บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.1 สรุป

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเครื่องปฏิกรณ์ของไหลลอยตัวด้วยลมแบบท่อร่วมศูนย์กลางที่จำลองนั้นมี Column-Tube ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.762 เมตร และ Draugth-Tube ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.355 เมตร โดยมีของเหลวบรรจุ สูง 3.5 เมตร ซึ่งเป็นแบบหนึ่งที่นิยมใช้กันมากกว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบเครื่องปฏิกรณ์ ชนิด External Loop

เนื่องจากเครื่องปฏิกรณ์ ชนิด External Loop มีรูปร่างเทอะทะและใช้พื้นที่ในการติดตั้งค่อนข้างมากจึงทำให้การติดตั้งและการดูแลระบบบำบัดน้ำเสียชนิดนี้ยุ่งยากต่อการติดตั้งและการดูแลรักษาซึ่งผิดกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบเครื่องปฏิกรณ์ของไหลลอยตัวด้วยลมแบบท่อร่วมศูนย์กลาง ซึ่งมีรูปร่างที่เรียบและใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อยกว่าจึงทำให้การติดตั้งและการดูแลรักษาต่อระบบบำบัดน้ำเสียชนิดนี้ง่ายกว่าแบบ External Loop

จากข้อความข้างต้นระบบบำบัดน้ำเสียแบบเครื่องปฏิกรณ์นั้นเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพในการให้ออกซิเจนแก่น้ำเสียทำให้อัตราการใช้ของอากาศลดลง จากประโยชน์ดังที่กล่าวมาแล้วนั้นพารามิเตอร์ตัวสำคัญที่ควรศึกษาทางด้านไฮโดรไดนามิคที่มีต่อระบบบำบัดน้ำเสียแบบเครื่องปฏิกรณ์ คือ 1. ค่าเศษส่วนช่องว่าง ซึ่งจากผลการทดลองหาค่าเศษส่วนช่องว่างกับกำลังงานที่ใส่นั้นจะได้ว่าเมื่อปริมาตรของอากาศในของเหลวมีค่ามากขึ้นเท่าใดปริมาณการให้ออกซิเจนแก่น้ำเสียมีมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นค่าเศษส่วนช่องว่างเป็นค่าหนึ่งที่มีความสำคัญ 2. ค่าความเร็วของของเหลวในเครื่องปฏิกรณ์เป็นอีกค่าหนึ่งที่มีความสำคัญในการทดลองซึ่งสมการการหาค่าเศษส่วนช่องว่างนั้นค่าความเร็วของของเหลวจะเป็นตัวกำหนดตัวหนึ่งที่กำหนดค่าเศษส่วนช่องว่างด้วย 3. ค่าความเร็วของฟองอากาศในของเหลวโดยที่ความเร็วของฟองอากาศจะเป็นตัวสำคัญตัวหนึ่งในการพิจารณาเนื่องจากเมื่อเศษส่วนช่องว่างมากขึ้นจะส่งผลทำให้การให้ออกซิเจนแก่น้ำเสียมีมากขึ้นตามไปด้วยแต่การที่ให้ค่าเศษส่วนช่องว่างมากจะทำให้ระยะเวลาที่ฟองอากาศสัมผัสกับน้ำเสียมีระยะเวลาที่สั้นลงด้วยเช่นกันซึ่งจะส่งผลทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการจ่ายอากาศไม่คุ้มเท่าที่ควร

จากเหตุผลดังข้างต้นนั้นพารามิเตอร์ทั้งสามค่าทางด้านไฮโดรไดนามิค จึงเป็นพารามิเตอร์หลักที่น่าทำการศึกษา ซึ่งพารามิเตอร์เหล่านั้น ในเครื่องบำบัดน้ำเสียแบบเครื่องปฏิกรณ์จริง ซึ่งมีความสูงตั้งแต่ 40-150 เมตร จะยุ่งยากต่อการทดลองเสียค่าใช้จ่ายมากและพื้นที่ที่ใช้ในการทดลองมีไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงต้องจำลองแบบเครื่องปฏิกรณ์ให้มีขนาดเล็กลงโดยมีขนาดความสูงทั้งหมด 4 เมตร และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.762 เมตร ซึ่งถ้าจำลองแบบเครื่องปฏิกรณ์ให้มีขนาดที่เล็กกว่านี้อาจจะเกิดผลกระทบทางด้านผนังท่อและผลกระทบทางด้านตัวพ่นอากาศไปกระทบต่อค่าไฮโดรไดนามิคและทำให้สมการคณิตศาสตร์ไม่สอดคล้องกับผลการทดลองทางด้านไฮโดรไดนามิคด้วยซึ่งขนาดของแบบจำลองเครื่องปฏิกรณ์ ที่นำมาทดลองนั้นค่าเศษส่วนช่องว่าง และค่าความเร็วของของเหลวกับกำลังที่ใส่จากการทดลองและจากสมการคณิตศาสตร์มีความสอดคล้องกัน ดังนั้นขนาดความสูงและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเครื่องปฏิกรณ์ของไหลลอยตัวด้วยลมแบบท่อร่วมศูนย์กลางที่นำมาทดลองนั้นผลกระทบทางด้านผนังท่อและผลกระทบทางด้านตัวพ่นอากาศจะไม่มีผลต่อค่าไฮโดรไดนามิคในเครื่องปฏิกรณ์ ชนิดนี้เลย

การศึกษาและทดลองเรื่องเครื่องปฏิกรณ์ของไหลลอยตัวด้วยลมแบบท่อร่วมศูนย์กลางมีดังนี้

1. การสร้างแบบบจำลองเครื่องปฏิกรณ์ เพื่อวัดค่าทางด้านไฮโดรไดนามิค
2. " " เพื่อวัดค่าการถ่ายเทมวลของก๊าซกับของเหลว
3. การหาค่าเศษส่วนช่องว่าง ความเร็วของของเหลวและความเร็วของฟองอากาศที่ที่ความสูงใดๆ โดยของเหลวจะเป็นน้ำเสียจำพวกที่ทิ้งตามบ้านเรือน โรงแรมและโรงงานอุตสาหกรรมบางแห่งที่มีคุณสมบัติคล้ายน้ำจากสมการคณิตศาสตร์

จากผลการทดลองในเครื่องปฏิกรณ์ของไหลลอยตัวด้วยลมแบบท่อร่วมศูนย์กลางโดยมีความสูงของของเหลว 3.5 เมตร นั้นข้อมูลที่น่าสนใจมีดังต่อไปนี้

	ของเหลวคือน้ำ
1. ลักษณะเส้นของความสัมพันธ์ระหว่างค่าค่าเศษส่วนช่องว่าง =Y กับกำลังงานที่ใส่ = X	มีลักษณะเป็นเส้นตรง $Y=2.35x10^{-4}X+4.4405x10^{-3}$ โดยมีกำลังงานที่ใส่น้อยสุด 86 วัตต์ ค่าเศษส่วนช่องว่าง เท่ากับ 0.0232 และมีกำลังงานที่ใส่มากสุด 245 วัตต์ ค่าเศษส่วนช่องว่าง เท่ากับ 0.0617
2. ลักษณะเส้นของความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วของของเหลวกับกำลังงานที่ใส่	มีลักษณะเป็นเส้นโค้งโดยมีความชันค่อยๆ ลดลง เมื่อกำลังงานที่ใส่มากขึ้นซึ่งค่าความเร็วของของเหลวเพิ่มขึ้น 53.4% จากค่าความเร็วของของเหลวเท่ากับ 0.02503 m/s เมื่อมีกำลังงานที่ใส่ 86 วัตต์ จนถึง 170 วัตต์ และค่าความเร็วของของเหลวเพิ่มขึ้น 28.5% จากค่าความเร็วของของเหลวเท่ากับ 0.0384 m/s เมื่อมีกำลังงานที่ใส่ 170 วัตต์ จนถึง 245 วัตต์
3. ลักษณะเส้นของความสัมพันธ์ระหว่างค่า k_La_L = Y กับกำลังงานที่ใส่ = X	มีลักษณะเป็นเส้นตรง $Y= 1.21x10^{-4}X+8.558x10^{-4}$ โดยมีกำลังงานที่ใส่น้อยสุด 86 วัตต์ ค่า k_La_L เท่ากับ 0.01 และมีกำลังงานที่ใส่มากสุด 245 วัตต์ ค่า k_La_L เท่ากับ 0.0308

ตารางที่ 6.1 ก แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าไฮโดรไดนามิค และการถ่ายเทมวลกับกำลังงานที่ใส่ในน้ำ

	ของเหลวที่มีความหนืด 0.023 Pa.s
1. ลักษณะเส้นของความสัมพันธ์ระหว่างค่าค่าเศษส่วนช่องว่าง = Y กับกำลังงานที่ที่ใส่ = X	มีลักษณะเป็นเส้นตรง $Y=2.5912x10^{-4}X-4.2305x10^{-3}$ โดยมีกำลังงานที่ใส่น้อยสุด 86 วัตต์ ค่าเศษส่วนช่องว่าง เท่ากับ 0.0168 และมีกำลังงานที่ใส่มากสุด 245 วัตต์ ค่าเศษส่วนช่องว่าง เท่ากับ 0.0534
2. ลักษณะเส้นของความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วของของเหลวกับกำลังงานที่ใส่	มีลักษณะเป็นเส้นโค้งโดยมีความชันค่อยๆ ลดลง เมื่อกำลังงานที่ใส่มากขึ้นซึ่งค่าความเร็วของของเหลวเพิ่มขึ้น 56.1% จากค่าความเร็วของของเหลวเท่ากับ 0.0219 m/s เมื่อมีกำลังงานที่ใส่ 86 วัตต์ จนถึง 170 วัตต์ และค่าความเร็วของของเหลวเพิ่มขึ้น13.45% จากค่าความเร็วของของเหลวเท่ากับ 0.0342 m/s เมื่อมีกำลังงานที่ใส่ 170 วัตต์ จนถึง 245 วัตต์
3. ลักษณะเส้นของความสัมพันธ์ระหว่างค่า k_La_L =Y กับกำลังงานที่ใส่=X	มีลักษณะเป็นเส้นตรง $Y= 1.2715x10^{-4}X-4.7634x10^{-3}$ โดยมีกำลังงานที่ใส่น้อยสุด 86 วัตต์ ค่า k_La_L เท่ากับ 0.0051 และมีกำลังงานที่ใส่มากสุด 245 วัตต์ ค่า k_La_L เท่ากับ 0.025

ตารางที่ 6.1 ข แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าไฮโดรไดนามิค และการถ่ายเทมวลกับกำลังที่ใส่ในของเหลวที่มีความหนืด 0.023 Pa.s

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	ของเหลวที่มีความหนืด 0.052 Pa.s
1. ลักษณะเส้นของความสัมพันธ์ระหว่างค่าค่าเศษส่วนช่องว่าง = Y กับกำลังงานที่ที่ใส่ = X	มีลักษณะเป็นเส้นตรง $Y=2.679x10^{-4}X-0.01076$ โดยมีกำลังงานที่ใส่น้อยสุด 86 วัตต์ ค่าเศษส่วนช่องว่าง เท่ากับ 0.0097 และมีกำลังงานที่ใส่มากสุด 245 วัตต์ ค่าเศษส่วนช่องว่าง เท่ากับ 0.0468
2. ลักษณะเส้นของความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วของของเหลวกับกำลังงานที่ใส่	มีลักษณะเป็นเส้นโค้งโดยมีความชันค่อยๆ ลดลง เมื่อกำลังงานที่ใส่มากขึ้นซึ่งค่าความเร็วของของเหลวเพิ่มขึ้น 70% จากค่าความเร็วของของเหลวเท่ากับ 0.0198 m/s เมื่อมีกำลังงานที่ใส่ 86 วัตต์ จนถึง 170 วัตต์ และค่าความเร็วของของเหลวเพิ่มขึ้น 9.8 % จากค่าความเร็วของของเหลวเท่ากับ 0.0337 m/s เมื่อมีกำลังงานที่ใส่ 170 วัตต์ จนถึง 245 วัตต์
3. ลักษณะเส้นของความสัมพันธ์ระหว่างค่า k_La_L = Y กับกำลังงานที่ใส่ = X	มีลักษณะเป็นเส้นตรง $Y= 1.0909x10^{-4}X-5.009x10^{3}$ โดยมีกำลังงานที่ใส่น้อยสุด 86 วัตต์ ค่า k_La_L เท่ากับ 0.0041 และมีกำลังงานที่ใส่มากสุด 245 วัตต์ ค่า k_La_L เท่ากับ 0.021

ตารางที่ 6.1 ค แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าไฮโดรไดนามิค และการถ่ายเทมวลกับกำลังงานที่ใส่ในของเหลวที่มีความหนืด 0.052 Pa.s

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดังนั้นสรุปว่าเมื่อน้ำของเหลวมาทดลองที่มีความหนืดมากขึ้นจะทำให้ค่าต่างๆ ทางด้านไฮโดรไดนามิคและการถ่ายเทมวลของก๊าซกับของเหลวใน ของเหลวที่มีความหนืดมากมีค่าน้อยกว่าค่าต่างๆ ในของเหลวที่มีความหนืดน้อยกว่าเสมอ จากผลที่ได้จากการทดลองสามารถนำมาวิเคราะห์กับของเหลวซึ่งเป็นน้ำเสียที่มีความหนืดต่างกันได้ว่าในเครื่องบำบัดน้ำเสียแบบเครื่องปฏิกรณ์จริงนั้นจะใช้กำลังในการปั๊มอากาศหรือระยะเวลาในการปั๊มอากาศแก่น้ำเสียจำพวกที่มีน้ำตาล, กลีเซอรอล เป็นต้นจนมีความหนืดมาก, น้ำเสียจำพวกที่มีสารพลาสติกเทียม, บริงแฮมพลาสติกปน และน้ำเสียจำพวก Mycelial Slurries มากกว่า หรือนานกว่าน้ำเสียที่ทิ้งตามบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมบางแห่ง ซึ่งเป็นน้ำเสียที่มีคุณสมบัติคล้ายกับน้ำเพื่อจะให้ได้น้ำเสียเหล่านั้นมีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนดไว้เมื่อรูปแบบของเครื่องปฏิกรณ์ และความลึกของตัวพ่นอากาศที่ติดตั้งเหมือนกัน

ส่วนการหาค่าเศษส่วนช่องว่าง สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของปริมาตรทั้งหมด ความเร็วของของเหลวและความเร็วของก๊าซที่ความลึกใดๆ ในเครื่องปฏิกรณ์โดยมีความลึกเท่ากับ 40 เมตร, 60 เมตร และ 80 เมตร และมี Column-tube ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.4 เมตร, Draught-tube ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.9 เมตร เมื่ออัตราการไหลของอากาศที่ให้เครื่องปฏิกรณ์ เท่ากับ 0.01 kgs^{-1} และ 0.02 kgs^{-1} จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ถ้าความลึกของตัวพ่นอากาศทางด้าน Downcomer ลึกมากขึ้นจะทำให้แรงต้านการเคลื่อนที่ของอากาศในของเหลวทางด้าน Downcomer น้อยลงจึงทำให้ความเร็วของของเหลวและความเร็วของก๊าซในเครื่องปฏิกรณ์ มากขึ้นเมื่อความลึกของของเหลวและอัตราการไหลของอากาศที่ให้เครื่องปฏิกรณ์ เท่ากัน

2. ถ้าความลึกของเครื่องปฏิกรณ์มากขึ้น จะทำให้ความเร็วของของเหลวและความเร็วก๊าซมากขึ้นตามทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของกำลังงานที่ใส่ทางด้าน Riser (การขยายตัวของอากาศในของเหลว) มากกว่าการเพิ่มขึ้นของกำลังงานที่สูญเสียในเครื่องปฏิกรณ์เมื่ออัตราส่วนความลึกของของตัวพ่นอากาศต่อความลึกของเครื่องปฏิกรณ์เท่ากัน และอัตราการไหลของอากาศเท่ากัน

3. ในกรณีที่ความลึกของตัวพ่นอากาศเท่ากันและอัตราการไหลของอากาศที่ให้เครื่องปฏิกรณ์เท่ากันจะพบว่า ถ้าความลึกของเครื่องปฏิกรณ์มากขึ้นทำให้ความเร็วของของเหลวและความเร็วของก๊าซน้อยลง ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของกำลังงานที่สูญเสียในเครื่องปฏิกรณ์

มากกว่าการเพิ่มขึ้นของกำลังงานที่ใส่ทางด้าน Riser (การขยายตัวของอากาศในของเหลว)

4. ถ้าอัตราการไหลของอากาศในเครื่องปฏิกรณ์เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าเศษส่วนช่องว่าง ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของปริมาตรทั้งหมด ค่าความเร็วของของเหลว และค่าความเร็วของก๊าซ เพิ่มขึ้นตามเมื่อความสูงของเครื่องปฏิกรณ์เท่ากัน และความลึกของตัวพ่นอากาศเท่ากัน

5. ค่าเศษส่วนช่องว่าง ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของปริมาตรทั้งหมด ค่าความเร็วของของเหลว และค่าความเร็วของก๊าซจะลดลงตามความลึกของเครื่องปฏิกรณ์เสมอ

6. จากผลข้อ 1 ทำให้พบว่าแรงด้านการเคลื่อนที่ของก๊าซในของเหลวมีผลต่อการเคลื่อนที่ของของไหลมากกว่าแรงเสียดทานที่ของไหลกระทำต่อผนังท่อ

7. ค่าความเร็วของก๊าซจะน้อยกว่าค่าความเร็วของของเหลวทางด้าน Downcomer เสมอ แต่ค่าความเร็วของก๊าซจะมากกว่าค่าความเร็วของของเหลวทางด้าน Riser เสมอ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.2 ข้อเสนอแนะ

อย่างไรก็ดีเนื่องจากการทดลองเครื่องปฏิกรณ์ของไหลลอยตัวด้วยลมแบบท่อร่วมศูนย์กลางนั้นอุปกรณ์บางอย่างอาจจะมีการบกพร่องอยู่บ้าง ซึ่งอาจเป็นผลทำให้ข้อมูลและผลการทดลองที่ได้เกิดการผิดพลาดขึ้นได้ ดังนั้นควรจะพัฒนาและปรับปรุงดังต่อไปนี้

ก. การหาค่าเศษส่วนช่องว่าง นั้นจากการทดลองจะทำการวัดค่าเศษส่วนช่องว่างเพียงด้านเดียวซึ่งจะเป็นผลทำให้ได้ข้อมูลจากการวัดค่าเศษส่วนช่องว่างเฉลี่ยไม่ละเอียดพอดังนั้นจึงควรทำการวัดมากกว่าหนึ่งด้านเพื่อจะได้ข้อมูลในการวัดเศษส่วนช่องว่างเฉลี่ยที่ละเอียดทั่วทั้งท่อที่ทำการทดลอง

ข. ควรทำการทดลองต่อจากนี้ โดยการเปลี่ยนของเหลวลอกเลียนจากน้ำเป็นของเหลวลอกเลียนแบบใหม่แทนคือ สารจำพวก Carboxymethyl Cellulose (CMC), Polyacylamide และ Xanthan Gums ในน้ำ หรือพวก Solka-Floc Cellulose Fibre ในน้ำ

ค. จากการทดลองนั้นได้ทำการทดลองถึงกำลังงานที่ใส่เท่ากับ 245 วัตต์เท่านั้นควรทำการทดลองต่อจากนี้ไปอีกเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ทางด้านไฮโดรไดนามิคและการถ่ายเทมวลของก๊าซกับของเหลวที่มีต่อกำลังงานที่ใส่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย