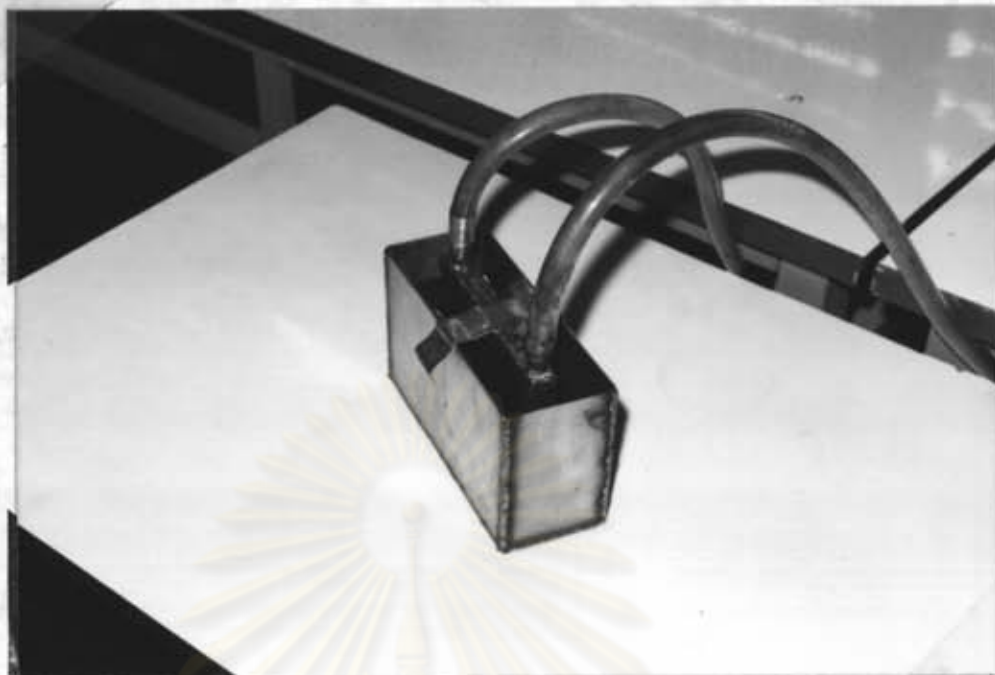


อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ในการศึกษาการตกผลึกโฆพาราฟินในน้ำมันไลต์ดีเซลจากโรงกลั่นฝาง ในแง่ของการลดจุดไหลเทของน้ำมันลงจึงต้องทราบปริมาณโฆที่ตกผลึกออกจากน้ำมันและจุดไหลเทของน้ำมันที่โฆตกผลึกแยกตัวออก กระบวนการตกผลึกโฆออกจากน้ำมันสามารถทำการทดลองได้ในเครื่องตกผลึกแบบผิวตกผลึกโดยอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิเนื้อสารละลาย (bulk solution) กับผิวตกผลึก เนื้อสารละลายจะถูกทำให้เหลวด้วยตัวกลางนำความร้อน (heating medium) พร้อมทั้งควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ตลอดการทดลอง ในขณะที่เดียวกับผิวตกผลึกจะถูกทำให้เย็นที่อุณหภูมิหนึ่งโดยตัวกลางหล่อเย็น (cooling medium) โฆจะแพร่จากสารละลายไปสู่ผิวตกผลึกโดยอาศัยความเข้มข้นที่ต่างกัน (concentration gradient) เป็นแรงขับ (driving force) และรวมตัวกันตกผลึกเกาะอยู่ที่ผิว

3.1.1 แบบจำลองเครื่องตกผลึกโฆพาราฟิน มีลักษณะดังรูปที่ 3.1 ประกอบด้วยอ่างน้ำมัน (oil bath) และผิวตกผลึกที่สร้างด้วยเหล็กไร้สนิม ขนาดอ่างน้ำมันมีความกว้าง 2.5 นิ้ว ความยาว 7.0 นิ้ว และความสูง 4 นิ้ว ควบคุมอุณหภูมิน้ำมันในอ่างให้คงที่ด้วยอ่างน้ำร้อนพร้อมเทอร์โมเสต (thermostat) ผิวตกผลึกภายในกลวงเพื่อให้มีหล่อเย็นไหลผ่าน เป็นการควบคุมอุณหภูมิผิวตกผลึกให้คงที่ตลอดการทดลองด้วยเครื่องทำน้ำเย็นพร้อมตัวตั้งอุณหภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และ 3.3 รูปที่ 3.4 แสดงแผนผังการตกผลึกโฆด้วยแบบจำลอง



รูปที่ 3.1

แบบจำลอง เครื่องตกผลึกไฮพาราฟิน



รูปที่ 3.2

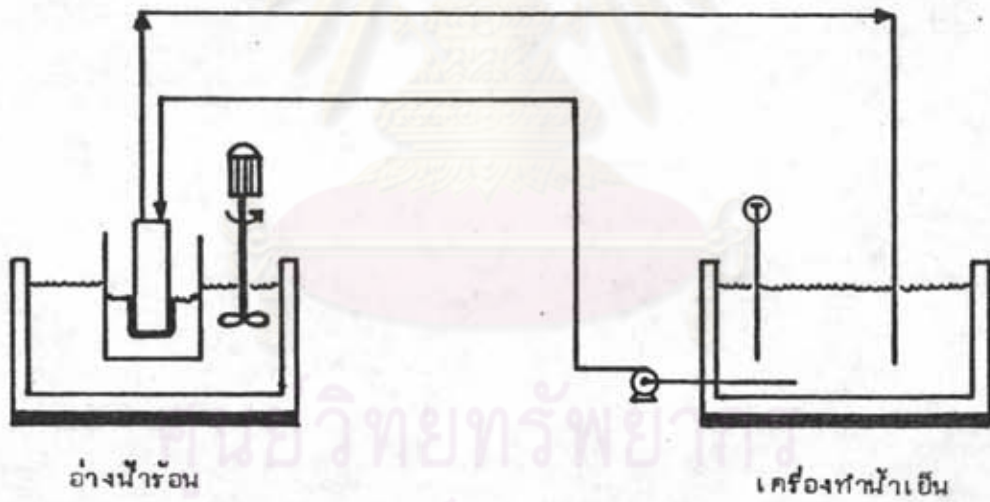
อ่างน้ำร้อนพร้อมเทอร์โมเสตท



รูปที่ 3.3

เครื่องทำข้าวเงิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.4

แผนผังการตกลักโยด้วยแบบจำลอง เครื่องตกลักโยพาราฟิน

3.1.2 เครื่องตกผลึกโยพาราฟินในห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วยระบบต่าง ๆ 5 ส่วน ดังรูปที่ 3.5 อันได้แก่

1. ตัวเครื่องตกผลึก (crystallizer) มีลักษณะดังรูปที่ 3.6 ตัวเครื่องสร้างด้วยเหล็กโรลล์นิมมีลักษณะโค้งครึ่งวงกลมมีความยาว 49 นิ้ว ความกว้าง 22 นิ้ว และความลึก 11 นิ้ว เพื่อบรรจุน้ำมันที่จะตกผลึกโยและมีท่อทางเข้าและทางออกน้ำมันขนาด 1 นิ้ว พร้อมวาล์วประตูน้ำ (gate valves) กับเครื่องติดท่อทองแดงขนาด $\frac{1}{4}$ นิ้ว ความยาว 30 นิ้ว จำนวน 9 ชุด เพื่อให้ความร้อนแก่ไขมันโดยน้ำร้อนจากระบบทำน้ำร้อน ด้านข้างติด thermometer เพื่อวัดอุณหภูมิไขมันในเครื่องตกผลึกนี้มีปริมาตรรวม 90 ลิตร

เครื่องตกผลึกจะถูกปิดด้วยฝาครอบซึ่งทำด้วยเหล็กโรลล์นิมและช่องมองเป็นกระจกเพื่อลดการสูญเสีย เนื่องจากการระเหยของน้ำมันและตัวทำละลายลง ผิวตกผลึกดังรูปที่ 3.7 เป็นจานเหล็กโรลล์นิมกลม ภายนอกกลวง เพื่อให้ไขมันไหลผ่านจากเพลากลาง (Shaft) สู่อานเหล็ก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 นิ้ว มีเส้นยาวของวงกลม (segment) 11.5' และความหนา 3 มม. เครื่องตกผลึกนี้ประกอบด้วยจานเหล็กกลม 9 แผ่น ติดกันด้วยเพลากลาง ซึ่งต่อเข้ากับชุดขับเคลื่อนที่มีมอเตอร์กระแสสลับใช้ไฟ 380 โวลท์ กำลัง 1 แรงม้าพร้อมเกียร์ทดอัตราส่วน 45 ต่อ 1 ดังแสดงในรูปที่ 3.8 ความเร็วของจานปรับได้ตั้งแต่ 0 ถึง 2 รอบต่อนาที (rpm) ด้วยเครื่องควบคุมความเร็ว (speed controller) ดังรูปที่ 3.9

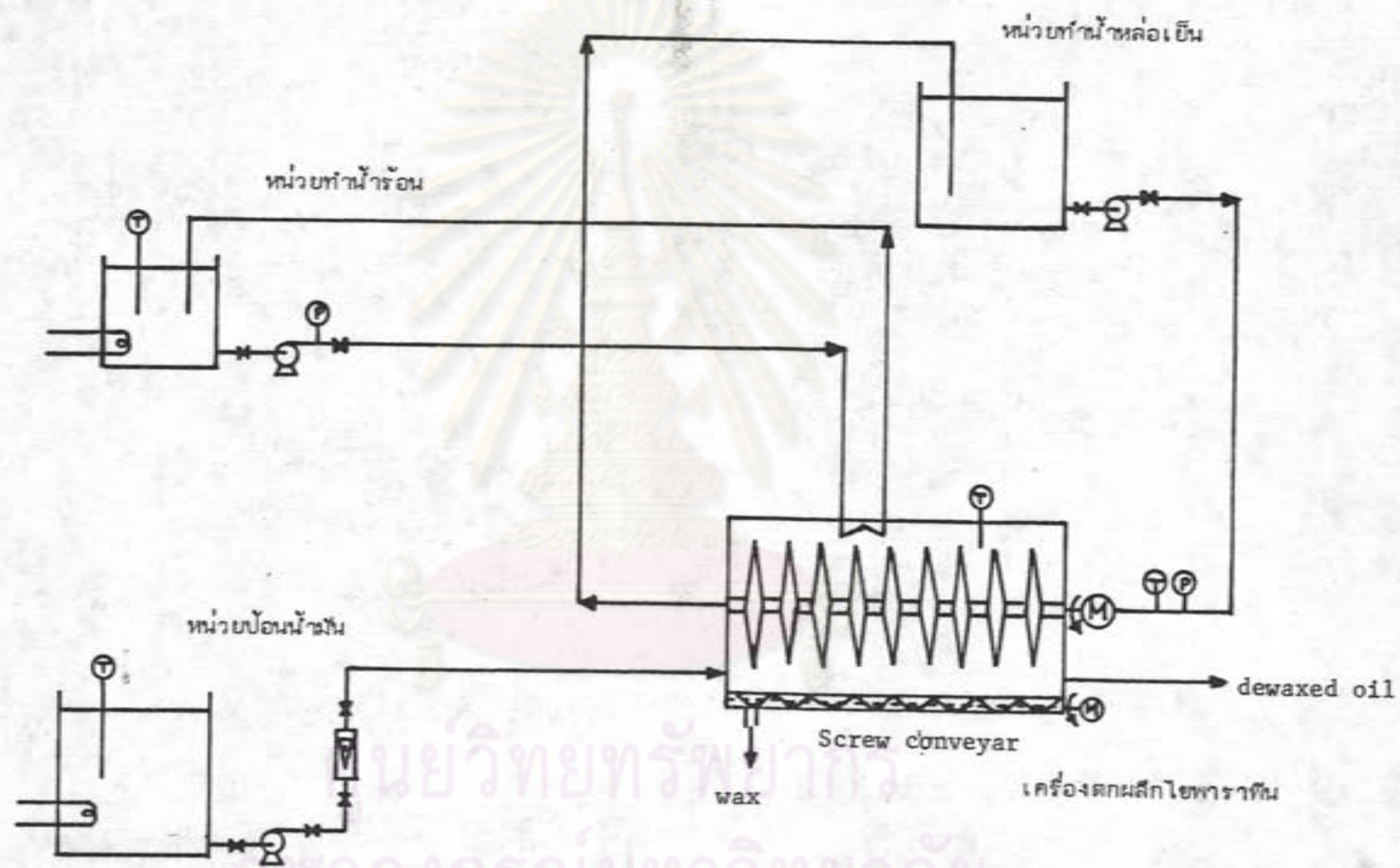
2. หน่วยป้อนน้ำมัน (waxy oil feed) มีลักษณะดังรูปที่ 3.10 ประกอบด้วยถังป้อนน้ำมัน (feed tank) ความจุ 80 ลิตร และปั๊มสารละลายที่มีอัตราการไหลถึง 30 ลิตรต่อนาที พร้อมเครื่องวัดอัตราการไหล (rotameter) ที่กันดังติดขดลวดให้ความร้อนขนาด 1,000 วัตต์ เพื่อควบคุมอุณหภูมิไขมันในถังป้อนให้คงที่ thermocouple ถูกติดด้านข้างถังเพื่อวัดอุณหภูมิไขมัน

3. หน่วยทำน้ำร้อน (hot water) มีลักษณะดังรูปที่ 3.11 ประกอบด้วยถังน้ำร้อน (hot water tank) ความจุ 170 ลิตร และปั๊มน้ำที่มีอัตราการไหล 50 ลิตรต่อนาที กันดังติดขดลวดให้ความร้อนขนาด 3000 วัตต์ และเกจวัดอุณหภูมิ (temperature gauge) ช่วง 0 ถึง 160° ฟ ที่ด้านบน ขณะที่ทดลองน้ำร้อนจะถูกสูบจากถังไปตามท่อขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้ว ที่หุ้มด้วยฉนวนกันความร้อนเข้าท่อทองแดงเพื่ออุ่นให้สารละลายไขมันในเครื่องตกผลึกเหลว



รูปที่ 3.5 เครื่องตกผลึกโซพาราเฟนในห้องปฏิบัติการ

ศูนย์วิจัยการวิเคราะห์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.6

แผนผังแสดงการตกลูกโซ่ด้วยเครื่องตกลูก

4. หน่วยทำน้ำหล่อเย็น (cooling water) มีลักษณะดังรูปที่ 3.12 ประกอบด้วยถังน้ำหล่อเย็น (cooling water tank) ความจุ 80 ลิตร ที่บรรจุน้ำผสมสารลดจุดเยือกแข็งได้แก่ ethylene glycol ในอัตราส่วน 20% vol by vol. บังน้ำที่มีอัตราการไหล 18-22 ลิตรต่อนาที ณ ความดันทางออก 15-20 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทำการสูบน้ำหล่อเย็นจากถังเข้าสู่เครื่องตกผลึกโดยไหลผ่านภายในของจานเหล็กซึ่งจะวัดอุณหภูมิทางเข้าและทางออกด้วย thermometer น้ำหล่อเย็นจะไหลกลับสู่ถังโดยผ่านทางท่อทองแดงเป็น (cooling coil) ขนาด $\frac{5}{8}$ นิ้ว ความยาว 26 เมตร เพื่อถ่ายเทความร้อนให้แก่เครื่องทำความเย็นด้วยการพาแบบบังคับ (force convection) พัดลมที่เป่า cooling coil เป็นตัวรักษาอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นให้คงที่

5. ระบบมีดขูดและพาโยออกจากเครื่องตกผลึก มีลักษณะดังรูปที่ 3.13 และ 3.14 ประกอบด้วยใบมีด (doctor knife) จำนวน 9 ชุด ใข้โยดโยที่เกาะติดบนจานเหล็ก ลงสู่ลำกรวยคอนเวเยอร์ (screw conveyor) ซึ่งจะพาโยสู่ถังเก็บโดยอาศัยมอเตอร์กระแสสลับ ขนาด $\frac{1}{10}$ แรงม้า ความเร็ว 80 rpm เป็นตัวขับ

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.7

จานเหล็ก ไล่ตีนมกผล



รูปที่ 3.8

ชุดขับเคลื่อนจานเหล็ก

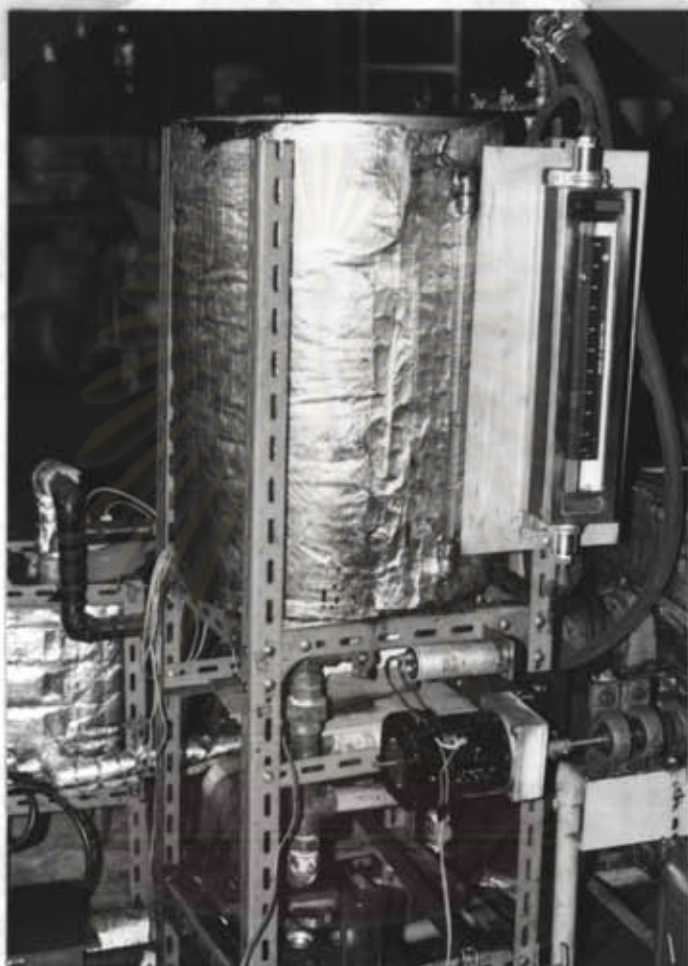




รูปที่ 3.9

เครื่องควบคุมความเร็วของจาน

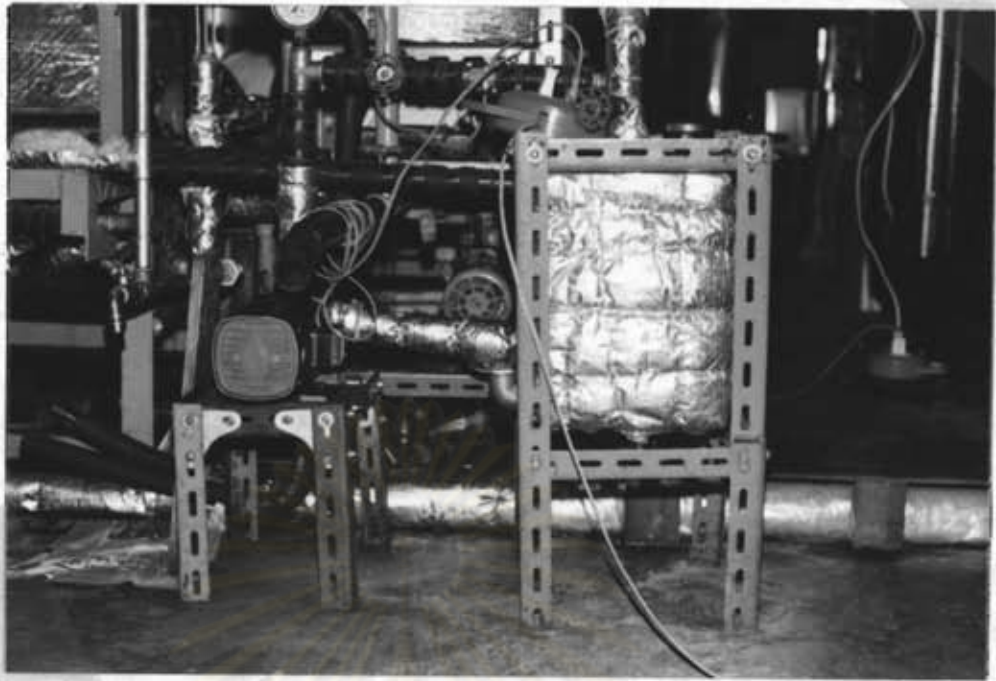
ศูนย์วิจัยทางการแพทย์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.10

หน่วยป้อนน้ำมันสู่เครื่องตกผลึก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.11 หน่วยทำน้ำร้อน



รูปที่ 3.12 หน่วยทำน้ำหล่อเย็น



รูปที่ 3.13

ใบมีดที่ไ้ยู่ดโยที่เกาะติดบนจานเหล็ก



รูปที่ 3.14

screw conveyor และถังเก็บไซ

คู่มือ
จุฬาลงกรณ์

3.2 สารที่ใช้ในการทดลอง

- น้ำมันเตาใส่เบา จากโรงกลั่นน้ำมันผางที่มีจุดไหลเทประมาณ 35°ซ และความหนืดคิเนมาติก 2.7 cst ที่ 100°ซ
- ไยพาราฟิน จุดหลอมเหลว 50.52°ซ (122.94°ฟ)
- methyl ethyl ketone (MEK) (commercial grade) ของบริษัท เชลล์ แห่งประเทศไทย
- toluene (commercial grade) ของบริษัท เชลล์ แห่งประเทศไทย
- diethyl ether (commercial grade)
- ethyl alcohol 95 vol % (commercial grade) ของกรมสรรพสามิต
- ethylene glycol (commercial grade)

รายละเอียดเกี่ยวกับคุณสมบัติของตัวทำละลายที่ใช้ในการทดลองมีที่ภาคผนวก ข

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำมันไลต์ดีลิกเลต ทำการทดลองหาค่าปริมาณไยที่ปนอยู่โดยน้ำหนัก ความถ่วงจำเพาะ ความหนืดคิเนมาติก จุดไหลเท ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดคิเนมาติกกับปริมาณไยพาราฟิน ของน้ำมันไลต์ดีลิกเลต โดยวิธีมาตรฐาน (ภาคผนวก ก)

3.3.2 การศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของไยพาราฟิน ทำการทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะ จุดหลอมเหลว และความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดคิเนมาติกกับอุณหภูมิ ของไยพาราฟิน โดยวิธีมาตรฐาน (ภาคผนวก ก)

3.3.3 ทดสอบการตกผลึกของไยในแบบจำลอง ทำการทดลองตกผลึกไยในน้ำมันไลต์ดีลิกเลตที่อุณหภูมิ 36.5, 40.0, 44.0, 46.0, 50.0, 52.5, 55.0 และ 60.0°ซ ตามลำดับ โดยใส่น้ำมันไลต์ดีลิกเลตไว้ใน oil bath หมัก 680 กรัม ตลอดทุกการทดลอง พร้อมทั้งปรับอุณหภูมิให้คงที่จุดหนึ่งแล้วตกผลึกแยกไยพาราฟินโดยจุ่มจานเหล็กที่หล่อเป็นด้วยน้ำอุณหภูมิ 8°ซ ลงใน oil bath ไยพาราฟินจะตกผลึกเกาะติดที่จานเหล็ก ทำการวิเคราะห์หาปริมาณไยในส่วนที่เกาะติดจานเหล็ก

3.3.4 การหาสภาวะที่เหมาะสมของการตกผลึกโพลิพาราฟินในน้ำมันโลที่ดิลลิเลตด้วย เครื่องตกผลึกระดับห้องปฏิบัติการ ในการทดลองจะมีขั้นตอนดังนี้คือ เมื่อประกอบเครื่องมือในการทดลอง ดังรูปที่ 3.5 แล้วเตรียมสารละลายน้ำมันใส่ในถังป้อนน้ำมัน วัดอุณหภูมิของสารละลาย น้ำมันแล้วจึงปล่อยให้เครื่องตกผลึกที่มีสารละลายน้ำมันปริมาตร 70 ลิตร คงที่ตลอดทุกการทดลอง จากนั้นจึงผ่านน้ำหล่อเป็นเข้าสู่จานเหล็กเพื่อตกผลึกโพลิพาราฟินในสารละลายให้เกาะติดที่ผิวของจาน ทั้งนี้ให้สารละลายน้ำมันและน้ำหล่อเป็นไหลสวนทางกัน (countercurrent) ตลอดทุกการทดลองจะคง อัตราการไหลของสารละลายน้ำมันไว้ที่ 0.50 ลิตรต่อนาที ส่วนอุณหภูมิน้ำหล่อเป็นคงที่ที่ 16°C สารละลายน้ำมันที่แยกโพลิแล้วบางส่วนและโพลิที่ไค้จะถูกแยกออกจากเครื่องตกผลึกแล้ววิเคราะห์หาจุดไหลเทและปริมาณโพลิที่ปนอยู่

เก็บตัวอย่างสารละลายน้ำมันและโพลิหลังจากเวลาผ่านไป 140 นาที (residence time) แล้วนำไปกลั่นแยกตัวทำละลายออก วิเคราะห์หาปริมาณโพลิที่ปนอยู่กับจุดไหลเทและความถ่วงจำเพาะ

จากนั้นใช้วิธีเดียวกันนี้ทดลอง เพื่อศึกษาผลของตัวแปรต่อการตกผลึกโพลิในน้ำมัน

1. ผลของอัตราส่วนตัวทำละลายผสม (MEK กับ toluene 1:1 by vol.) ต่อ น้ำมัน โลที่ดิลลิเลต ในอัตรา 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1 และ 6:1 ที่ความเร็วรอบจานเหล็ก 1.28 rpm. และอุณหภูมิสารละลาย 30.0°C
2. ผลของความเร็วรอบจานเหล็ก 0.05, 0.25, 0.5, 0.75 และ 1.28 rpm. ที่อัตราส่วนตัวทำละลายต่อน้ำมัน 5:1 และอุณหภูมิสารละลาย 30.0°C
3. ผลของอุณหภูมิสารละลายน้ำมัน 30.0, 32.0 และ 34.0°C ที่อัตราส่วนตัวทำละลายต่อน้ำมัน 5:1 และความเร็วรอบจานเหล็ก 0.5 rpm.
4. ผลของจำนวนครั้งที่สารละลายน้ำมันไหลผ่านเครื่องตกผลึก (pass through process) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 ครั้ง ที่อัตราส่วนตัวทำละลายต่อน้ำมัน 5:1 ความเร็วรอบจานเหล็ก 0.5 rpm. และอุณหภูมิสารละลายน้ำมัน 30.0°C

ตารางที่ 3.1 แสดงขั้นตอนและสภาวะต่าง ๆ ในการทดลอง

ชื่อ ตัวอย่าง	ตัวแปร	อัตราส่วนตัวทำ ละลายต่อน้ำขุ่น	ความเร็วรอบฐาน		จำนวนครั้งที่ไหลผ่าน เครื่องตกผลึก
			เหล็ก	จันทุมมิลาร์ละลาย น้ำขุ่น	
A1		1:1	1.28	30.0	1
A2		2:1	1.28	30.0	1
A3		3:1	1.28	30.0	1
A4		4:1	1.28	30.0	1
A5		5:1	1.28	30.0	1
A6		6:1	1.28	30.0	1
B1		5:1	0.05	30.0	1
B2		5:1	0.25	30.0	1
B3		5:1	0.50	30.0	1
B4		5:1	0.75	30.0	1
B5		5:1	1.28	30.0	1
C1		5:1	0.50	30.0	1
C2		5:1	0.50	32.0	1
C3		5:1	0.50	34.0	1
D1		5:1	0.50	30.0	1
D2		5:1	0.50	30.0	2
D3		5:1	0.50	30.0	3
D4		5:1	0.50	30.0	4
D5		5:1	0.50	30.0	5
D6		5:1	0.50	30.0	6
D7		5:1	0.50	30.0	7
D8		5:1	0.50	30.0	8
D9		5:1	0.50	30.0	9
D10		5:1	0.50	30.0	10

หมายเหตุ

1. ตลอดทุกการทดลองจะคงอัตราการไหลของสารละลายน้ำมันและจุดหมุนน้ำหล่อเป็นไว้ที่ 0.5 ลิตรต่อนาที และ 16.0°ซ ตามลำดับ
2. ชื่อตัวอย่าง
 - A หมายถึง ผลของอัตราส่วนตัวทำละลายต่อน้ำมัน
 - B หมายถึง ผลของความเร็วรอบจาน
 - C หมายถึง ผลของจุดหมุนสารละลายน้ำมัน
 - D หมายถึง ผลของจำนวนครั้งที่สารละลายไหลผ่านเครื่อง

ต่อการตกผลึกไซในน้ำมันและจุดไหลเทของน้ำมัน

ตัวเลขที่ห้อยท้ายอักษร หมายถึง การทดลองลำดับที่

3.3.5 การหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของไซที่เกาะบนจานเหล็ก ในการทดลองนี้ใช้น้ำเป็นตัวเปรียบเทียบกับไซในเครื่องตกผลึกให้มีปริมาตรรวม 70 ลิตร แล้วผ่านน้ำหล่อเป็นเข้าสู่จานเหล็กที่จุดหมุนด้านเข้า 16.0 ตลอดทุกการทดลอง วัสดุจุดหมุนน้ำหล่อเป็นด้านออก เมื่อความเร็วของจาน 0.05, 0.25, 0.5, 0.75 และ 1.28 rpm. ที่จุดหมุนสารละลาย 30°ซ และ 0.5 ที่จุดหมุนสารละลาย 30, 32 และ 34°ซ คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมจากสัมมูลความร้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย