บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการวิจัยภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการศึกษารูปแบบการไหลของของไหล 2 วัฏภาคในท่อแนวระนาบเมื่อปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของก๊าซและของเหลว และส่วนที่สองเป็นการศึกษาการถ่ายเทโอโซนในระบบการไหลแบบแนวระนาบโดยปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ ค่าเรย์โนลส์นัมเบอร์ สัดส่วนอัตราการไหลของก๊าซต่ออัตราการไหลของน้ำ และความเข้มข้นของโอโซนในก๊าซขาเข้า

3.1 สารตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

1. ก๊าซโอโซน ก๊าซโอโซนที่ใช้ในการทดลองเตรียมโดยผ่านอากาศหรือก๊าซออกซิเจนไปยังเครื่องผลิตโอโซนของบริษัท Cygnus International
2. ก๊าซออกซิเจน ก๊าซออกซิเจนที่ใช้ในการทดลองเป็นออกซิเจนบริสุทธิ์ 99.8% ของบริษัท TIG
3. ก๊าซไนโตรเจน ก๊าซไนโตรเจนที่ใช้ในการทดลองเป็นไนโตรเจนบริสุทธิ์ 99.8% ของบริษัท TIG
4. น้ำกลั่น จากศูนย์เครื่องมือวิเคราะห์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

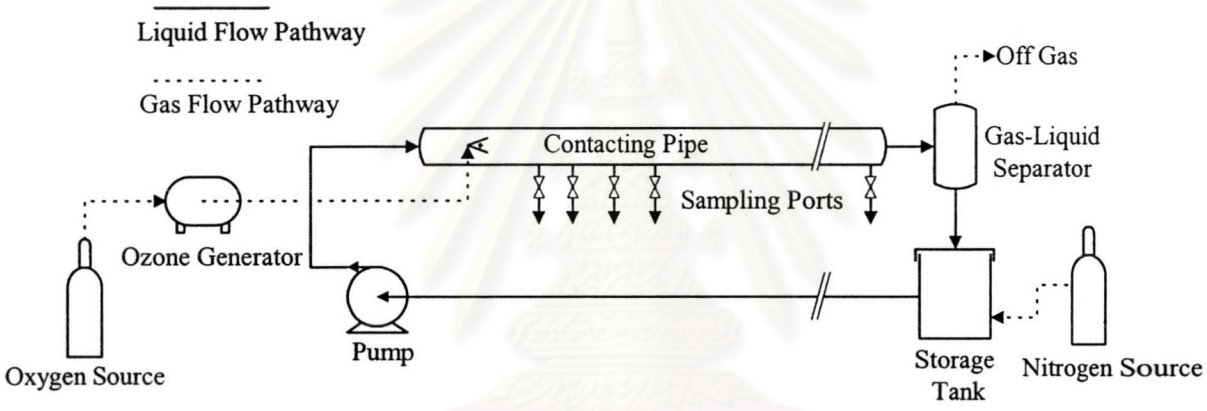
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ระบบท่อทำการทดลอง

   ท่อที่ใช้ทำการทดลองเป็นท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.72 เซนติเมตร ยาว 5.50 เมตร โดยมีจุดปล่อยก๊าซที่เป็นท่อแก้วเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตรที่ตำแหน่งกึ่งกลางท่อและจุดเก็บตัวอย่างที่ตำแหน่ง 0.10, 0.30, 0.60, 0.90, 1.20, 1.50, 1.80, 2.10, 2.50, 3.00, 3.50, 4.00, 4.50 และ 5.00 เมตรตามความยาวท่อจากตำแหน่งหัวพ่นก๊าซ (ภาคผนวก ฉ.)
2. เครื่องผลิตโอโซน (Ozone Generator) ของบริษัท Cygnus International ที่มีกำลังการผลิตโอโซนสูงสุด 60 กรัมต่อชั่วโมง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) ของบริษัท Thermo Spectronic รุ่น Helios Gamma พร้อมคิวเวท (Cuvette) ขนาดความกว้าง 1 และ 2 เซนติเมตร
4. เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนในน้ำ (DO meter) ของบริษัท Jenway รุ่น 9300
5. เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด 3 ตำแหน่ง ยี่ห้อ OHAUS รุ่น Explorer
6. อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของก๊าซและของเหลว
7. เทอร์โมมิเตอร์
8. มานอมิเตอร์
9. นาฬิกาจับเวลา (ความละเอียด 0.01 วินาที)



รูปที่ 3.1 *แผนผังแสดงระบบที่ทำการทดลอง*

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 สารเคมี

ก. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเข้มข้นโอโซนในก๊าซ

1. โปแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) ชนิด Analytical grade ของบริษัท Ajax Chemicals ขนาดบรรจุ 500 กรัม
2. ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต แอนไฮดรัส (Na_2HPO_4) ชนิด Analytical grade ของบริษัท Ajax Chemicals ขนาดบรรจุ 500 กรัม

3. โปแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) ชนิด Analytical grade ของบริษัท Ajax Chemicals ขนาดบรรจุ 500 กรัม
4. ไอโอดีน (I) ชนิด Analytical grade ของบริษัท Ajax Chemicals ขนาดบรรจุ 100 กรัม
5. โซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3.5H_2O$) ชนิด Analytical grade ของบริษัท Ajax Chemicals ขนาดบรรจุ 500 กรัม
6. โปแทสเซียมไดโครเมท ($K_2Cr_2O_7$) ชนิด Analytical grade ของบริษัท Ajax Chemicals ขนาดบรรจุ 500 กรัม
7. กรดซัลฟุริกเข้มข้น 98% (conc H_2SO_4) ชนิด Analytical grade ของบริษัท Ajax Chemicals ขนาดบรรจุ 3.8 ลิตร
8. กรดซาลิซายลิก (Salicylic acid) ชนิด Analytical grade ของบริษัท Ajax Chemicals ขนาดบรรจุ 500 กรัม
9. น้ำกลั่น (distilled water) จากศูนย์เครื่องมือวิเคราะห์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเข้มข้นโอโซนในน้ำ

1. กรดฟอสฟอริกเข้มข้น (conc H_3PO_4) ชนิด Analytical grade ของบริษัท Merck ขนาดบรรจุ 1 ลิตร
2. โปแทสเซียมอินดิโกไทรซัลโฟเนท (potassium indigo trisulfonate, $C_{15}H_7N_2O_{11}S_3K_3$) ของบริษัท Riedel ขนาดบรรจุ 5 กรัม
3. โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (NaH_2PO_4) ชนิด Analytical grade ของบริษัท Ajax Chemicals ขนาดบรรจุ 500 กรัม
4. กรดซัลฟุริกเข้มข้น 98% (conc H_2SO_4) ชนิด Analytical grade ของบริษัท Ajax Chemicals ขนาดบรรจุ 3.8 ลิตร
5. โปแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) ชนิด Analytical grade ของบริษัท Ajax Chemicals ขนาดบรรจุ 500 กรัม
6. แป้ง (Starch soluble) ชนิด Analytical grade ของบริษัท Ajax Chemicals ขนาดบรรจุ 100 กรัม
7. กรดซาลิซายลิก (Salicylic acid) ชนิด Analytical grade ของบริษัท Ajax Chemicals ขนาดบรรจุ 500 กรัม

I21336684

8. โซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3.5H_2O$) ชนิด Analytical grade ของบริษัท Ajax Chemicals ขนาดบรรจุ 500 กรัม
9. โปแทสเซียมไดโครเมต แอนไฮดรัส ($K_2Cr_2O_7$) ชนิด Analytical grade ของบริษัท Ajax Chemicals ขนาดบรรจุ 500 กรัม
10. น้ำกลั่น (distilled water) จากศูนย์เครื่องมือวิเคราะห์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 ขั้นตอนการทดลอง

1. การศึกษารูปแบบการไหลของของไหล 2 วัฏภาคในท่อแนวระนาบ

   การทดลองนี้ใช้น้ำกลั่นเป็นของเหลวที่ไหลในท่อและป้อนอากาศเข้าสู่ระบบโดยใช้ปั๊มด้วยอัตราส่วนก๊าซต่อของเหลวในช่วง 0.075 ถึง 1.916 โดยเปิดเครื่องทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาทีก่อนทำการพิจารณารูปแบบการไหลของของไหล

2. การศึกษาการถ่ายเทโอโซนในระบบการไหลแบบแนวระนาบ
   2.1 สูบน้ำกลั่นจากถังเก็บเข้าสู่ระบบท่อแนวระนาบเพื่อสัมผัสกับก๊าซโอโซนที่ผลิตจากเครื่องผลิตโอโซนโดยการใช้ก๊าซออกซิเจนเป็นก๊าซตั้งต้นที่ไหลในทิศทางเดียวกัน
   2.2 วิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของโอโซนในก๊าซก่อนเข้าระบบท่อ
   2.3 เก็บตัวอย่างของเหลวภายในท่อที่ตำแหน่งต่างๆมาวิเคราะห์หาความเข้มข้นของโอโซน
   2.4 ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนอัตราส่วนก๊าซต่อของเหลวในช่วง 0.075 ถึง 1.916
   2.5 ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.1 ถึง 3.4 แต่เปลี่ยนก๊าซที่ป้อนเข้าเครื่องผลิตโอโซนจากก๊าซออกซิเจนเป็นอากาศ

3.5 สภาวะการทดลอง

ในการศึกษาจะทำการทดลองโดยแปรผันอัตราการไหลของก๊าซที่ป้อนเข้าเครื่องผลิตโอโซน อัตราการไหลของของเหลว และเปลี่ยนชนิดของก๊าซตั้งต้น ทั้งนี้จะควบคุมอุณหภูมิของห้องที่ทำการทดลองให้คงที่ที่ 25±2 องศาเซลเซียส โดยมีสภาวะการทดลองดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 *สภาวะการทดลองในการศึกษาการถ่ายเทโอโซนในระบบการไหลแบบแนวระนาบ*

อัตราการไหล (ลิตรต่อนาที)		อัตราส่วนก๊าซต่อของเหลว
ก๊าซ	ของเหลว	
2.00	26.51	0.075
5.81	26.51	0.219
13.79	26.51	0.520
21.76	26.51	0.821
21.76	21.09	1.032
21.76	17.60	1.236
27.74	17.60	1.576
33.72	17.60	1.916

3.6 การวิเคราะห์ปริมาณโอโซน (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

3.6.1 การวิเคราะห์ปริมาณโอโซนในก๊าซ

วิเคราะห์ปริมาณโอโซนในก๊าซโดยวิธีหาปริมาณความต้องการโอโซน (Ozone Demand: Semi-Batch Method) [APHA., 1989]

3.6.2 การวิเคราะห์ปริมาณโอโซนในน้ำ

วิเคราะห์ปริมาณโอโซนในน้ำโดยวิธีอินดิโกคอโลริเมตริก (Indigo Colorimetric) [APHA., 1989]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย