

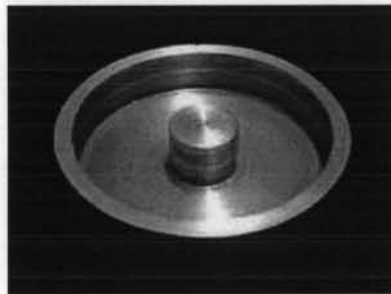
บทที่ 3

เครื่องมือและวิธีการทดลอง

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตอนุภาคยางที่มีรูพรุน

1. แม่แบบ (Mould) ใช้สำหรับหล่อแบบตัวอย่าง ลักษณะทรงกระบอกกลวง ทำจากอะลูมิเนียม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใน 2 เซนติเมตร วงนอก 8 เซนติเมตร และสูง 2 เซนติเมตร
2. เครื่องปั่นผสม (Stirrer) จากบริษัท Jika ประกอบด้วยมอเตอร์ที่สามารถปรับความเร็วรอบ และความสูงของใบกวนได้ตามต้องการยี่ห้อ IKA LABORTECHNIK RW 20 U และใบกวนทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม
3. เตาอบ (Oven) ยี่ห้อ WTB Binder Model ED-115i
4. โถดูดความชื้น (Desiccator)



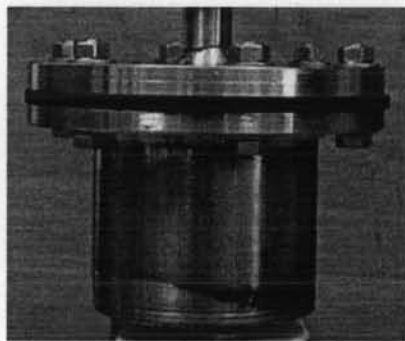
รูปที่ 3.1 แม่แบบ (Mould)

3.1.2 อุปกรณ์บดสารเคมี (Ball Mill) ที่ใช้ในการทำดิสเพอร์ชัน

1. หม้อบดสแตนเลสทรงกระบอกสูง 20 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร
2. ลูกหินบดซึ่งทำจากกระเบื้อง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่าง ๆ 0.5 - 3.0 เซนติเมตร
3. รางวางหม้อบดซึ่งต่อกับมอเตอร์ สำหรับหมุนหม้อบดโดยมีความเร็วในการหมุน 53 รอบ/นาที

3.1.3 ชุดอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบการดูดซับเชื้อเพลิงแก๊ส

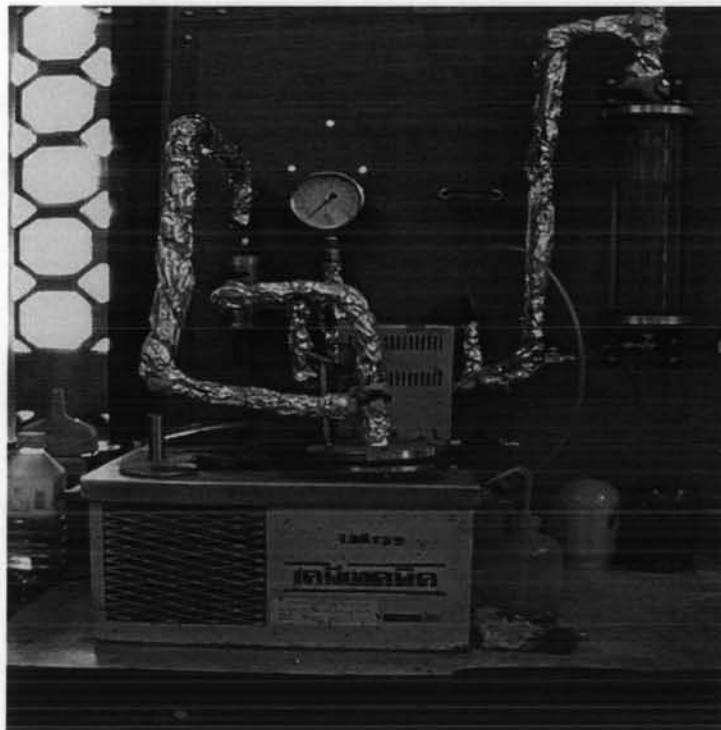
1. เครื่องปฏิกรณ์ ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ทรงกระบอก ปริมาตร 425 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. เครื่องปั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump) ยี่ห้อ Duo Seal 1402 (S/N: 26313)
3. เครื่องวัดความดัน (Pressure Gauge)
4. เครื่องวัดความดันแบบดิจิตอล ยี่ห้อ testo 525
5. เชื้อเพลิงแก๊สได้แก่ แก๊สมีเทน และแก๊สไฮโดรเจน



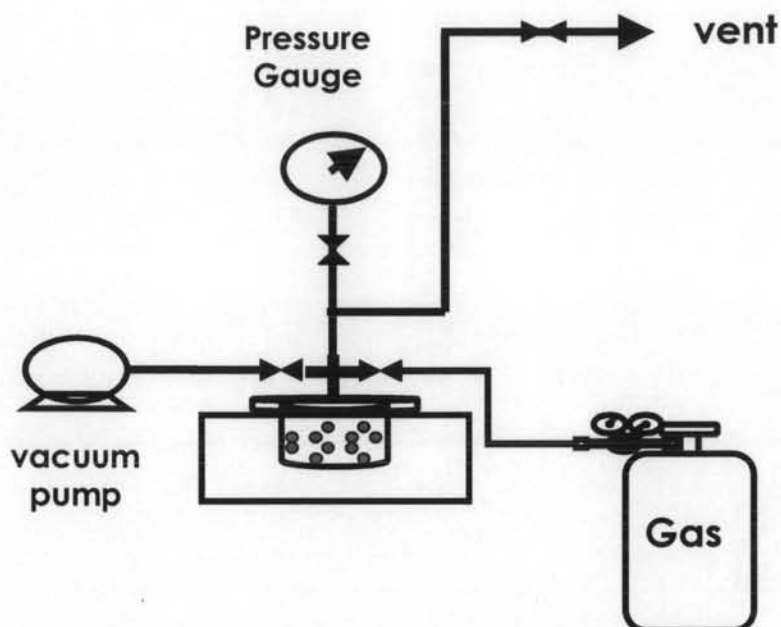
รูปที่ 3.2 เครื่องปฏิกรณ์



รูปที่ 3.3 เครื่องวัดความดันแบบดิจิตอล



รูปที่ 3.4 ชุดอุปกรณ์การทดสอบดูดซับเชื้อเพลิงแก๊ส



รูปที่ 3.5 แผนผังชุดอุปกรณ์การทดสอบดูดซับเชื้อเพลิงแก๊ส

3.1.3 เครื่องวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ

1. ชุดอุปกรณ์ซึ่งน้ำหนักได้น้ำ ประกอบด้วย เครื่องซึ่งน้ำหนัก ภาชนะบรรจุ น้ำ และตะแกรงวางตัวอย่างแผ่นยางสำหรับซึ่งน้ำหนักได้น้ำ สำหรับหาความหนาแน่นแผ่นยาง
2. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ของ JEOL รุ่น JSM-5800LV สำหรับศึกษาลักษณะพื้นผิวของอนุภาคยาง
3. Laser Particle Size Distribution Analyzer รุ่น Mastersizer-S สำหรับหาขนาดอนุภาคยาง
4. ชุดเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ สำหรับหาค่าความร้อนของอนุภาคยาง

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 3.1 วัตถุดิบ และสารเคมี

สารเคมี	สมบัติ	หน้าที่	ที่มา
1. น้ำยางธรรมชาติเข้มข้นชนิดแอมโมเนียต่ำ	มีเนื้อยางแห้ง 60%	วัตถุดิบหลัก	บริษัท ไทยรับเบอร์เอนด์เลเท็กซ์ จำกัด (องค์ประกอบแสดงในภาคผนวก ก)
2. กำมะถัน (Sulphur)	ผงสีเหลือง	สารวัลคาไนซ์	บริษัท เบนไมเยอร์เคมีคอล (ที) จำกัด
3. ซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต (ZDEC)	ผงสีขาว	ตัวเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์	บริษัท เบนไมเยอร์เคมีคอล (ที) จำกัด
4. ซิงค์ออกไซด์ สเตียเรต (ZnO Stearate)	ผงสีขาว	ตัวกระตุ้นปฏิกิริยาวัลคาไนซ์	บริษัท ฮงฮวด จำกัด
5. ซอฟเท็กซ์เอ (Softex A)	เกล็ดสีเหลือง	ช่วยกระจายตัว	บริษัท กิมฮวด จำกัด
6. เบนโตไนต์ เคลย์ (Bentonite Clay)	ผงสีน้ำตาล	ช่วยกระจายตัว	บริษัท เบนไมเยอร์เคมีคอล (ที) จำกัด
7. พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol)	เกล็ดสีขาว	สารเพิ่มความคงตัว	บริษัท เอส.อาร์.แลป. จำกัด
8. ไทรีน (Xylene)	ของเหลวใส	ตัวทำละลาย	บริษัท เอส.อาร์.แลป. จำกัด
9. NP9 (nonyl phenol ethoxylate – 9 mol)	ของเหลวใส	สารลดแรงตึงผิว	บริษัท ฮงฮวด จำกัด
10. ผงถ่านกัมมันต์ (Activated carbon)	ผงสีดำ	สารช่วยการดูดซับ	รองศาสตราจารย์ ดร. ธารพงษ์ วิทิตสานต์
11. แก๊สไฮโดรเจน	ความเข้มข้น 99.99%	เชื้อเพลิงแก๊สสำหรับการดูดซับ	บริษัท แพรกซ์แอร์ (ประเทศไทย) จำกัด
12. แก๊สมีเทน	ความเข้มข้น 99.995%	เชื้อเพลิงแก๊สสำหรับการดูดซับ	บริษัท แพรกซ์แอร์ (ประเทศไทย) จำกัด

3.3 การดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษากระบวนการผลิตอนุภาคยางและศึกษาการดูดซับเชื้อเพลิงแก๊สของอนุภาคยาง ในส่วนของกระบวนการผลิตอนุภาคยางจะทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตอนุภาคยางคือ ความเข้มข้นของสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ และความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวคือ NP9 และในส่วนของ การดูดซับเชื้อเพลิงจะทำการศึกษาตัวแปรคือ ปริมาณผงถ่านกัมมันต์ซึ่งเป็นสารที่ช่วยในการดูดซับเชื้อเพลิง

3.3.1 ศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารช่วยในการผลิตอนุภาคยาง

ศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ซึ่งเป็นสารเพิ่มความคงตัว (Stabilizer) ช่วยให้อนุภาคยางที่ผ่านกระบวนการผลิตไม่ติดกันเป็นก้อน และความเข้มข้นของสาร NP9 ซึ่งเป็นสารลดแรงตึงผิวช่วยให้เกิดการเป็นอนุภาคและมีผลต่อขนาดของอนุภาค โดยจะทำการทดลองที่ความเข้มข้นดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ค่าความเข้มข้นของสารที่ใช้เตรียมอนุภาคยาง

	ความเข้มข้น
สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์	0.1, 1, 2, 4, 6 และ 8 %โดยน้ำหนัก
NP9	0.08, 0.09 และ 0.1 โมลต่อลิตร

3.3.2 ศึกษาผลของปริมาณสารช่วยดูดซับต่อปริมาณการดูดซับเชื้อเพลิงแก๊ส

ศึกษาผลของการใช้สารที่ช่วยในการดูดซับคือผงถ่านกัมมันต์ ต่อประสิทธิภาพในการดูดซับเชื้อเพลิงแก๊ส โดยทำการผสมผงถ่านกัมมันต์ลงไปผสมกับสารละลายยางก่อนผ่านกระบวนการเตรียมเป็นอนุภาค สูตรของสารละลายยางแสดงดังตารางที่ 3.3 และสูตรของสารละลายยางผสมผงถ่านกัมมันต์แสดงดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.3 สูตรผสมสารละลายยาง

สาร	ปริมาณ (phr)
ยาง	100
กำมะถัน	2.8
ZDEC	3.2
ZnO Sterate	2.8
Xylene	4000

phr คือ ส่วนต่อเนื้อยาง 100 ส่วน

ตารางที่ 3.4 สูตรผสมสารละลายยางกับสารช่วยดูดซับ

สาร	ปริมาณ (phr)
ยาง	100
กำมะถัน	2.8
ZDEC	3.2
ZnO Sterate	2.8
Xylene	4000
ผงถ่านกัมมันต์	0, 50,100

3.3.3 ศึกษาสมบัติของอนุภาคยาง

ศึกษาความหนาแน่น ลักษณะความพรุนที่บริเวณพื้นผิวของอนุภาคยาง ขนาดอนุภาคยาง และค่าความร้อนของอนุภาคยาง

3.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.4.1 การเตรียมสารวัลคาไนซ์

ZDEC และ ZnO Stearate เป็นของแข็งจึงไม่เหมาะในการนำมาผสมกับน้ำยาง ดังนั้นต้องเตรียมให้อยู่ในรูปสารดิสเพอร์ชันก่อนนำไปผสม เพื่อให้เกิดการผสมที่ดีขึ้น ทำดังต่อไปนี้

1. ชั่งสารตามอัตราส่วนผสมในตารางที่ 3.5 ใส่ในหม้อบด แล้วใส่ลูกหินบด
2. ปิดฝาหม้อบด และนำไปวางบนรางหมุน โดยตั้งซิงค์ไดออกไซด์ไดโทโอคาร์บาเมต (ZDEC) และซิงค์ออกไซด์ สเตียเรต (ZnO Stearate) ใช้เวลาบดนาน 48 ชั่วโมง

ตารางที่ 3.5 สูตรการเตรียมสารวัลคาไนซ์ให้อยู่ในรูปสารดิสเพอร์ชัน

สาร	% โดยน้ำหนัก
ZDEC หรือ ZnO Stearate	50
เบนโตไนต์ เคลย์	1
ซอพท์เท็กซ์เอ	1
น้ำ	48
รวม	100

3.4.2 การเตรียมสารละลายยาง (Latex solution)

1. เตรียมฟิล์มยาง
2. แช่ฟิล์มยางในไซรีน ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
3. ผสมสารวัลคาไนซ์คือ กำมะถัน, ZDEC และ ZnO Stearate ลงในยางที่ละลายไว้ โดยกำมะถันนำไปละลายในน้ำมันสนก่อน ทำการผสมตามอัตราส่วนดังตารางที่ 3.3 บั่นผสมสารที่ละตัวเป็นเวลา 10 นาทีตามลำดับ บ่มทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

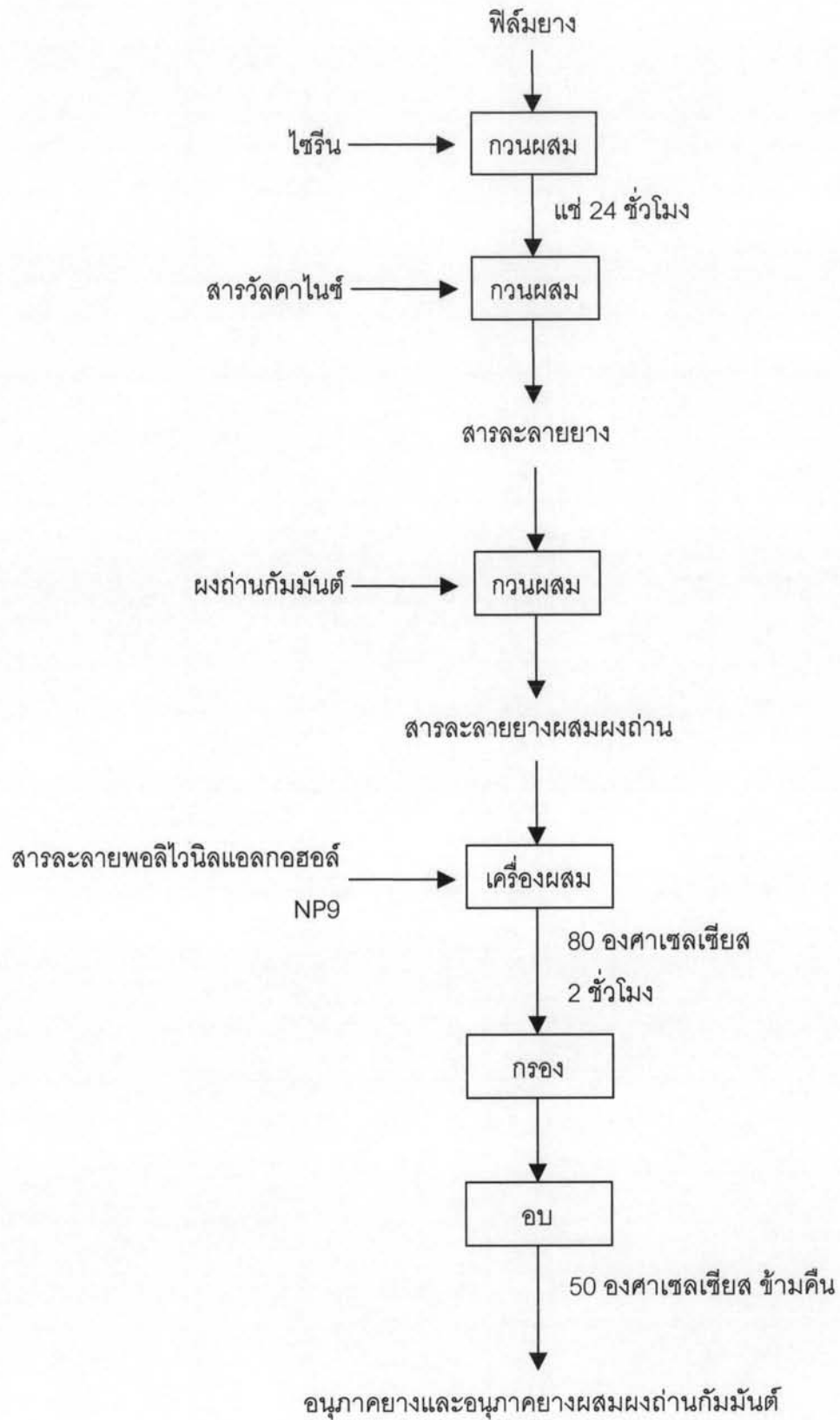
3.4.3 การเตรียมสารละลายยางผสมผงถ่านกัมมันต์

