

บทที่ 3

เครื่องมือและวิธีการทดลอง

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ในการศึกษาผลของสารขอมพิวที่มีต่ออัตราการถ่ายเทมวลสารออกซิเจน ได้ทำการทดลองในถังกวนโดยจัดอุปกรณ์การทดลองดังในรูปที่ 3.1 จากผลงานของ Yoshida et al (6) Reith และ Beek (22) ได้ทำการทดลองโดยเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทมวลสารออกซิเจนในน้ำโดยใช้ออกซิเจนบริสุทธิ์ และอากาศ พบว่าให้ผลไม่แตกต่างกัน ดังนั้นในการทดลองนี้จึงใช้อากาศแทนออกซิเจนบริสุทธิ์ อากาศจากเครื่องอัดอากาศผ่านเครื่องกรองอากาศเพื่อกำจัดน้ำและสิ่งสกปรกที่ติดมากับอากาศ จากนั้นผ่านโรตารีเตอร์เพื่อวัดอัตราการไหลก่อนเข้าถังกวน

ถังกวนที่ใช้ในการทดลองมีขนาดประมาณ 5 ลิตร ทำด้วยพลาสติกใสหนา 5 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.16 เมตร สูง 0.24 เมตร มีแผ่นกั้น (baffle) 4 อัน ขนาดและรูปร่างที่เหมาะสมของแผ่นกั้น รูอากาศ และใบพัดกวนจะมีความสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถังกวน (1,2) ดังรายละเอียดแสดงไว้ในรูปที่ 3.1 ใบพัดกวนและแกนใบพัดกวนทำด้วยเหล็กไร้สนิม โดยอยู่ในตำแหน่งตรงกลางถังกวน และอยู่สูงจากก้นถังเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดกวน

มอเตอร์ที่ใช้ในการหมุนใบพัดกวน เป็นมอเตอร์แบบกระแสไฟตรง ขนาด 1/4 แรงม้า ตั้งอยู่บนจานรองซึ่งมีตลับลูกปืนอยู่ด้านบน เพื่อช่วยให้ตัวมอเตอร์หมุนได้อย่างอิสระ บนจานอีกด้านหนึ่งซึ่งติดกับมอเตอร์มีแกนยื่นออกมา และมีเชือกต่อจากแกนนี้กับจานใส่น้ำหนักโดยผ่านรอกที่มีความเสียดทานน้อย ความเร็วของใบพัดกวนสามารถปรับได้ตามต้องการในช่วงที่ทำการทดลองถึงประมาณ 2000 รอบต่อนาที

ระดับความสูงของของเหลวในถังกวนวัดได้โดยใช้เครื่องมือดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.2 เครื่องมือนี้ประกอบด้วยหลอดแก้วขนาดใหญ่และเล็ก 2 อันสวมกัน หลอดแก้วด้านนอกทำหน้าที่ป้องกันหลอดแก้วด้านในซึ่งอาจเกิดการกระทบกับสิ่งอื่น ๆ ภายในถังกวน ปลายด้านหนึ่งของหลอดแก้ว เล็กถูกงอขึ้นเพื่อป้องกันฟองก๊าซที่อาจผ่านเข้ามาในหลอดแก้วใหญ่ และเข้าสู่หลอดแก้วเล็กได้ ปลายอีกด้านหนึ่งคือด้วยสายยางกับหลอดแก้วปลายเปิดอีกตัวหนึ่ง ซึ่งระดับของของเหลวใน

รายละเอียดของกังวน

$T = 0.16$ ม.

