

การเตรียมแผ่นกรองฟิล์มบางแทรกเอตช์โดยใช้ฟิล์มพอลิสไตรีน

จิรวุฒิ แก้วเสนีย์¹, วิเชียร รตนธงชัย^{2*}, พิษณุ สุขผล³ และพินพรรณ วิศาลอรรถพันธ์¹

บทคัดย่อ

แผ่นกรองฟิล์มบางโพลิสไตรีนแทรกเอตช์ เตรียมขึ้นจากแผ่นฟิล์มบางโพลิสไตรีน ความหนา 13 ไมโครเมตร ทำให้เกิดรอยอนุภาคจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน แล้วล้างกัดรอยใน สารละลายโปแตสเซียมไดโครเมต ใน 40% กรดซัลฟูริก ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาล้างกัดรอย 6-10 ชั่วโมง ทำให้เกิดรูพรุนบนแผ่นฟิล์มมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.3 - 3.4 ไมโครเมตร โดยขนาดของรูแปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของสารละลายและเวลาในการล้างกัดรอย แผ่นกรองฟิล์มบางพอลิสไตรีนที่เตรียมขึ้น สามารถทำให้น้ำไหลผ่านได้ โดยมีอัตราการไหล 0.79 - 1.56 มิลลิเมตรต่อตารางเซนติเมตรต่อเวลาที่ ที่ความดัน 109.8 - 113.7 กิโลพาส์

Preparation of Track Etch Membrane Filters Using Polystyrene Film

Jerawut Kaewsaneen¹, Wichian Ratanatongchai^{2*}, Pitt Supaphol³ and Pinpan Visal-athaphand¹

¹Department of Physics, Faculty of Science, King Mongkuts

University of Technology Thonburi, Bangkok 10140, Thailand;

²Nuclear Research and development Group, Thailand Institute of Nuclear Technology,

Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand;

³The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

Abstract

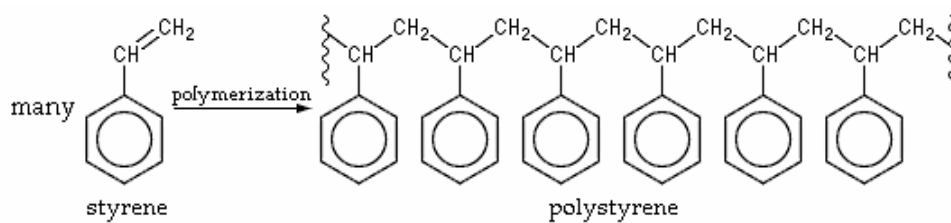
Polystyrene nuclear track etch membrane filters was prepared by exposed 13 μ m thin film polystyrene with fission fragment. Nuclear latent track was enlarged to through hole on the film by etching with 80 °C 40% H₂SO₄ with K₂Cr₂O₇ solution for 6-10 hour. The hole size was depend on concentration of etching solution and etching time with 1.3-3.4 μ m hole diameter. The flow rate test of water was 0.79-1.56 mm cm⁻² min⁻¹ at 109.8-113.7 kPa pressure.

Keywords: track etch filters, nuclear track filters, membrane filters, track etch membrane filters, polystyrene membrane filters

1. บทนำ

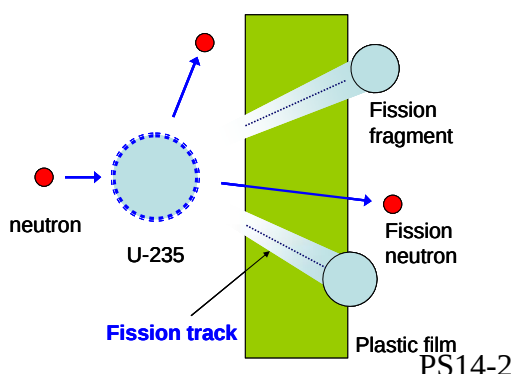
แผ่นกรองฟิล์มบางแทรคเอตช์ (track etch membrane filters) เป็นวัสดุที่มีการใช้ทั่วไปในห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ ทางอุตสาหกรรม ทางด้านจุลชีววิทยา และทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยใช้สำหรับงานกรองที่ต้องการความถูกต้องสูง เนื่องจากรูบนแผ่นกรอง มีขนาดสม่ำเสมอ วัสดุที่ใช้ทำแผ่นกรองไม่เกิดปฏิกิริยากับสารที่กรอง และสามารถนำไปใช้ได้กับสารละลายที่เป็นกรดหรือด่าง ตามชนิดของฟิล์ม

พอลิสไตรีน (polystyrene) เป็นพลาสติกใส ไม่มีกลิ่น ไม่มีสี ไม่มีรส เป็นวัสดุฉนวนไฟฟ้า มีจุดหลอมเหลว 150-243 องศาเซลเซียส มีการนำไปใช้งาน โดยใช้ทำชิ้นส่วนภายในของรถยนต์ อุปกรณ์เครื่องใช้ในบ้าน อุปกรณ์ไฟฟ้า และปุ่มที่ใช้ปรับหรือหมุนของอุปกรณ์ไฟฟ้า พอลิสไตรีนมีโครงสร้างของหน่วยย่อยและโครงสร้างของโพลิเมอร์ ดังรูปที่ 1 [1]



รูปที่ 1 โครงสร้างโมเลกุลในหน่วยย่อยและโพลิเมอร์ของพอลิสไตรีน

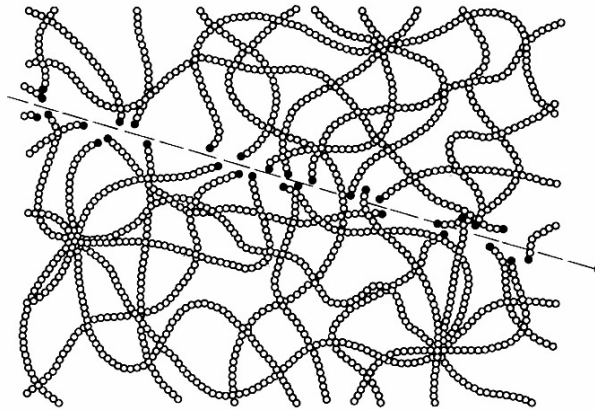
แผ่นกรองฟิล์มบางพอลิสไตรีนแทรคเอตช์ (polystyrene track etch membrane filters) เตรียมขึ้นจากแผ่นฟิล์มบางพลาสติกพอลิสไตรีน ความหนา 13 ไมโครเมตร ใช้อุณหภูมิประจุพลังงานสูง จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน (fission fragment) ระหว่างนิวตรอนกับนิวเคลียสของยูเรเนียม-235 ยิงผ่านแผ่นฟิล์ม ทำให้เกิดรอยแฝง (latent track) ขนาดเล็กมากบนฟิล์ม เนื่องจากสายโพลิเมอร์ขาดออกตามทิศทางที่อนุภาคเคลื่อนที่ผ่าน เมื่อนำฟิล์มไปล้างกัดขยายรอย (track etching) ในสารละลายกรดเข้มข้น เนื้อฟิล์มตรงส่วนที่เกิดรอยจะละลายออก ทำให้รอยมีขนาดใหญ่ขึ้น หรือเกิดเป็นรู (pore) ตามแนวของรอยอนุภาค โดยมีขนาดอยู่ในระดับนาโนเมตรถึงไมโครเมตร แปรผันตามความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ล้างกัดรอย (etching solution) อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการล้างกัดรอย



รูปที่ 2

ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันระหว่างนิวตรอนกับ

นิวเคลียสของยูเรเนียม-235 ทำให้เกิดอนุภาค
พลังงานสูงเคลื่อนที่ผ่านฟิล์มพลาสติก



รูปที่ 3 อนุภาคมีประจุพลังงานสูงทำให้สายโพลิเมอร์ขาดออกและเกิดรอยในฟิล์มพลาสติก

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

แผ่นกรองฟิล์มบางแตรคเอตซ์พอลิสไตรีน เตรียมขึ้นจากฟิล์มบางพอลิสไตรีน ด้วยอนุภาคพลังงานสูงที่เกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน (fission fragment) ระหว่างนิวตรอน จากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย (nuclear research reactor) กับนิวเคลียสของธาตุยูเรเนียม ทำให้เกิดรอยบนฟิล์ม แล้วล้างกัดรอยดังกล่าว ด้วยสารละลายโปแตสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ในกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) โดยทำการทดลองดังนี้

