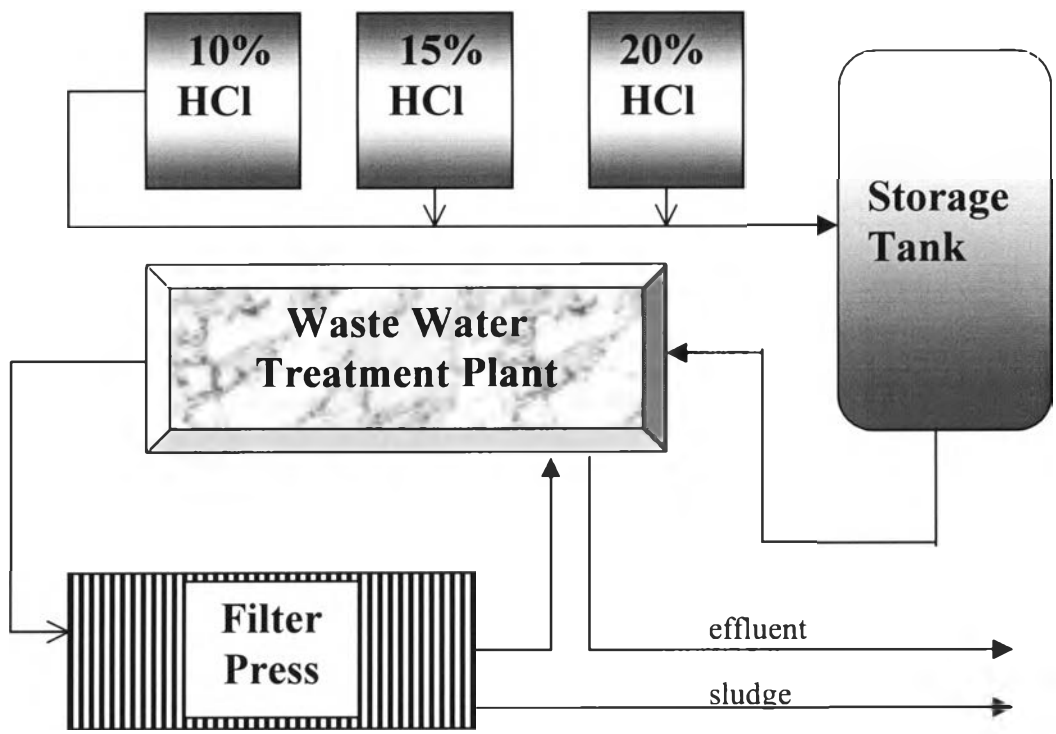
บทที่ 4

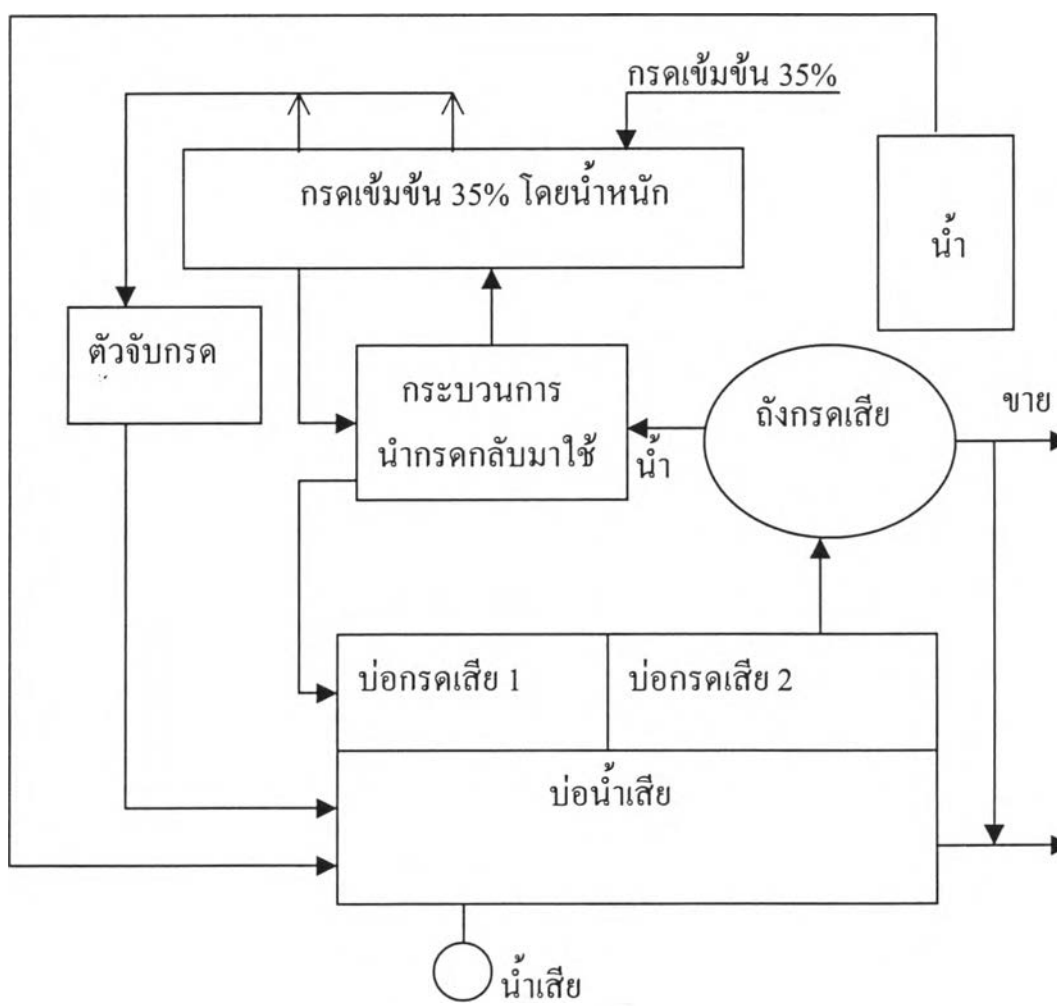
การออกแบบระบบการนำน้ำกรดทิ้งกลับมาใช้งานใหม่ ด้วยกระบวนการแบบต่อเนื่อง

ปกติการดำเนินงานในกระบวนการกำจัดสนิมเหล็กของโรงงานที่ผ่านมา ไม่มีการนำน้ำกรดทิ้งกลับมาใช้งานใหม่ โดยทำการจุ่มลวดเหล็กลงในบ่อกำจัดสนิมเหล็กที่บรรจุ 10%HCl 15%HCl และ 20%HCl เมื่อน้ำกรดใช้งานในการกำจัดสนิมเหล็กต่อไปไม่ได้แล้ว จะทิ้งน้ำกรดไปจึงทำให้เกิดการสูญเสียน้ำกรดในปริมาณสูง แผนผังการดำเนินงาน ดังนี้



รูปที่ 4.1 แสดงการจัดการน้ำกรดกัดสนิมเหล็กที่ไม่สามารถใช้งานต่อไปได้

เมื่อกรมโรงงานอุตสาหกรรมได้รับความช่วยเหลือจากสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน ภายใต้โครงการความร่วมมือไทย-เยอรมัน ซึ่งเป็นโครงการเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย ได้ว่าจ้างสถาบันโลหะและวัสดุสาสตร์ จุฬาลงการณ์มหาวิทยาลัย ทำการศึกษาโครงการนำร่องการนำน้ำกรดกลับมาใช้งานใหม่ในอุตสาหกรรมเหล็ก ซึ่งทางสถาบันโลหะและวัสดุศาสตร์ได้ดำเนินงานโครงการดังกล่าวโดยนำเครื่องแลกเปลี่ยนประจุหรือที่เรียกว่า Retardation Unit เข้าติดตั้งเพื่อฟื้นคุณภาพน้ำกรดที่ใช้งานต่อไปไม่ได้แล้ว ให้สามารถนำกลับมาใช้งานในกระบวนการกำจัดสนิมได้อีก โดยได้ทำการออกแบบเป็นกระบวนการแบบเท(Batch Process) รายละเอียดดังภาคผนวก จ.



รูปที่ 4.2 แผนผังระบบการนำน้ำกรดกลับมาใช้งานใหม่

แผนผังระบบการนำน้ำกรดกลับมาใช้งานใหม่ตามที่สถาบันโลหะและวัสดุสาสตร์ได้ทำการออกแบบไว้แสดงดังรูปที่ 4.2

สำหรับงานที่ทำการออกแบบในครั้งนี้เป็นการออกแบบระบบการนำน้ำกรดทิ้งกลับมาใช้งานใหม่ด้วยกระบวนการแบบต่อเนื่อง แสดงดังรูปที่ 4.3

กระบวนการแบบต่อเนื่อง (Continuous process) เป็นกระบวนการที่มีความคล่องตัวอย่างสูง มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการออกแบบการนำน้ำกรดทิ้งจากกระบวนการกำจัดสนิมเหล็กกลับไปใช้งานใหม่ ด้วยเหตุผลดังนี้

1) กรณีโรงงานต้องการขยายโรงงานเพิ่มอัตรากำลังผลิต กระบวนการแบบต่อเนื่องสามารถดำเนินการได้ตลอด 24 ชั่วโมง

2) แต่ละหน่วยปฏิบัติงานที่ใช้ในกระบวนการจะมีขนาดเล็กกว่าการใช้กระบวนการแบบเท(Batch Process)

3) ระบบการควบคุมจะเป็นแบบอัตโนมัติ สามารถถึง Steady State ได้ง่ายกว่า

4) ใช้พนักงานในการปฏิบัติงานจำนวนน้อย

5) สามารถกำหนดการ Shut down ของระบบหลังจากเดินระบบได้ 2 ปี/ครั้ง ครั้งละ 3-5 วัน เพื่อทำการปรับปรุงและซ่อมบำรุง โดยไม่มีผลต่ออัตรากำลังผลิตของโรงงาน

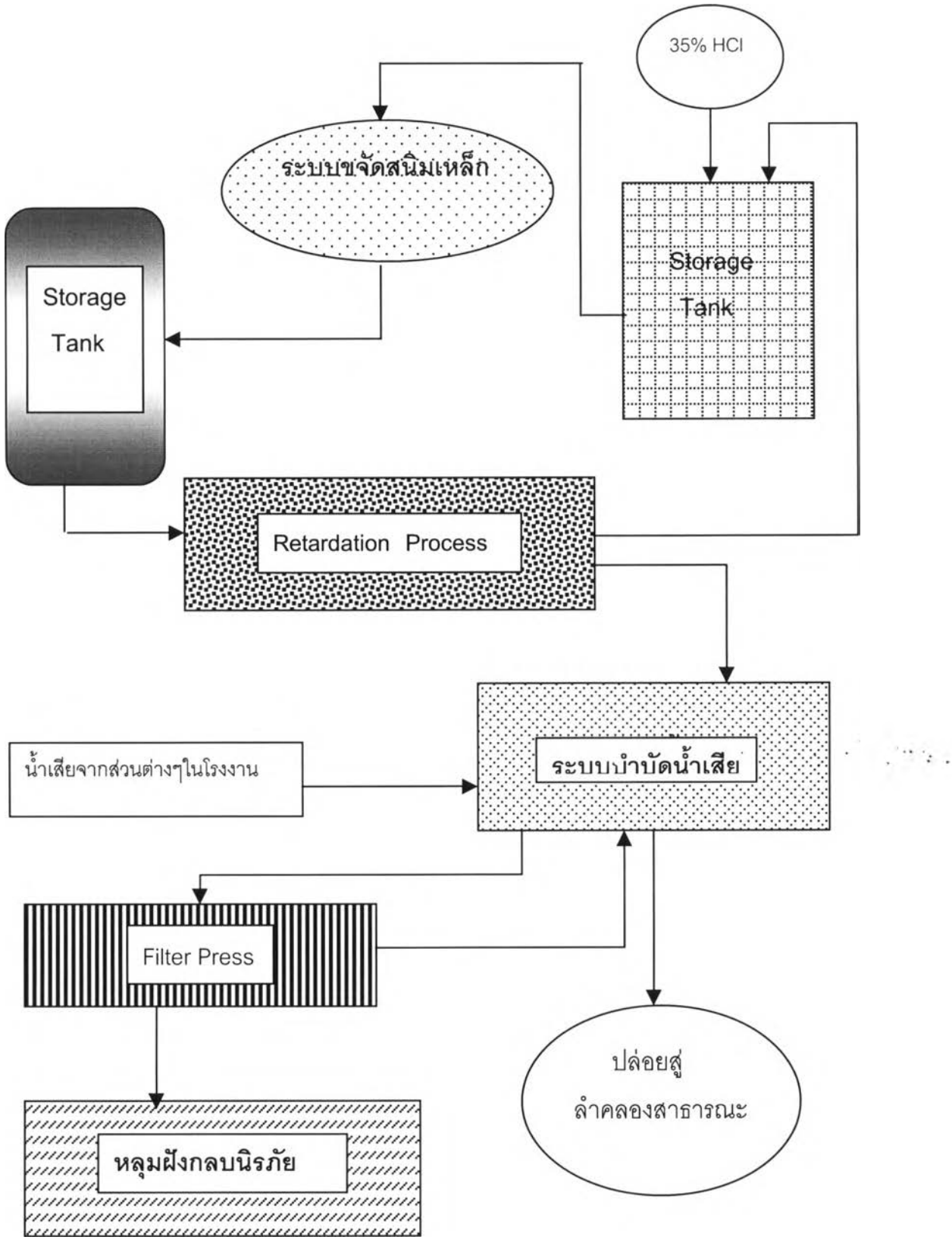
สำหรับรายละเอียดของงานการออกแบบ มีดังต่อไปนี้

4.1 หน่วยปฏิบัติการที่ใช้ในกระบวนการ

4.1.1 ถังปฏิกิริยา(Reactor)

ถังปฏิกิริยาสำหรับการกำจัดสนิมเหล็ก มีลักษณะเป็นบ่อ(bath) บรรจุน้ำกรดกัดสนิมเหล็ก จำนวน 1 ถัง สำหรับกรดที่ใช้คือกรดไฮโดรคลอริค(HCl) ความเข้มข้นกำหนดที่ 15% โดยพิจารณาจากหลักการพื้นฐานของกระบวนการกำจัดสนิมเหล็กที่ใช้ 15% HCl ในการกำจัดสนิมเหล็ก และจากข้อมูลโรงงานปี พ.ศ. 2535-2539 ตามภาค

I1355975X



รูปที่ 4.3 แผนผังแสดงระบบการนำน้ำกรดทิ้งกลับไปใช้งานใหม่ด้วยกระบวนการแบบต่อเนื่อง

ผนวก ง. ที่ใช้ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริคในกระบวนการกำจัดสนิมอยู่ในช่วง 10-160 กรัม/ลิตร

4.1.2 ถังรวบรวมน้ำกรดเสีย

ติดตั้งถังรวบรวมน้ำกรดเสีย จากกระบวนการกำจัดสนิมเหล็กซึ่งมีปริมาณความเข้มข้นของเกลือของเหล็กสูงไม่สามารถใช้งานได้ต่อไปแล้ว รวบรวมไว้เพื่อรอการปฏิรูป(Regenerate)

4.1.3 หน่วยแลกเปลี่ยนประจุ(Retardation unit)

ติดตั้งหน่วยแลกเปลี่ยนประจุ เพื่อรับน้ำกรดเสียจากถังรวบรวมมาทำการฟื้นฟูคุณภาพให้สามารถนำกลับไปใช้งานการกำจัดสนิมเหล็กได้ใหม่ ซึ่งน้ำกรดที่ผ่านการฟื้นฟูคุณภาพแล้วจะสูบเข้าสู่ถังเตรียมน้ำกรด สำหรับสารละลายที่ออกจากหน่วยแลกเปลี่ยนประจุอีกส่วนหนึ่งจะมีปริมาณความเข้มข้นไอออนของเหล็กสูง ให้ส่งไปเข้าระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อทำการบำบัดให้มีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม(ภาคผนวก ค.) ต่อไป

4.1.4 ถังเตรียมน้ำกรด 15% HCl

ติดตั้งถังเตรียมน้ำกรด เพื่อรับน้ำกรดที่ผ่านการปฏิรูปแล้วจากหน่วยแลกเปลี่ยนประจุเข้าผสมกับ 35% HCl ให้มีความเข้มข้นของกรดตามที่กำหนดคือ 15% HCl

4.1.5 ระบบบำบัดน้ำเสีย

ประกอบด้วยถังพักน้ำเสีย ถังปฏิกิริยา และถังตกตะกอน ระบบบำบัดน้ำเสียจะรับน้ำจากส่วนต่างๆ ของโรงงาน รวมทั้งน้ำเสียที่ปล่อยจากระบบแลกเปลี่ยนประจุเข้าทำการบำบัด โดยคุณภาพน้ำเสียจะปนเปื้อนด้วยเหล็กไอออนเป็นส่วนใหญ่ เมื่อทำการบำบัดเรียบร้อยแล้วกากตะกอนที่ได้จะส่งไปทำการฝังกลบให้ถูกต้องตามหลักวิชาการต่อไป

4.2 การออกแบบระบบ

4.2.1 ข้อมูลพื้นฐาน

รายการ	ข้อกำหนด
1. การเกิดปฏิกิริยาในกระบวนการกำจัดสนิมเหล็ก $FeO + 2HCl \longrightarrow FeCl_2 + H_2O$	- เป็นปฏิกิริยาผันกลับไม่ได้ (irreversible reaction)
2. อัตราส่วนของไอออนเหล็กที่เกิดขึ้นต่อปริมาณเหล็กทั้งหมด (ภาคผนวก ฉ.)	- มีค่าเท่ากับ 0.0029
3. ปริมาณความเข้มข้นของกรด HCl ที่ใช้สำหรับการกำจัดสนิมเหล็ก	- 15% HCl
4. วิธีการนำน้ำกรด HCl กลับมาใช้งานใหม่	- โดยการ recovery ด้วยกระบวนการแลกเปลี่ยนประจุ(ion-exchange process)
5. ประสิทธิภาพของระบบแลกเปลี่ยนประจุ (ภาคผนวก จ.)	- 88.83% ในการนำน้ำกรดกลับคืนและ 41.89% สำหรับการแยกเหล็ก
6. อัตรากำลังผลิต	- ผลิตเส้นลวดทนแรงดึงสูงปัจจุบัน มีค่าเท่ากับ 76 ตัน/วัน(20,520 ตัน/ปี)
7. วัตถุดิบ	- ลวดเหล็ก 77.25 ตัน/วัน (คำนวณเปรียบเทียบกับปี พ.ศ.2539 ตารางที่ ง.4)
8. กำหนดวันทำการ	- 270 วัน/ปี (หยุดปฏิบัติงานในวันเสาร์-อาทิตย์) ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง
9. ประเภทกระบวนการที่ใช้	- กระบวนการแบบต่อเนื่อง (Continuous Process)

4.2.2 สมดุลมวลสาร(Material Balances) ที่บ่อกำจัดสนิมเหล็ก

คำนวณหาปริมาณเหล็กไอออนที่เกิดขึ้น โดยคำนวณจากปริมาณกรดไฮโดรคลอริคที่เกิดปฏิกิริยา

จากสมการที่ 2.1 $FeO + 2HCl \longrightarrow FeCl_2 + H_2O$

นำไปคำนวณหาปริมาณกรดไฮโดรคลอริคที่ใช้ในปฏิกิริยาการกำจัดสนิมเหล็ก โดยคำนวณจากปริมาณกรดไฮโดรคลอริคที่เติมลงและปริมาณที่ถ่ายออกจากบ่อกำจัดสนิมเหล็ก(ข้อมูลโรงงานตามตารางที่ ฉ.1)

2) สมดุลมวลสารของ Fe^{2+} และ HCl ในบ่อกำจัดสนิมเหล็ก โดยดำเนินการตามลำดับขั้นตอน

- ชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ(ลวดเหล็ก) ที่นำเข้ากระบวนการผลิต
- ปริมาณ 35% ของกรดไฮโดรคลอริค ที่เติมลงในบ่อกำจัดสนิมเหล็ก
- คำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของไอออนของเหล็กในบ่อกำจัดสนิมเหล็กทั้งก่อนและหลังการจุ่มลวดเหล็ก
- วิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริคและไอออนของเหล็กในน้ำเสีย
- ปริมาณกรดไฮโดรคลอริคที่เสียไป
- ปริมาณกรดไฮโดรคลอริคที่ปล่อยออกจากบ่อกำจัดสนิมเหล็ก

ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดแสดงดังตารางที่ ฉ.2 - ฉ.5 ภาคผนวก ฉ.

จากตารางที่ ฉ.3 ปริมาณกรดไฮโดรคลอริค และไอออนของเหล็กที่เกิดปฏิกิริยาสามารถคำนวณได้ ดังนี้

กรดไฮโดรคลอริคที่เกิดปฏิกิริยา = [ปริมาณกรดที่เติมลงในบ่อ + (ปริมาณกรดในบ่อก่อนการจุ่มลวดเหล็ก – ปริมาณกรดในบ่อหลังการจุ่มลวดเหล็ก) – ปริมาณกรดที่สูญเสียไป – ปริมาณกรดที่ถ่ายออกจากบ่อ]

ไอออนของเหล็กที่เกิดขึ้น = ไอออนของเหล็กที่ถ่ายออกจากบ่อ + [(ไอออนของเหล็กก่อนการจุ่มลวดเหล็ก – ไอออนของเหล็กหลังการจุ่มลวดเหล็ก) – ไอออนของเหล็กที่สูญเสียไป]

อัตราส่วนโดยเฉลี่ยของไอออนของเหล็กที่เกิดขึ้นต่อปริมาณวัตถุดิบ (ลวดเหล็ก)ทั้งหมดที่เข้ากระบวนการผลิต จากการเก็บตัวอย่างเพื่อทำการทดลองและจากการคำนวณมีค่าไม่แตกต่างกันมากคือ 0.0074 และ 0.0052 ตามลำดับ และจากข้อมูลโรงงานโดยเฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535-2539 มีค่าเท่ากับ 0.0029 ซึ่งจะนำค่านี้ไปใช้ในการคำนวณ เนื่องจากตัวเลขที่ได้เฉลี่ยมาจากข้อมูลตัวเลขที่มากกว่าการเก็บตัวอย่างทำการทดลอง ข้อมูลที่ได้จากโรงงานคำนวณได้ตามตารางที่ ฉ.1

ข้อมูลสายป้อนเข้า(Input Information)

1. ปริมาณเส้นลวดที่ป้อนเข้ากระบวนการกำจัดสนิมเหล็กตามที่กำหนด คือ 77.25 ตัน/วัน

2. ปริมาณ 15%HCl ที่ต้องใช้ในกระบวนการ

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น สามารถคำนวณหาไอออนของเหล็กที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาการกำจัดสนิมเหล็กได้จาก

[อัตราส่วนของไอออนของเหล็กที่เกิดขึ้นต่อปริมาณวัตถุดิบ(ลวดเหล็ก)ทั้งหมด] * [ปริมาณลวดเหล็กที่ใช้] = 0.0029 * 77.25

= 224 กิโลกรัม/วัน

สามารถคำนวณปริมาณกรดไฮโดรคลอริค ได้จากสมการที่ 2.1 คือ

จะได้ = [73*224] / 55.8

= 293 กิโลกรัม/วัน

ดังนั้นจะใช้ปริมาณ 15% HCl = [293*100] / 15

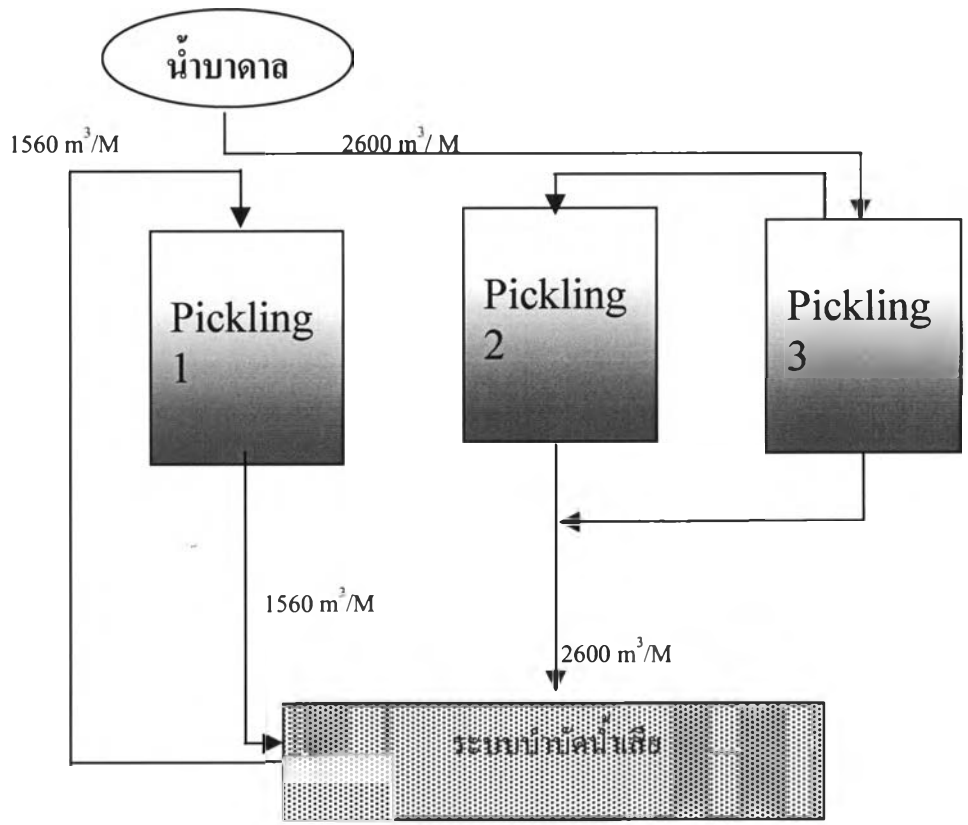
= 1,953 ลิตร/วัน

ข้อมูลของสายออก(Output Information)

1. ปริมาณการสูญเสียกรดไฮโดรคลอริค และไอออนของเหล็กไปกับน้ำล้างชิ้นงาน(ลวดเหล็ก)

จากการศึกษากระบวนการล้างชิ้นงาน โดยกำหนดระยะเวลาการดำเนิน

งานของโรงงานเป็นเวลา 1 เดือน



รูปที่ 4.2.1 กระบวนการล้างกรด(Rinsing Process)

จากรูปที่ 4.2.1 แสดงกระบวนการล้างกรด(Rinsing Process) จะพบว่าโรงงานใช้น้ำบาดาลและน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย เมื่อทำการ Overall Balance รวม 3 บ่อ จะได้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 4,160 ลูกบาศก์เมตร/เดือน และอัตราการใช้น้ำเท่ากับ 56 ลูกบาศก์เมตร/วัน และจากผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกและไอออนของเหล็ก เมื่อวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2540 พบว่ามีค่าเท่ากับ 876 มิลลิกรัม/ลิตร และ 38 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

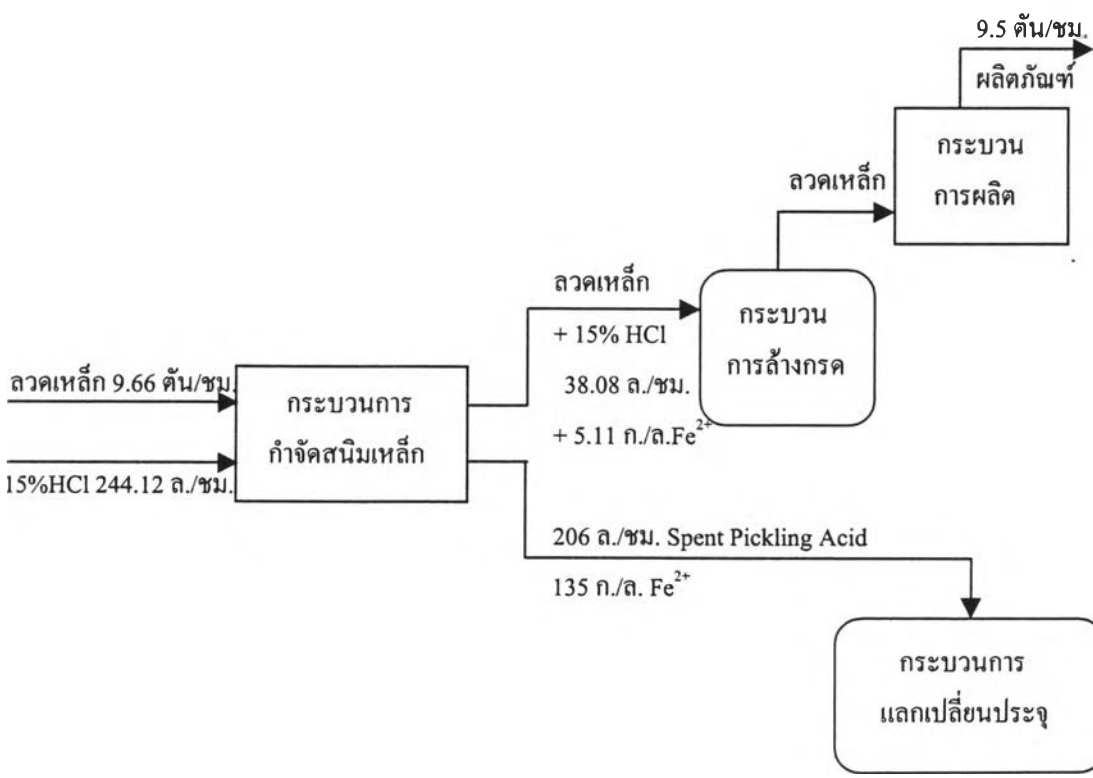
การคำนวณปริมาณกรดไฮโดรคลอริกและไอออนของเหล็กที่ติดไปกับชิ้นงาน

- ปริมาณกรดไฮโดรคลอริก = 876*56
= 49.06 กิโลกรัม/วัน

คิดเป็น 15% HCl = [49.06*100] / 15
= 38.04 ลิตร/ชั่วโมง

- ปริมาณไอออนของเหล็ก = 1.56 กิโลกรัม/วัน

คิดเป็นความเข้มข้นไอออนของเหล็ก = 5.11 กรัม/ลิตร



รูปที่ 4.2.2 แสดง Input-output Structure ของกระบวนการกำจัดสนิมเหล็ก

4.2.3 สมดุลมวลสารของกรดไฮโดรคลอริคและไอออนของเหล็ก ในกระบวนการนำกลับ(Recycly Process)

1) ถังเก็บกักน้ำกรดกัดสนิมเหล็ก(Spent pickling Acid Storage Tank)

สายป้อนเข้า

ปริมาณน้ำกรดกัดสนิมเหล็ก(Spent Pickling Acid) ปริมาตร

= 244.12-38.08

= 206 ลิตร/ชั่วโมง

ซึ่งมีองค์ประกอบของกรดไฮโดรคลอริคและไอออนของเหล็ก ดังนี้

กรดไฮโดรคลอริค

ปริมาณ 15%HCl ที่เข้าบ่อกำจัดสนิมเหล็กเท่ากับ 1,953 ลิตร/วัน เมื่อลวดเหล็กผ่านกระบวนการกำจัดสนิมเหล็กแล้ว จะนำไปผ่านกระบวนการล้างกรดที่ติดไปกับลวดเหล็ก ซึ่งจะมีปริมาณ 38.04 ลิตร/ชั่วโมง (0.57 กิโลกรัม/ชั่วโมง) ดังนั้นจะมีปริมาณกรดไฮโดรคลอริคที่เข้าถังเก็บกัก 30.9 กิโลกรัม/ชั่วโมง

ไอออนของเหล็ก

ปริมาณไอออนของเหล็กสามารถคำนวณได้จาก 5.11 กรัม/ลิตร ในปริมาตร 38.08 ลิตร/ชั่วโมง(195 กรัม/ชั่วโมง) คิดเป็นปริมาณที่เข้าถังเก็บกักเท่ากับ 135 กรัม/ลิตร หรือ 27.8 กิโลกรัม/ชั่วโมง

สายป้อนออก

ปริมาณน้ำกรดกัดสนิมเหล็ก(Spent Pickling Acid) ที่ออกจากถังเก็บกักแล้วป้อนเข้าสู่กระบวนการแลกเปลี่ยนประจุใน Retardation Unit คำนวณจากความสามารถบรรจุของถังแลกเปลี่ยนประจุและเวลาที่ใช้ดำเนินการคือ 300 ลิตร/ชั่วโมง ดังนั้นใน 1 รอบของการเดินระบบจะประกอบด้วย 45 กิโลกรัมของกรดไฮโดรคลอริค(150 กรัม/ลิตร) และ 40.5 กิโลกรัมของกรดไอออนของเหล็ก(135 กรัม/ลิตร)

2) ระบบแลกเปลี่ยนประจุ(Retardation Unit)

สายป้อนเข้า

น้ำกรดกัดสนิมเหล็ก(Spent Pickling Acid) ปริมาตร 300 ลิตร/ชั่วโมง ประกอบด้วย 150 กรัม/ลิตร ของกรดไฮโดรคลอริค และ135 กรัม/ลิตร ไอออนของเหล็ก

สายป้อนออก

กรดไฮโดรคลอริค

ประสิทธิภาพการนำน้ำกรดกลับคืนของระบบแลกเปลี่ยนประจุเท่ากับ 88.89 % จะได้ปริมาณกรดไฮโดรคลอริค = 45 * 0.8889

= 40 กิโลกรัม/ชั่วโมง

ไอออนของเหล็ก

ประสิทธิภาพการแยกไอออนของเหล็กของระบบแลกเปลี่ยนประจุเท่ากับ 41.89% จะได้ปริมาณไอออนของเหล็ก = 40.5 * 0.4189

= 17 กิโลกรัม/ชั่วโมง

องค์ประกอบของสารที่ป้อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย

กรดกรดไฮโดรคลอริคมีค่า = 45 – 40

= 5 กิโลกรัม/ชั่วโมง

ไอออนของเหล็ก = 40.5-17

= 23.5 กิโลกรัม/ชั่วโมง

3) จำนวนรอบของการเดินระบบแลกเปลี่ยนประจุ

ปริมาณ Spent Pickling Acid ที่ออกจากกระบวนการกำจัดสนิมเหล็กด้วยอัตราการไหล 206 ลิตร/ชั่วโมง ดังนั้นใน 1 วัน จะมีปริมาณน้ำกรดเท่ากับ 1,648 ลิตร/วัน และปริมาตรถังแลกเปลี่ยนประจุ 300 ลิตร

ดังนั้นจะได้จำนวนรอบของการเดินระบบแลกเปลี่ยนประจุ

= 1648/300

= 6 รอบ/วัน

4) ถังผสมน้ำกรดไฮโดรคลอริค(Acid Mixing Tank)

สายป้อนเข้า

สารละลายกรดไฮโดรคลอริคที่ผ่านการ Recovery โดยระบบแลกเปลี่ยนประจุมาแล้ว อัตราการไหลของสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้าถังผสมเท่ากับ 1800 ลิตร/วันหรือ 225 ลิตร/ชั่วโมง

5) อัตราการเติม 35%HCl

โดยคำนวณจากข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1.ปริมาณการสูญเสียกรดไฮโดรคลอริคไปกับน้ำล้างชิ้นงานเท่ากับ 38.04 ลิตร/ชั่วโมงหรือ 0.57 กิโลกรัม/ชั่วโมง

2.ปริมาณการนำกรดกลับคืนเข้าถังผสมเท่ากับ 225 ลิตร/ชั่วโมงหรือ 240 กิโลกรัม/วัน ซึ่งเป็นการเดินระบบแลกเปลี่ยนประจุ 6 รอบ/วัน จะได้กรดไฮโดรคลอริคโดยเฉลี่ย 30 กิโลกรัม/ชั่วโมง

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นเท่ากับ 13.33 % ดังนั้น เพื่อให้ได้ 15%HCl จะต้องเติมกรดไฮโดรคลอริค = 3.76 กิโลกรัม/ชั่วโมง

จะได้ปริมาณการสูญเสียกรดไฮโดรคลอริค

= 36.625 - 30

= 6.625 กิโลกรัม/ชั่วโมง

3.ปริมาณที่ใช้ในปฏิกิริยาการสะเทินกับไอออนของเหล็กที่กลับคืนเข้าถังผสม โดยคำนวณจากสมการที่ 2.1 จะได้

= [17 * 73] / 55.8

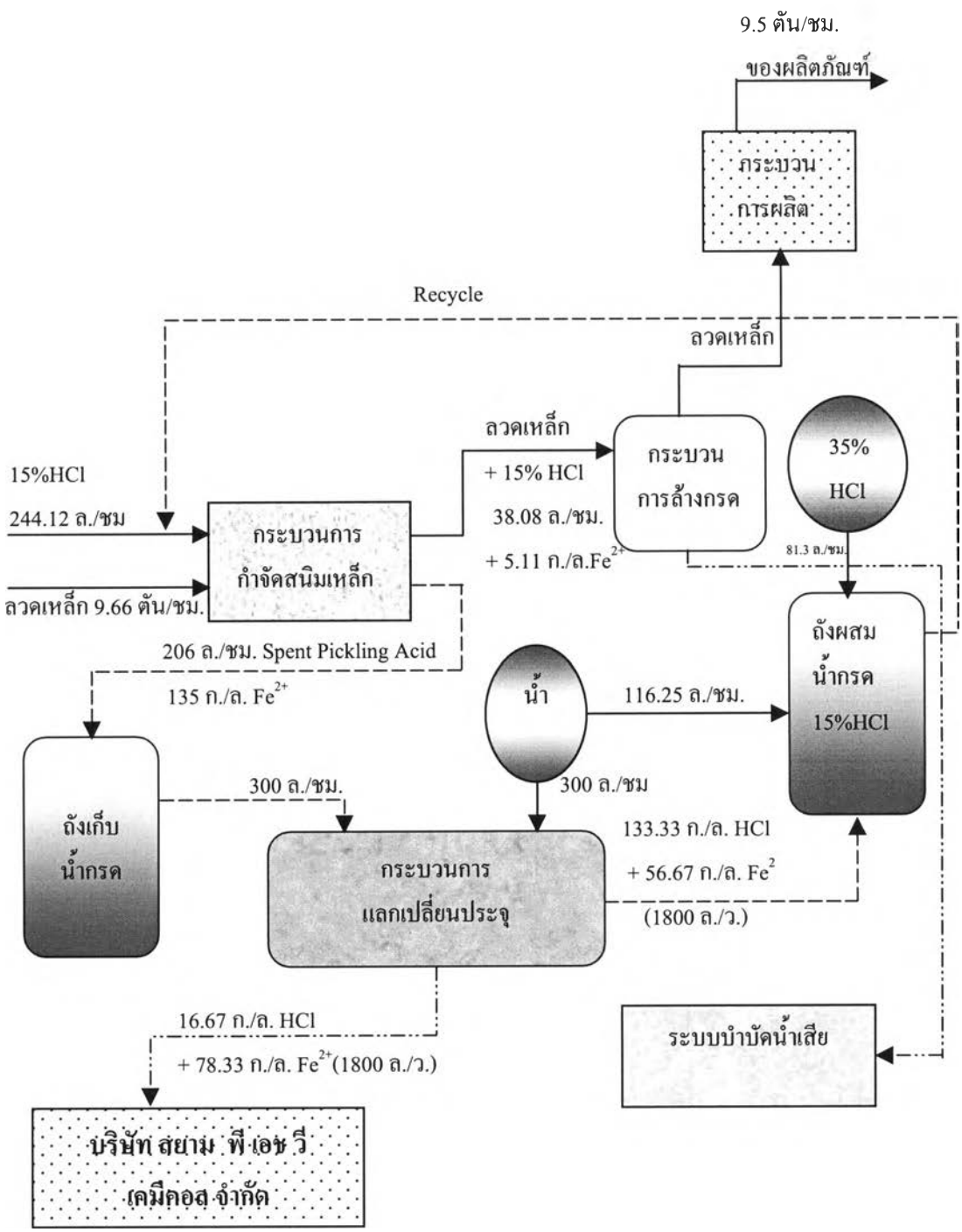
= 22.24 กิโลกรัม/ชั่วโมง

∴ จะต้องเติมกรดไฮโดรคลอริคในปริมาณ

= 0.57 + 6.625 + 22.24 + 3.76

= 33.38 กิโลกรัม/ชั่วโมง

ดังนั้นต้องเติม 35%HCl = [33.38 * 100] / 35



รูปที่ 4.2.3 แสดง Input-output Structure ของกระบวนการนำน้ำกรดกลับมาใช้งานใหม่

= 95.4 กิโลกรัม/ชั่วโมง

= 95.4 / 1.1736

= 81.3 ลิตร/ชั่วโมง

จะได้ปริมาณกรดไฮโดรคลอริคในถังผสมทั้งหมด 507.04 กิโลกรัม ในปริมาตร 2,450 ลิตร เพื่อให้ได้ 15%HCl จะต้องเติมน้ำเข้าผสมให้ได้ปริมาตร 3,380 ลิตร ดังนั้นจะต้องเติมน้ำเข้าผสมเท่ากับ 930 ลิตร/วันหรือ 116.25 ลิตร/ชั่วโมง

4.3 การคำนวณค่าใช้จ่ายสารเคมี

1) ในการใช้กรดไฮโดรคลอริค

ปริมาณการใช้ 35% กรดไฮโดรคลอริค เติมลงในบ่อกำจัดสนิมเหล็กเท่ากับ 95.4 กิโลกรัม/ชั่วโมงหรือ 763.2 กิโลกรัม/วัน

ราคา 35% HCl = 3.6 บาท/กิโลกรัม

∴ เสียค่าใช้จ่าย = 763.2 * 3.6

= 2,748 บาท/วัน

2) คำนวณค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย

น้ำเสียที่ออกจากระบบแลกเปลี่ยนประจุ ส่วนที่แยกจากส่วนการนำกลับคืนทั้งหมด จะนำส่งไปยังบริษัทในเครือเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการผลิตของบริษัทได้ต่อไป ดังนั้นจะเสียค่าใช้จ่ายเฉพาะค่าขนส่งเท่านั้นคือ 38,000 บาท/ปี

น้ำเสียที่นำเข้าระบบบำบัด เป็นน้ำเสียที่เกิดจากการล้างชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการล้างกรดที่มีปริมาณกรดไฮโดรคลอริคและเหล็กไอออน 4.65 กิโลกรัม/วัน และ 1.56 กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ

กรดไฮโดรคลอริค คำนวณจากปฏิกิริยา ดังนี้

$$HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$$

จากปฏิกิริยาจะใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์จำนวน [4.65 * 40] / 36.5

= 5 กิโลกรัม/วัน

คิดเป็น 50% NaOH = 10 กิโลกรัม/วัน

ราคา 50% NaOH	= 5.65	บาท/กิโลกรัม
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	= 56.5	บาท/วัน

เหล็กไอออน คำนวณจากปฏิกิริยา ดังนี้

$$FeCl_2 + 2NaOH \longrightarrow Fe(OH)_2 + 2NaCl$$

จากปฏิกิริยาจะใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์จำนวน [1.56 * 80] / 55.8

	= 2.24	กิโลกรัม/วัน
คิดเป็น 50% NaOH	= 4.5	กิโลกรัม/วัน
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	= 25	บาท/วัน
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด	= 2,748 + 56.5 + 25	
	= 2,830	บาท/วัน

4.4 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย

เมื่อพิจารณาข้อมูลโรงงานตามตารางที่ ง.6 ภาคผนวก ง. (กรณีโรงงานใช้น้ำกรดกัดสนิมเหล็กแล้วทิ้งไป) ข้อมูลการศึกษาของสถาบันโลหะและวัสดุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภาคผนวก จ. (กรณีนำระบบแลกเปลี่ยนประจุมาใช้ เป็นการออกแบบโดยใช้กระบวนการแบบเท(Batch Process) และข้อมูลจากการที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่ง เป็นใช้กระบวนการแบบต่อเนื่อง(Continuous Process) แล้วนำมาคำนวณค่าใช้จ่ายในการใช้สารเคมี เปรียบเทียบได้ตามตารางที่ 4.3.1

เมื่อเปรียบเทียบราคาค่าใช้จ่ายในการนำระบบแลกเปลี่ยนประจุมาใช้ จะพบว่าเมื่อติดตั้งด้วยกระบวนการแบบเท(Batch Process) และกระบวนการแบบต่อเนื่อง (Continuous Process) ค่าใช้จ่ายจะประหยัดได้มากกว่า ซึ่งเมื่อคิดเปรียบเทียบในปริมาณการผลิตที่ผลิตเส้นลวดทนแรงดึงสูงได้ในปัจจุบันคือ 20,520 ตัน/ปี จะพบว่า

- กรณีโรงงานใช้น้ำกรดกัดสนิมเหล็กแล้วทิ้งไป คิดปี พ.ศ.2536-2539 เพื่อหาค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ย เมื่อเปรียบเทียบกับอัตรากำลังผลิตปัจจุบัน จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้เท่ากับ 2,300,550 – 764,100 เท่ากับ 1,536,450 บาทต่อปี

ตารางที่ 4.3.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการใช้สารเคมี

ค่าใช้จ่าย	ไม่ใช้ระบบแลกเปลี่ยนประจุ(เดิม)				Batch Process	Continuous Process
	2536	2537	2538	2539		
1. 35%HCl (ล้านบาท)	1.040	1.132	1.142	1.110	0.894	0.742
2. 50%NaOH (ล้านบาท)	1.129	1.129	0.996	0.843	0.592	0.022
รวมค่าใช้จ่าย (ล้านบาท)	2.169	2.261	2.138	1.953	1.486	0.764
ผลิตภัณฑ์ (ตัน/ปี)	20,226	17,105	20,773	17,895	17,895	20,520

- กรณีนำระบบแลกเปลี่ยนประจุมาใช้โดยใช้กระบวนการแบบเท(Batch Process) สามารถคำนวณทำนองเดียวกัน พบว่ากระบวนการแบบต่อเนื่อง(Continuous Process) สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากกว่า 1,703,980 - 764,100 = 939,880 บาท/ปี