บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองศึกษาผลของอีดีทีเอต่อกระบวนออกซิเดชันของไซยาไนด์ด้วยไฟฟ้าและรังสีอัลตราไวโอเลต สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดไซยาไนด์ในน้ำเสียสังเคราะห์ไซยาไนด์ โดยใช้กระบวนการออกซิเดชันด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับไททาเนียมไดออกไซด์นั้น คือ ความเข้มข้นของไททาเนียมไดออกไซด์เท่ากับ 0.1 กรัมต่อลิตร และอัตราการเติมอากาศเท่ากับ 0.2 ลิตรต่อนาที (0. 27 ลิตรต่อนาที/ลิตรของสารละลาย) โดยเวลาที่ต้องใช้เพื่อกำจัดไซยาไนด์ให้เหลือ 90% ต้องใช้เวลาเท่ากับ 260 นาที แต่ถ้าต้องการกำจัดให้เหลือ 99% จะต้องใช้เวลาเพิ่มเป็น 380 นาที ส่วนการกำจัดไซยาไนด์โดยกระบวนการออกซิเดชันด้วยไฟฟ้านั้น การเพิ่มกระแสไฟฟ้าที่ใช้นั้นจะทำให้อัตราการกำจัดไซยาไนด์มีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

2. การกำจัดไซยาไนด์ในน้ำเสียสังเคราะห์ไซยาไนด์ให้มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนด (0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร) โดยกระบวนการออกซิเดชันด้วยไฟฟ้านั้น เมื่อทดลองโดยใช้กระแสไฟฟ้าเท่ากับ 2.5 แอมแปร์ จะต้องใช้เวลาเท่ากับ 332 นาที คิดเป็นพลังงานประมาณ 318.8 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/กิโลกรัมไซยาไนด์ หรือเมื่อคิดเป็นค่าไฟฟ้าจะมีค่าประมาณ 95.64 บาทต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำเสีย (ไซยาไนด์เริ่มต้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 3.00 บาท/หน่วย)

3. ส่วนการกำจัดไซยาไนด์ในน้ำเสียสังเคราะห์โดยการออกซิเดชันด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับไททาเนียมไดออกไซด์ให้ต่ำกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร นั้นจะต้องใช้เวลาประมาณ 913 นาที คิดเป็นพลังงานที่ต้องใช้ประมาณ 1143.5 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/กิโลกรัมไซยาไนด์ หรือเมื่อคิดเป็นค่าไฟฟ้าจะมีค่าประมาณ 343.05 บาทต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำเสีย (ไซยาไนด์เริ่มต้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 3.00 บาท/หน่วย)

4. ทั้งกระบวนการออกซิเดชันด้วยไฟฟ้า และรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับไททาเนียมไดออกไซด์ พบว่าปฏิกิริยาในการกำจัดไซยาไนด์ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเมื่อเทียบกับความเข้มข้นของไซยาไนด์

5. การกำจัดอีดีทีเอในน้ำเสียสังเคราะห์อีดีทีเอ โดยใช้กระบวนการออกซิเดชันด้วยไฟฟ้านั้น ไม่สามารถที่จะนำมาใช้ในการกำจัดอีดีทีเอได้ ส่วนการกำจัดอีดีทีเอโดยกระบวนการออกซิเดชันด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับไททาเนียมไดออกไซด์นั้น พบว่า อัตราการกำจัดอีดีทีเอนั้นจะมีค่าที่ต่ำ โดยการกำจัดอีดีทีเอเหลือ 80% นั้นจะต้องใช้เวลาประมาณ 540 นาที

6. จากการศึกษาถึงผลของอีดีทีเอ ที่มีต่อประสิทธิภาพในการกำจัดไซยาไนด์ในน้ำเสียสังเคราะห์ไซยาไนด์และอีดีทีเอ พบว่า สำหรับกระบวนการออกซิเดชันด้วยไฟฟ้า การเพิ่มขึ้นของอีดีทีเอจะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดไซยาไนด์ดีขึ้นเล็กน้อย โดยสังเกตได้จากค่าคงที่อัตรา, K ที่มีค่าเพิ่มขึ้น โดยเมื่อไม่มีอีดีทีเอจะเท่ากับ 0.0248 นาที$^{-1}$ แต่เมื่อมีอีดีทีเอ 15 กรัมต่อลิตรจะเพิ่มขึ้นเป็น 0.0252 นาที$^{-1}$ และเมื่อมีอีดีทีเอ 22.5 กรัมต่อลิตร ค่า K จะมีค่าเท่ากับ 0.0261 นาที$^{-1}$ เป็นผลมาจากการที่อีดีทีเอสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของผิวสัมผัสของระหว่างอิเล็กโทรด/สารละลาย ทำให้อิเล็กตรอนสามารถถ่ายเทได้ง่ายขึ้น (Rosangela et al.,2003)

7. การกำจัดไซยาไนด์ในน้ำเสียสังเคราะห์ไซยาไนด์ และอีดีทีเอ โดยกระบวนการออกซิเดชันด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับไททาเนียมไดออกไซด์นั้น อีดีทีเอจะส่งเสียต่อประสิทธิภาพในการกำจัดไซยาไนด์ โดยจะทำให้อัตราการกำจัดไซยาไนด์มีค่าต่ำลง เนื่องจากอีดีทีเอนั้นสามารถที่จะกำจัดได้โดยวิธีการนี้ ทำให้เกิดการแย่งพื้นที่ผิวของไททาเนียมไดออกไซด์ระหว่างไซยาไนด์ และ อีดีทีเอ ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการกำจัดทั้งไซยาไนด์ และไททาเนียมไดออกไซด์มีค่าลดลง

8. การเพิ่มขึ้นของอีดีทีเอในน้ำเสีย ยังส่งผลดีต่อกระบวนการออกซิเดชันด้วยไฟฟ้าอีกทางหนึ่ง คือ ทำให้พลังงานที่ต้องใช้เพื่อกำจัดไซยาไนด์มีค่าลดลง โดยเมื่อใช้กระแสไฟฟ้าเท่ากับ 2.5 แอมแปร์ น้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีอีดีทีเอจะต้องใช้พลังงาน 170.2 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/กิโลกรัม (51.05 บาทต่อลูกบาศก์เมตรน้ำเสีย) เมื่อต้องการกำจัดไซยาไนด์ 99% แต่เมื่อมีอีดีทีเอในน้ำเสียสังเคราะห์ 15 กรัมต่อลิตร พลังงานที่ต้องใช้ลดลงเหลือเพียง 132.5 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัมของไซยาไนด์ (39.75 บาทต่อลูกบาศก์เมตรน้ำเสีย) ส่วนการกำจัดไซยาไนด์ 99% ด้วยรังสี

อัลตราไวโอเลตร่วมกับ ไททาเนียมไดออกไซด์นั้น ต้องใช้ถึง 1280 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัมไซยาไนด์ (384.00 บาทต่อลูกบาศก์เมตรน้ำเสีย)

5.2 ความสำคัญทางด้านวิศวกรรมและการนำไปใช้ประโยชน์

จากการศึกษาผลของอีดีทีเอต่อกระบวนออกซิเดชันของไซยาไนด์ด้วยไฟฟ้า และรังสีอัลตราไวโอเลต สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดังนี้

1. ทราบถึงเวลาสัมผัสที่ต้องใช้ในการทำปฏิกิริยาการกำจัดไซยาไนด์ในน้ำเสีย เพื่อที่จะนำไปปรับปรุงใช้กับระบบการกำจัดแบบต่อเนื่อง

2. เป็นแนวทางในการขยายขนาดของระบบ (Scale-Up) เพื่อที่จะสามารถนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานขนาดเล็กซึ่งมีน้ำเสียในปริมาณที่ไม่มาก ไม่คุ้มค่าใช้จ่ายที่จะส่งไปบำบัดยังบริษัทรับกำจัดกากอุตสาหกรรม

3. เป็นแนวทางในการเลือกระบบบำบัดน้ำเสียไซยาไนด์ที่มีสารอื่นๆเป็นองค์ประกอบรวมอยู่ด้วย

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองผลของอีดีทีเอต่อกระบวนออกซิเดชันของไซยาไนด์ด้วยไฟฟ้า และรังสีอัลตราไวโอเลต ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมดังนี้

1. ศึกษาการกำจัดไซยาไนด์ในน้ำเสียด้วยการใช้แสงอาทิตย์แทนการใช้หลอดยูวี หรือการใช้กระบวนการ ยูวี/ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

2. ศึกษาถึงพารามิเตอร์อื่นๆซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดไซยาไนด์ เช่น พีเอชเริ่มต้น ความเข้มข้นของไซยาไนด์เริ่มต้น กำลังของหลอดยูวีที่ใช้ หรือชนิดของแอโนด และแคโทดซึ่งนำมาใช้ในกระบวนการออกซิเดชันด้วยไฟฟ้า

3. ศึกษาการใช้ตัวเร่งปฏิริยาอื่นๆ หรือปรับปรุงไททาเนียมไดออกไซด์ ให้มีประสิทธิภาพที่ดีมากขึ้น โดยวิธีการกระตุ้นด้วยโลหะชนิดอื่นๆ เช่น โครเมียม หรือ วานาเดียม

4. ศึกษาสารเคมีชนิดอื่นซึ่งอาจจะปนในน้ำเสียไซยาไนด์ เช่น ไขมัน หรือ โลหะหนัก เป็นต้น

5. ศึกษาถึงการนำวิธีอัลคาไลน์คลอริเนชันมาใช้ร่วมกับการกำจัดโดยใช้ไฟฟ้า หรือรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับไททาเนียมไดออกไซด์