บทที่ 6

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

6.1 สมมติฐาน

งานวิจัยนี้อยู่บนสมมติฐานที่ว่า

1.ไวนิลอะซิเตทจะถ่ายเทจากเฟสน้ำไปสู่ก๊าซเฟสตลอดทางขณะที่สารละลายไหลผ่านหอ ดังนั้นอัตราการไหลของสารละลายความเข้มข้นของไวนิลอะซิเตทจะเปลี่ยนแปลงตลอดความยาวหอ ซึ่งจะยังผลให้สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลเปลี่ยนแปลงไปตามความยาวของหอ นั่นคือมีรูปแบบการไหลแบบในท่อ (PLUG FLOW)

2.ภาวะของหอไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลาหรือสถานะคงตัว

3.ไม่มีปฏิกริยาเคมีเกิดขึ้นระหว่างที่มีการถ่ายเทมวล

6.2.1 อิทธิพลของอัตราส่วนอากาศต่อของเหลวต่อการถ่ายเทมวลสาร

จากภาพที่ 5-1 พบว่า สัดส่วนอัตราการไหลของอากาศต่อของเหลวมีอิทธิพลต่อการถ่ายเทมวลสาร และประสิทธิภาพของหอ โดยเป็นสัดส่วนกันในทางสัมพันธ์กันดังสมการ

$\eta = 3.3 + 40.3\ (G/L) - 15.5\ (G/L)^2$ ในช่วง G/L = 100 ถึง 400 จากการทดลอง (ที่ 4.6.4) พบว่าอัตราการป้อนน้ำแปรผกผันกับประสิทธิภาพของหอ นั่นคือเมื่อมีปริมาการป้อนน้ำในสัดส่วนที่มากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพของหอต่ำลง (ตารางที่ 5.4.2 - 5.4.3) และพบว่าอัตราการป้อนอากาศมีผลต่อการถ่ายเทมวลสารในหอ คล่าวคือ เมื่อป้อนอากาศปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพของไอและการถ่ายเทมวลสารภายในหอสูงขึ้น ดังตารางที่ 5.4.5 ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของนายพอล วี โรเบอร์ต และคณะ[31]

6.2.2 อิทธิพลของอุณหภูมิอากาศที่ป้อนเข้าหอต่อประสิทธิภาพของหอ

จากการเปรียบเทียบตารางที่ 5.4..5 กับตารางที่ 5.5.3 พบว่าที่อัตราการป้อนอากาศเท่ากับ 550 ลิตรต่อนาที อุณหภูมป้อนอากาศเท่ากับ 73 ซ ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพหอนัก ในขณะที่อัตราป้อนอากาศ 770 ลิตรต่อนาที อุณหภูมอากาศป้อนเท่ากับ 82 ซ จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของหอสูงขึ้น 25-50 %

6.2.3 อิทธิพลของอุณหภูมสารละลายที่ป้อนเข้าหอต่อประสิทธิภาพของหอ

จากการเปรียบเทียบตารางที่ 5.6.4 พบว่าที่อัตราการป้อนสารละลายที่อุณหภูมิ 34 ซ ประสิทธิภาพของหอเมื่อเทียบกับที่อุณหภูมป้อนสารละลายปกติไม่มีความแตกต่างมากนัก หรืออาจกล่าวได้ว่าไม่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทมวลสารในหอ เมื่อป้อนสารละลายที่อุณหภูมิ 54 - 63 ซ พบว่าที่ความเร็วการไหลของอากาศ 550 ลิตรต่อนาที ให้ผลใกล้เคียงหรือเท่ากับเมื่อป้อนอากาศร้อนเท่ากับ 83 ซ ด้วยอัตราป้อน 770 ลิตร/นาที หรือทำให้ประสิทธิภาพของหอมากกว่าเมื่อป้อนสารละลายด้วยอุณหภูมิปกติ 25 - 50% แต่เมื่อป้อนสารละลายด้วยอุณหภูมิ 54 - 63 ซ ที่อัตราป้อนอากาศ 770 ลิตรต่อนาทีพบว่า ประสิทธิภาพของหอสูงกว่าเมื่อป้อนอากาศและสารละลายด้วยอุณหภูมิปกติถึง 70 - 80% และสูงกว่าเมื่อป้อนอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 83 ซ ด้วยอัตราป้อนเดียวกันถึง 45 - 60%

6.2.4 ผลของการป้อนของเหลวและอากาศด้วยความร้อน

มื่อทำการเปรียบเทียบตารางที่ 5.6.4 กับตารางที่ 5.7.3 พบว่าในย่าอัตราส่วนป้อนอากาศต่อของเหลวช่วงสูงจะให้ผลที่ใกล้เคียงกันโดยที่การป้อนทั้งสารละลายและอากาศด้วยอุณหภูมิสูงจะมีประสิทธิภาพหอที่สูงกว่าเมื่อป้อนสารละลายเข้าหอด้วยความร้อนเพียงอย่างเดียว 5 - 10% ในขณะที่ช่วงอัตราการป้อนอากาศต่อสารละลายต่ำ ๆ จะพบว่าประสิทธิภาพของหอที่การป้อนของเหลวและอากาศด้วยความร้อนจะสูงกว่า 15 - 25% นั่นคือโดยภาพรวมการป้อนอากาศและสารละลายด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 54 - 63 ซ จะทำให้ประสิทธิภาพสูงขึ้นจากเมื่อป้อนที่สภาวะปกติถึง 75 - 80%

เมื่อพิจารณาแรงดันไอของน้ำที่ 20 ซ พบว่าเท่ากับ 15.7 มม.ปรอท ขณะที่อุณหภูมิเดียวกันของไวนิลอะซิเตทมีแรงดันไอเท่ากับ 92.0 มม.ปรอท ซึ่งมากกว่าน้ำ ประมาณ5 เท่า นั่นคือเมื่อป้อนสารละลายด้วยความร้อน พลังงานความร้อนจะถูกใช้ในการแยกไวนิลอะซิเตทออกจากน้ำมากกว่าที่จะแยกน้ำหรือใช้ในการระเหยน้ำโดยประมาณ 5 เท่า นั่นหมายถึงไวนิลจะแยกออกจากน้ำได้ดีเมื่อได้รับการกระตุ้นด้วย พลังงานความร้อนก่อนเข้าหอ พบว่าแม้จะป้อนอากาศด้วยอุณหภูมิที่สูงกว่าและไม่ได้ให้ผลที่ดีนักต่อการาแยกไวนิลอะซิเตทออกจากน้ำ ทั้งนี้เพราะความดันลดที่เกิดขึ้นในหอสูงมากปริมาตรการไหลของอากาศอาจจะยังน้อยเกินไป และประสิทธิภาพของแพคกิ้งต่ำมาก

6.2.5 อิทธิพลของความสูงของแพคกิ้งต่อการถ่ายเทมวลสาร

จากการเปรียบเทียบ 3 กราฟที่เป็นเส้นประสิทธิภาพของหอสำหรับที่ความสูงต่าง ๆ ในภาพที่ 5-5 พบว่า ความสูงของหอมีผลต่อการถ่ายมวลสารในหอน้อยมาก จากตารางที่ 5.8.5 แสดงให้เห็นว่าความสูงของแพคกิ้งมีอิทธิพลต่อค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลน้อยมาก ประมาณได้ว่าค่า K a และค่าประสิทธิภาพของหอไม่น่าจะขึ้นอยู่กับความสูงของแพคกิ้งในหอ หรือความสูงของหอไม่น่าจะมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของหอมากนัก หรือมีผลเพียงเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของนายพอล วี โรเบิร์ต และคณะ ซึ่งทำการทดลองในสารกลุ่มที่สามารถระเหยได้ง่าย นั่นคือไวนิลอะซิเตทสามารถแยกออกจากน้ำได้ด้วยคุณสมบัติทางกายภาพของตัวมันเอง

6.2.6 การป้อนสารที่ความเข้มข้น 1,000 PPM

พบว่าเมื่อทดลองป้อนไวนิลอะซิเตทในน้ำด้วยความเข้มข้น 1,000 PPM ทำให้ได้หอที่สามารถแยกเอาสารเจือปนนี้ออกได้หมดจด หอมีประสิทธิภาพสูงสุด ประมาณได้ว่าหอนี้หรือการแยกสารด้วยแอร์สตริปปิง เหมาะกับการแยกสารที่ความเข้มข้นต่ำ กล่าวคือ 0.1% + 0.05% มากกว่าที่จะมาประยุกต์ใช้กับการแยกสารขนาด 3,000 PPM หรือกระทำการแยกที่ 3,000 PPM โดยการทำหอต่ออนุกรม 3 หอ ก็จะได้คุณสมบัติของน้ำที่มีคุณภาพตามที่ต้องการ

6.2.7 เปรียบเทียบ สมการเมอร์เคล (Merkel) กับสมการการออกแบบหอแยกสตริปปิง

สมการเมอร์เคล เป็นสมการที่ใช้ในการออกแบบคูลลิ่งทาวเวอร์ (Cooling Tower) แบบหอแพคโดยมีสมการคือ

$$\frac{KaV}{L} = \int_{T2}^{T1} \frac{dT}{h'-h}$$

เมื่อเปรียบเทียบกับสมการที่ 9 ซึ่งเป็นสมการการออกแบบหอแยกสารแบบแพคด้วยแอร์สตริปปิง พบว่าเทอมทางด้านซ้ายมือมีความคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ เป็นสมการการออกแบบหอแพคซึ่งกล่าวถึงพื้นที่สัมผัสที่มีประสิทธิผลต่อการถ่ายเทมวลสารหรือถ่ายเทความร้อน ในขณะที่เทอมทางด้านขวามือของสมการเมอร์เคลเป็นเทอมการถ่ายเทความร้อน จากน้ำออกสู่อากาศโดยที่น้ำบางส่วนจะระเหยกลายเป็นไอ (Latent Heat) แต่ในขณะที่เทอมทางด้านซ้ายมือของสมการการออกแบบไอแพคสำหรับแอร์สตริปปิง จะเป็นเทอมของการถ่ายเทมวลสารออกจาก

ของเหลวที่ป้อนของเหลวเป็นการอินทิเกรตปริมาณของเหลวที่ออกจากหอตลอดความสูงของหอ

6.3 วิจารณ์การทดลอง

อุปกรณ์เครื่องใช้ในการทำลอง

1. เครื่องทำน้ำร้อน ผู้วิจัยได้ใช้อุปกรณ์ทำความร้อานแบบเผ่าร้อนขนาด 5,000 วัตต์ ซึ่งต้องใช้การเปิดสวิทซ์ความร้อนอัตโนมัติ ด้วยแรงดันน้ำที่มากพอ ทำให้ปั้มน้ำสูญเสียพลังงานเป็นอย่างมาก (Head loss) ทำให้ช่วงย่านอัตราการไหลของน้ำจึงอยู่ในย่านที่แคบ
2. ปั้มน้ำ ผู้วิจัยได้ใช้ปั้มน้ำขนิดลูกสูบ ซึ่งส่งน้ำได้อย่างไม่ต่อเนื่อง และเรียบเท่าที่ควรจึงต้องมีการานำค่าเฉลี่ยอัตราการไหลของน้ำ ซึ่งอาจทำให้ค่าอัตราการไหลของน้ำคลาดเคลื่อนได้

3. พัดลมส่งอาอาศและชุมทำความร้อน อุปกรณีที่ผู้วิจัยนำมาประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์เป่าผม ซึ่งมีข้อจำกัดมากในการควบคุมแปรผัน อัตราการไหลของอากาศ อุณหภูมิของอากาศ รวมถึงการติดตั้งก็มีอุปสรรคบ้าง ซึ่งทำให้การวิจัยนี้จึงไม่ค่อยจะมีความหลากหลายในปริมาณอากาศที่ป้อนเท่าที่ควร

4. หอแพคกิ้ง ผู้วิจัยมีความจำกัดในเรื่องขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ และความยาวของท่อที่อยู่ภายใต้สภาวะตลาดที่มีจำหน่าย และสะดวกต่อการใช้งานจึงมีความจำกัดในการแปรผันการใช้ความสูงของแพคกิ้งที่หลากหลายพอ

5. การวัดการดูดกลืนแสงยูวี หลังทำการทดลอง 1 คืน ผู้ทำวิจัยจึงรวบรวมไปทำการวิเคราะห์สารที่บริษัท ไทยพลาสติกและเคมีภัณฑ์ จัด (มหาชน) จึงอาจจะมีความคลาดเคลื่อนไปได้บ้างเล็กน้อย เนื่องจากมีการกลายเป็นไอของไวนิลอะซิเตทบางส่วนภายในภาชนะเก็บสารตัวอย่าง ซึ่งได้มีการปิดผนึกไว้แล้วเป็นอย่างดี

6. แพคกิ้ง มีขนาดความยาวไม่เท่ากับความกว้าง ซึ่งขัดกับข้อแนะนำของผู้เชี่ยวชาญโดยทั่วไป และจากตารางที่ 3.2 พบว่าวัสดุที่ใช้ทำแรสชิครงไม่ควรทำจากพลาสติก ซึ่งอาจเป็นเหตุทำให้ประสิทธิภาพของหอตกลงไปได้อย่างมาก

6.4 ข้อเสนอแนะ

จากการทำลองเพื่อศึกษาหาปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการแยกไวนิลอะซิเตทออกจากน้ำ พบว่าปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ควรได้รับการพิจารณาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของหอให้มากขึ้น

1. ปรับค่าอัตราส่วนอากาศต่อน้ำโดยปริมาตร ให้สูงขึ้นกว่าที่ทำวิจัยจนถึงจุดที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงการหลุดกระเด็นของแพคกิ้งเหนือหอ

2. วัสดุแพคกิ้ง ควรทำจากเซรามิค หรืออื่น ๆ ที่แนะนำโดยผู้เชี่ยวชาญ หรืออาจจะพิจารณาจากตารางที่ 3.2 โดยให้มีขนาดที่ได้มาตรฐาน

3. ให้ศึกษาอุณหภูมิของอากาศขาเข้า โดยสัมพันธ์กับความเร็วของการไหล เพื่อจะช่วยให้หอมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น

4. ควรมีการอุ่นสารละลาย หรือกรณีที่สารละลายออกจากกระบวนการผลิตมีความร้อนอยู่ก็ควรให้ผ่านหอนี้ได้เลย

5. ควรมีการปรับให้ความเข้มข้นของของเหลวขาเข้าให้เหมาะสมกับสมรรถนะของหอ หรือออกแบบหอให้ตอบสนองต่อความต้องการในการกำจัดสารเจือปนนี้