$B = T/10$

$H_L = T$

จำนวน blade = 6

$L = T/3$

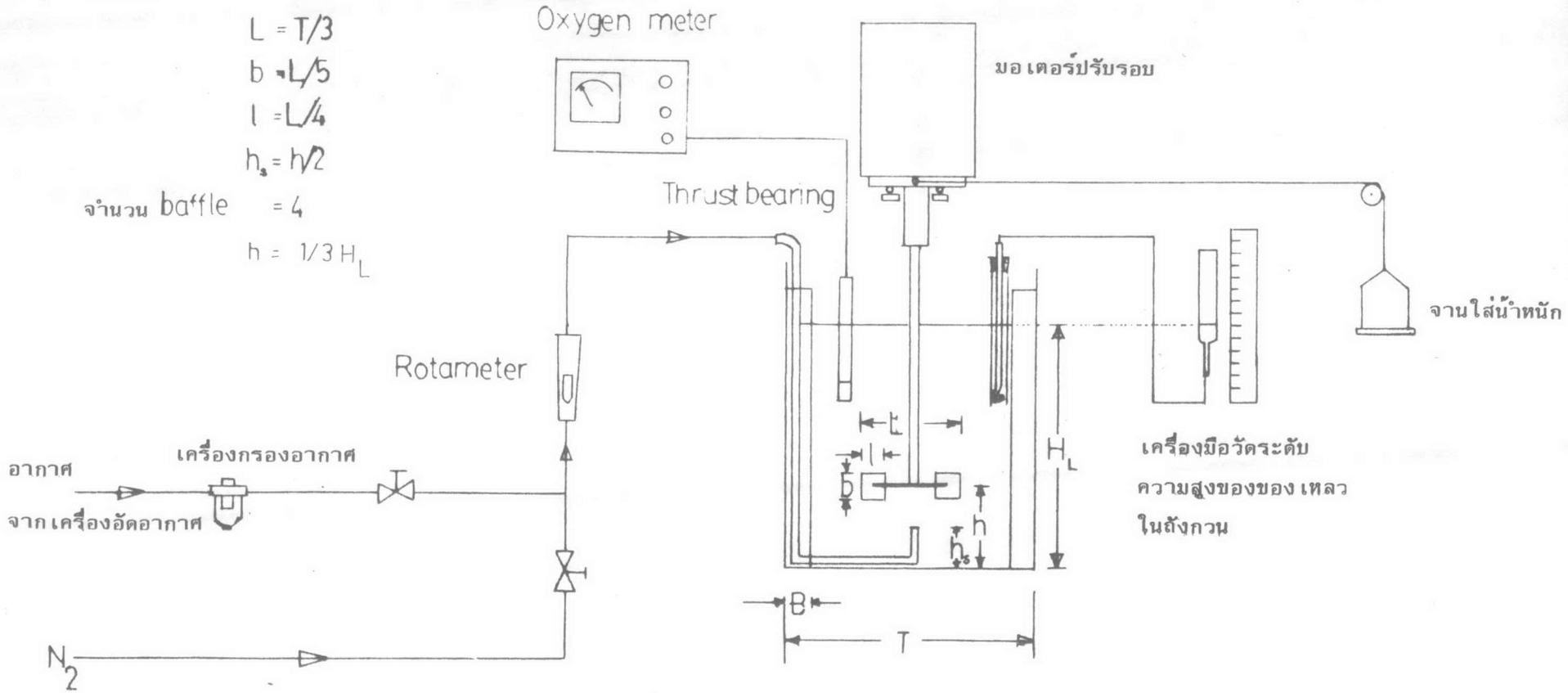
$b = L/5$

$l = L/4$

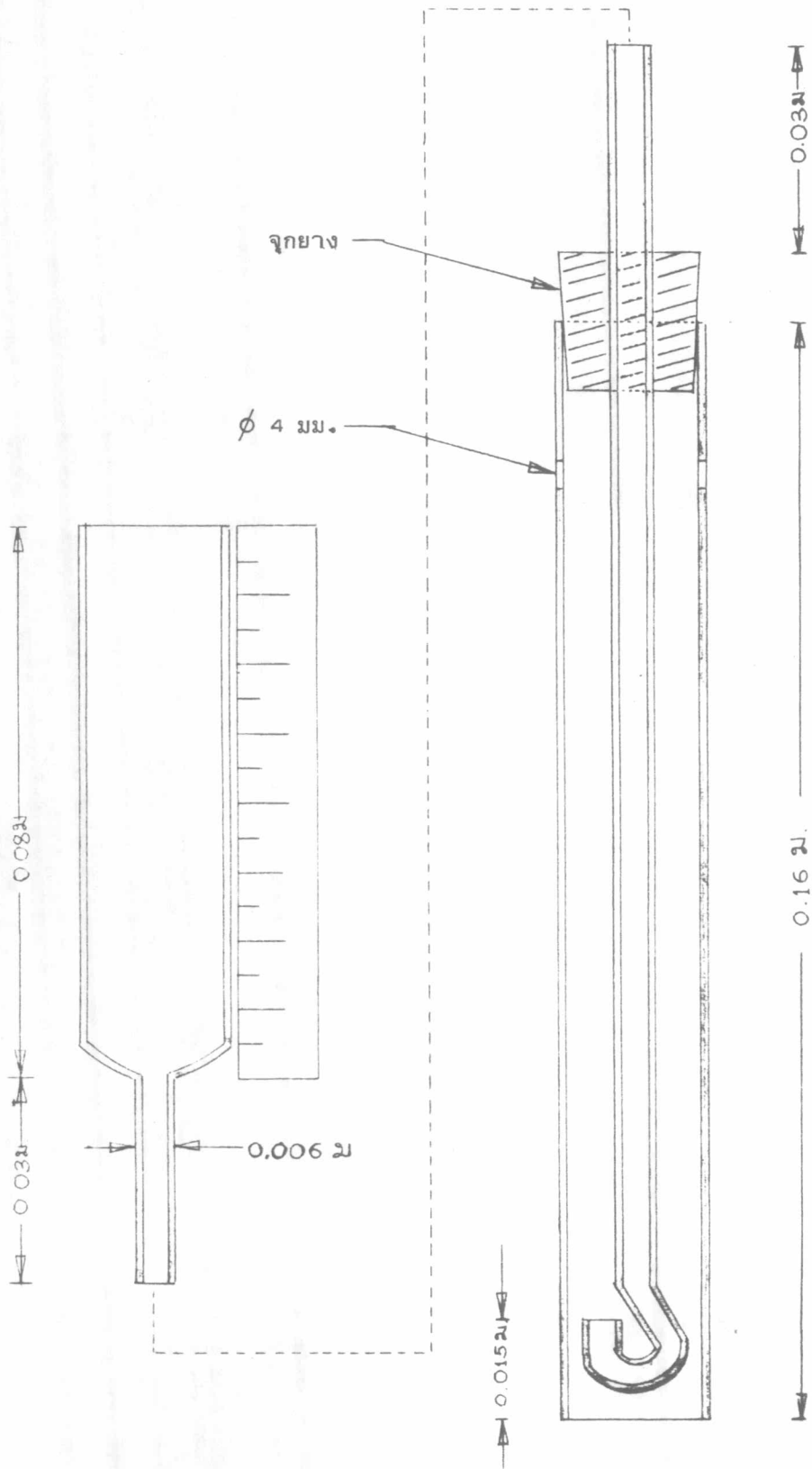
$h_s = h/2$

จำนวน baffle = 4

$h = 1/3 H_L$



รูปที่ 3.1 แสดงการจัดเครื่องมือในการทดลอง



รูปที่ 3.2 แสดงเครื่องมือวัดระดับความสูงของของ เหลวในถังกวน

ถึงกวนจะวัดได้จากระดับความสูงของของเหลวในหลอดแก้วปลายเปิดนี้

3.2 สารที่ใช้ในการทดลอง

1. น้ำ

น้ำที่ใช้ในการทดลอง เป็นน้ำบริสุทธิ์ซึ่งได้จากการกรองผ่าน เรซิน (Resin) น้ำที่มีค่า Conductivity $> 20 \mu\text{m}$ จะไม่นำมาใช้ในการทดลองนี้

2. สารขอมิว

สารขอมิวที่ใช้ในการทดลองคือ

Cetylpyridinium chloride, $\text{C}_{21}\text{H}_{38}\text{NCl}\cdot\text{H}_2\text{O}$, $M_w = 358.01$,
Laboratory reagent BDH, England เป็นสารขอมิวชนิดแคทไอออน

3.3 วิธีทดลอง

3.3.1 การวัดแรงดึงผิวของสารละลายสารขอมิว

ในการวัดค่าแรงดึงผิวสำหรับการทดลองนี้ ใช้วิธี Wilhelmy Plate⁽¹⁶⁾ โดย Automatic Equilibration Potentiometer, PROLABO ซึ่งมีค่าความถูกต้องในการวัด ± 0.1 ไดน์ต่อเซนติเมตร ทำการวัดที่ค่าความเข้มข้นของสารขอมิวที่ 0, 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 150 และ 200 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ

3.3.2 การวัดกำลังที่ใช้ในการหมุนใบพัดกวน

กำลังที่ใช้ในการหมุนใบพัดกวนจะขึ้นอยู่กับค่าความเร็วของใบพัดกวน และแรงบิดของมอเตอร์ซึ่งเกิดจากการหมุนของใบพัดกวน ค่าความเร็วของใบพัดกวนวัดโดยใช้สโตรโบสโคป (Stroboscope) ส่วนแรงบิดของมอเตอร์วัดโดยเติมน้ำหนักลงบนจานน้ำหนักจนเกิดความสมดุลขณะที่หมุนใบพัดกวน ค่าน้ำหนักที่อ่านได้จะนำไปใช้ในการคำนวณค่ากำลังที่ใช้ในการกวน (ดังตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก) ในการทดลองต้องวัดค่ากำลังที่ใช้ในการกวนทั้งขณะที่มีและไม่มีอากาศเข้าสู่ถังกวน



3.3.3 การวัดระดับความสูงของของเหลวในถังกวน

ระดับความสูงของของเหลวในถังกวนขณะเริ่มทดลองจะรักษาระดับไว้ที่ 0.16 เมตร เสมอทุกการทดลอง ที่ระดับความสูงนี้ปริมาตรของของเหลวในถังกวนจะเป็น 3.1 ลิตร การวัดความสูงของของเหลวในถังกวนวัดโดยใช้เครื่องมือดังรูปที่ 3.2 ของเหลวในสายยางและในหลอดแก้วเล็กจะต้องไม่มีฟองอากาศค้างอยู่ การวัดจึงจะได้ผลถูกต้อง ขณะที่ของเหลวในถังกวนสูงขึ้น เมื่อมีการพ่นก๊าซเข้าถังกวนและมีการกวนในถังกวน ของเหลวในหลอดแก้วปลายเปิดซึ่งอยู่นอกถังกวนจะสูงขึ้นตาม เพื่อปรับความดันให้สมดุล ความสูงของของเหลวในหลอดแก้วปลายเปิดวัดได้โดยใช้กล้องวัดระดับ (Cathetometer) ซึ่งมีค่าความถูกต้องในการวัด (accuracy) เท่ากับ ± 0.002 เซนติเมตร ในการวัดระดับของของเหลวจะต้องวัดขณะที่มีและไม่มีอากาศอยู่ในถังกวนเพื่อนำไปคำนวณค่าสัดส่วนก๊าซค้าง

3.3.4 การวัดความเข้มข้นของออกซิเจน และอุณหภูมิของสารละลาย

การวัดความเข้มข้นของออกซิเจนในสารละลายขณะทำการวัดแบบต่อเนื่องตั้งแต่เริ่มจนถึงสิ้นสุดการทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการวัดคือ ออกซิเจนมิเตอร์ (oxygen meter) แบบ YSI 54 ABP โดยมีช่วงการวัด 0-10 และ 0-20 ส่วนในล้านส่วน และมีค่าความถูกต้องในการวัดเท่ากับ ± 1 เปอร์เซ็นต์ของช่วงการวัด อิเล็กโทรดที่ใช้วัดเป็นแบบคลาร์ก (clark type electrode) ในการทดลองวัดความเข้มข้นของออกซิเจนได้โดยจุ่ม อิเล็กโทรดลงในสารละลายในถังกวนตามแนวตั้งที่ความลึกประมาณกึ่งกลางระหว่างใบพัดกวนและผิวของขดลวดที่สัมผัสกับอากาศ จากเครื่องวัดออกซิเจนจะมีสายต่อเข้ากับเครื่องบันทึกเป็นกราฟ สำหรับอุณหภูมิของสารละลายในถังกวนวัดโดยเครื่องวัดอุณหภูมิในเครื่องเดียวกันนี้ เนื่องจากที่อิเล็กโทรดจะมีหัววัดอุณหภูมิอยู่ด้วย อุณหภูมิที่วัดได้จะใช้ในการหาค่าความเข้มข้นของออกซิเจนอิ่มตัวในน้ำ เพื่อใช้ในการสอบเทียบ (Calibration) เครื่องมือวัดออกซิเจน

3.3.5 ขั้นตอนในการทดลอง

ในการทดลองจะแบ่งขั้นตอนออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. การทดลองในน้ำ

เมื่อประกอบ เครื่องมือในการทดลองดังรูปที่ 3.1 แล้ว วัดอุณหภูมิของน้ำ และสอบเทียบ (Calibrate) เครื่องวัดออกซิเจนโดยวิธีให้ออกซิเจนในน้ำจนอิ่มตัว ปรับ เครื่องวัดออกซิเจนให้อ่านได้ตามความเข้มข้นอิ่มตัว ณ อุณหภูมิที่ทำการทดลอง (โดยดูจากตารางในภาคผนวก) จากนั้นผ่านก๊าซไนโตรเจนเข้าถึงกวนเพื่อไล่ออกซิเจนในน้ำจนความเข้มข้นของออกซิเจนลดต่ำลง (ถึงประมาณ 0.5 ส่วนในล้าน) น้ำที่ได้นี้จะใช้ในการทดลองที่สภาวะต่าง ๆ โดยความเร็วของใบพัดกวนจะแปรค่าอยู่ในช่วง 10-26.67 รอบต่อวินาที และอัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ถึงกวนในช่วง $(7.33-62.70) \times 10^{-5}$ ลบ.มต่อวินาที หรือประมาณ 4-40 ลิตรต่อนาที

ในการทดลองจะต้องวัดค่าความสูงของของเหลวในถังกวน, แรงบิดของมอเตอร์ และความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำทุก ๆ สภาวะที่ทำการทดลอง

2. การทดลองในสารละลายสารซอมฟิว

ในกรณีที่มีสารซอมฟิวอยู่ด้วย ขั้นตอนการทดลองคล้ายกับในน้ำ แต่สภาวะการทดลองแตกต่างกันเล็กน้อย กล่าวคือ ความเร็วของใบพัดกวนอยู่ในช่วง 13.33-23.33 รอบต่อวินาที, อัตราการไหลของอากาศอยู่ในช่วง $(7.33-32.67) \times 10^{-5}$ ลบ.มต่อวินาที หรือประมาณ 4-20 ลิตรต่อนาที และความเข้มข้นของสารซอมฟิว แปรค่าตั้งแต่ 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 150 และ 200 ส่วนในล้านส่วนตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 สภาวะตัวแปรค่าต่าง ๆ ที่ทำการทดลอง

ตัวแปร	การทดลองในน้ำ	การทดลองในสารละลาย สารชอปฟิว
ความเร็วของใบพัดคววน (รอบต่อวินาที)	10-26.67	13.33-23.33
อัตราการไหลของอากาศ เข้าสู่ถังกวน, (เมตร ³ x 10 ⁻⁵) วินาที	7.33-62.70	7.33-32.67
ความเข้มข้นของสารละลายสาร ชอปฟิว (ส่วนในล้านส่วน)	0	5-200

หมายเหตุ ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง , 27.0 ± 3 องศาเซลเซียส