครั้งก็จะเป็น 100% ของพื้นที่ที่นับ

นำค่าจำนวนรอยที่เฉลี่ย 20% ของพื้นที่มาหารด้วยพื้นที่ของ 1 ช่องเล็กในกริดก็จะเป็นจำนวนรอยต่อตารางมิลลิเมตร

ความยาวและความกว้างของ 1 ช่องเล็กที่ปกติ คือ 1 มิลลิเมตร ที่กำลังขยาย 100 เท่า

$$1 \text{ ช่องเล็กกว้าง} = \frac{1}{100} \text{ มิลลิเมตร} = 0.01 \text{ มิลลิเมตร}$$

∴ ความยาวก็จะเป็น 0.1 มิลลิเมตรด้วย

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่ของ 1 ช่องเล็ก} &= 0.01 \times 0.1 \text{ ตารางมิลลิเมตร} \\ &= 0.001 \text{ ตารางมิลลิเมตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ที่กำลังขยาย 400 เท่า 1 ช่องเล็กกว้าง} &= \frac{1}{400} \text{ มิลลิเมตร} \\ &= 0.0025 \text{ มิลลิเมตร} \\ &= 2.5 \mu\text{m} \end{aligned}$$

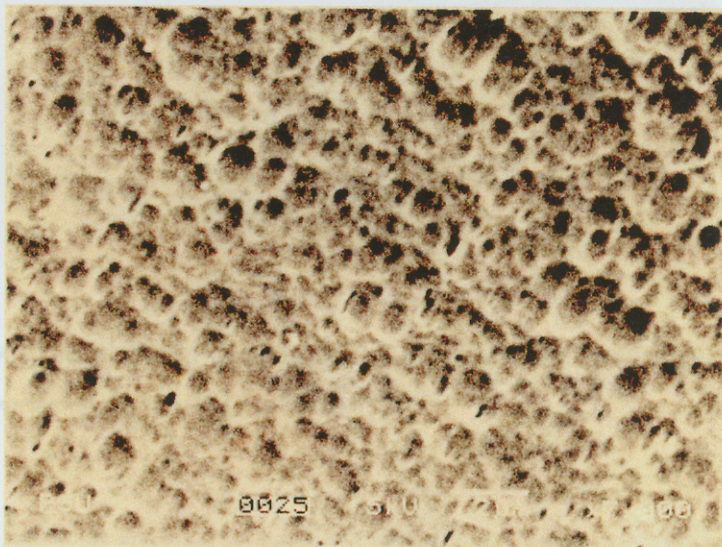
ความยาวก็จะเป็น $25 \mu\text{m}$

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่ 1 ช่องเล็ก} &= 2.5 \times 25 \mu\text{m}^2 \\ &= 62.5 \mu\text{m}^2 \end{aligned}$$

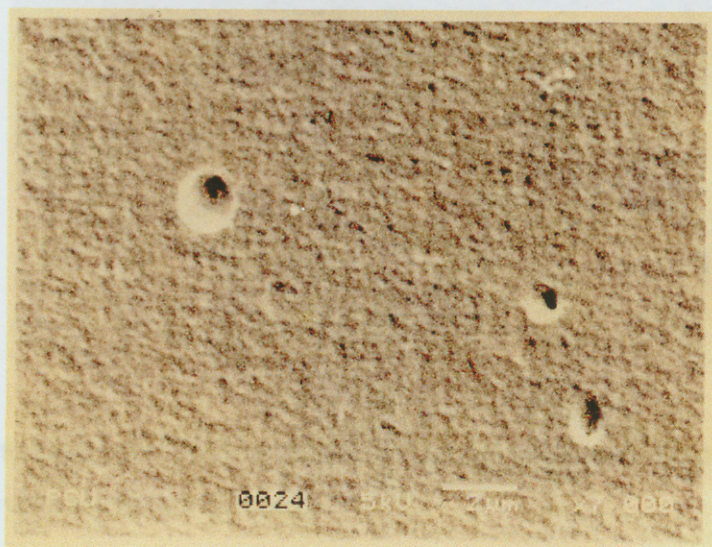
$$\therefore \text{พื้นที่ทั้งหมด 100 ช่อง} = 6250 \mu\text{m}^2$$

ภาคผนวก 10

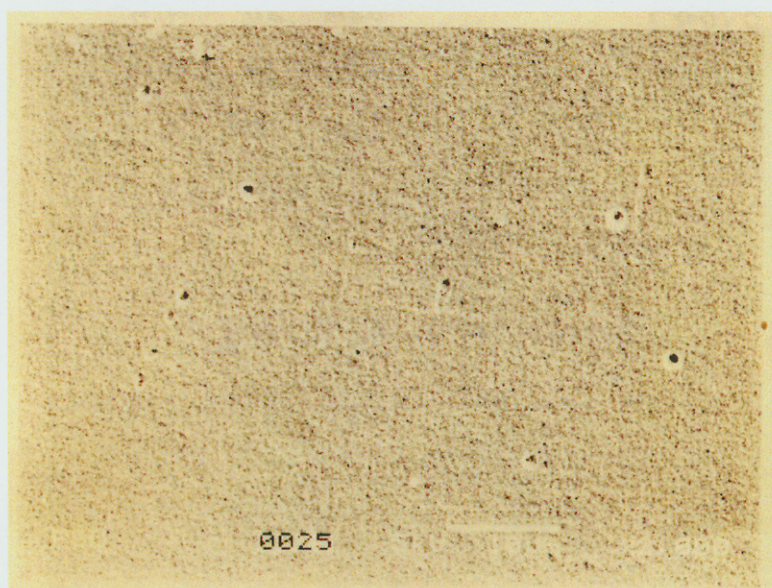
ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของแผ่นพอลีคาร์บอเนต ที่กัดขยายรอยที่อุณหภูมิ 85°C ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6.25 N



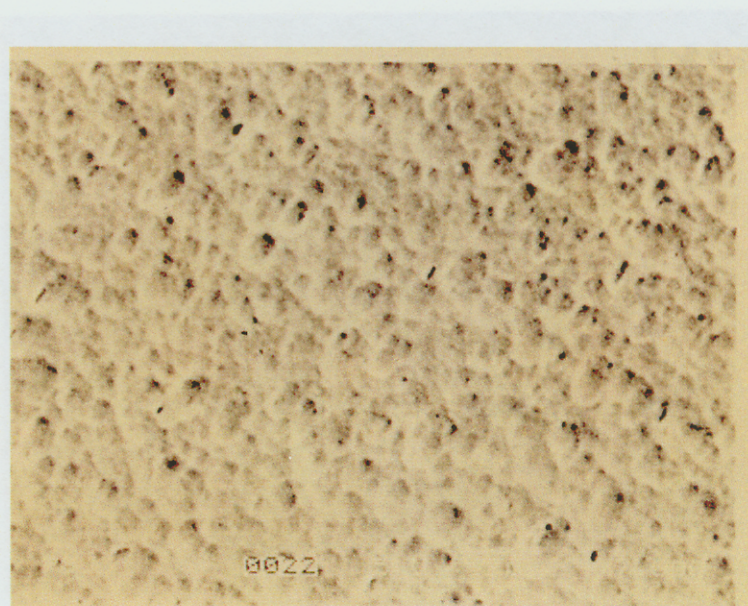
ภาพประกอบ 55 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 7,000 เท่า ระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟานาน 30 นาที กัดขยายรอยนาน 15 นาทีด้านหน้า



ภาพประกอบ 56 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 7,000 เท่า ระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟานาน 30 นาที กัดขยายรอยนาน 15 นาทีด้านหลัง



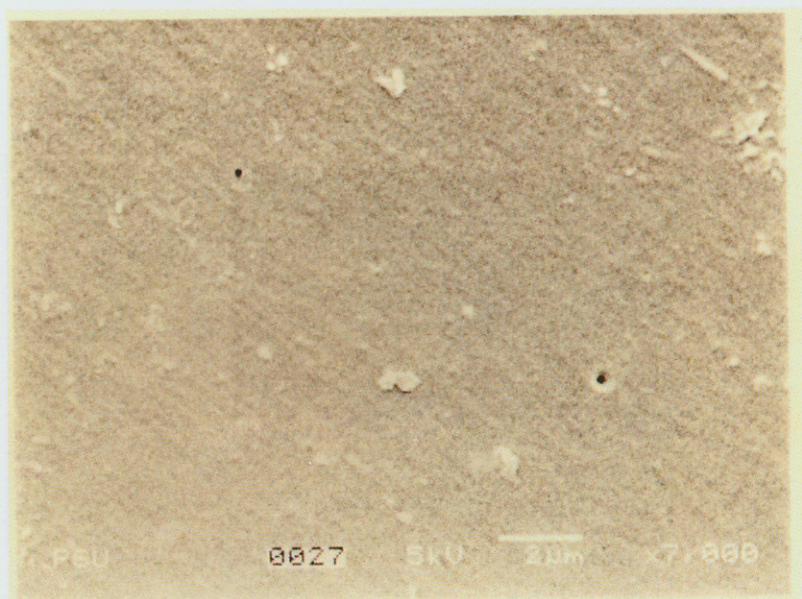
ภาพประกอบ 57 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 2,000 เท่า ระคมยงด้วยอนุภาคแอลฟานาน 30 นาที
กัคขยายรอยนาน 15 นาทีด้านหลัง



ภาพประกอบ 58 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 2,000 เท่า ระคมยงด้วยอนุภาคแอลฟานาน 60 นาที
กัคขยายรอยนาน 15 นาทีด้านหน้า

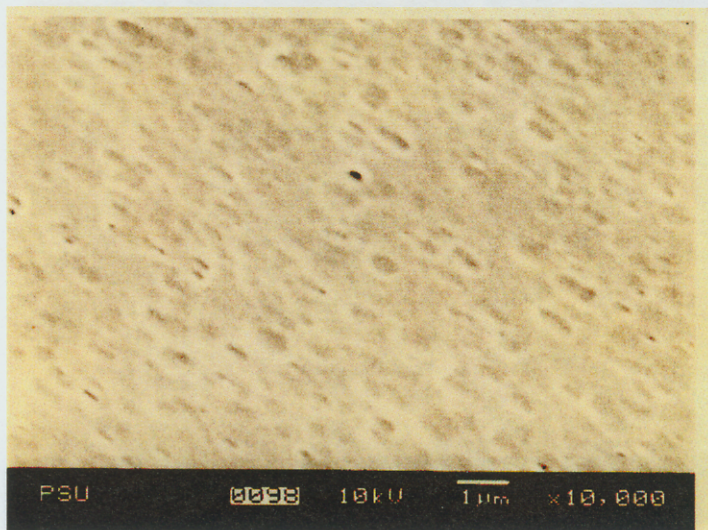


ภาพประกอบ 59 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 2,000 เท่า ระบุถึงผิวของอนุภาคแอลฟานาน 60 นาที
ที่คักขยายรอยนาน 15 นาทีที่ด้านหน้า

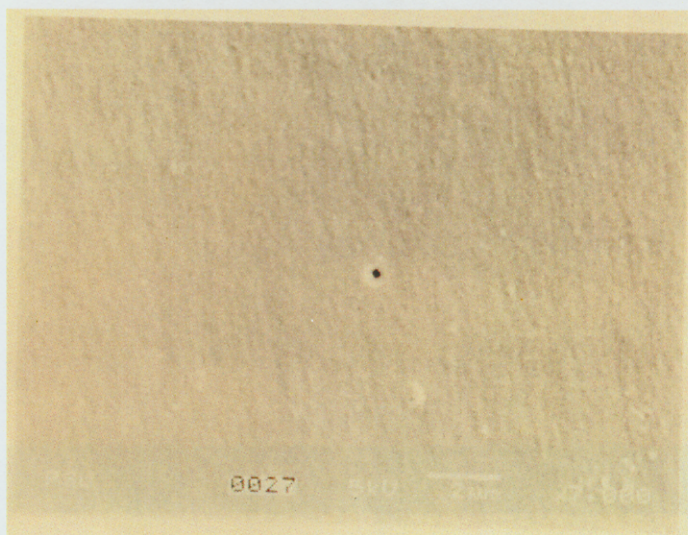


ภาพประกอบ 60 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 7,000 เท่า ระบุถึงผิวของอนุภาคแอลฟานาน 60 นาที
ที่คักขยายรอยนาน 15 นาทีที่ด้านหลัง

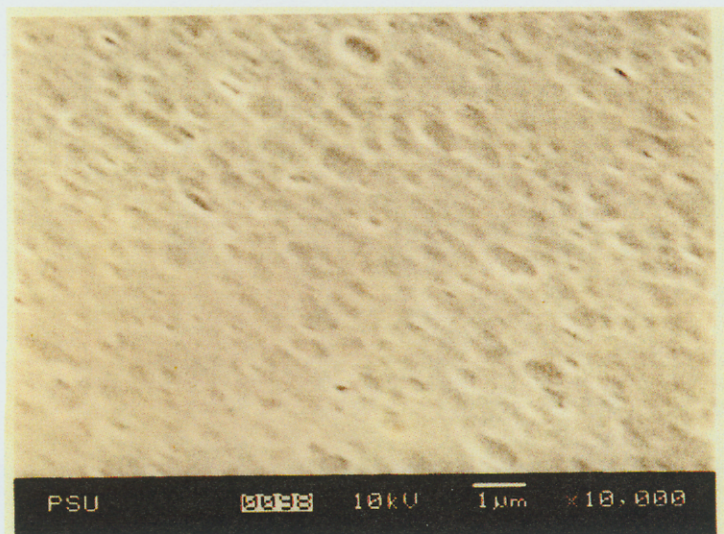
ภาพประกอบ 61 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า ระบุถึงผิวของอนุภาคแอลฟานาน 120 นาที
ที่คักขยายรอยนาน 5 นาทีที่ด้านหลัง



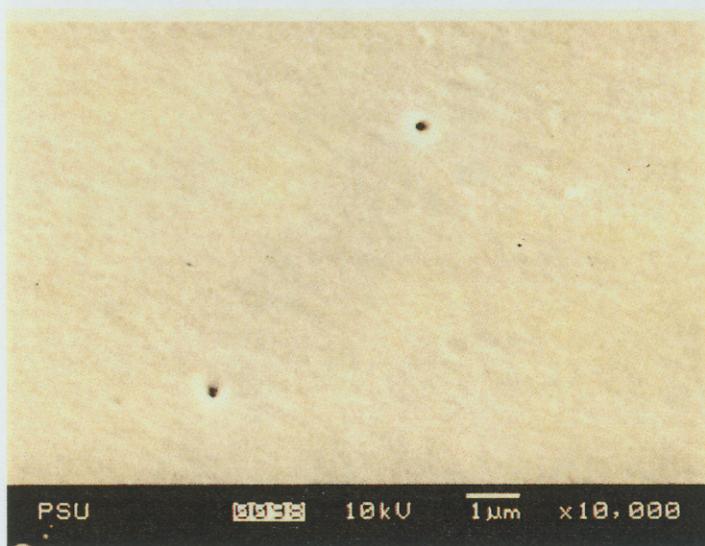
ภาพประกอบ 61 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า ระบุด้วยอนุภาคแอลฟานาน 120 นาที่
กักขยายรอยนาน 5 นาทีด้านหน้า



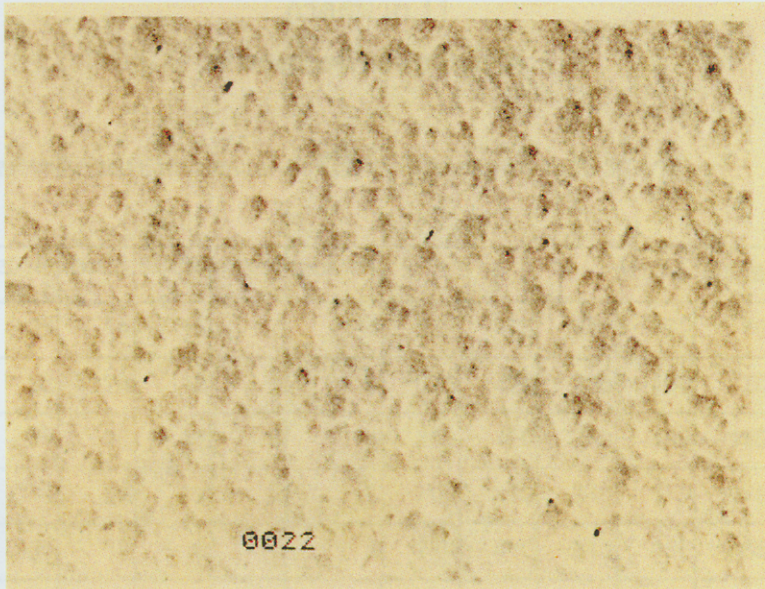
ภาพประกอบ 62 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 7,000 เท่า ระบุด้วยอนุภาคแอลฟานาน 120 นาที่
กักขยายรอยนาน 5 นาทีด้านหลัง



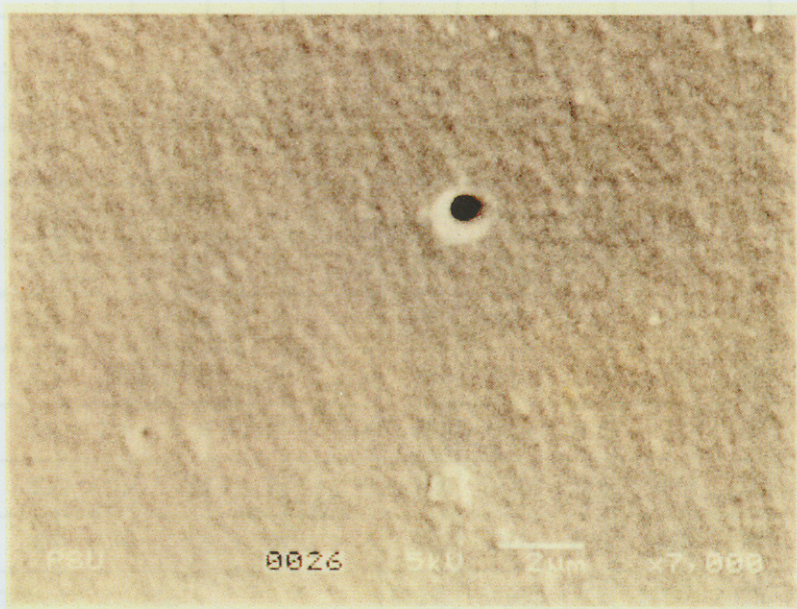
ภาพประกอบ 63 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า ระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟานาน 120 นาที
 กัดขยายรอยนาน 10 นาทีด้านหน้า



ภาพประกอบ 64 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า ระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟานาน 120 นาที
 กัดขยายรอยนาน 10 นาทีด้านหลัง



ภาพประกอบ 65 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 7,000 เท่า ระบุด้วยอนุภาคแอลฟานาน 120 นาที่
กัดขยายรอยนาน 15 นาทีด้านหน้า



ภาพประกอบ 66 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 7,000 เท่า ระบุด้วยอนุภาคแอลฟานาน 120 นาที่
กัดขยายรอยนาน 15 นาทีด้านหลัง

ภาคผนวก 11
ตารางการนับรอยอนุภาค

ตาราง 35 แสดงผลการนับรอยของอนุภาคแอลฟาที่ใช้เวลาในการระดมยิงนาน 30 นาที

B30E10	B30E20	B30E30	B30E40	B30E50	B30E60	B30E80	B30E100	ทำเป็น 100 ช่อง							
134	95	47	35	14	15	7	4	670	475	235	175	70	75	35	20
135	85	47	32	24	12	6	6	675	425	235	160	120	60	30	30
161	84	50	38	26	11	8	4	805	420	250	190	130	55	40	20
141	82	48	35	23	12	8	3	705	410	240	175	115	60	40	15
148	82	62	31	17	10	11	3	740	410	310	155	85	50	55	15
135	88	43	26	22	10	7	5	675	440	215	130	110	50	35	25
151	88	55	36	17	16	7	6	755	440	275	180	85	80	35	30
141	93	52	31	12	10	6	7	705	465	260	155	60	50	30	35
132	67	54	25	22	11	9	6	660	335	270	125	110	55	45	30
143	80	40	30	20	11	6	4	715	400	200	150	100	55	30	20
144	97	55	26	21	12	9	7	720	485	275	130	105	60	45	35
160	95	52	35	22	11	4	4	800	475	260	175	110	55	20	20
142	82	50	33	30	14	11	7	710	410	250	165	150	70	55	35
153	87	53	36	20	19	5	7	765	435	265	180	100	95	25	35
166	84	45	37	17	9	9	5	830	420	225	185	85	45	45	25
164	85	42	22	15	12	6	7	820	425	210	110	75	60	30	35
131	83	47	31	25	13	5	6	655	415	235	155	125	65	25	30
157	85	41	25	21	9	10	4	785	425	205	125	105	45	50	20
144	82	55	30	18	10	8	8	720	410	275	150	90	50	40	40
145	75	47	36	19	10	8	6	725	375	235	180	95	50	40	30
ผลรวมของจำนวนรอย								14635	8495	4925	3150	2025	1185	750	545
ค่าเฉลี่ยของจำนวนรอย								732	425	246	158	101	59.3	37.5	27.3
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน								54.2	34.81	28.09	23.31	21.64	12.59	9.8	7.52
ค่าเฉลี่ยของจำนวนรอยต่อตารางมิลลิเมตร								1171	680	394	252	162	94.8	60	43.6

ตาราง 36 แสดงผลของการนับรอยอนุภาคแอลฟาที่ใช้เวลาในการระดมยีนาน 60 นาที

B60E10	B 60E20	B60E30	B 60E40	B 60E50	B60E60	B 60E80	B 60E100	ทำเป็น 100 ช่อง							
222	121	64	40	21	18	10	5	1110	605	320	200	105	90	50	25
248	118	65	47	30	14	12	7	1240	590	325	235	150	70	60	35
232	121	70	39	26	20	11	4	1160	605	350	195	130	100	55	20
208	113	62	39	25	19	13	4	1040	565	310	195	125	95	65	20
197	115	64	37	28	14	13	7	985	575	320	185	140	70	65	35
186	124	65	45	28	19	9	7	930	620	325	225	140	95	45	35
215	101	66	49	24	16	14	5	1075	505	330	245	120	80	70	25
202	107	68	37	22	13	9	7	1010	535	340	185	110	65	45	35
193	114	68	42	23	13	13	6	965	570	340	210	115	65	65	30
205	126	71	40	22	14	12	7	1025	630	355	200	110	70	60	35
188	124	70	40	20	20	9	4	940	620	350	200	100	100	45	20
191	118	72	41	27	19	10	6	955	590	360	205	135	95	50	30
196	130	65	39	28	13	12	5	980	650	325	195	140	65	60	25
208	122	62	38	24	15	9	7	1040	610	310	190	120	75	45	35
193	115	62	38	30	14	10	6	965	575	310	190	150	70	50	30
229	110	63	37	26	21	11	6	1145	550	315	185	130	105	55	30
209	110	67	38	25	13	10	5	1045	550	335	190	125	65	50	25
227	109	69	46	24	17	15	4	1135	545	345	230	120	85	75	20
207	121	70	39	23	15	10	7	1035	605	350	195	115	75	50	35
204	125	69	38	26	14	11	6	1020	625	345	190	130	70	55	30
ผลรวมของจำนวนรอย								20800	11720	6660	4045	2510	1605	1115	575
ค่าเฉลี่ยของจำนวนรอย								1040	586	333	202	126	80.3	55.8	28.8
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน								82.51	36.94	16.1	17.7	14.2	13.9	8.93	5.82
ค่าเฉลี่ยของจำนวนรอยต่อตารางมิลลิเมตร								1664	937.6	533	324	201	128	89.2	46

ตาราง 37 แสดงผลการนับรอยของอนุภาคแอลฟาที่ใช้เวลาในการระดมยิงนาน 120 นาที

B120E10	B120E20	B120E30	B120E40	B120E50	B120E60	B120E80	B120E100	ทำเป็น 100 ช่อง							
212	190	104	76	50	24	19	17	1060	950	520	380	250	120	95	85
279	178	107	73	43	34	26	10	1395	890	535	365	215	170	130	50
273	181	111	85	44	31	19	14	1365	905	555	425	220	155	95	70
263	152	117	76	40	27	22	12	1315	760	585	380	200	135	110	60
283	158	119	69	47	27	24	10	1415	790	595	345	235	135	120	50
289	184	119	74	52	28	15	18	1445	920	595	370	260	140	75	90
292	170	120	79	48	26	23	11	1460	850	600	395	240	130	115	55
269	175	113	72	44	20	17	12	1345	875	565	360	220	100	85	60
256	155	107	72	49	33	10	17	1280	775	535	360	245	165	50	85
304	155	120	76	42	26	18	11	1520	775	600	380	210	130	90	55
264	160	127	89	57	27	19	13	1320	800	635	445	285	135	95	65
293	174	105	84	44	27	22	11	1465	870	525	420	220	135	110	55
292	178	136	81	47	32	20	10	1460	890	680	405	235	160	100	50
276	155	117	82	52	29	21	11	1380	775	585	410	260	145	105	55
244	172	116	73	56	26	17	11	1220	860	580	365	280	130	85	55
277	185	138	71	46	26	20	12	1385	925	690	355	230	130	100	60
265	172	127	80	49	30	21	18	1325	860	635	400	245	150	105	90
245	175	124	74	49	32	18	16	1225	875	620	370	245	160	90	80
237	150	139	80	47	25	14	16	1185	750	695	400	235	125	70	80
299	178	117	84	46	29	23	9	1495	890	585	420	230	145	115	45
ผลรวมของจำนวนรอย								27060	16985	11915	7750	4760	2795	1940	1295
ค่าเฉลี่ยของจำนวนรอย								1353	849.3	595.8	388	238	140	97	64.8
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน								116.1	61.24	51.74	27.3	21.9	16.9	18.6	14.8
ค่าเฉลี่ยของจำนวนรอยต่อตารางมิลลิเมตร								2165	1359	953.2	620	381	224	155	104

ตาราง 38 แสดงผลการนับรอยของอนุภาคแอลฟาที่ใช้เวลาในการระดมยิงนาน 240 นาที

B240E10	B240E20	B240E30	B240E40	B240E50	B240E60	B240E80	B240E100	ทำเป็น 100 ช่อง							
449	273	148	100	66	39	24	17	2245	1365	740	500	330	195	120	85
450	280	158	98	65	46	31	15	2250	1400	790	490	325	230	155	75
431	281	154	95	64	44	28	17	2155	1405	770	475	320	220	140	85
432	265	148	90	66	47	30	18	2160	1325	740	450	330	235	150	90
431	273	160	98	62	44	32	19	2155	1365	800	490	310	220	160	95
450	290	147	104	60	40	32	16	2250	1450	735	520	300	200	160	80
446	275	160	95	63	47	26	12	2230	1375	800	475	315	235	130	60
443	268	147	89	64	38	29	17	2215	1340	735	445	320	190	145	85
448	263	158	106	66	49	25	12	2240	1315	790	530	330	245	125	60
456	279	149	87	61	47	29	18	2280	1395	745	435	305	235	145	90
449	265	153	89	64	49	28	13	2245	1325	765	445	320	245	140	65
432	263	150	94	60	47	29	19	2160	1315	750	470	300	235	145	95
456	274	146	87	66	39	30	13	2280	1370	730	435	330	195	150	65
442	270	145	83	59	50	27	17	2210	1350	725	415	295	250	135	85
447	283	147	96	61	50	24	17	2235	1415	735	480	305	250	120	85
454	283	148	103	59	39	31	15	2270	1415	740	515	295	195	155	75
433	270	143	101	63	38	31	16	2165	1350	715	505	315	190	155	80
430	288	172	94	58	37	32	17	2150	1440	860	470	290	185	160	85
435	274	158	95	59	40	29	19	2175	1370	790	475	295	200	145	95
437	281	149	104	58	39	32	13	2185	1405	745	520	290	195	160	65
ผลรวมของจำนวนรอย								44255	27490	15200	9540	6220	4345	2895	1600
ค่าเฉลี่ยของจำนวนรอย								2213	1375	760	477	311	217.3	144.8	80
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน								45.52	40.26	35.39	32.34	14.29	23.2	13.13	11.58
ค่าเฉลี่ยของจำนวนรอยต่อตารางมิลลิเมตร								3540	2199	1216	763.2	497.6	347.6	231.6	128

ตาราง 39 แสดงผลการนับรอยของอนุภาคแอลฟาที่ใช้เวลาในการระดมยิงนาน 360 นาที

B360E10	B360E20	B360E30	B360E40	B360E50	B360E60	B360E80	B360E100	ทำเป็น 100 ช่อง							
784	448	222	168	62	63	39	27	3920	2240	1110	840	310	315	195	135
740	340	210	149	84	54	40	23	3700	1700	1050	745	420	270	200	115
741	344	223	162	79	59	40	20	3705	1720	1115	810	395	295	200	100
739	332	195	126	80	60	39	26	3695	1660	975	630	400	300	195	130
780	387	197	158	76	63	37	20	3900	1935	985	790	380	315	185	100
772	396	184	112	65	61	38	20	3860	1980	920	560	325	305	190	100
782	388	214	136	72	52	45	24	3910	1940	1070	680	360	260	225	120
819	340	210	142	79	58	40	22	4095	1700	1050	710	395	290	200	110
823	341	222	116	76	51	38	24	4115	1705	1110	580	380	255	190	120
786	328	224	116	77	51	34	23	3930	1640	1120	580	385	255	170	115
830	436	211	140	69	59	36	26	4150	2180	1055	700	345	295	180	130
810	431	190	132	77	62	39	23	4050	2155	950	660	385	310	195	115
784	388	224	124	83	63	45	26	3920	1940	1120	620	415	315	225	130
793	407	186	119	83	60	40	27	3965	2035	930	595	415	300	200	135
814	397	222	148	80	61	41	26	4070	1985	1110	740	400	305	205	130
800	395	200	143	62	63	45	25	4000	1975	1000	715	310	315	225	125
790	389	203	162	66	55	44	22	3950	1945	1015	810	330	275	220	110
832	388	234	148	83	61	37	23	4160	1940	1170	740	415	305	185	115
753	360	197	143	80	54	42	22	3765	1800	985	715	400	270	210	110
754	357	188	165	83	53	37	29	3770	1785	940	825	415	265	185	145
ผลรวมของจำนวนรอย								78630	37960	20780	14045	7580	5815	3980	2390
ค่าเฉลี่ยของจำนวนรอย								3932	1898	1039	702.3	379	290.8	199	119.5
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน								148.9	178.2	75.54	87.64	36.37	21.54	15.61	12.76
ค่าเฉลี่ยของจำนวนรอยต่อตารางมิลลิเมตร								6290	3037	1662	1124	606.4	465.2	318.4	191.2