2.1 การทดสอบความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ล้างกัดรอย

2.1.1 ประคบแผ่นฟิล์มพอลิสไตรีนที่มีความหนา 13 ไมโครเมตร กับแผ่น

สารประกอบยูเรเนียม (ammonium diuranate) และบรรจุลงในภาสเซตต์อูมิเนียม

2.1.2 วางภาสเซตต์บรรจุแผ่นฟิล์มและสารประกอบยูเรเนียม ไว้ด้านหน้าลำ

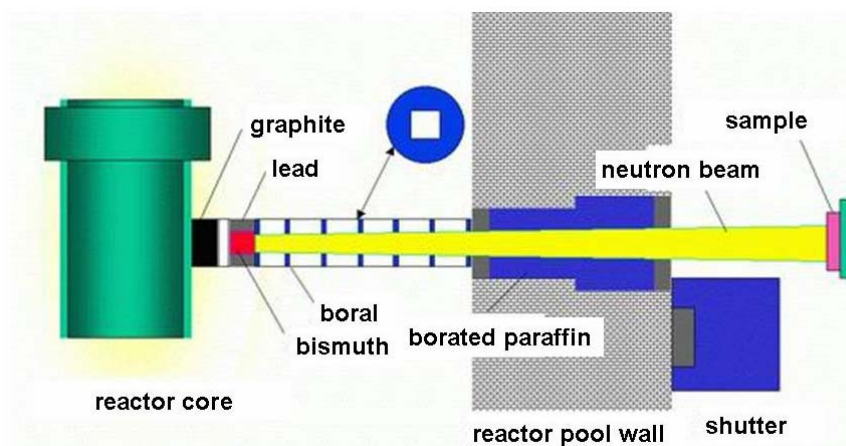
นิวตรอนขนาด 8 นิ้ว ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปว-1/1 สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ ที่ระยะ 100 เซนติเมตร มีฟลักซ์ของนิวตรอน 10^5 นิวตรอนต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

2.1.3 ล้างกัดรอยอนุภาคบนฟิล์ม ด้วยสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ ใน 40% H_2SO_4 ที่

อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง โดยมีอัตราส่วนและความเข้มข้นของสารละลาย ดังตารางที่ 1

2.1.4 ตรวจสอบขนาดและความหนาแน่นของรอยอนุภาคบนฟิล์ม โดยใช้กล้อง

จุลทรรศน์



รูปที่ 4 ลำนิวตรอนขนาด 8 นิ้ว ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว-1/1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนและความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ล้างกัศรอย

$K_2Cr_2O_7$ (g)	40% H_2SO_4 (ml)	ความเข้มข้น $K_2Cr_2O_7$
15	100	0.51 N
20	100	0.68 N
25	100	0.85 N
30	100	1.02 N
35	100	1.19 N

2.2 การทดสอบเวลาในการล้างกัศรอย

2.2.1 ประกอบแผ่นฟิล์มฟอสฟอรัสไตรีนความหนา 13 ไมโครเมตร กับแผ่นสารประกอบยูเรเนียมและบรรจุลงในคาสเซตอัลูมิเนียม

2.2.2 วางคาสเซตไว้ด้านหน้าลำนิวตรอนขนาด 8 นิ้ว ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว-1/1 ที่ระยะ 100 เซนติเมตร เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

2.2.3 ล้างกัศรอยอนุภาคบนฟิล์ม ด้วยสารละลาย 1.19 N $K_2Cr_2O_7$ ใน 40% H_2SO_4 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการล้างกัศรอย 6-10 ชั่วโมง

2.2.4 ตรวจสอบขนาดและความหนาแน่นของรอยอนุภาคบนฟิล์ม โดยใช้กล้องจุลทรรศน์

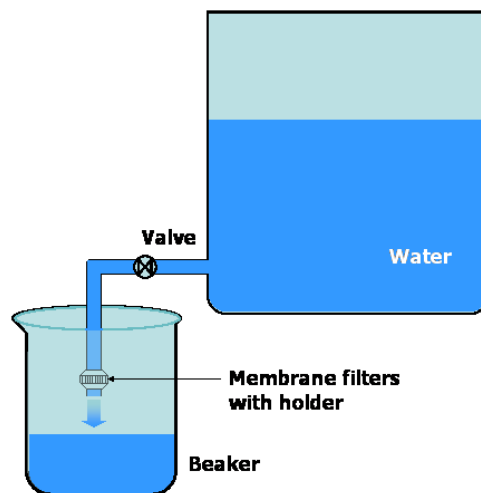
2.3 การทดสอบการไหลผ่านของน้ำ

2.3.1 บรรจุแผ่นกรองฟิล์มบางฟอสฟอรัสไตรีนในดรัมบรรจุแผ่นกรอง (filter holder)

