บทที่ 6

สรุป

6.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสามารถสรุปได้เป็นข้อ ๆ ดังนี้

6.1.1 การศึกษากลไกของระบบโคเอเลสเซนซ์

1. สารชั้นตัวกลางชนิดเรซินที่น้ำจับยึดมีประสิทธิภาพการบำบัดทีโอซี สูงกว่าสารชั้นตัวกลางชนิดเรซินที่น้ำมันจับยึด สารชั้นตัวกลางชนิดทรายที่น้ำมันจับยึดมีประสิทธิภาพการกำจัดทีโอซีสูงกว่าสารชั้นตัวกลางชนิดทรายที่น้ำจับยึด โดยที่สารชั้นตัวกลางชนิดทรายที่น้ำมันจับยึดมีค่าประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 97.62

2. ประสิทธิภาพการบำบัดทีโอซีจะแปรผันตามความสูงของชั้นตัวกลางที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่าสูงสุดที่ความสูงวิกฤต ความสูงที่เพิ่มขึ้นจากความสูงวิกฤตจะไม่มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการสูญเสียแรงดันน้ำจะแปรผันตามความสูงของชั้นตัวกลางที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่าความชันเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงต่ำกว่าความสูงวิกฤต จะมีค่าความชันสูงกว่าในช่วงสูงกว่าความสูงวิกฤต

3. สารตัวกลางที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.1 มิลลิเมตรมีประสิทธิภาพการบำบัดทีโอซีสูงกว่าสารตัวกลางขนาด 0.55 มิลลิเมตร และการสูญเสียแรงดันน้ำมีค่าสูงกว่าด้วย โดยมีค่าร้อยละ 98 และการสูญเสียแรงดันน้ำเท่ากับ 85 มิลลิเมตร ของปรอท

4. ระบบที่มีอัตราความเร็วในการบำบัด 2 ลิตร / ม^2-วินาที ประสิทธิภาพการบำบัดทีโอซีสูงกว่าระบบที่มีอัตราเร็วในการบำบัด 14 ลิตร / ม^2-วินาที โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 97.62 และ 95.67 ตามลำดับ และการสูญเสียแรงดันน้ำเท่ากับ 73 และ 150 มิลลิเมตร ของปรอท

6.1.2 <u>การศึกษาการทำงานระยะเวลายาวนานของระบบโคเอเลสเซนซ์</u>

เมื่อระบบโคเอเลสเซนซ์ทำงานในระยะเวลายาวนาน สารชั้นตัวกลางจะกระทำตัวเป็นชั้นกรอง กรองสารแขวนลอยอื่น ๆ ที่ปะปนอยู่ในสารต่อเนื่องด้วย ในขณะเดียวกันสารแขวนลอยก็มีการหลุดลอยออกชั้นตัวกลางด้วย ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดทีโอซีและการสูญเสียแรงดันน้ำของระบบเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา โดยมีลักษณะดังนี้

1. คุณสมบัติของสารชั้นตัวกลาง

- ประสิทธิภาพการบำบัดทีโอซีของสารชั้นตัวกลางชนิดเรซินที่น้ำมันจับยึด มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าชั้นตัวกลางชนิดทรายทั้งสองชนิด โดยมีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยใกล้เคียงกันทุกชนิด โดยมีค่าประมาณร้อยละ 90

- การสูญเสียแรงดันน้ำของสารชั้นตัวกลางชนิดเรซินที่น้ำจับยึดมีค่าสูงสุด เนื่องจากการขยายตัวของสารชั้นตัวกลาง โดยมีค่าเท่ากับ 510 มิลลิเมตร ของปรอท

2. คุณสมบัติความสูงของชั้นตัวกลาง

- การเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพการบำบัดทีโอซีมีลักษณะใกล้เคียงกันทุกระดับความสูง โดยที่ประสิทธิภาพเฉลี่ยยังคงแปรผันตามความสูง จนกระทั่งถึงความสูงวิกฤต

- การสูญเสียแรงดันน้ำเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นตามความสูง โดยการเปลี่ยนแปลงการสูญเสียแรงดันน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสารชั้นตัวกลางชนิดทรายที่น้ำจับยึด และทรายที่น้ำมันจับยึดเนื่องจากลักษณะรูปร่างของอนุภาค

3. คุณสมบัติ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอนุภาคของชั้นตัวกลาง สรุปได้ว่า

- ประสิทธิภาพการบำบัด[illegible]แปรผกผันกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอนุภาคของสารชั้นตัวกลาง และค่าการเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพการบำบัดไม่ขึ้นกับ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอนุภาคของสารชั้นตัวกลาง

- การสูญเสียแรงดันน้ำในระยะเวลายาวนาน ไม่ขึ้นกับขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางอนุภาคของสารชั้นตัวกลาง สำหรับค่าการเปลี่ยนแปลงของการสูญเสียแรงดันน้ำไม่ขึ้นกับขนาดของเส้นผ่าศูนย์การอนุภาคของสารชั้นตัวกลางนั้น ๆ

4. คุณสมบัติ อัตราความเร็วในการบำบัด สรุปได้ดังนี้

- ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบที่มีอัตราเร็วในการบำบัดสูงกว่ามีค่าสูงกว่าของระบบที่มีอัตราเร็วต่ำกว่า โดยมีค่าร้อยละ 93.57 และความเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่า 1.15

- การสูญเสียแรงดันน้ำในระบบอัตราการบำบัด 12 ลิตร / ม²-วินาที ค่าการสูญเสียแรงดันน้ำมีค่าเฉลี่ย 281.20 สูงกว่าในระบบอัตราการบำบัด 3 ลิตร / ม²-วินาที

6.1.3 <u>การศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบโคเอเลสเซนต์กับโรงงานอุตสาหกรรม</u>

1. น้ำเสียที่เกิดจากโรงงานสยามน้ำมันละหุ่ง มีประสิทธิภาพการบำบัดทีโอซีร้อยละ 33 และร้อยละ 64 เมื่อใช้สารชั้นตัวกลางขนาด 0.35 มม. และ 0.1 มม. ตามลำดับ

2. น้ำเสียที่เกิดจากโรงงานชนากร ตามแหล่งที่เกิดดังนี้

- บริเวณชั้นตอนทำให้เป็นกลาง (Neutralization) มีประสิทธิภาพการบำบัดทีโอซีเท่ากับ 0

- บริเวณชั้นตอนแยกน้ำมันออก มีประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 2.44 และร้อยละ 1.25 โดยใช้ความสูงของชั้นตัวกลาง 8 เซนติเมตร และ 4 เซนติเมตร ตามลำดับ

- บริเวณชั้นตอนแยกตัวทำละลายเฮกเซน มีประสิทธิภาพการบำบัดทีโอซีร้อยละ 30

- บริเวณไอน้ำควบแน่น มีประสิทธิภาพการบำบัดทีโอซีร้อยละ

สาเหตุที่ทำให้ระบบโคเอเลสเซอร์มีประสิทธิภาพการบำบัดต่ำเนื่องจากมีสารลดแรงตึงผิว และอนุภาคของสารกระจายมีขนาดเล็กมาก

6.2 ความสำคัญทางวิศวกรรม

ระบบโคเอเลสเซนซ์เป็นระบบที่ใช้แยกน้ำมันออกจากน้ำเสียที่มีน้ำมันเจือปนอยู่ในรูปของอิมัลชั่น โดยทำให้อนุภาคน้ำมันเกิดการรวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อเพิ่มความเร็วในการลอยตัว ตามกฎของสโต๊ก (Stoke's Law) ทำให้สามารถลดขนาดของพื้นที่ตกตะกอนลงได้มาก

จากการแยกน้ำมันออกจากน้ำเสียโดยอาศัยหลักการนี้ สามารถสรุปข้อดีและข้อเสียต่าง ๆ ได้ดังนี้

ข้อดีของระบบโคเอเลสเซนซ์

- มีประสิทธิภาพการบำบัดสูง จากการทดลองพบว่าโคเอเลสเซนซ์สามารถแยกน้ำมันออกจากน้ำเสียได้ร้อยละ 85 - 90

- ระบบโคเอเลสเซนซ์สามารถรับน้ำเสียได้ปริมาณมาก ๆ โดยใช้พื้นที่ในการบำบัดน้อย จากการทดลองเครื่องโคเอเลสเซอร์มีพื้นที่หน้าตัด 19.63 ตารางเซนติเมตร อัตราความเร็วในการบำบัด 3 ลิตร / มี-วินาที ซึ่งคิดเป็นปริมาณน้ำเสียเท่ากับ 10,800 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง

- ระบบโคเอเลสเซนซ์สามารถทำงานในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง ๆ ได้ โดยสามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิถึง 120 องศาเซลเซียล

- ระบบโคเอเลสเซนซ์เป็นระบบที่ไม่ต้องใช้สารเคมี จึงมีความสิ้นเปลืองในการดำเนินการน้อย และไม่ต้องอาศัยผู้มีความรู้สูงในการปฏิบัติการ รวมทั้งง่ายต่อการควบคุมดูแล

- ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบโคเอเลสเซนซ์มีค่าต่ำ โดยมีลักษณะเดียวกับเครื่องกรองน้ำ

ข้อเสียของระบบโคเอเลสเซนซ์

- ประสิทธิภาพการบำบัดต่ำ เมื่อน้ำเสีย มีสารลดแรงตึงผิวปนอยู่

การนำระบบโคเอเลสเซนซ์ไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น มีแพร่หลายมานานและหลายแห่ง โดยมากจะเป็นโรงกลั่นน้ำมัน โดยมีการใช้ในส่วนต่าง ๆ ของโรงกลั่น ดังนี้

- ใช้กับน้ำเสียจาก refinery boiler condensate ดังตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 6.1 แสดงโรงกลั่นที่มีการใช้ระบบโคเอเลสเซนซ์

โรงกลั่น	เมือง	ประเทศ	ปริมาณน้ำเสียที่บำบัด (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)
ELF	Ambes	ฝรั่งเศส	20
ELF	Donges	ฝรั่งเศส	110
TOTAL	Dunkerque	ฝรั่งเศส	70
ARAMCO		ซาอุดิอาระเบีย	10
YPF		อาร์เจนตินา	100
I.P.C.		อิรัก	70

- ใช้กับน้ำเสียจาก Ballast Water ได้แก่ ท่าเรือ Brest และท่าเรือ Bayonne สามารถรับปริมาณน้ำเสียได้ 250 และ 100 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ

ในการใช้ระบบโคเอเลสเซนซ์กับโรงงานผลิตน้ำมันพืช พบว่าขั้นตอนของการผลิตน้ำมันพืช ในขั้นตอนการทำน้ำมันให้เป็นกลางก่อให้เกิดน้ำสบู่ขึ้น ซึ่งเป็นสารลดแรงตึงผิว ดังนั้นการใช้ระบบโคเอเลสเซนซ์จึงมีประสิทธิภาพการบำบัดต่ำ นอกจากน้ำเสียจากขั้นตอนการควบแน่นของไอน้ำ ซึ่งมีประสิทธิภาพการบำบัดสูงซึ่งสามารถนำน้ำส่วนนี้ภายหลังจากผ่านระบบโคเอเลสเซนซ์แล้วกลับไปใช้ได้

ประสิทธิภาพการบำบัดจากขั้นตอนต่าง ๆ ของโรงงานขนาดรผลิตภัณฑ์น้ำมันพืชมีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6.2 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดจากขั้นตอนต่าง ๆ

น้ำเสียจากขั้นตอน	ประสิทธิภาพการบำบัดทีโอซี (ร้อยละ)
การแยกตัวทำละลายเฮกเซนออก	30
การทำน้ำมันให้เป็นกลาง (การทดลองที่ 1)	0
(การทดลองที่ 2)	0
การแยกกัมออก (การทดลองที่ 1)	2.44
(การทดลองที่ 2)	1.25
การควบแน่นของไอน้ำ	100

อย่างไรก็ตามในกรณีที่น้ำเสียไม่ปรากฏสารลดแรงตึงผิวเจือปน จากการทดลองในการออกแบบระบบโคเอเลสเซนซ์ ควรคำนึงถึงประสิทธิภาพการบำบัด และการลดอิทธิพลของสารแขวนลอย ซึ่งจะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงและคงที่ ตลอดจนไม่ต้องทำการล้างย้อนเครื่องโคเอเลสเซอร์ หรือเพิ่มระยะเวลาในการล้างย้อนให้นานขึ้น โดยสารที่ใช้เป็นชั้นตัวกลางควรเป็นสารเรซินที่น้ำมันจับยึด มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคเท่ากับ 0.35 มิลลิเมตร ความสูงตัวกลาง 8 เซนติเมตร โดยมีอัตราความเร็วในการบำบัด 12 ลิตร/ม^2-วินาที สำหรับค่าพารามิเตอร์ของการออกแบบ ควรทดลองกับน้ำเสียจริงโดยใช้ค่าดังกล่าวข้างต้นเป็นเกณฑ์

6.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

1. ศึกษาปรับปรุงระบบโคเอเลสเซนซ์ให้ใช้กับน้ำเสียที่มีสารลดแรงดึงผิวปะปนอยู่ โดยใช้สารส้มเพื่อลดอิทธิพลของสารลดแรงดึงผิว

2. ศึกษาหาอัตราความเร็วที่เหมาะสม เมื่อระบบทำงานอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน