

ระบบการบำบัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรมยาง



เรียบเรียงโดย ดารณี เจริญสุข

ปัญหามลพิษทางน้ำจากอุตสาหกรรมยางส่วนใหญ่มาจากน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตและน้ำล้างรวมถึงของเสียที่ได้จากกระบวนการผลิต ซึ่งก่อนการปล่อยน้ำลงสู่แหล่งน้ำนั้นจำเป็นต้องมีการบำบัดน้ำเสียก่อน เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมของกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2539 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม [1]

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	5.5-9.0	วัดด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
2. ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total dissolved solid; TDS)	- ไม่เกิน 3,000 mg/l หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 5,000 mg/l - น้ำทิ้งที่จะระบายลงแหล่งน้ำกร่อยที่มีค่าความเค็ม (salinity) เกิน 2,000 mg/l หรือสูงสู่ทะเล ค่าที่ติเอสในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่าที่ติเอสที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือน้ำทะเลได้ไม่เกิน 5,000 mg/l	ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103-105°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
3. สารแขวนลอย (suspended solids)	ไม่เกิน 50 mg/l หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบบำบัดน้ำเสีย ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 150 mg/l	กรองผ่านแผ่นกรองใยแก้ว (glass fiber filter disc)
4. อุณหภูมิ	ไม่เกิน 40°C	วัดด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิ (ขณะเก็บตัวอย่างน้ำ)
5. สีหรือกลิ่น	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	ไม่ได้กำหนด
6. ซัลไฟด์ (Sulfide as H ₂ S)	ไม่เกิน 1.0 mg/l	ไทเทรต
7. ไซยาไนด์ (cyanide as HCN)	ไม่เกิน 0.2 mg/l	กลั่นและตามด้วยการใช้ pyridine barbituric acid
8. น้ำมันและไขมัน (fat, oil and grease)	ไม่เกิน 5.0 mg/l หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 15 mg/l	สกัดด้วยตัวทำละลายแล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน
9. ฟอรัมาลดีไฮด์ (formaldehyde)	ไม่เกิน 1.0 mg/l	สเปกโทรโฟโตเมทรี
10. สารประกอบฟีนอล (phenols)	ไม่เกิน 1.0 mg/l	กลั่นและตามด้วยการใช้ 4-aminoantipyrine
11. คลอรีนอิสระ (free chlorine)	ไม่เกิน 1.0 mg/l	วิเคราะห์ด้วยไอโอดีน (iodometric method)
12. สารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ (pesticide)	ต้องตรวจไม่พบตามวิธีตรวจสอบที่กำหนด	แก๊สโครมาโทกราฟี (gas-chromatography)
13. ค่าบีโอดี (5 วัน ที่อุณหภูมิ 20°C) (biochemical oxygen demand; BOD)	ไม่เกิน 20 mg/l หรือแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 60 mg/l	azide modification ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน
14. ค่าทีเคเอ็น (total Kjeldahl nitrogen; TKN)	ไม่เกิน 100 mg/l หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่ คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 200 mg/l	เจดาห์ล (Kjeldahl method)
15. ค่าซีโอดี (chemical oxygen demand; COD)	ไม่เกิน 120 mg/l หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่ คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 400 mg/l	การย่อยด้วยโพแทสเซียมไดโครเมต (potassium dichromate digestion)

¹ biological oxygen demand; BOD คือ ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้ออกซิเจน ซึ่งค่า BOD สูงแสดงว่าปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำมาก น้ำมีความสกปรกสูง

² chemical oxygen demand; COD คือ คือค่าปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยวิธีการทางเคมี

ตารางที่ 1 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
16. โลหะหนัก (heavy metal)		
16.1 สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 5.0 mg/l	อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตเมทรี (atomic absorption spectrophotometry) ชนิด direct aspiration หรือวิธีพลาสมาอิมิสชันสเปกโทรสโกปี (plasma emission spectroscopy) ชนิด inductively coupled plasma; ICP
16.2 โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (hexavalent chromium)	ไม่เกิน 0.25 mg/l	
16.3 โครเมียมชนิดไตรวาเลนต์ (trivalent chromium)	ไม่เกิน 0.75 mg/l	
16.4 ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 2.0 mg/l	
16.5 แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.03 mg/l	
16.6 แบเรียม (Ba)	ไม่เกิน 1.0 mg/l	
16.7 ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.2 mg/l	
16.8 นิกเกิล (Ni)	ไม่เกิน 1.0 mg/l	
16.9 แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 5.0 mg/l	
16.10 อาร์เซนิก (As)	ไม่เกิน 0.25 mg/l	อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตเมทรี (atomic absorption spectrophotometry) ชนิด hydride generation หรือวิธีพลาสมาอิมิสชันสเปกโทรสโกปี (plasma emission spectroscopy) ชนิด inductively coupled plasma; ICP
16.11 เซเลเนียม (Se)	ไม่เกิน 0.02 mg/l	
16.12 ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.005 mg/l	อะตอมมิกแอบซอร์พชันโคลด์วเอพอร์ (atomic absorption cold vapour technique)

วิธีการบำบัดน้ำเสีย

ในภาพรวมการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมสามารถแบ่งตามกลไกการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสียได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. การบำบัดทางกายภาพ (physical treatment) คือ การแยกสิ่งเจือปนออกจากน้ำเสีย โดยเน้นการลดปริมาณของแข็งที่มีอยู่ในน้ำเสียเป็นหลัก อุปกรณ์หลักในการบำบัดด้วยวิธีนี้ได้แก่ ตะแกรงดักขยะ ถังดักกรวดทราย ถังดักไขมัน ถังตกตะกอน
2. การบำบัดทางเคมี (chemical treatment) คือ การใช้กระบวนการทางเคมีเพื่อทำปฏิกิริยากับสิ่งเจือปนในน้ำเสีย อุปกรณ์หลักในการบำบัดด้วยวิธีนี้ได้แก่ ถังกวนเร็ว ถังกวนช้า ถังตกตะกอน ถังกรอง และถังฆ่าเชื้อโรค
3. การบำบัดทางชีวภาพ (biological treatment) คือ การใช้จุลินทรีย์ (จุลินทรีย์อาจเป็นแบบใช้ออกซิเจน (aerobic organism) หรือแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic organism) ก็ได้) ในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสียที่เป็นสารอินทรีย์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เป็นต้น การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีนี้มีหลายระบบ เช่น
 - ระบบตะกอนเร่ง (activated sludge; AS)
 - ระบบบ่อเติมอากาศ (aerated lagoon; AL)
 - ระบบยูเอเอสบี (upflow anaerobic sludge blanket; UASB)

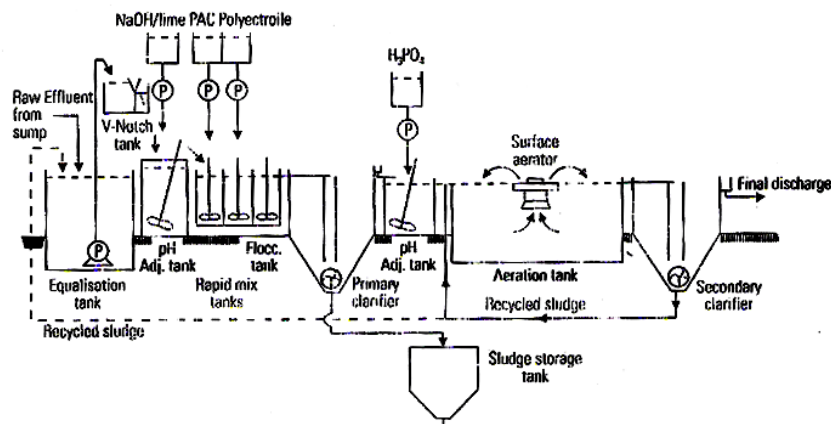
ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน

1. การบำบัดขั้นต้น (preliminary treatment) เป็นขั้นตอนการแยกของแข็งที่มีขนาดใหญ่ออกจากน้ำเสีย ขั้นตอนนี้สามารถที่จะกำจัดของแข็งแขวนลอยได้ร้อยละ 50-70
2. การบำบัดขั้นที่สอง (secondary treatment) เป็นขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาแล้ว แต่อาจจะมีของแข็งแขวนลอยหรือสารอินทรีย์ปนอยู่ โดยการใช้จุลินทรีย์ซึ่งการบำบัดขั้นนี้อาจเรียกว่า การบำบัดทางชีวภาพ (biological treatment)
3. การบำบัดขั้นสูง (advanced treatment) เป็นขั้นตอนกำจัด ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส สี สารแขวนลอยที่ยังไม่ได้ถูกกำจัดโดยกระบวนการบำบัดขั้นที่สอง เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดียิ่งขึ้น

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง

เป็นการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีวภาพโดยใช้แบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจน (aerobic bacteria) ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน คือ ถังเติมอากาศ (aeration tank) และถังตกตะกอน (sedimentation tank) เป็นระบบที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย มีการพัฒนาใช้งานในหลายรูปแบบโดยปรับเปลี่ยนถังเติมอากาศ ดังนี้

1. ระบบกวนผสมบูรณ์ (completely mixed activate sludge; CMAS) เป็นระบบที่ถังเติมอากาศสามารถกวนให้น้ำเสียและสลัดจ์ผสมเป็นเนื้อเดียวกันทั่วทั้งถัง
2. ระบบปรับเสถียรสลัดจ์ (contact stabilization activated sludge; CSAS) เป็นระบบที่มีถังเติมอากาศแยก 2 ถัง คือ ถังย่อยสลาย (stabilization tank) และถังสัมผัส (contact tank) ตะกอนที่มาจากกระบวนการบำบัดขั้นที่สองจะถูกเติมอากาศที่ถังย่อยสลาย หลังจากนั้นตะกอนจะถูกมาสัมผัสน้ำเสียในถังสัมผัสเกิดการย่อยสลายของสารอินทรีย์ ซึ่งน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจะไหลไปยังถังตกตะกอนขั้นที่สองเพื่อแยกตะกอนกับส่วนน้ำใส ซึ่งน้ำใสส่วนบนจะถูกระบายออกจากระบบ
3. ระบบคลองวนเวียน (oxidation ditch; OD) เป็นระบบที่ถังเติมอากาศมีลักษณะเป็นวงรีหรือวงกลมและถังตกตะกอน ระบบนี้สามารถกำจัดไนโตรเจนได้
4. ระบบเอสปีอาร์ (sequencing batch reactor) เป็นระบบที่ต่างจากระบบตะกอนเร่งแบบอื่น คือ ถังเติมอากาศและถังตกตะกอนเป็นถังเดียวกัน ซึ่งจะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย



รูปที่ 1 ตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งจากโรงงานผลิตถุงมือยาง

การบำบัดน้ำเสียระบบเอสปีอาร์

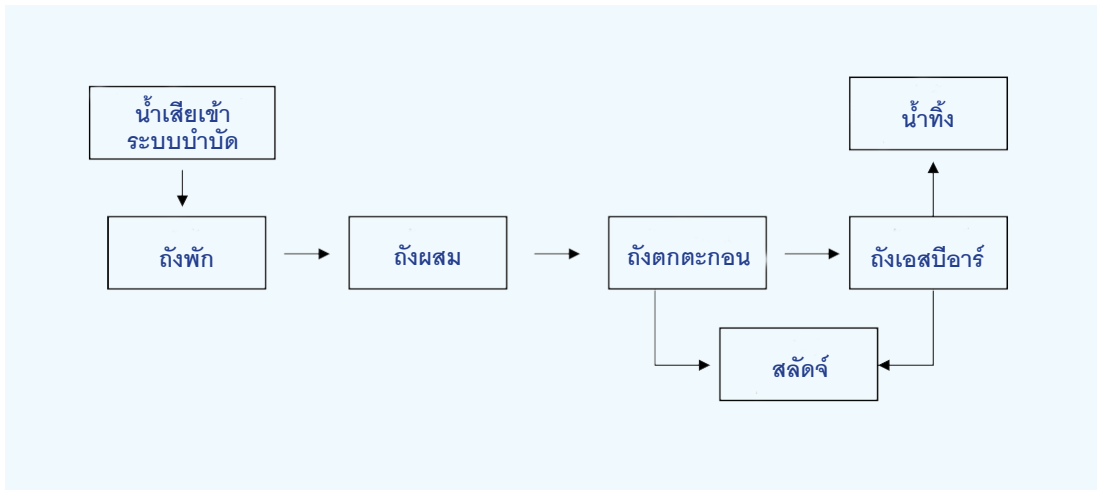
การบำบัดน้ำเสียระบบเอสปีอาร์เป็นหนึ่งในหลายระบบของการบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง ซึ่งมีจุดเด่นอยู่ที่ถังเติมอากาศและถังตกตะกอนเป็นถังเดียวกัน โดยมีขั้นตอนต่างๆ ในการบำบัดน้ำเสียดังนี้

1. การนำน้ำเสียเข้าสู่ระบบ (filling) ควบคุมการเติมน้ำเสียลงสู่ถังปฏิกรณ์
2. การเกิดปฏิกิริยา (reaction) เมื่อน้ำเสียถูกเติมลงสู่ถังปฏิกรณ์ การทำปฏิกิริยาจะเริ่มขึ้น ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้แบคทีเรีย (microorganism) ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะที่มีออกซิเจน ซึ่งระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยาขึ้นกับความต้องการออกซิเจนของแบคทีเรียที่ใช้ในการย่อยสลาย (biological oxygen demand; BOD) ความต้องการออกซิเจนของสารเคมีที่ใช้ในการย่อยสลาย (chemical oxygen demand; COD) การมีปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสีย และปริมาณสารที่ต้องการกำจัดทิ้ง ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาจะสิ้นสุดลงเมื่อหมดสภาวะของออกซิเจนและถือเป็นการเริ่มต้นของขั้นตอนการตกตะกอน (settling stage)
3. การตกตะกอน (settling) เวลาที่ใช้การตกตะกอนประมาณ 45-60 นาที หลังจากที่สลัดจ์ตกตะกอนอย่างสมบูรณ์ น้ำที่ผ่านการบำบัดจะอยู่ด้านบนของที่ดักสลัดจ์ (sludge blanket) ซึ่งจะถูกลอยออกไป
4. การล้าง (decanting) สลัดจ์ที่ตกตะกอนอยู่ก้นถังจะถูกล้างด้วยน้ำ
5. การพักระบบ (idling) หลังจากที่สลัดจ์ผ่านการล้างแล้วจะถูกเก็บในถังพัก และ
6. สลัดจ์ (sludge wasting) รวการนำไปกำจัดต่อไป (ดูรูปที่ 3-6 ประกอบ)

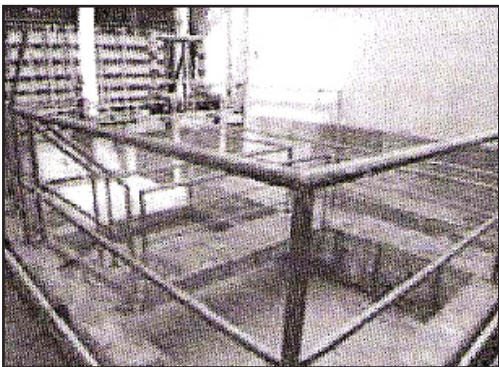
ข้อดีของการบำบัดน้ำเสียระบบเอสปีอาร์ คือ เป็นระบบการบำบัดด้วยจุลินทรีย์ และสามารถเกิดปฏิกิริยาขึ้นได้ภายในถังเดียวกัน ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและพื้นที่จากการใช้ปริมาณถังบำบัดลดลง แต่ข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียระบบเอสปีอาร์ ก็คือ จะต้องมีการควบคุมที่ดีทั้งระบบเนื่องจากอาจจะมีสลัดจ์ลอยอยู่ในระหว่างขั้นตอนการเท การตกตะกอน และการฟัก ซึ่งจะไม่สามารถแยกออกมาได้หมด นอกจากนั้นระบบนี้ยังไม่สามารถกำจัดไนโตรเจนในน้ำเสียได้

การบำบัดน้ำเสียระบบเอสปีอาร์ในโรงงานผลิตถุงมือยาง [2]

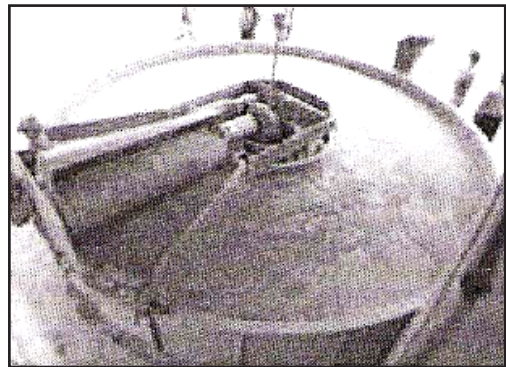
กระบวนการทั่วไปในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตถุงมือยางแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งน้ำเสียจากโรงงานจะถูกนำเข้ามาถังพัก จากนั้นจึงผ่านไปยังถังผสมเพื่อปรับค่า pH และเติมสารช่วยจับตัว (floculant) (รูปที่ 3) ซึ่งสารช่วยจับตัวจะทำให้อนุภาคคอลลอยด์ที่เป็นสารอินทรีย์และโลหะหนัก เช่น สังกะสี สามารถตกตะกอนได้ง่ายขึ้น น้ำเสียจากถังผสมจะเข้าสู่ถังตกตะกอนทิ้งไว้ให้ตกตะกอน จากนั้นน้ำส่วนบน (supernatant) จากถังตกตะกอนจะถูกนำไปบำบัดในถังเอสปีอาร์ซึ่งจะแยกและน้ำที่ผ่านการบำบัดจากถังเอสปีอาร์แล้วจึงจะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ สำหรับในส่วนของสลัดจ์ที่แยกออกจากถังเอสปีอาร์และถังตกตะกอนจะถูกกรองเพื่อกำจัดน้ำออกและนำไปกำจัดต่อไป



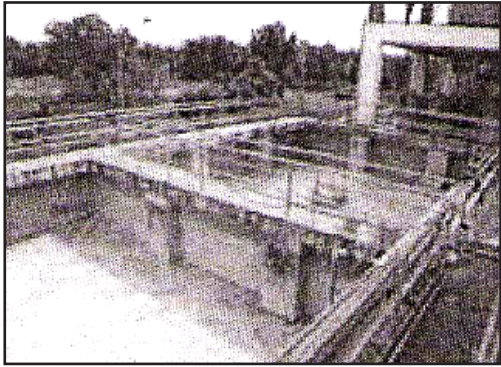
รูปที่ 2 กระบวนการบำบัดน้ำเสียระบบเอสปีอาร์ของโรงงานผลิตถุงมือยาง



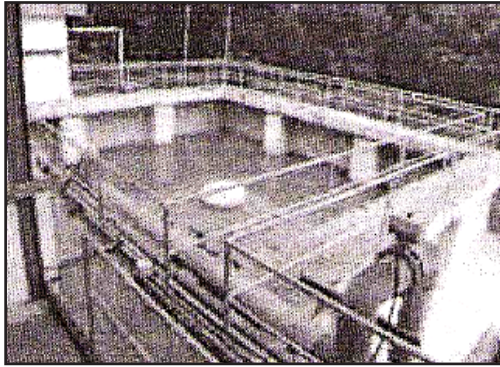
รูปที่ 3 น้ำเสียในถังผสมที่มีการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และการเติมสารช่วยจับตัว



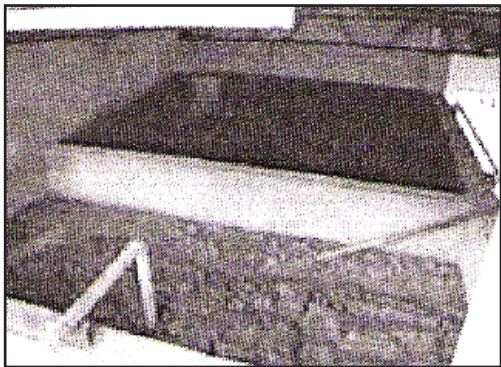
รูปที่ 4 ถังเติมอากาศ



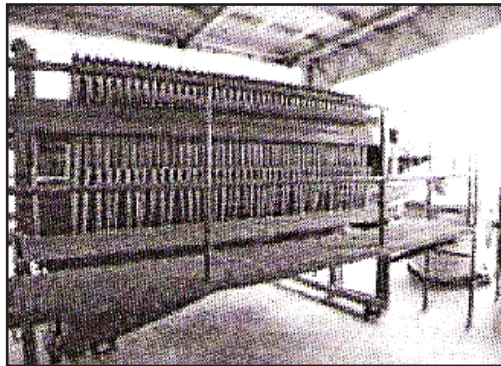
รูปที่ 5 ถังบำบัดน้ำเสียระบบเอสปีอาร์ของโรงงานผลิตถุงมือยาง



รูปที่ 6 น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากถังเอสปีอาร์



รูปที่ 7 สลัดจ์ในถังพักก่อนที่จะผ่านการกรองแบบอัดเพื่อกำจัดน้ำออก



รูปที่ 8 สลัดจ์ที่ถูกกรองแบบอัดเพื่อกำจัดน้ำออก

ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบเอสปีอาร์

ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียระบบเอสปีอาร์จากโรงงานผลิตถุงมือยางแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งจะมีค่าซีโอดี บีโอดีของแข็งแขวนลอย และสังกะสีที่ถูกกำจัดออกอยู่ที่ร้อยละ 68, 67, 91 และ 77 ตามลำดับ แต่ในส่วนของไนโตรเจนจะไม่สามารถถูกกำจัดออกได้โดยระบบเอสปีอาร์

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบเอสปีอาร์ของโรงงานผลิตถุงมือยาง [2]

ค่าที่วัด (parameter)	น้ำเสีย		น้ำเสียที่ผ่านการบำบัด		ร้อยละการกำจัด
	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย	
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	8.6-11.0	10.2	6.9-7.3	7.1	-
ซีโอดี	252-320	284	33-168	90	68
บีโอดี	99-128	116	15-66	38	67
ของแข็งแขวนลอย	107-142	122	5-19	11	91
ไนโตรเจนรวมทั้งหมด	28-31	29	26-33	29	0
แอมโมเนียในไนโตรเจน	15-16	15	14-17	16	-7
สังกะสี	0.8-4.4	1.7	0.3-0.4	0.4	77

สรุป

การกำจัดน้ำเสียระบบเอสปีอาร์สามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตถุงมือยางได้ แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยยังจะต้องปรับปรุงและพัฒนาในส่วนของการกำจัดไนโตรเจนออกจากระบบต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. กรมควบคุมมลพิษ: <http://infofile.pcd.go.th>
2. Zairossani, M.N., Zaid, I. and Mohamud Zin, A.K., Malaysian rubber technology development.