1. เตรียมฟิล์มยาง
2. แช่ฟิล์มยางในไซรีน ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
3. ผสมสารวัลคาไนซ์คือ กำมะถัน, ZDEC และ ZnO Stearate ลงในยางที่ละลายไว้ โดยกำมะถันนำไปละลายในน้ำมันสนก่อน ทำการผสมตามอัตราส่วนดังตารางที่ 3.3 บั่นผสมสารที่ละตัวเป็นเวลา 10 นาทีตามลำดับ บ่มทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
4. ผสมผงถ่านกัมมันต์ตามอัตราส่วนดังตารางที่ 3.4

3.4.4 การเตรียมอนุภาคยางที่มีความพรุน

1. ให้ความร้อนสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ที่ 80 องศาเซลเซียส
2. ผสม NP9 ลงในข้อที่ 1.
3. ผสมสารละลายยางหรือสารละลายยางผสมผงถ่านลงไปตีกวนที่ความเร็วประมาณ 300 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
4. กรองเอาอนุภาคยางที่ได้ออกมา
5. อบอนุภาคยางที่ได้ที่ 50 องศาเซลเซียส ซ้ำมคืน
6. เก็บอนุภาคยางที่ได้ในหม้อสุญญากาศ

แผนผังวิธีการผลิตอนุภาคยางและอนุภาคยางผสมผงถ่านกัมมันต์แสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แผนผังวิธีการผลิตอนุภาคยางและอนุภาคยางผสมผงถ่านกัมมันต์

3.4.5 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของอนุภาคยาง

1. หาคความหนาแน่นของอนุภาคยางพรมด้วยวิธีแทนที่น้ำ โดยการชั่งน้ำหนักอนุภาคยางพรมที่บรรจุอากาศ และชั่งน้ำหนักยางใต้น้ำ นำค่าที่ได้มาคำนวณดังสูตร

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{น้ำหนักที่บรรจุอากาศ}}{\text{น้ำหนักที่บรรจุอากาศ} - \text{น้ำหนักใต้น้ำ}}$$

2. วิเคราะห์ลักษณะความพรมที่บริเวณพื้นผิวของอนุภาคยาง ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด
3. วิเคราะห์ขนาดของอนุภาคของอนุภาคยางด้วยเครื่อง Laser Particle Size Distribution Analyzer
4. หาค่าความร้อนของอนุภาคยางด้วยเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์

3.4.6 การทดสอบการดูดซับเชื้อเพลิงแก๊ส

1. นำอนุภาคยางใส่ในเครื่องปฏิกรณ์
2. เปิดเครื่องปั๊มสุญญากาศจนภายในเครื่องปฏิกรณ์มีสภาวะเป็นสุญญากาศ
3. เปิดปล่อยเชื้อเพลิงแก๊สเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์จนมีความดัน 1 บาร์ แล้วปล่อยออกจากเครื่องปฏิกรณ์ (เพื่อให้มั่นใจว่าไม่มีแก๊สอื่นอยู่ในเครื่องปฏิกรณ์)
4. เปิดเครื่องปั๊มสุญญากาศจนเป็นสุญญากาศอีกครั้ง
5. เปิดปล่อยเชื้อเพลิงแก๊สเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์ให้มีความดันตามที่ต้องการทดลอง
6. จับเวลาและบันทึกความดันที่ลดลงทุกๆ 1 นาที จนความดันค่อนข้างคงที่ (ค่าเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า 2% ของความดันที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด)