บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์การทดลอง

การทดลองศึกษาจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาการรีฟอร์มแก๊สแอลพีจีด้วยไอน้ำ บนตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิล/อลูมินา มีอุปกรณ์หลายอย่างประกอบกัน ได้แก่

ก. เครื่องปฏิกรณ์แบบท่อไหล

ข. ชุดควบคุมอุณหภูมิ ประกอบด้วย เทอร์โมคัปเปิลชนิดโครเมล อลูเมล ขดลวดให้ความร้อน ตัวตั้งควบคุมอุณหภูมิ

ค. เครื่องผลิตไอน้ำ

ง. เครื่องวัดและควบคุมอัตราการป้อนแก๊สเข้าเครื่องปฏิกรณ์ประกอบด้วย เรกูเลเตอร์ (regulator) เบดบรรจุ และมาโนมิเตอร์

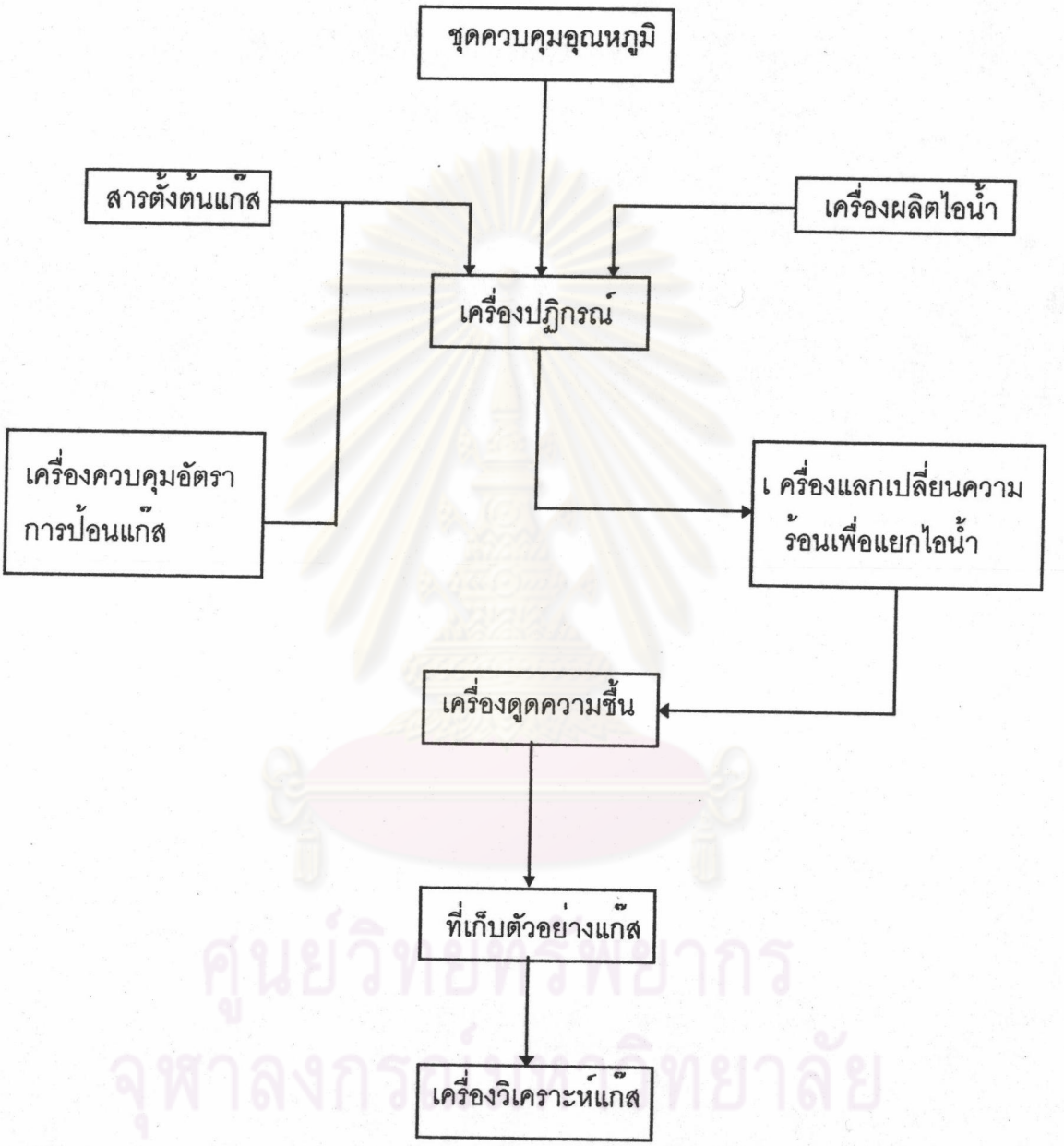
จ. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น (double pipe heat exchange) ควบแน่นไอน้ำออกจากแก๊สผลิตภัณฑ์

ฉ. เครื่องดูดความชื้น

ช. ที่เก็บตัวอย่างแก๊ส

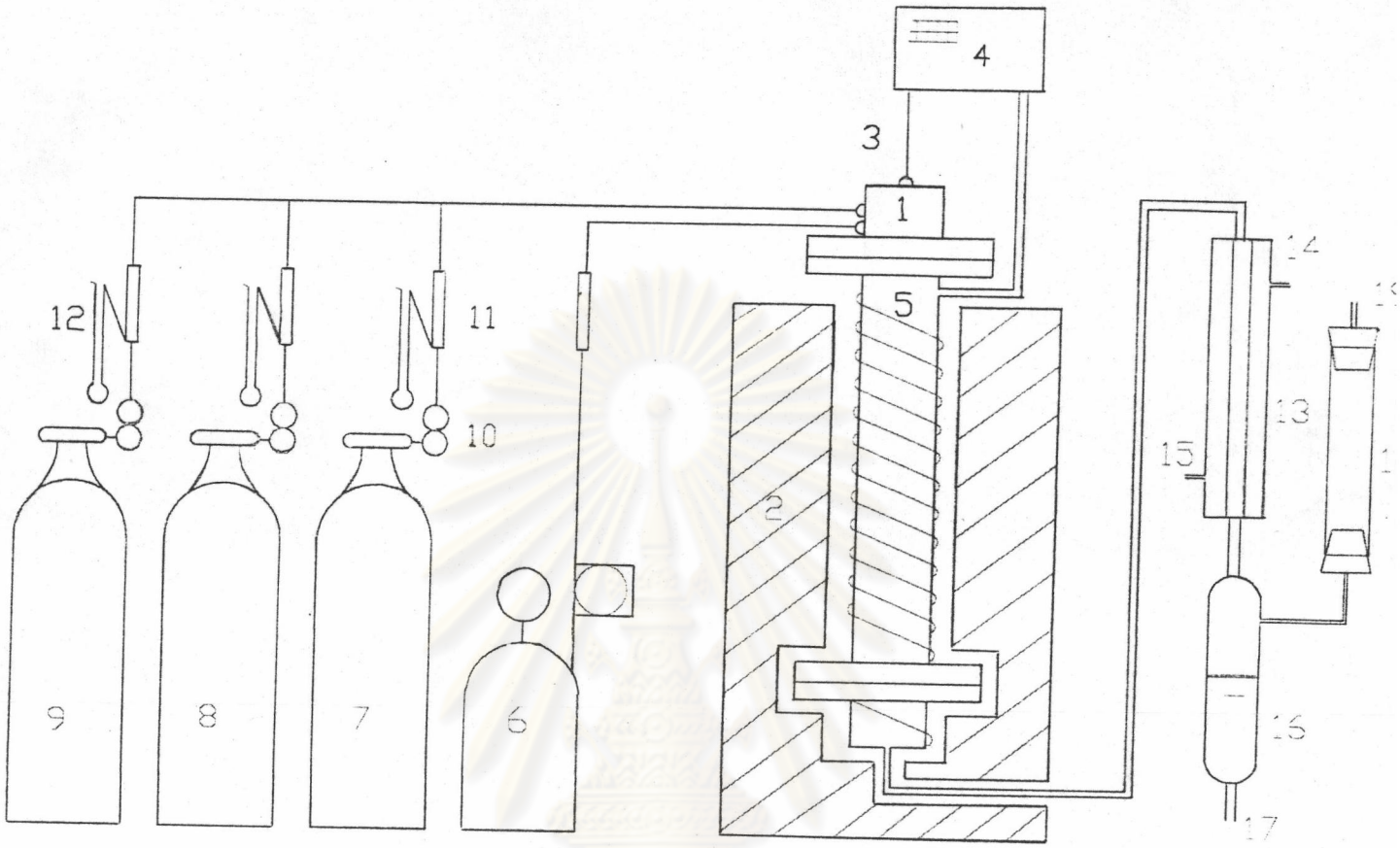
ซึ่งทำงานร่วมกันดังรูป 3.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงานและการควบคุมในการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



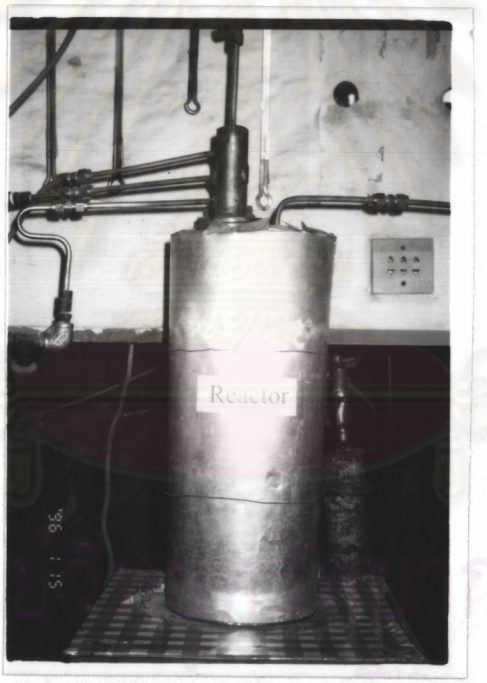
1. เครื่องปฏิกรณ์แบบท่อไหล
2. ฉนวนกันความร้อน
3. เทอร์โมคัปเปิลวัดอุณหภูมิ
4. เครื่องควบคุมอุณหภูมิ
5. ขดลวดให้ความร้อน
6. เครื่องผลิตไอน้ำ
7. แก๊สแอลพีจี
8. แก๊สไนโตรเจน
9. แก๊สไฮโดรเจน
10. เรกูเลเตอร์ควบคุมอัตราการป้อนแก๊ส
11. เบดบรรจุ
12. มาโนมิเตอร์
13. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน
14. ทางน้ำเข้า
15. ทางน้ำออก
16. เครื่องแยกน้ำ
17. ท่อทางออกของน้ำที่แยก
18. ท่อบรรจุสารดูดความชื้น
19. ที่เก็บตัวอย่างแก๊สไปวิเคราะห์