2.3.2 ติดตั้งดรัมบรรจุแผ่นกรองไว้ที่ปลายท่อน้ำที่ต่อออกจากถังน้ำ โดยให้อยู่ที่ตำแหน่งเหนือบีกเกอร์ ดังรูปที่ 5

2.3.3 เปิดวาล์วให้น้ำไหลผ่านแผ่นกรอง บันทึกเวลาที่เปิดน้ำ ความสูงของระดับน้ำ และปริมาตรของน้ำในบีกเกอร์

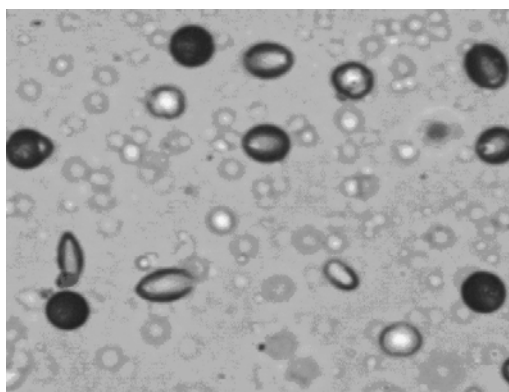
2.3.4 คำนวณแรงดันของน้ำและอัตราการไหลของน้ำผ่านแผ่นกรอง



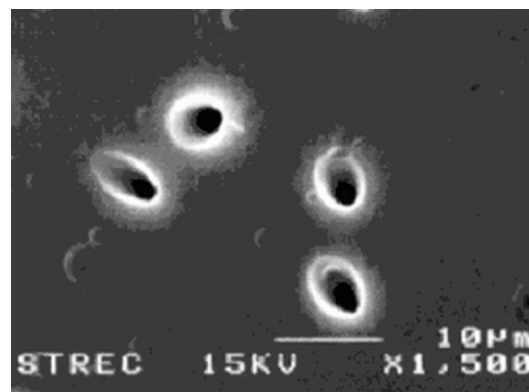
รูปที่ 5 การจัดอุปกรณ์ทดสอบการไหลของน้ำผ่านแผ่นกรองพอลิสไตรีน

3. ผลการทดลอง

ฟิล์มพอลิสไตรีนที่มีรอยอนุภาคจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน (fission fragment) เมื่อผ่านกระบวนการล้างกัศรอยด้วยสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ ใน 40% H_2SO_4 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง ทำให้เกิดรอยอนุภาคบนฟิล์ม ดังรูป 6



(A)



(B)

รูปที่ 6 ภาพถ่ายของรอยอนุภาคบนฟิล์มพอลิสไตรีนล้างกัศรอยด้วยสารละลาย $0.68N K_2Cr_2O_7$ ใน 40% H_2SO_4 (A) ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง และ (B) ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

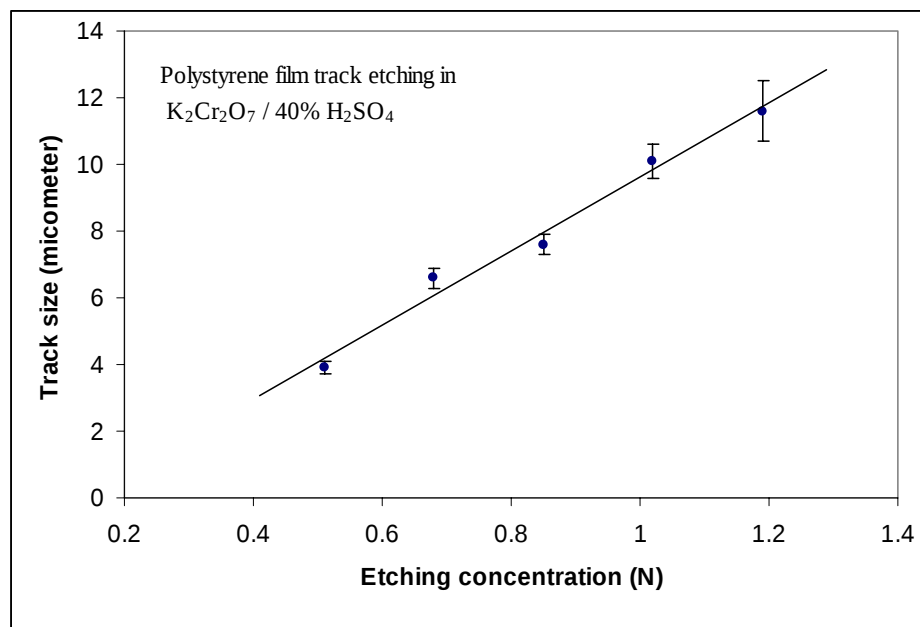
3.1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ล้างกัทรอย

รอยอนุภาคบนฟิล์มบางพอลิสไตรีน ที่ล้างกัทรอยด้วยสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ ใน 40% H_2SO_4 มีขนาดซึ่งวัดจากเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยอนุภาค แปรผันตามความเข้มข้นของสารละลาย โดยไม่มีผลต่อความหนาแน่นของรอยอนุภาคบนฟิล์ม ดังผลการทดลอง ในตารางที่ 2 และกราฟความสัมพันธ์ ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายกัทรอยกับขนาดของรอยอนุภาค ในรูปที่

7

ตารางที่ 2 ขนาดและความหนาแน่นของรอยอนุภาคกับความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ล้างกัทรอย

Etching Conc. (N)	Track size (μm)	Track density $\times 10^5$ (cm^{-2})
0.51	3.9 ± 0.2	1.86 ± 0.33
0.68	6.6 ± 0.3	1.81 ± 0.44
0.85	7.6 ± 0.3	1.80 ± 0.35
1.02	10.1 ± 0.5	1.81 ± 0.23
1.19	11.6 ± 0.9	1.61 ± 0.34



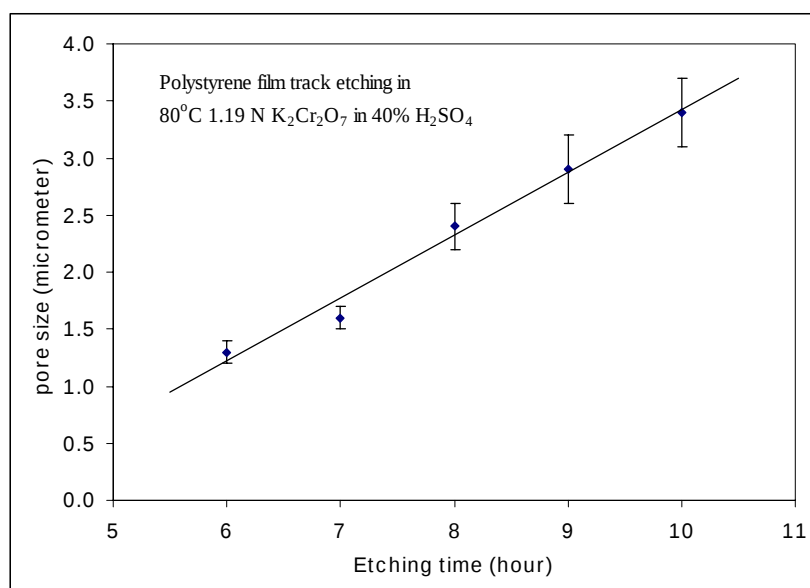
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ล้างกัทรอยกับขนาดของรอยอนุภาคบนฟิล์มพอลิสไตรีน

3.2 ผลของเวลาในการล้างกรดรอย

รอยอนุภาคบนฟิล์มบางพอลิสไตรีนที่ล้างกรดรอยด้วยสารละลาย 1.19 N $K_2Cr_2O_7$ ใน 40% H_2SO_4 มีขนาดแปรผันโดยตรงกับเวลาที่ใช้ในการล้างกรดรอย ดังผลการทดลอง ในตารางที่ 3 และกราฟความสัมพันธ์ ระหว่างเวลาในการล้างกรดรอยกับขนาดของรูบนฟิล์ม ดังรูปที่ 8

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบเวลาในการล้างกรดรอย

Etching Time (h)	Pore size (μm)	Pore density $\times 10^5$ (cm^{-2})
6	1.3 ± 0.1	1.82 ± 0.33
7	1.6 ± 0.1	1.81 ± 0.54
8	2.4 ± 0.2	1.83 ± 0.35
9	2.9 ± 0.3	1.87 ± 0.27
10	3.4 ± 0.3	1.86 ± 0.44



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการล้างกรดรอยกับขนาดและความหนาแน่นของรอยอนุภาคบนฟิล์มพอลิสไตรีน

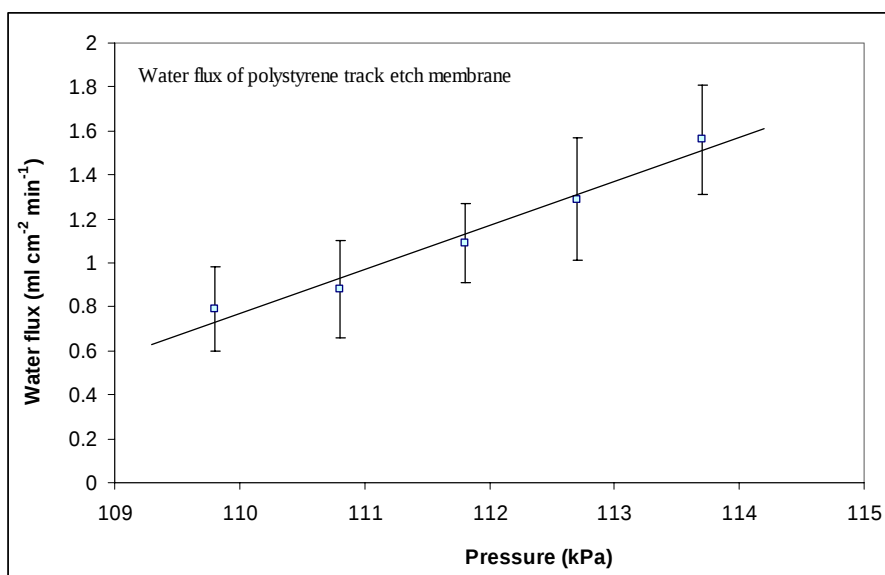
3.3 อัตราการไหลของน้ำผ่านแผ่นกรอง

แผ่นกรองฟิล์มบางพอลิสไตรีนที่ใช้เทคนิคแทรคเอตซ์ในการทำให้เกิดรูพรุนขนาดเล็ก ซึ่งของเหลว เช่น น้ำ สามารถไหลผ่านได้ จากการทดสอบอัตราการไหลผ่าน ทำให้เกิดความดันผ่านแผ่นกรองโดยใช้ระดับน้ำที่แตกต่างกัน พบว่า อัตราการไหลผ่านของน้ำ (water flux)

มีค่าแปรผันโดยตรงกับความดัน ดังผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4 และกราฟความสัมพันธ์ ระหว่างความดันกับอัตราการไหลผ่านของน้ำ ในรูปที่ 9

ตารางที่ 4 อัตราการไหลผ่านของน้ำผ่านแผ่นกรองพอลิสไตรีน

Pressure (kPa)	Water Flux ($\text{ml cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$)
109.8	0.79 ± 0.19
110.8	0.88 ± 0.22
111.8	1.09 ± 0.18
112.7	1.29 ± 0.28
113.7	1.56 ± 0.25



รูปที่ 9 กราฟความสัมพันธ์ของความดันกับอัตราการไหลของน้ำผ่านแผ่นกรอง

4. สรุปผลการทดลอง

แผ่นฟิล์มพอลิสไตรีนความหนา 13 ไมโครเมตร ที่ทำให้เกิดรอยของอนุภาคจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน ระหว่างนิวตรอนกับนิวเคลียสของยูเรเนียม เมื่อนำไปล้างกัดรอยในสารละลาย $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ใน 40% H_2SO_4 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6-10 ชั่วโมง สามารถทำให้เกิดรูพรุนบนแผ่นฟิล์ม มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.3 - 3.4 ไมโครเมตร โดยขนาดของรูแปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของสารละลายและเวลาที่ใช้ในการล้างกัดรอย แผ่นกรองฟิล์มบางพอลิสไตรีน ทำให้น้ำไหลผ่านได้ โดยมีอัตราการไหล $0.79 - 1.56 \text{ ml cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ ที่ความดัน 109.8 - 113.7 kPa

5. เอกสารอ้างอิง

1. แม้น อมรสิทธิ์ และสมชัย อัครทิวา วัสดุวิศวกรรม, สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด, กรุงเทพฯ, 2547.