รูปที่ 3.2 กระบวนการรีฟอร์มแก๊สแอลพีจีด้วยไอน้ำ

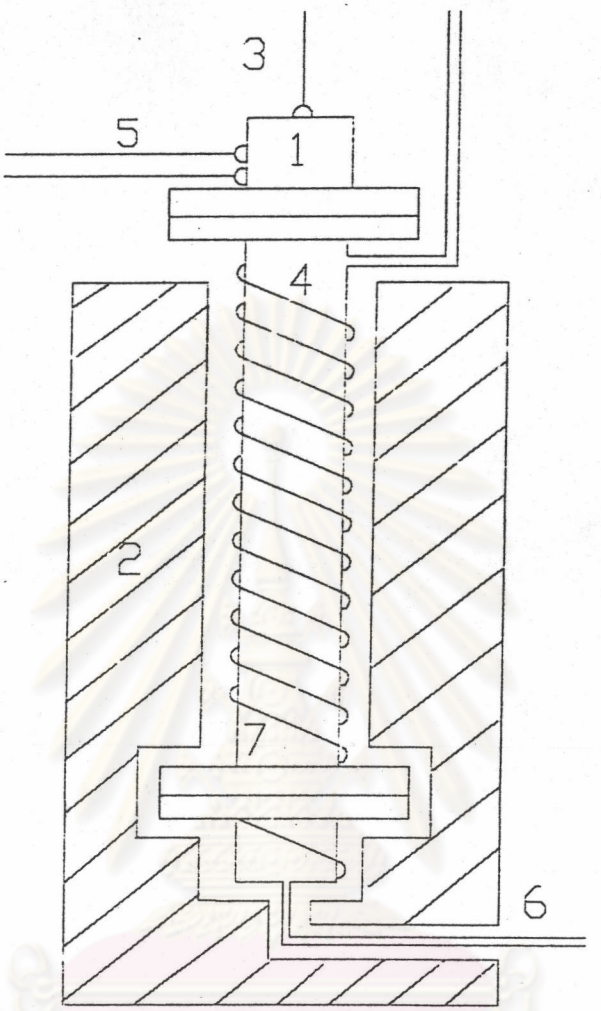
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. เครื่องปฏิกรณ์

เครื่องปฏิกรณ์ สร้างขึ้นจากเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) ชนิดไม่มีส่วนประกอบของนิกเกิลผสมอยู่ เครื่องปฏิกรณ์เป็นรูปทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.7 ซม. สูง 45 ซม. ด้านล่างของเครื่องติดตะแกรงที่ทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมมีขนาดรูตะแกรง 200 mesh เพื่อรองรับตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นเบด แก๊สแอลพีจีและไอน้ำจะเข้าทางด้านบน และแก๊สผลิตภัณฑ์ออกทางด้านล่าง ซึ่งท่อเข้าออกทั้งหมดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/4 นิ้ว



รูปที่ 3.3 เครื่องปฏิกรณ์



1. เครื่องปฏิกรณ์แบบท่อไหล
2. ฉนวนกันความร้อน
3. เทอร์โมคัปเปิลวัดอุณหภูมิ
4. ขดลวดให้ความร้อน
5. ทางเข้าสารตั้งต้น
6. ทางออกแก๊สผลิตภัณฑ์
7. ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิล/อลูมินา

รูปที่ 3.4 ส่วนประกอบของเครื่องปฏิกรณ์

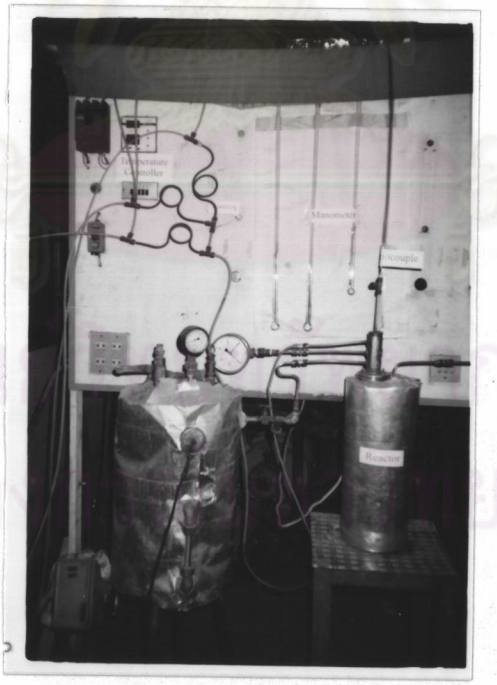
2. ชุดควบคุมอุณหภูมิ

ชุดควบคุมอุณหภูมิ ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิภายในเบดให้คงที่ ประกอบด้วย เครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิ เทอร์โมคับเปิลวัดอุณหภูมิชนิดโครเมล อลูเมล และขดลวดให้ความร้อน

ก. เครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิ เป็นเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบแสดงผลอุณหภูมิอ่านค่าเป็นแบบดิจิตอล การควบคุมอุณหภูมิใช้ระบบ ON - OFF ทำให้อุณหภูมิเป็นไปตามที่กำหนด

ข. เทอร์โมคับเปิลวัดอุณหภูมิชนิดโครเมล อลูเมล หรือเทอร์โมคับเปิลชนิดเค (Type K or Chromel vs alumel thermocouple) เทอร์โมคับเปิลชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้งานที่อุณหภุมิสูงแต่ไม่เกิน 1,260 องศาเซลเซียส

ค. ขดลวดให้ความร้อน ขดลวดให้ความร้อนที่ใช้มีกำลังไฟฟ้า 500 วัตต์ ใช้กับแรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 โวลต์ พันอยู่รอบเครื่องปฏิกรณ์



รูปที่ 3.5 เครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิ

3. เครื่องผลิตไอน้ำ

เครื่องผลิตไอน้ำเป็นถังแรงดันทำด้วยเหล็กเป็นรูปทรงกระบอกในแนวตั้ง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 ซม. สูง 50 ซม. มีขดลวดให้ความร้อนติดตั้งอยู่ภายในขนาด 3000 วัตต์ ใช้กับแรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 โวลต์ ควบคุมการให้ความร้อนด้วยเครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิ น้ำที่ใช้ในการผลิตไอน้ำจะถูกป้อนเข้าเครื่องผลิตไอน้ำทางด้านบนเป็นครั้งๆก่อนการผลิต และผลิตไอน้ำโดยควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่อง ไอน้ำจะออกทางท่อขนาด 1/4 นิ้ว เข้าเครื่องปฏิกรณ์ทางด้านบน โดยมีวาล์วควบคุมการจ่ายไอน้ำ

รูปที่ 3.6 เครื่องผลิตไอน้ำ

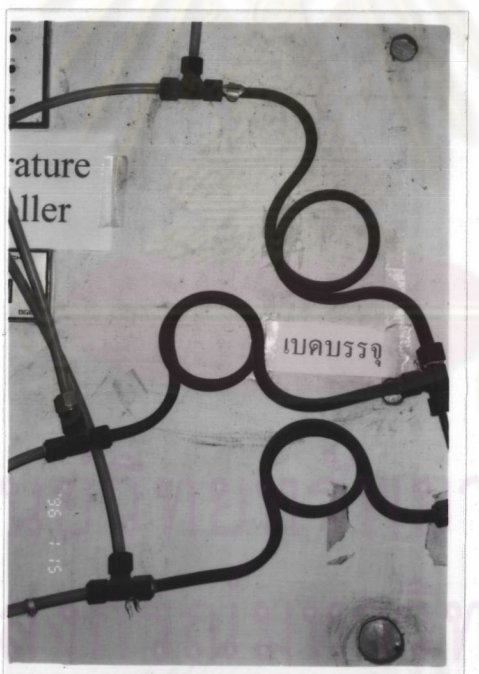
I17327921

4. เครื่องวัดและควบคุมอัตราการป้อนแก๊สเข้าเครื่องปฏิกรณ์

ทำหน้าที่ควบคุมอัตราการป้อนแก๊สก่อนเข้าเครื่องปฏิกรณ์ ประกอบด้วย

ก. เบดบรรจุ มีลักษณะเป็นท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/4 นิ้ว ยาว 18 นิ้ว ภายในบรรจุเม็ดของแข็ง เมื่อแก๊สผ่านจะเกิดความดันลด (Pressure drop) ขึ้นที่เบดบรรจุ

ข. มาโนมิเตอร์บรรจุปรอท ใช้วัดความดันแก๊สก่อนเข้าเบดบรรจุเทียบกับบรรยากาศ แก๊สทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แก๊สแอลพีจี แก๊สไนโตรเจน และแก๊สไฮโดรเจน จะถูกบรรจุอยู่ในถังเก็บแก๊สรูปทรงกระบอกสูง ที่ท่อทางออกของถังแต่ละถังจะติดตั้งเรกกูเลเตอร์ (Regulator) ไว้เพื่อปรับความดันแก๊สที่จะออกจากถัง แก๊สที่ผ่านเรกกูเลเตอร์จะไหลเข้าเบดบรรจุจะเกิดความดันลด (Pressure drop) ขึ้นที่เบดบรรจุ เมื่อความดันลดเพิ่มขึ้น แก๊สก็จะไหลออกจากเบดบรรจุเพิ่มขึ้น และเบดบรรจุยังช่วยปล่อยแก๊สเข้าเครื่องปฏิกรณ์อย่างสม่ำเสมอด้วย



รูปที่ 3.7 เบดบรรจุควบคุมการไหลของแก๊ส

รูปที่ 3.8 มาโนมิเตอร์สำหรับวัดแรงดัน

5. เครื่องแยกไอน้ำออกจากแก๊สผลิตภัณฑ์

เครื่องแยกไอน้ำออกจากแก๊สผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

ก. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อ 2 ชั้นในแนวตั้ง ดังรูปที่ 3.9 ยาว 30 ซม. ชั้นนอกเป็นท่อน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว ซึ่งน้ำจะเข้าทางด้านล่างที่อุณหภูมิห้อง ส่วนชั้นในเป็นท่อแก๊สซึ่งจะเข้าทางด้านบน ไอน้ำที่ปนออกมากับแก๊สผลิตภัณฑ์จะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ไหลลงสู่อุปกรณ์แยกน้ำทางด้านล่าง

ข. อุปกรณ์แยกน้ำ เป็นท่อแก้วทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 ซม. ยาว 16 ซม. น้ำที่ควบแน่นจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะถูกดักไว้ที่ท่อแก้วนี้ ซึ่งสามารถระบายน้ำทิ้งได้ทางด้านล่าง ส่วนแก๊สผลิตภัณฑ์ที่เหลือจะผ่านเข้าสู่อุปกรณ์ดูดความชื้นต่อไป

รูปที่ 3.9 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น

รูปที่ 3.10 อุปกรณ์แยกน้ำ

6. เครื่องดูดความชื้นและที่เก็บตัวอย่างแก๊ส

เป็นท่อแก้วรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ซม. ยาว 20 ซม. ภายในบรรจุแอนไฮดรัส แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$ anhydrous) ซึ่งทางออกต่อกับท่อสายยางซึ่งเป็นบริเวณที่ดึงตัวอย่างแก๊สผลิตภัณฑ์ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊สต่อไป

รูปที่ 3.11 เครื่องดูดความชื้น

7. เครื่องวิเคราะห์แก๊ส

Gas Chromatography (GC) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการแยกสารผสมที่ระเหยได้ง่าย สารผสมจะถูกฉีดเข้าไปในคอลัมน์ (Column) ที่บรรจุด้วยสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวยึดจับซึ่งเรียกว่า Stationary phase และมีแก๊สพา (Carrier gas) เป็น Mobile phase เคลื่อนที่ไปตามคอลัมน์เข้าสู่เครื่องตรวจวัด (Detector) สัญญานที่เครื่องตรวจวัดได้รับจะถูกส่งไปบันทึกเป็น Chromatogram โดยเครื่องบันทึก (Recorder)

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้เครื่องแก๊สโครมาโตรกราฟรุ่น GC 121 MB ดังรูปที่ 3.12 เครื่องแก๊สโครมาโตรกราฟมีส่วนประกอบหลักๆดังนี้

ก. แก๊สพา (Carrier gas)

ข. ตัวควบคุมการไหล (Flow controller)

ค. ระบบการฉีด (Injection system)

ง. คอลัมน์ (Column)

จ. เครื่องตรวจวัด (Detector)

ฉ. เทอร์โมสตัตต์ (Thermostat)

ช. เครื่องบันทึก (Recorder)

รูปที่ 3.12 เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ (Gas Chromatography)

รายละเอียดของส่วนประกอบที่สำคัญๆมีดังนี้

ก. แก๊สพา

แก๊สพาโดยทั่วไปมีคุณสมบัติดังนี้ เป็นแก๊สเฉื่อยที่ไม่เกิดปฏิกิริยากับสารตัวอย่าง มีความบริสุทธิ์และง่ายต่อการซื้อหา โดยทั่วไปแก๊สที่นิยมใช้ได้แก่ ไนโตรเจน ฮีเลียม อาร์กอน และไฮโดรเจน แต่ในการทดลองครั้งนี้ใช้ฮีเลียมเป็นแก๊สพา เพราะฮีเลียมมีค่าการนำความร้อนสูง (ค่าการนำความร้อนของแก๊สเป็นสัดส่วนกลับกับรากที่สองของน้ำหนักโมเลกุล ดังตารางที่ 3.1)จึงเหมาะกับเครื่องตรวจวัดชนิด TCD (Thermal conductivity detector) การใช้แก๊สพานี้ไม่

ควรจะใช้แก๊สจนหมดถังควรให้เหลือประมาณ 20 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เพราะว่าจะเกิดความดันกลับ (Back pressure) ในคอลัมน์เข้าไปในถังแก๊สที่ว่างได้รวมทั้งอาจจะมีทั้งสิ่งปนเปื้อนจากบริเวณถังแก๊สเข้าไปในคอลัมน์

ข. คอลัมน์

วัสดุที่ใช้ทำคอลัมน์มีหลายชนิด ในการวิเคราะห์นี้ใช้เหล็กสเตนเลสขดเป็นคอล์ย เนื่องจากเหล็กสเตนเลสเหมาะที่จะใช้ในการวิเคราะห์สารพวกไฮโดรคาร์บอน โดยแบ่งออกเป็น 2 คอลัมน์ บรรจุพอราพัก คิว (Porapak Q) และโมเลกิวลาร์ซีฟ (Molecular seive) ตามลำดับ เพื่อเป็นตัวดูดซับ (Adsorbent) สารต่างๆไว้ในขณะที่มีการวิเคราะห์ เหตุผลที่ต้องมี 2 คอลัมน์ ก็เนื่องจากโมเลกิวลาร์ซีฟจะให้ผลการวิเคราะห์ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ไม่ถูกต้อง เพราะแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกดูดซับที่อุณหภูมิที่ใช้ จึงต้องมีอีกคอลัมน์ที่มีหน้าที่จับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ก่อน โดยพอราพัก คิว เป็นตัวดูดซับนั่นเอง

พอราพัก คิว เป็นตัวดูดซับที่เป็นโพลิเมอร์มีรูพรุน (Porous polymer) เหมาะสำหรับการแยกแก๊สและสารมีขั้ว เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ เมธานอล เป็นต้น ส่วนโมเลกิวลาร์ซีฟเป็นตัวดูดซับประเภท Aluminium silicate ion exchanger ใช้ในการแยกออกซิเจนและไนโตรเจนได้ดี แต่จะมีข้อเสียสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าการนำความร้อนของแก๊สชนิดต่างๆ ($Cal.s^{-1}.cm^{-1}.g^{-1}$)

Gas	Thermal conductivity
H_2	44.5
He	36.0
Ne	11.6
CH_4	8.18
O_2	6.35
N_2	6.24
CO_2	3.96
CH_3OH	3.68
Organic gases	1-4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค. เครื่องตรวจวัด

เครื่องตรวจวัด คือ เครื่องมือที่ทำการวัดจำนวนสารตัวอย่างที่แยกโดยคอลัมน์และถูกพามาด้วยแก๊สพา เครื่องตรวจวัดต้องร้อนพอที่จะระเหยสารตัวอย่างและผ่านออกไปโดยไม่ตกค้างอยู่ในเครื่องตรวจวัดเลย นอกจากนี้อุณหภูมิของเครื่องตรวจวัดต้องสูงกว่าของคอลัมน์ เครื่องตรวจวัดที่นิยมใช้กันมากที่สุดมี 2 ชนิด คือ Flame ionization detector (FID) และ Thermal conductivity detector (TCD)

เครื่องตรวจวัดแบบ TCD นี้จะวัดสารที่ออกมากับแก๊สพาได้โดยใช้หลักการทำงานดังนี้ แก๊สพาบริสุทธิ์กับแก๊สพาที่มีสารตัวอย่างอยู่ด้วยจะมีคุณสมบัติในการพาความร้อน (Thermal conductivity) ต่างกัน เมื่อสารตัวอย่างที่ถูกแยกออกจากคอลัมน์พร้อมด้วยแก๊สพาผ่านเข้าไปในเครื่องตรวจวัดและผ่านขดลวด (Filament) ซึ่งทำให้ร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าปริมาณหนึ่ง ขดลวดจะเสียความร้อนให้กับแก๊สพาที่มีสารตัวอย่างที่เข้ามาในเครื่องตรวจวัดแล้ว เครื่องตรวจวัดก็จะปรับกระแสไฟฟ้าให้ขดลวดมีความร้อนเท่าเดิม กระแสไฟฟ้าที่ใช้ปรับความร้อนนี้จะเป็นสัญญานส่งเข้าเครื่องบันทึกโดยบันทึกออกมาเป็นโครมาโตรแกรม (Chromatogram) แสดงได้ดังรูป

สารตัวอย่างที่ผ่านเข้า นี้จะไม่ถูกทำลาย ดังนั้นจึงเหมาะกับงานด้าน Preparative sensitivity ของเครื่องตรวจวัดชนิดนี้ ขึ้นอยู่กับค่าการนำความร้อนของแก๊สพา ถ้าแก๊สพามีค่าการนำความร้อนจะทำให้ sensitivity ของเครื่องตรวจวัดมีมาก ตารางที่ แสดงค่าการนำความร้อนของแก๊สบางชนิด จากตารางพบว่าไฮโดรเจนเหมาะสมสำหรับ TCD แต่ไฮโดรเจนค่อนข้างอันตรายเพราะอาจเกิดระเบิดได้ ดังนั้นจึงนิยมใช้ฮีเลียมมากกว่า

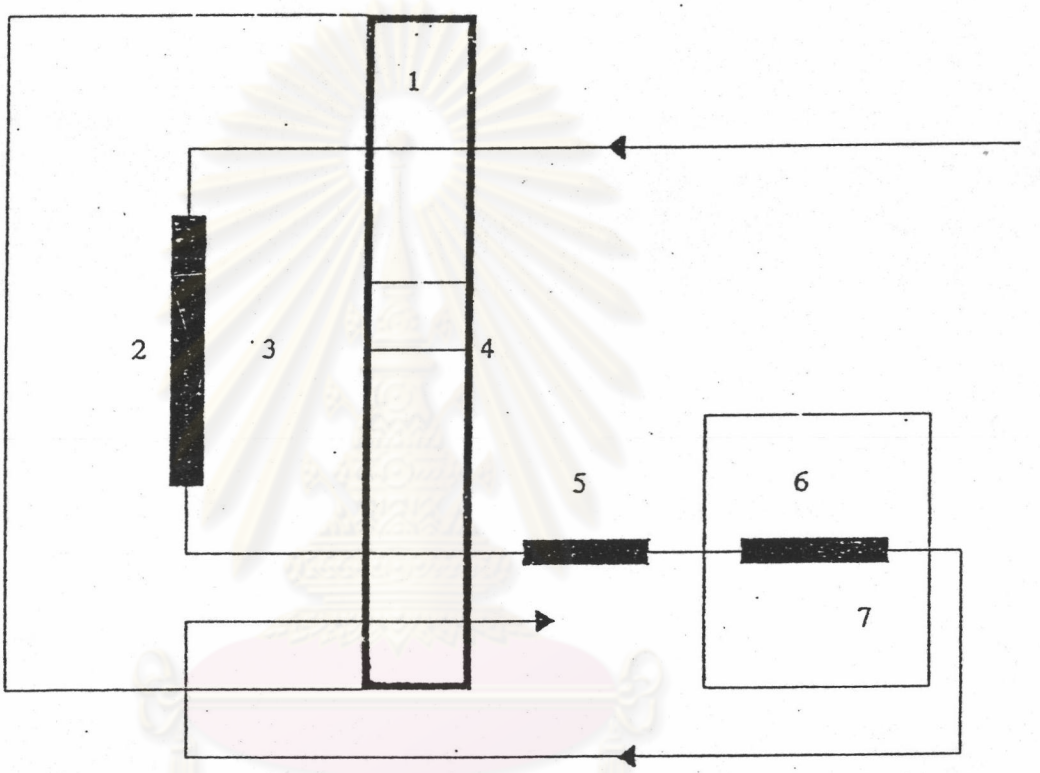
ข้อควรระวังในการใช้ คือ อัตราเร็วของแก๊สพาจะต้องคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องตรวจวัด ต้องมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของคอลัมน์และเมื่อเสร็จการวิเคราะห์แล้วต้องปิดกระแสไฟเสียก่อนที่จะลดอุณหภูมิและปิดแก๊สพา ถ้าไม่ปิดกระแสไฟจะทำให้ขดลวดขาดได้

ง. เครื่องบันทึก

เครื่องบันทึกเป็นส่วนบันทึกผลออกมาเป็นโครมาโตรแกรม โดยใช้สัญญานที่ได้มาจากเครื่องตรวจวัด เครื่องบันทึกนี้สามารถนำไปใช้กับเครื่องมืออื่นๆได้ โดยวิธีการบันทึกผลนี้จะมีข้อแตกต่างกันไปตามชนิดของเครื่องบันทึก สำหรับที่ใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้เป็นแบบอินทิเกรเตอร์ (Integrator)

อินทิเกรเตอร์เป็นเครื่องสำหรับคำนวณหาปริมาณพื้นที่ของพีกที่ได้มาจากเครื่องบันทึก

อินทิเกรเตอร์บางชนิดมีเครื่องบันทึกและส่วนที่คำนวณพีกอยู่รวมกันเช่น computing integrator จะให้โครมาโตรแกรม และคำนวณพื้นที่ของพีก ซึ่งจะนำไปใช้คำนวณหาเปอร์เซนต์ของแก๊สแต่ละชนิดได้ (ดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ง)



1. อินเจกเตอร์
2. คอลัมน์พอราแพค คิว
3. เครื่องแก๊สโครมาโตรกราฟ
4. ดีเทกเตอร์
5. คอลัมน์เปล่าสำหรับแก๊สพา
6. คอลัมน์โมเลกิวลาร์ซีฟ
7. อ่างน้ำร้อน

รูปที่ 3.13 ภาพของเครื่องวิเคราะห์แก๊ส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.2 แสดงสภาวะของเครื่องแก๊สโครมาโตรกราฟ

แก๊สที่ฉีดเข้าเครื่องวิเคราะห์	He บริสุทธิ์ 99.99 เปอร์เซนต์
อุณหภูมิอินเจกเตอร์	110 องศาเซลเซียส
ความว่องไว (Sensibility)	1 มิลลิโวลต์
คอลัมน์ของพอราแพค คิว	คอลัมน์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ยาว 2 เมตร อนุภาคขนาด 50-80 ไมโครเมตร อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส
คอลัมน์ของโมเลกิวลาร์ซีฟ	คอลัมน์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ยาว 3 เมตร อนุภาคขนาด 50-80 ไมโครเมตร อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส
ความเข้มของสะพานไฟ	160 มิลลิแอมแปร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>สารตั้งต้นและสารเคมีที่ใช้</u>

1. แก๊สแอลพีจี บรรจุถังรูปทรงกระบอกน้ำหนัก 50 กิโลกรัม จากบริษัทเชลล์แก๊ส (Shell gas) มีองค์ประกอบดังนี้ อีเทน 5 % โพรเพน 50.57 % และบิวเทน 43.63 %
2. แก๊สไนโตรเจน บรรจุในถังรูปทรงกระบอกสูง จากบริษัทเลี่ยงฮงไถ่

3. แก๊สไฮโดรเจน บรรจุในถังรูปทรงกระบอกสูง มีความบริสุทธิ์ 99.9 % จากบริษัทไทยอินดัสเตรียลแก๊ส (TIG)

4. แก๊สฮีเลียม บรรจุในถังรูปทรงกระบอกสูง มีความบริสุทธิ์ 99.99 % จากบริษัทไทยอินดัสเตรียลแก๊ส (TIG)

5. น้ำกลั่น

6. แอนไฮดรัส แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$ anhydrous)

7. ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิล/อลูมินา ที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะ 230 ตารางเมตร/กรัม และความหนาแน่น 1610 กิโลกรัมต่อลูกบาศ์กเมตร ในการทดลองใช้น้ำหนัก ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิล/อลูมินา อยู่ในช่วง 2-12 กรัม

<u>การทดลอง</u>

การเตรียมสภาวะก่อนการทดลอง

1. บรรจุตัวเร่งปฏิกิริยาตามปริมาณที่กำหนดไว้ลงในเครื่องปฏิกรณ์ ปิดฝาเครื่องขันน็อตยึดให้แน่น

2. ตั้งอุณหภูมิที่ทำการทดลองที่ตัวควบคุมอุณหภูมิ จากนั้นเปิดสวิทต์เพื่อให้ขดลวดความร้อนทำงานจนร้อนได้ถึงอุณหภูมิที่กำหนด 600 องศาเซลเซียส

3. เปิดเครื่องผลิตไอน้ำ และตั้งตัวควบคุมการปล่อยไอน้ำ

4. เมื่อถึงอุณหภูมิที่กำหนดแล้วปล่อยแก๊สไฮโดรเจน และไอน้ำไปเพื่อทำการรีดิวซ์ตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นเวลาประมาณ 1/2 ชั่วโมง

การปฏิบัติขณะมีการเกิดปฏิกิริยา

1. หลังจากที่ผ่านแก๊สไฮโดรเจนและไอน้ำครบ 1/2 ชั่วโมงแล้ว หยุดการปล่อยแก๊สไฮโดรเจน แล้วปล่อยแก๊สไนโตรเจน เพื่อทำการไล่แก๊สไฮโดรเจนออกไป พร้อมทั้งตั้งอุณหภูมิที่ทำการทดลอง

2. ดำเนินการทดลองตามค่าอัตราการป้อนสารต่างๆที่ได้คำนวณไว้(ตามวิธีการคำนวณในภาคผนวก ก)โดยใช้เบดบรรจุและมาโนมิเตอร์วัดอัตราการไหลของแก๊สแอลพีจี และไนโตรเจน ส่วนไอน้ำจะควบคุมโดยการปรับตัวควบคุมการปล่อยไอน้ำ

3. ตอนแรกมีการปล่อยไอน้ำเข้าเครื่องปฏิกรณ์ก่อน ต่อจากนั้นจึงปล่อยแก๊สแอลพีจีและไนโตรเจน ตามลำดับ เข้าเครื่องปฏิกรณ์อย่างต่อเนื่อง

4. เมื่ออุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาคงที่ จึงเริ่มเก็บตัวอย่างแก๊สผลิตภัณฑ์จากส่วนทางออกที่ได้ขจัดน้ำออกหมดแล้ว เพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊ส

5. เมื่อทำการทดลองเสร็จ 1 ชุด ทำการเปลี่ยนตัวเร่งปฏิกิริยาและปรับสภาพตัวเร่งปฏิริยาทุกครั้ง

การเก็บตัวอย่างแก๊ส หลังจากที่แก๊สแอลพีจีและไอน้ำทำปฏิกิริยาภายในเบดแล้วจะได้เป็นแก๊สผลิตภัณฑ์ ซึ่งแก๊สผลิตภัณฑ์จะถูกควบแน่นเพื่อขจัดไอน้ำออกไป แต่แก๊สยังมีความชื้นอยู่ จึงต้องนำไปผ่านคอลัมน์ แอนไฮดรัส แคลเซียมคลอไรด์ เพื่อดูดซับความชื้นออกให้หมด จากนั้นจะใช้เข็มแทงสายยางเพื่อดูดแก๊สแห้งที่ได้ไปทำการวิเคราะห์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย