

บทที่ 4

ผลการศึกษา

จากการเข้าไปเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านเอกสาร การสังเกตโดยไม่มีส่วนร่วมและการสัมภาษณ์อย่างเจาะลึกจากบุคลากรทุกคนภายในโรงงานซูบิลโหะนิคเกิล-โครเมียม ได้ทราบข้อมูลดังนี้

บริษัท โรงงานก้องกิจเจริญ จำกัด เป็นบริษัทรับซูปเครื่องผิวโลหะด้วยนิเกิล-โครเมียม ที่มีประสบการณ์ในการทำงานมากกว่า 30 ปี โดยได้ก่อตั้งบริษัทและจดทะเบียนการค้า โดยใช้ชื่อ โรงงานก้องกิจ ในเมื่อปี พ.ศ. 2520 โดยได้จัดตั้งบริษัทอยู่ที่เขตบางนา หลังจากบริษัทเล็งเห็นแล้วว่าเศรษฐกิจในประเทศไทยมีศักยภาพเพียงพอที่จะแข่งขันทางการส่งออก อีกทั้งยังมีลูกค้าที่มากพอ บริษัทจึงได้ตัดสินใจย้ายบริษัทและโรงงานไปที่ อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ หลังจากนั้นก็ได้เปลี่ยนชื่อจาก โรงงานก้องกิจ มาเป็น โรงงานก้องกิจเจริญ ในปี 2537 และเปลี่ยนรูปแบบการจดทะเบียน เป็น บจก.โดยใช้ชื่อว่า บริษัท โรงงานก้องกิจเจริญ จำกัด ตามลำดับพร้อมกันนั้นก็ได้ขยายโรงงานบนพื้นที่ 3 ไร่ และเพิ่มเครื่องจักรในการผลิตซูปเครื่องผิวโลหะแบบอัตโนมัติ โดยนำเข้ามาจากประเทศเยอรมันเพื่อเพิ่มการผลิตแก่ลูกค้าภาคอุตสาหกรรมในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร และปริมณฑล นิคมอุตสาหกรรมในเขตพื้นที่จังหวัดระยองและชลบุรี

นโยบายของผู้บริหารที่ต้องการ ลดค่าใช้จ่าย และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต จึงนำการจัดการเทคโนโลยีสะอาดมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมของโรงงานซึ่งมีผลการดำเนินการดังนี้

4.1 ผลการสำรวจสถานภาพของโรงงาน

จากการสำรวจสถานภาพของโรงงานเบื้องต้นได้ข้อมูลตามตาราง 4.1 ทำให้ทราบถึงปริมาณของเสียและความไม่สมดุลที่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นปริมาณการใช้น้ำ และพลังงานตลอดจนทักษะและกระบวนการปฏิบัติงานของพนักงาน โดยใช้หลักของสมดุลมวล ข้อมูลที่ได้จะเป็นพื้นฐานสำคัญในการเลือกจุดหรือบริเวณที่จะดำเนินการตรวจประเมินโดยละเอียด

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลสภาพทั่วไปของ บริษัท โรงงานกึ่งกิจเจริญ จำกัด
โรงงานชุบนิเกิล - โครเมียมแบบแมนนวล

รายการ	ข้อมูลทั่วไป
1. กำลังการผลิต	ไม่สามารถระบุได้
2. ระยะเวลาทำงาน	8 ชั่วโมงต่อวัน
3. จำนวนพนักงานฝ่ายผลิต	20 คน
4. ลักษณะของชิ้นงาน	รับจ้างชุบชิ้นงานตามสั่ง
5. ลักษณะของชิ้นงานที่ชุบ	โครงเหล็กเฟอร์นิเจอร์
6. ลักษณะของระบบ	แบบแมนนวล
7. ปริมาตรรวมของบ่อชุบนิเกิล	21.06 ลูกบาศก์เมตร
8. ขั้นตอนต่างๆ	
• ล้างไขมันด้วยด่าง	มี (จำนวน 1 บ่อ)
• กำจัดสนิมด้วยกรด	มี (จำนวน 1 บ่อ)
• กระตุ้นผิวชิ้นงานด้วยไฟฟ้า	มี (จำนวน 1 บ่อ)
• ล้างน้ำ	มี (จำนวน 10 บ่อ)
• ชุบนิเกิล	มี (จำนวน 3 บ่อ)
• ชุบโครเมียม	มี (จำนวน 2 บ่อ)
• อบแห้ง	มี (ตากแห้ง)
• อื่นๆ	ไม่มี
9. ลักษณะการชุบ	ชุบแบบแขวน (Rack)
10. ลักษณะการล้างชิ้นงานด้วยน้ำ	ล้างแบบจุ่ม + ล้างแบบตักกรด
11. แหล่งความร้อน	เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้า
12. ลักษณะของน้ำใช้	น้ำประปา และน้ำ DI

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลสภาพทั่วไปของ บริษัท โรงงานกึ่งกิจเจริญ จำกัด
โรงงานชุบนิกเกิล – โครเมียมแบบแมนนวล(ต่อ)

รายการ	ข้อมูลทั่วไป
13. วิธีปฏิบัติงานของโรงงาน	- คำนวณพื้นที่ผิวชิ้นงานที่จะชุบ - ปรับปริมาณกระแสไฟฟ้าและกำหนดระยะเวลาชุบให้เหมาะสมกับความหนาที่ต้องการ - ตรวจวัดปริมาณสารเคมีในบ่อชุบ เพื่อนำไปกำหนดปริมาณสารเคมีที่จะต้องเติม - ควบคุมอุณหภูมิและค่าความเป็นกรด-ด่างในบ่อล้างและบ่อชุบ
14. ค่าสภาวะในบ่อชุบนิกเกิล	
• ค่าความเป็นกรด - ด่าง	4.6 ± 0.2
• อุณหภูมิ	55 ± 10 องศาเซลเซียส
• ระยะเวลาที่ใช้	7 - 45 นาที
• ปริมาณนิกเกิลซัลเฟต	325 กรัมต่อลิตร
• ปริมาณนิกเกิลคลอไรด์	50-60 กรัมต่อลิตร
15. ค่าสภาวะในบ่อชุบโครเมียม	
• อุณหภูมิ	42 องศาเซลเซียส
• ระยะเวลาที่ใช้	1-2 นาที
• ปริมาณกรดโครมิก	300 กรัมต่อลิตร

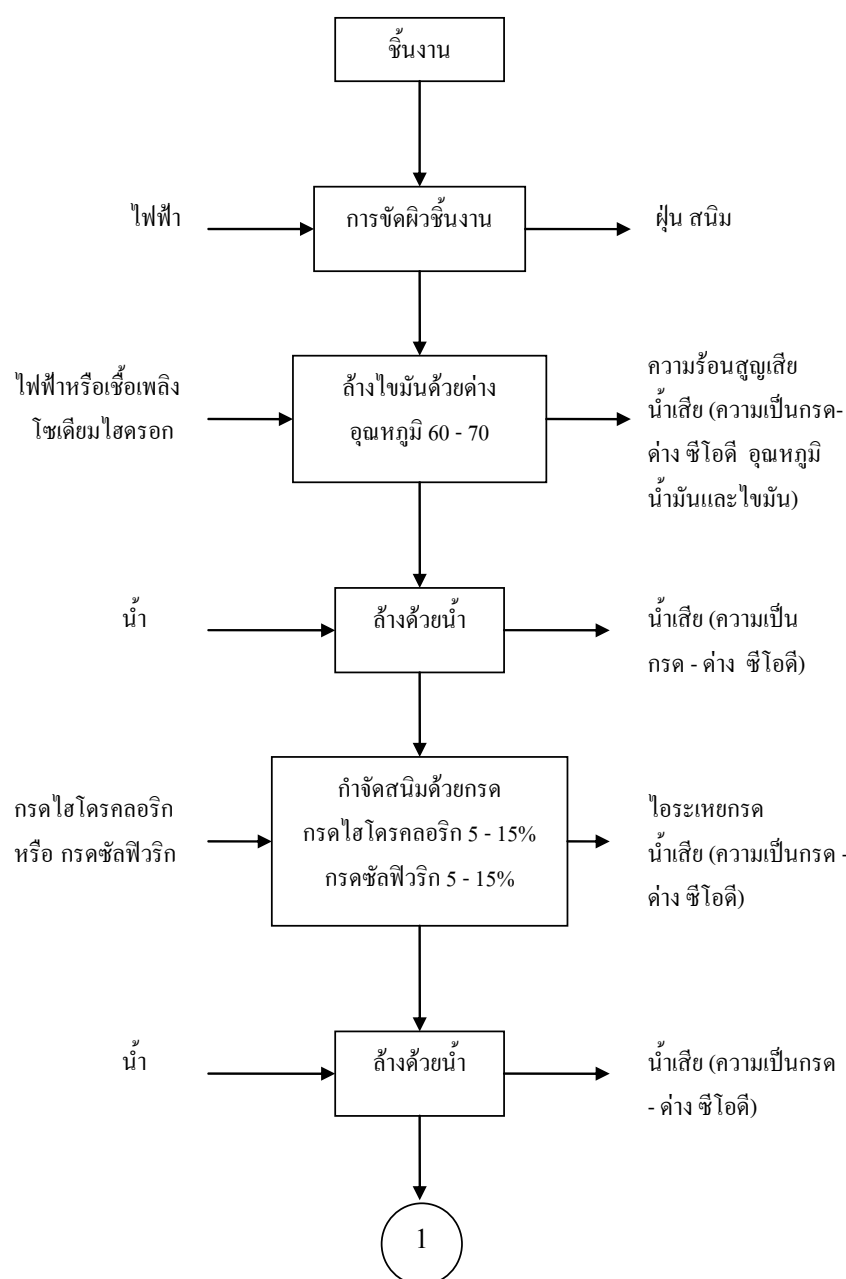
4.2 ผลการสำรวจภาพรวมการผลิต และจัดทำแผนภูมิ กระบวนการผลิตและประเมิน

4.2.1 มวลเข้า-ออกจากการผลิต

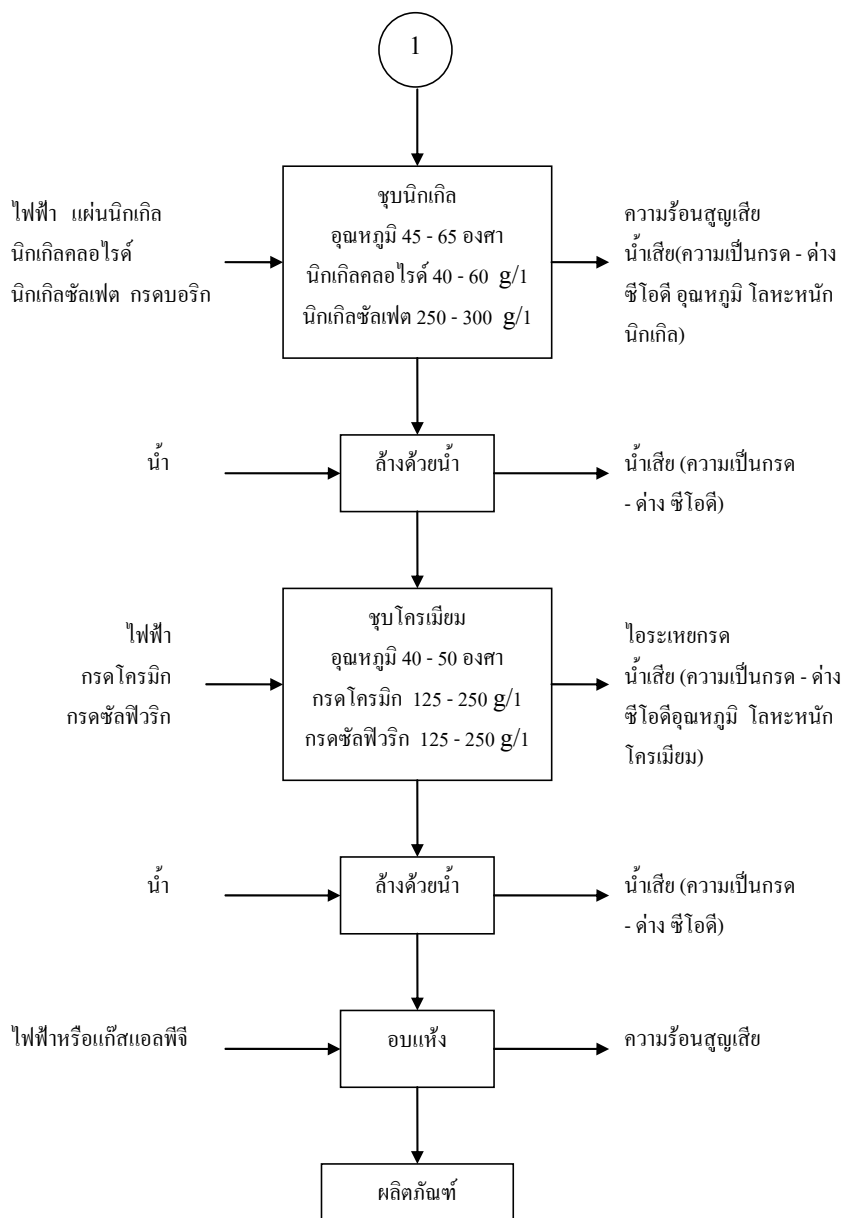
ผลการสำรวจสถานที่ผลิตเพื่อประกอบการจัดทำผังกระบวนการผลิต โดยรวมของกระบวนการชุบเคลือบผิวโลหะด้วย นิกเกิล-โครเมียม และการประเมินมวลเข้า-ออกทำให้

ทราบปริมาณการใช้ทรัพยากรและการสูญเสียที่เกิดขึ้นในรูปของสมมูลมวลและพลังงานที่เข้าและออกในแต่ละขั้นตอนการผลิต ดังภาพ 4.2.1 แสดงแผนภูมิขั้นตอนของกระบวนการชุบเคลือบผิวโลหะด้วยนิกเกิล-โครเมียม เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการรับชิ้นงาน ถึงขั้นตอนผลิตภัณฑ์เสร็จสมบูรณ์

ภาพที่ 4.2.1 ขั้นตอนของกระบวนการชุบเคลือบผิวโลหะด้วยนิกเกิล-โครเมียม



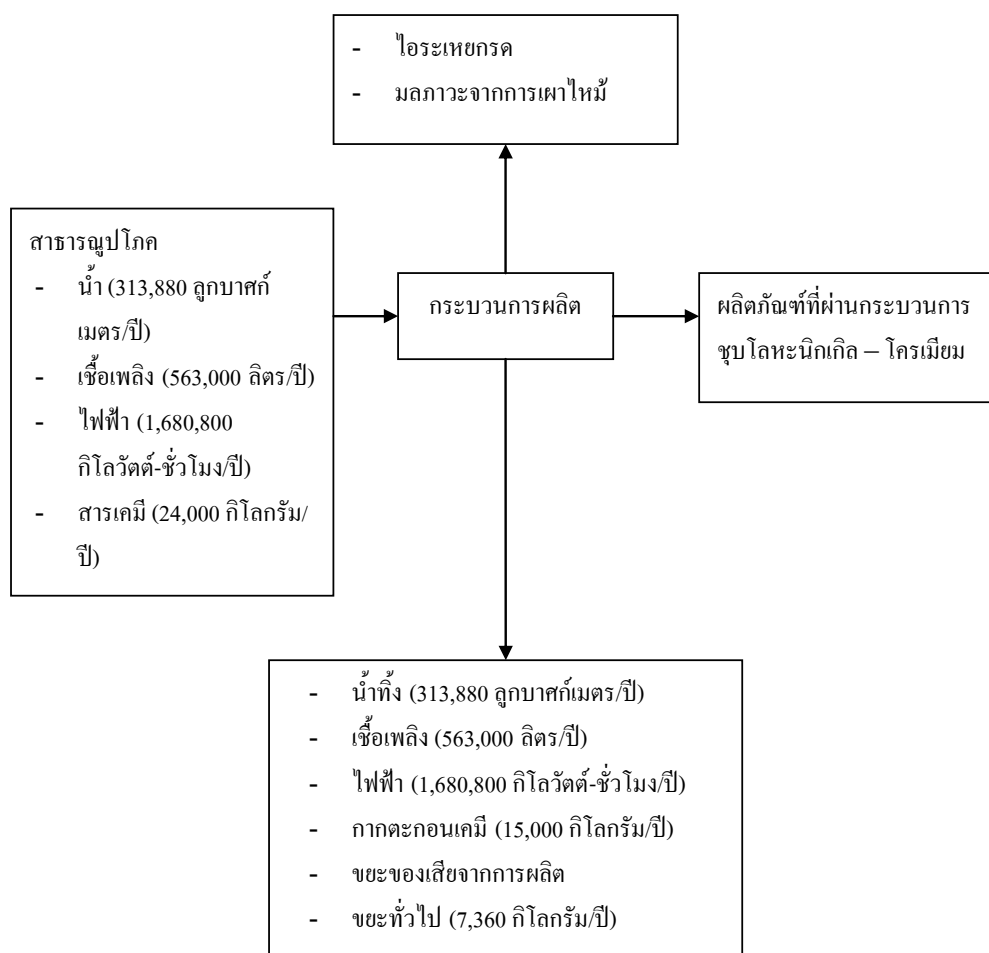
ภาพที่ 4.2.1 ขั้นตอนของกระบวนการชุบเคลือบผิวโลหะด้วยนิกเกิล-โครเมียม(ต่อ)



จากภาพที่ 4.2.1 พบว่าในกระบวนการชุบโลหะด้วยนิกเกิล - โครเมียม มวลเข้าประกอบด้วย น้ำใช้ในขั้นตอนต่างๆ พลังงานไฟฟ้า เชื้อเพลิงสำหรับอบชิ้นงาน สารเคมีต่างๆในขั้นตอนการชุบชิ้นงาน ส่วนมวลขาออกหรือมวลที่สูญเสียไปในระหว่างกระบวนการชุบโลหะ ได้แก่ น้ำทิ้ง พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ เชื้อเพลิง กากตะกอนสารเคมี ประกอบกับข้อมูลการทำสมดุลมวลรวม

ในกระบวนการผลิต ทำให้สามารถประเมินความสูญเสียของปัจจัยการผลิตเบื้องต้น ดังภาพที่ 4.2.2

ภาพที่ 4.2.2 ปริมาณมวลเข้า-ออก จากการผลิต



จากภาพที่ 4.2.1 และภาพที่ 4.2.2 ทำให้ทราบว่าในกระบวนการชุบโลหะนิกเกิล – โครเมียม มีการใช้ทรัพยากรการผลิตหลัก ประกอบด้วย สารเคมี 24,000 กิโลกรัม/ปี น้ำที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน 313,880 ลูกบาศก์เมตร/ปี พลังงานเชื้อเพลิง 563,000 ลิตร/ปี พลังงานไฟฟ้า 1,680,800 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี รวมถึงวัตถุดิบอื่นๆ ได้ผลิตภัณฑ์ เฟอร์นิเจอร์ที่ชุบผิวโลหะด้วย นิกเกิล – โครเมียม ส่วนที่เหลือจากการผลิตหรือของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ได้แก่ น้ำทิ้ง การสูญเสียพลังงานไฟฟ้า พลังงานเชื้อเพลิง กากตะกอนสารเคมี ของเสียจากการผลิต และขยะทั่วไป ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำไปทำการจัดลำดับความสำคัญของแต่ละขั้นตอนของการทำเทคโนโลยีสะอาด ดังแสดงในตารางที่ 4.2.1

ตารางที่ 4.2. การจัดลำดับความสำคัญของประเด็นการทำเทคโนโลยีสะอาด

หน่วยการผลิตหรือ ประเด็นการทำ เทคโนโลยีสะอาด	เกณฑ์การประเมิน (คะแนน)*				คะแนนรวม	ลำดับ
	ปริมาณ	ผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อม	กฎหมายและ มาตรฐาน	นโยบาย บริษัท		
การใช้น้ำ/น้ำทิ้ง	3	3	2	2	10	2
พฤติกรรมการทำงานของ พนักงาน	3	1	2	2	8	4
กลิ่น	2	2	3	2	9	3
การใช้พลังงานไฟฟ้า	3	2	3	3	11	1
การใช้พลังงาน เชื้อเพลิง	2	2	1	1	6	6
เสียง	1	1	1	1	4	7
มลพิษทางอากาศ	1	2	2	2	7	5

* คะแนนเกณฑ์การประเมิน 1 = ต่ำ , 2 = ปานกลาง และ 3 = สูง

จากตารางที่ 4.2 ผลจากการจัดลำดับความสำคัญของประเด็นการทำเทคโนโลยีสะอาดพบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นประเด็นที่มีความสำคัญเป็นอันดับแรกสุด เนื่องจากในกระบวนการชุบโลหะนิกเกิล – โครเมียมมีการใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งให้พลังงานในการถ่ายเทประจุของไฟฟ้า และในระหว่างกระบวนการมีการใช้พลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานความร้อนด้วย ซึ่งใช้ในการปรับอุณหภูมิของน้ำยาสารเคมีที่ใช้ในการชุบโลหะ อันดับที่สองคือ การใช้น้ำ เนื่องจากกระบวนการชุบโลหะมีการใช้น้ำในการล้างสารเคมีในกระบวนการต่างๆ เพื่อให้ชิ้นงานไม่เกิดปัญหาระหว่างการชุบโลหะนิกเกิล – โครเมียม อันดับที่สามคือกลิ่น เนื่องจากการชุบโลหะนิกเกิล – โครเมียม มีการใช้สารเคมีเป็นตัวประกอบเป็นจำนวนมาก และระหว่างการผลิตต้องมีพนักงานประจำสถานีในแต่ละกระบวนการผลิต ดังนั้นพนักงานจึงมีโอกาสได้รับกลิ่นจากสารเคมีโดยตรง ทำให้อาจเกิดโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจของพนักงานได้ และประเด็นสำคัญอื่นๆ ได้แก่ พฤติกรรมการทำงานของพนักงาน มลพิษทางอากาศ การใช้พลังงานเชื้อเพลิง และเสียง

4.3 การเลือกจุดหรือบริเวณเพื่อตรวจประเมินโดยละเอียด

จากผลการสำรวจกระบวนการผลิตในโรงงานเพื่อหาขั้นตอนการผลิตที่สำคัญ ที่เกิดสาเหตุให้เกิดการสิ้นเปลืองของวัตถุดิบที่ใช้ เพื่อใช้ในการประเมินโดยละเอียดต่อไปนั้น พบว่า ขั้นตอนการชุบโลหะเป็นขั้นตอนที่มีระดับคะแนนสูงเป็นอันดับหนึ่ง จึงเป็นบริเวณที่ควรถูกนำมาเลือกพัฒนาทางเทคโนโลยีสะอาดเป็นอันดับแรก ซึ่งจากข้อมูลของบริษัท โรงงานก้องกิงเจริญ จำกัด พบว่าในขั้นตอนนี้มีการสูญเสียของพลังงานไฟฟ้า 16800 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 0.01 ของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไประหว่างกระบวนการผลิต ถัดไปได้แก่ หม้อแปลงไฟฟ้า กลั่นกรดในบ่อชุบ จุดขัดผิวชิ้นงาน กระบวนการล้างชิ้นงาน ติดตั้งเครื่องดับกลิ่น จุดอบแห้งชิ้นงาน

ตารางที่ 4.3 การเลือกบริเวณเพื่อทำการประเมินโดยละเอียด

หน่วยการผลิตหรือ ประเด็นการทำ เทคโนโลยีสะอาดที่ เสนอ	เกณฑ์การเลือก (คะแนน*)				คะแนนรวม	หมายเหตุ
	ผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อม (ปริมาณ / ความเป็นพิษ)	การลงทุน**	โอกาสในการ ทำ CT ที่เห็นได้ชัด	ความสนใจ/ ความร่วมมือ		
จุดขัดผิวชิ้นงาน	3	1	2	3	9	4
เครื่องทำความร้อน	3	3	3	3	12	1
หม้อแปลงไฟฟ้า	3	2	3	3	11	2
กลั่นกรดในบ่อชุบ	3	3	1	3	10	3
กระบวนการล้าง ชิ้นงาน	3	1	2	2	8	5
ติดตั้งเครื่องดับกลิ่น	1	1	3	2	7	6
จุดอบแห้งชิ้นงาน	2	1	1	2	6	7

หมายเหตุ :

* 1 = ต่ำ

2 = ปานกลาง

3 = สูง

** คะแนนสำหรับการลงทุน

1 = ลงทุนสูง

2 = ลงทุนปานกลาง

3 = ลงทุนต่ำ

จุดที่ควรทำการประเมินโดยละเอียด

- ทำให้เกิดมลพิษและของเสียปริมาณมาก (มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูง)
- ค่าความสูญเสียคิดเป็นเงินสูง
- มีทางเลือก CT ที่ชัดเจน (ทางเลือกที่เห็นได้ชัดมีค่าสูง)
- ทุกคนเห็นด้วยและพร้อมจะให้ความร่วมมือ (มีความสนใจและความร่วมมือสูง)

4.4 การคัดเลือกเทคโนโลยีสะอาด

จากการสำรวจและจัดทำรายการโอกาสทางเทคโนโลยีสะอาด ตารางที่ 4.4 พบว่าทุกรายการสามารถทำได้ทั้งหมด แต่เนื่องจากมีเวลาในการดำเนินการที่จำกัด จึงได้คัดเลือก 3 ประเด็นแรกที่สามารถทำได้ทันทีในเวลาอันจำกัดคือ ติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิแบบเปิด-ปิดที่เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าในบ่อชุบ การเปลี่ยนตัวนำกระแสไฟฟ้าเข้าบ่อชุบจากอะลูมิเนียมเป็นทองแดง ใช้ลูกบอลพลาสติกวางบนผิวของเหลวในบ่อที่มีการใช้กรด เพื่อลดการเกิดไอระเหยของกรด

ตารางที่ 4.4 การคัดทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้

เลือกทำ CT	ทำได้ทันที	ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม	ไม่สามารถปฏิบัติได้	หมายเหตุ
เครื่องทำความร้อน	✓			
หม้อแปลงไฟฟ้า	✓			
กลั่นกรดในบ่อชุบ	✓			
จุดขัดผิวชิ้นงาน	✓			
กระบวนการล้างชิ้นงาน	✓			
ติดตั้งเครื่องดับกลิ่น	✓			
จุดอบแห้งชิ้นงาน	✓			

4.5 การประเมินความเป็นไปได้ของทางเลือกทางเทคนิค

นำทางเลือกเทคโนโลยีี่สะอาดรายการที่ 1-3 จากตาราง ที่ 4.4 มาทำการประเมินความเป็นไปได้ทางเทคนิค ซึ่งได้ข้อมูลตามตารางที่ 4.5.1-4.5.3 ซึ่งพบว่าจากคะแนนเต็ม 15 คะแนน การประเมินทางเทคนิคการติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิแบบเปิด-ปิดที่เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าในบ่อชุบ การประเมินทางเทคนิคการเปลี่ยนตัวนำกระแสไฟฟ้าเข้าบ่อชุบจากอะลูมิเนียมเป็นทองแดง การประเมินทางเทคนิคใช้ลูกบอลพลาสติกกวางบนผิวของเหลวในบ่อที่มีการใช้กรด เพื่อลดการเกิดไอระเหยของกรด มีความเป็นไปได้ทางเทคนิคเป็น 14 คะแนนเท่ากัน ซึ่งจะเห็นว่าทุกทางเลือกมีความเป็นไปได้ทางเทคนิคที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในขั้นตอนกระบวนการชุบโลหะได้ต่อไป

ตารางที่ 4.5.1 การประเมินทางเทคนิคติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิ
แบบเปิด-ปิดที่เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าในบ่อชุบ

ลำดับ	รายการ	ใช่	ไม่ใช่	ไม่แน่ใจ
1	เคยมีบริษัทอื่นใช้ทางเลือกนี้มาก่อนหรือไม่ ?	✓		
2	ทางเลือกนี้จะรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้หรือไม่	✓		
3	ทางเลือกนี้ไม่กระทบต่อกระบวนการผลิตหรือไม่	✓		
4	ไม่ต้องการพนักงานเพิ่มหรือไม่	✓		
5	พนักงานสามารถทำการผลิตโดยใช้ทางเลือกนี้ได้หรือไม่	✓		
6	ไม่ต้องการอบรมพนักงานเพิ่มเติมหรือไม่	✓		
7	แน่ใจหรือว่าทางเลือกนี้จะทำให้เกิดของเสียน้อยลง	✓		
8	แน่ใจหรือว่าทางเลือกนี้จะไม่เป็นการเปลี่ยนชนิดของของเสียจากอย่างหนึ่งไปเป็นอย่างอื่นซึ่งอันตรายมากกว่า	✓		
9	ทางเลือกนี้เหมาะสมกับผังของโรงงานหรือไม่	✓		
10	ผู้ขายเทคโนโลยีสามารถรับประกันได้หรือไม่	✓		
11	ทางเลือกนี้จะทำให้สภาพแวดล้อมของการทำงานดีขึ้นปลอดภัยขึ้นหรือไม่	✓		
12	ทางเลือกนี้ลดของเสียที่แหล่งกำเนิดหรือไม่	✓		
13	อะไหล่หาง่ายหรือไม่	✓		
14	เป็นทางเลือกที่ใช้ง่ายหรือไม่	✓		
15	ทางเลือกนี้ส่งเสริมการนำกลับมาใช้ใหม่หรือไม่		✓	
คะแนนรวม		14	1	

ตารางที่ 4.5.2 การประเมินทางเทคนิคการเปลี่ยนตัวนำกระแสไฟฟ้า
เข้าบ่อชุบจากอะลูมิเนียมเป็นทองแดง

ลำดับ	รายการ	ใช่	ไม่ใช่	ไม่แน่ใจ
1	เคยมีบริษัทอื่นใช้ทางเลือกนี้มาก่อนหรือไม่ ?	✓		
2	ทางเลือกนี้จะรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้หรือไม่	✓		
3	ทางเลือกนี้ไม่กระทบต่อกระบวนการผลิตหรือไม่	✓		
4	ไม่ต้องการพนักงานเพิ่มหรือไม่			
5	พนักงานสามารถทำการผลิตโดยใช้ทางเลือกนี้ได้หรือไม่	✓		
6	ไม่ต้องการอบรมพนักงานเพิ่มเติมหรือไม่	✓		
7	แน่ใจหรือว่าทางเลือกนี้จะทำให้เกิดของเสียน้อยลง	✓		
8	แน่ใจหรือว่าทางเลือกนี้จะไม่เป็นการเปลี่ยนชนิดของของเสียจากอย่างหนึ่งไปเป็นอย่างอื่นซึ่งอันตรายมากกว่า	✓		
9	ทางเลือกนี้เหมาะสมกับผังของโรงงานหรือไม่	✓		
10	ผู้ขายเทคโนโลยีสามารถรับประกันได้หรือไม่	✓		
11	ทางเลือกนี้จะทำให้สภาพแวดล้อมของการทำงานดีขึ้นปลอดภัยขึ้นหรือไม่	✓		
12	ทางเลือกนี้ลดของเสียที่แหล่งกำเนิดหรือไม่	✓		
13	อะไหล่หาง่ายหรือไม่	✓		
14	เป็นทางเลือกที่ใช้ง่ายหรือไม่	✓		
15	ทางเลือกนี้ส่งเสริมการนำกลับมาใช้ใหม่หรือไม่		✓	
คะแนนรวม		14	1	

ตารางที่ 4.5.3 การประเมินทางเทคนิคการใช้ลูกบอลพลาสติกวางบน
ผิวของเหลวในบ่อที่มีการใช้กรด เพื่อลดการเกิดไอระเหยของกรด

ลำดับ	รายการ	ใช่	ไม่ใช่	ไม่แน่ใจ
1	เคยมีบริษัทอื่นใช้ทางเลือกนี้มาก่อนหรือไม่ ?	✓		
2	ทางเลือกนี้จะรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้หรือไม่	✓		
3	ทางเลือกนี้ไม่กระทบต่อกระบวนการผลิตหรือไม่	✓		
4	ไม่ต้องการพนักงานเพิ่มหรือไม่			
5	พนักงานสามารถทำการผลิตโดยใช้ทางเลือกนี้ได้หรือไม่	✓		
6	ไม่ต้องการอบรมพนักงานเพิ่มเติมหรือไม่	✓		
7	แน่ใจหรือว่าทางเลือกนี้จะทำให้เกิดของเสียลดลง	✓		
8	แน่ใจหรือว่าทางเลือกนี้จะไม่เป็นการเปลี่ยนชนิดของของเสียจากอย่างหนึ่งไปเป็นอย่างอื่นซึ่งอันตรายมากกว่า	✓		
9	ทางเลือกนี้เหมาะสมกับผังของโรงงานหรือไม่	✓		
10	ผู้ขายเทคโนโลยีสามารถรับประกันได้หรือไม่	✓		
11	ทางเลือกนี้จะทำให้สภาพแวดล้อมของการทำงานดีขึ้นปลอดภัยขึ้นหรือไม่	✓		
12	ทางเลือกนี้ลดของเสียที่แหล่งกำเนิดหรือไม่	✓		
13	อะไหล่หาง่ายหรือไม่	✓		
14	เป็นทางเลือกที่ใช้ง่ายหรือไม่	✓		
15	ทางเลือกนี้ส่งเสริมการนำกลับมาใช้ใหม่หรือไม่		✓	
คะแนนรวม		14	1	

4.6 การประเมินความเป็นไปได้ของทางเลือก ทางเศรษฐศาสตร์

นำทางเลือกเทคโนโลยีสะอาดจากตาราง ที่ 4.4 ในรายการที่ 1-3 มาทำการประเมินความเป็นไปได้ทางเลือกทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งได้ข้อมูลตามตารางที่ 4.6.1-4.6.3 ซึ่งพบว่าจากคะแนนเต็ม 9 คะแนนการประเมินทางเลือกทางเศรษฐศาสตร์การติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิแบบเปิด-ปิดที่เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าในบ่อชุบ การประเมินทางเลือกทางเศรษฐศาสตร์การเปลี่ยนตัวนำกระแสไฟฟ้าเข้าบ่อชุบจากอะลูมิเนียมเป็นทองแดง การประเมินทางเลือกทางเศรษฐศาสตร์ใช้ลูกบอลพลาสติกวางบนผิวของเหลวในบ่อที่มีการใช้กรด เพื่อลดการเกิดไอระเหยของกรด มีความเป็นไปได้ทางเลือกทางเศรษฐศาสตร์เป็น 6,7,6 ซึ่งจะเห็นว่าทุกทางเลือกมีความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในขั้นตอนกระบวนการชุบโลหะได้ต่อไป

ตารางที่ 4.6.1 การประเมินความเป็นไปได้ของทางเลือกทางเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิแบบเปิด-ปิดที่เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าในบ่อชุบ

ลำดับ	รายการ	ใช่	ไม่ใช่	ไม่แน่ใจ
1	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนการใช้วัตถุดิบหรือไม่	✓		
2	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนสาธารณูปโภคหรือไม่	✓		
3	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนการจัดเก็บวัสดุและของเสียหรือไม่		✓	
4	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนค่าปรับตามกฎหมายหรือไม่	✓		
5	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนเรื่องการเจ็บป่วย / อุบัติเหตุของ คนงานหรือไม่		✓	
6	คนงานหรือไม่	✓		
7	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนการจ่ายค่าประกันหรือไม่			✓
8	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนการกำจัดของเสียหรือไม่ทางเลือก นี้มีระยะเวลาคืนทุนที่น่าพอใจหรือไม่	✓		
9	ทางเลือกนี้เหมาะสมกับการลงทุนหรือไม่	✓		
	(พิจารณาทั้งต้นทุนขั้นแรก และต้นทุนในการบำรุงรักษา	✓		
คะแนนรวม		6	2	1

ตารางที่ 4.6.2 การประเมินความเป็นไปได้ของทางเลือกทางเศรษฐศาสตร์ของการเปลี่ยนตัว
นำกระแสไฟฟ้าเข้าบ่อชุบจากอะลูมิเนียมเป็นทองแดง

ลำดับ	รายการ	ใช่	ไม่ใช่	ไม่แน่ใจ
1	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนการใช้วัตถุดิบหรือไม่	✓		
2	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนสารกรุปโปคหรือไม่	✓		
3	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนการจัดเก็บวัสดุและของเสียหรือไม่		✓	
4	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนค่าปรับตามกฎหมายหรือไม่	✓		
5	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนเรื่องการเจ็บป่วย / อุบัติเหตุของ คนงานหรือไม่	✓		
6	คนงานหรือไม่	✓		
7	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนการจ่ายค่าประกันหรือไม่			✓
8	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนการกำจัดของเสียหรือไม่ทางเลือก นี้มีระยะเวลาคืนทุนที่น่าพอใจหรือไม่	✓		
9	ทางเลือกนี้เหมาะสมกับการลงทุนหรือไม่	✓		
	(พิจารณาทั้งต้นทุนขั้นแรก และต้นทุนในการบำรุงรักษา	✓		
คะแนนรวม		7	1	1

ตารางที่ 4.6.3 การประเมินความเป็นไปได้ของทางเลือกทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้ลูกบอล
พลาสติกวางบนผิวของเหลวในบ่อที่มีการใช้กรดเพื่อลดการเกิดไอระเหยของกรด

ลำดับ	รายการ	ใช่	ไม่ใช่	ไม่แน่ใจ
1	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนการใช้วัสดุดิบหรือไม่		✓	
2	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนสารารณูปโภคหรือไม่		✓	
3	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนการจัดเก็บวัสดุและของเสียหรือไม่		✓	
4	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนค่าปรับตามกฎหมายหรือไม่	✓		
5	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนเรื่องการเจ็บป่วย / อุบัติเหตุของ คนงานหรือไม่	✓		
6	คนงานหรือไม่	✓		
7	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนการจ่ายค่าประกันหรือไม่	✓		
8	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนการกำจัดของเสียหรือไม่ทางเลือก นี้มีระยะเวลาคืนทุนที่น่าพอใจหรือไม่	✓		
9	ทางเลือกนี้เหมาะสมกับการลงทุนหรือไม่	✓		
	(พิจารณาทั้งต้นทุนขั้นแรก และต้นทุนในการบำรุงรักษา	✓		
คะแนนรวม		6	3	

4.7 การประเมินความเป็นไปได้ของทางเลือกทางสิ่งแวดล้อม

นำทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด จากตาราง ที่ 4.4 ในรายการที่ 1-3 มาทำการประเมิน
ความเป็นไปได้ทางเลือกทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งได้ข้อมูลตามตารางที่ 4.7.1-4.7.3 ซึ่งพบว่าจาก
คะแนนเต็ม 10 คะแนนการประเมินทางเลือกทางสิ่งแวดล้อมการติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิแบบ
เปิด-ปิดที่เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าในบ่อชุบ การประเมินทางเลือกทางสิ่งแวดล้อมการ
เปลี่ยนตัวนำกระแสไฟฟ้าเข้าบ่อชุบจากอะลูมิเนียมเป็นทองแดง การประเมินทางเลือกทาง
สิ่งแวดล้อมใช้ลูกบอลพลาสติกวางบนผิวของเหลวในบ่อที่มีการใช้กรด เพื่อลดการเกิดไอระเหย

ของกรด มีความเป็นไปได้ทางเลือกทางสิ่งแวดล้อมเป็น 5,6,3 ซึ่งจะเห็นว่าทุกทางเลือกมีความเป็นไปได้ทางสิ่งแวดล้อมที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในขั้นตอนกระบวนการชุบโลหะได้ต่อไป

ตารางที่ 4.7.1 การประเมินความเป็นไปได้ของทางเลือกทางสิ่งแวดล้อมของการติดตั้งตัวควบคุม อุณหภูมิแบบเปิด-ปิดที่เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าในบ่อชุบ

ลำดับ	รายการ	ใช่	ไม่ใช่	ไม่แน่ใจ
1	ทางเลือกนี้ลดความเป็นพิษและปริมาณของของเสียที่เป็นของแข็ง และกากตะกอนหรือไม่		√	
2	ทางเลือกนี้ลดความเป็นพิษและปริมาณของน้ำทิ้งหรือไม่		√	
3	ทางเลือกนี้ลดความเป็นพิษและปริมาณของมลพิษทางอากาศหรือไม่		√	
4	ทางเลือกนี้ทำให้สุขภาพและความปลอดภัยของพนักงานดีขึ้นหรือไม่	√		
5	ทางเลือกนี้ทำให้ลดการใช้วัตถุดิบ (ต่อหน่วยการผลิต) หรือไม่	√		
6	ทางเลือกนี้ทำให้ลดการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิต (ต่อหน่วยการผลิต) หรือไม่	√		
7	ทางเลือกนี้ทำให้ลดปริมาณการใช้พลังงาน (ต่อหน่วยการผลิต) หรือไม่	√		
8	ทางเลือกนี้ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างอื่น ๆ อีกหรือไม่	√		
9	ทางเลือกนี้เพิ่มโอกาสในการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่หรือไม่		√	
10	ทางเลือกนี้เพิ่มโอกาสในการนำกลับมาใช้ใหม่ของผลิตภัณฑ์หรือไม่		√	
คะแนนรวม		5	5	

ตารางที่ 4.7.2 การประเมินความเป็นไปได้ของทางเลือกทางสิ่งแวดล้อมของการเปลี่ยนตัวนำ
กระแสไฟฟ้าเข้าบ่อชุบจากอะลูมิเนียมเป็นทองแดง

ลำดับ	รายการ	ใช่	ไม่ใช่	ไม่แน่ใจ
1	ทางเลือกนี้ลดความเป็นพิษและปริมาณของของเสียที่เป็นของแข็ง และกากตะกอนหรือไม่	✓		
2	ทางเลือกนี้ลดความเป็นพิษและปริมาณของน้ำทิ้งหรือไม่		✓	
3	ทางเลือกนี้ลดความเป็นพิษและปริมาณของมลพิษทางอากาศหรือไม่		✓	
4	ทางเลือกนี้ทำให้สุขภาพและความปลอดภัยของพนักงานดีขึ้นหรือไม่	✓		
5	ทางเลือกนี้ช่วยลดการใช้วัตถุดิบ (ต่อหน่วยการผลิต) หรือไม่	✓		
6	ทางเลือกนี้ช่วยลดการใช้สารเสริมในกระบวนการผลิต (ต่อหน่วยการผลิต) หรือไม่	✓		
7	ทางเลือกนี้ช่วยลดปริมาณการใช้พลังงาน (ต่อหน่วยการผลิต) หรือไม่	✓		
8	ทางเลือกนี้ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างอื่น ๆ อีกหรือไม่	✓		
9	ทางเลือกนี้เพิ่มโอกาสในการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่หรือไม่		✓	
10	ทางเลือกนี้เพิ่มโอกาสในการนำกลับมาใช้ใหม่ของผลิตภัณฑ์หรือไม่		✓	
คะแนนรวม		6	4	

ตารางที่ 4.7.3 การประเมินความเป็นไปได้ของทางเลือกทางสิ่งแวดล้อมของการใช้ลูกบอล
พลาสติกวางบนผิวของเหลวในบ่อที่มีการใช้กรดเพื่อลดการเกิดไอระเหยของกรด

ลำดับ	รายการ	ใช่	ไม่ใช่	ไม่แน่ใจ
1	ทางเลือกนี้ลดความเป็นพิษและปริมาณของของเสียที่เป็นของแข็ง และกากตะกอนหรือไม่		✓	
2	ทางเลือกนี้ลดความเป็นพิษและปริมาณของน้ำทิ้งหรือไม่		✓	
3	ทางเลือกนี้ลดความเป็นพิษและปริมาณของมลพิษทางอากาศหรือไม่	✓		
4	ทางเลือกนี้ทำให้สุขภาพและความปลอดภัยของพนักงานดีขึ้นหรือไม่	✓		
5	ทางเลือกนี้ช่วยลดการใช้วัตถุดิบ (ต่อหน่วยการผลิต) หรือไม่		✓	
6	ทางเลือกนี้ช่วยลดการใช้สารเสริมในกระบวนการผลิต (ต่อหน่วยการผลิต) หรือไม่		✓	
7	ทางเลือกนี้ช่วยลดปริมาณการใช้พลังงาน (ต่อหน่วยการผลิต) หรือไม่		✓	
8	ทางเลือกนี้ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างอื่น ๆ อีกหรือไม่	✓		
9	ทางเลือกนี้เพิ่มโอกาสในการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่หรือไม่		✓	
10	ทางเลือกนี้เพิ่มโอกาสในการนำกลับมาใช้ใหม่ของผลิตภัณฑ์หรือไม่		✓	
คะแนนรวม		3	7	

4.8 การคัดทางเลือกที่เหมาะสมเพื่อนำไปปฏิบัติ

เมื่อได้ผลประเมินด้านต่างๆ จากตารางที่ 4.4 แล้วได้ทำการสรุปความเหมาะสมของแต่ละทางเลือกว่าจะทำการแก้ไขตามแนวทางเหล่านั้นได้หรือไม่ (ตารางที่ 4.8) ซึ่งพบว่า การเปลี่ยนตัวนำกระแสไฟฟ้าเข้าบ่อชุบจากอะลูมิเนียมเป็นทองแดง ได้คะแนน 8 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนสูงสุด และการติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิแบบเปิด-ปิดที่เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าในบ่อชุบ ได้คะแนนรองลงมาคือ 7 คะแนน ส่วนการใช้ลูกบอลพลาสติกวางบนผิวของเหลวในบ่อที่มีการใช้กรดเพื่อลดการเกิดไอระเหยของกรด ได้คะแนนรองลงมาเล็กน้อยคือ 6 คะแนน อย่างไรก็ตามทุกทางเลือกสามารถนำไปประยุกต์ใช้ ได้กับกระบวนการชุบโลหะต่อไป

ตารางที่ 4.8 การคัดทางเลือกที่เหมาะสมเพื่อนำไปปฏิบัติ

ทางเลือก CT	คะแนนความเป็นไปได้			รวม คะแนน	ปฏิบัติได้/ ไม่ได้
	ด้านเทคนิค	ด้านเศรษฐศาสตร์	ด้านสิ่งแวดล้อม		
การติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิแบบเปิด-ปิดที่เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าในบ่อชุบ	3	2	2	7	ได้
การเปลี่ยนตัวนำกระแสไฟฟ้าเข้าบ่อชุบจากอะลูมิเนียมเป็นทองแดง	3	3	2	8	ได้
การใช้ลูกบอลพลาสติกวางบนผิวของเหลวในบ่อที่มีการใช้กรดเพื่อลดการเกิดไอระเหยของกรด	3	2	1	6	ได้

4.9 มูลค่าการประหยัดและระยะเวลาในการคืนทุน ของทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด

จากการคัดเลือกทางเลือกที่เหมาะสมเพื่อนำไปปฏิบัติในข้อ 4.8 พบว่าทุกทางเลือก ได้แก่ การติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิแบบเปิด-ปิดที่เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าในบ่อชุบ การเปลี่ยนตัวนำกระแสไฟฟ้าเข้าบ่อชุบจากอะลูมิเนียมเป็นทองแดง การใช้ลูกบอลพลาสติกวางบนผิวของเหลวในบ่อที่มีการใช้กรดเพื่อลดการเกิดไฮดรอกไซด์ของกรด มีความเป็นไปได้ที่จะนำไปปฏิบัติ โดยมีมูลค่าการประหยัด และระยะเวลาคืนทุนของแต่ละทางเลือกดังนี้

4.9.1 ติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิแบบเปิด-ปิดที่เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าในบ่อชุบ

สภาพปัญหาและแนวทางการแก้ไข :

ในบ่อชุบนิกเกิลมีการใช้เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าเพื่อทำให้อุณหภูมิภายในบ่อชุบอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการชุบนิกเกิลตามที่โรงงานได้กำหนดไว้ (ประมาณ 60 องศาเซลเซียส)

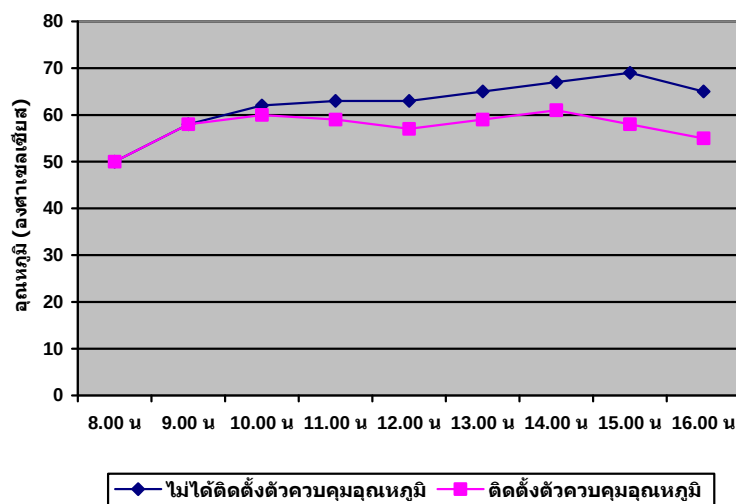
1) สภาพปัญหา

จากการสำรวจสภาพการปฏิบัติงานของโรงงานชุบนิกเกิล-โครเมียม พบว่าไม่มีการควบคุมการทำงานของเครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้า อุณหภูมิภายในบ่อชุบนิกเกิลจึงเพิ่มสูงขึ้นเกินเป้าหมายที่กำหนด (50-70 องศาเซลเซียส) ดังแสดงด้วยเส้นประในภาพที่ 4.4 ซึ่งทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าโดยไม่จำเป็น

2) แนวทางการแก้ไข

การติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิแบบเปิด-ปิดสำหรับเครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าจะช่วยให้เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าตัดการทำงานเมื่ออุณหภูมิในบ่อชุบเพิ่มสูงเกินกว่าอุณหภูมิที่กำหนด และเริ่มทำงานอีกครั้งเมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิที่กำหนด การเปิด-ปิดเครื่องทำความร้อนนี้จะช่วยลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าลงได้เทียบกับการเปิดเครื่องทำความร้อนตลอดเวลา

ภาพที่ 4.9.1.1
แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในบ่อ

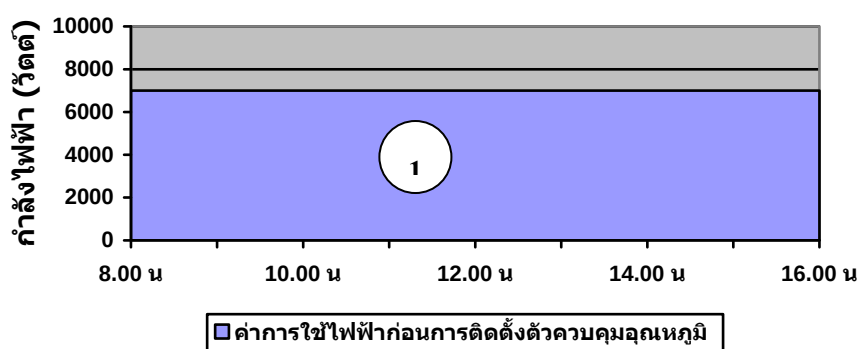


ผลประโยชน์ด้านเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม:

1) ผลประโยชน์ด้านเทคนิค

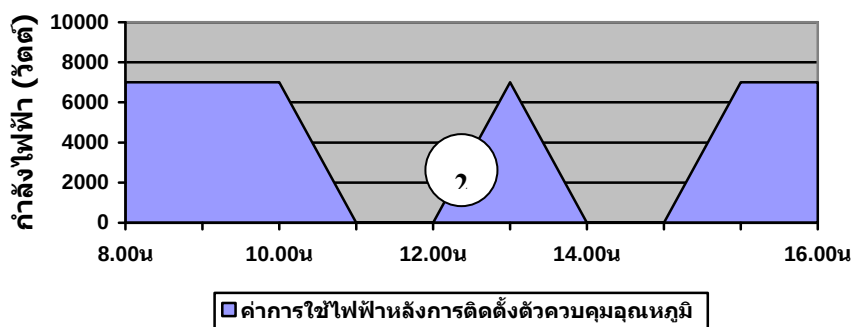
การติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิแบบเปิด-ปิดสำหรับเครื่องทำความร้อนนั้นสามารถดำเนินการได้ทันที โดยจัดซื้อตัวควบคุมแบบเปิด-ปิดและติดตั้งเข้ากับวงจรไฟฟ้าในเครื่องทำความร้อนและติดตั้งตัววัดอุณหภูมิภายในบ่อชุบที่มีการให้ความร้อน วิธีนี้สามารถติดตั้งได้ทั้งบ่อชุบนิกเกิล บ่อล้างน้ำและบ่อล้างไขมัน

ภาพที่ 4.9.1.2
ค่าการใช้ไฟฟ้าก่อนการติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิ



ภาพที่ 4.9.1.3

ค่าการใช้ไฟฟ้าหลังการติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิ



หลังการติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิ พบว่าอุณหภูมิภายในบ่อชุบจะอยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ (55–65 องศาเซลเซียส) ดังแสดงด้วยเส้นทึบในภาพที่ 4.5 ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณการใช้ไฟฟ้าดังกราฟหมายเลข 2 ในภาพที่ 4.6 เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าก่อนการติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิดังแสดงด้วยกราฟ จะพบว่าการติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิสามารถโดยไม่ต้องเปิดฮีตเตอร์ตลอดเวลา ทำให้ลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าได้

$$\begin{aligned}
 & \text{การประเมินหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ลดลงสามารถคำนวณได้ดังนี้} \\
 & = (\text{พื้นที่ใต้กราฟหมายเลข 1} - \text{พื้นที่ใต้กราฟหมายเลข 2}) \times \text{จำนวนวันทำงาน (วันต่อปี)} \\
 & = (7,000 \times 8 - (0.5 \times (2+1.5) \times 7,000 + 0.5 \times (0.5+1.5) \times 7,000 \dots \\
 & \quad \dots + 0.5 \times (0.5+1) \times 7,000)) \times 300 \text{ วันต่อปี} \\
 & = 31,500 \text{ วัตต์-ชั่วโมง} \times 300 \text{ วันต่อปี} \\
 & = 9,450,000 \text{ วัตต์-ชั่วโมงต่อปี หรือ } 9,450 \text{ กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี}
 \end{aligned}$$

2) ผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์

ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง

ชุดตัวควบคุมอุณหภูมิแบบเปิด-ปิดจำนวน 1 ชุด 7,000 บาท

ค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้

ปริมาณไฟฟ้าที่สามารถลดได้ = 9,450 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี

ต้นทุนของไฟฟ้า = 3 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง

$$\begin{aligned}\text{คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้} &= (9,450 \text{ กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี}) \times (3 \text{ บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง}) \\ &= 28,350 \text{ บาทต่อปี}\end{aligned}$$

ระยะเวลาคืนทุน

$$\begin{aligned}\text{ระยะเวลาคืนทุน} &= (7,000 \text{ บาท}) / (28,350 \text{ บาท/ปี}) \\ &= 3 \text{ เดือน}\end{aligned}$$

3) ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

วิธีการป้องกันมลพิษดังกล่าว สามารถคำนวณหาปริมาณมลสารในไอเสียที่เกิดจากการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ลดลงได้ดังนี้

ปริมาณไฟฟ้าที่สามารถลดได้ = 9,450 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่ลดได้ 6,756.75 กิโลกรัมต่อปี

ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ที่ลดได้ 5.67 กิโลกรัมต่อปี

ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ที่ลดได้ 21.74 กิโลกรัมต่อปี

การนำมาประยุกต์เพื่อใช้ปฏิบัติงานจริง:

การติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิแบบเปิด-ปิดที่เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าจะช่วยให้เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าหยุดทำงานเมื่ออุณหภูมิในบ่อชุบเพิ่มขึ้นถึงอุณหภูมิที่ได้กำหนดไว้ และทำงานอีกครั้งเมื่ออุณหภูมิในบ่อชุบลดลงจนถึงอุณหภูมิที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งจะช่วยลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าในเครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้า

ภาพที่ 4.9.1.4

เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าในบ่อชุบนิเกิลที่จะทำการปรับปรุง



ตัวควบคุมอุณหภูมิแบบเปิด-ปิดเป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ โดยอาศัยการตัดต่อวงจรของอุปกรณ์ที่ควบคุม การทำงานของตัวควบคุมแบบเปิด-ปิดประกอบด้วย

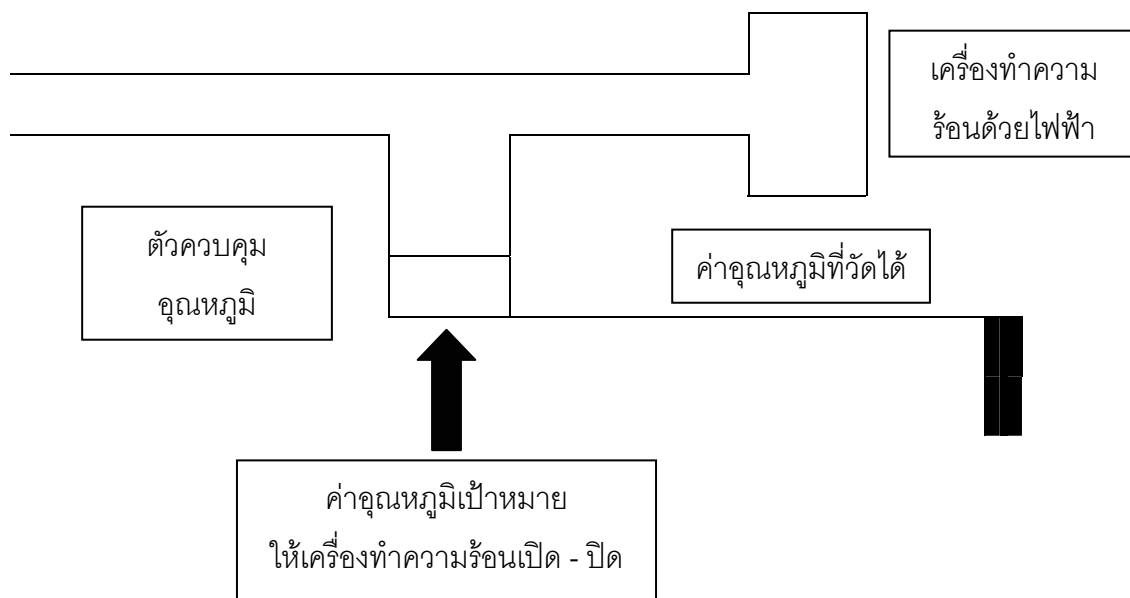
- 1) ตัววัดอุณหภูมิเพื่อวัดอุณหภูมิของจุดหรือบริเวณที่จะควบคุมอุณหภูมิและส่งค่าเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า
- 2) สายนำสัญญาณเพื่อนำค่าสัญญาณทางไฟฟ้าที่วัดได้ส่งต่อไปยังตัวควบคุม
- 3) ตัวควบคุมจะทำหน้าที่นำค่าสัญญาณไฟฟ้าจากสายนำสัญญาณมาเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิเป้าหมาย เพื่อดำเนินการสั่งตัดหรือต่อวงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำการควบคุม

ในการตรวจสอบว่าควรติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิแบบเปิด-ปิด เพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้หรือไม่นั้น ในเบื้องต้นจะต้องตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในบ่อชุบ ณ เวลาต่าง ๆ ว่ามีค่าเกินค่าที่เหมาะสมหรือไม่ และหากพบว่ามีอุณหภูมิในบ่อชุบมีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมในช่วงระยะเวลาหนึ่งก็ควรจะดำเนินการติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิแบบเปิด-ปิด

การดำเนินการ:

1. ตรวจวัดข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เวลาต่าง ๆ ภายในบ่อชุบนิเกิล ซึ่งเป็นบ่อที่จะดำเนินการปรับปรุง รวมทั้งตรวจวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้า เพื่อใช้เป็นข้อมูลก่อนการปรับปรุง
2. ติดตั้งตัวควบคุมแบบเปิด-ปิด โดยติดตั้งวงจรการควบคุมอุณหภูมิ ติดตั้งตัวควบคุมและตัววัดอุณหภูมิในบริเวณบ่อชุบ และเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าของตัวควบคุมเข้ากับระบบไฟฟ้าของโรงงาน
3. ปรับตั้งค่าอุณหภูมิเป้าหมายสำหรับการสั่งให้เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าปิดและค่าอุณหภูมิเป้าหมายสำหรับการสั่งให้เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าเปิดให้กับตัวควบคุม รวมทั้งทดสอบการทำงานของระบบทั้งหมดก่อนเริ่มใช้งานจริง
4. ตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในบ่อชุบและปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าอีกครั้ง เพื่อใช้เป็นข้อมูลหลังการปรับปรุง

ภาพที่ 4.9.1.5
แผนผังการติดตั้งและควบคุมอุณหภูมิ



ภาพที่ 4.9.1.6
ลักษณะอุปกรณ์ในชุดตัวควบคุมอุณหภูมิแบบเปิด-ปิด



แหล่งที่มา : ภาพจากบริษัท โรงงานก้องกิจเจริญ จำกัด

ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าก่อนและหลังการติดตั้งตัวควบคุม:

ตารางที่ 4.9 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้า
ก่อนและหลังการติดตั้งตัวควบคุม

สภาวะป้อนนิกเกิล	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
ก่อนติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิ	80
หลังติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิ	68

วัสดุอุปกรณ์และค่าใช้จ่าย

การติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิแบบเปิด-ปิดมีวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ประกอบด้วยตัวควบคุมอุณหภูมิตัววัดอุณหภูมิแบบ Pt-100 เบรกเกอร์ สวิตช์เปิด-ปิด ไฟแสดงสถานะและตู้ควบคุม มีค่าใช้จ่ายรวมภาษีมูลค่าเพิ่มทั้งสิ้น 30,000 บาท (รวมค่าติดตั้ง)

ประโยชน์ที่ได้รับ

ข้อมูลการตรวจวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าก่อนและหลังติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิ แสดงในตารางที่ 4.9 สามารถคำนวณปริมาณไฟฟ้าที่ลดลงได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 &\text{ปริมาณไฟฟ้าที่ลดลงหลังติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิแบบเปิด-ปิดเท่ากับ} \\
 &= (83.72 \text{ กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อวัน}) - (67.60 \text{ กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อวัน}) \\
 &= 16.12 \text{ กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อวัน (คิดเป็น 19 \%)} \\
 &\text{ดังนั้นในรอบ 1 ปี} \\
 &= (16.12 \text{ กิโลวัตต์-ชั่วโมง/วัน}) \times (312 \text{ วัน/ปี}) \\
 &= 5,029.44 \text{ กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี}
 \end{aligned}$$

คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้

$$\begin{aligned}
 &= (5,029.44 \text{ กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี}) \times (3.00 \text{ บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง}) \\
 &= \sim 15,088 \text{ บาทต่อปี}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นระยะเวลาคืนทุน

$$= (30,000 \text{ บาท}) / (15,088 \text{ บาท/ปี})$$

$$= 2 \text{ ปี}$$

ปัญหาและอุปสรรค

การตั้งค่าอุณหภูมิเป้าหมายสูงสุดสำหรับกำหนดให้เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าปิด และค่าอุณหภูมิเป้าหมายต่ำสุดสำหรับกำหนดให้เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าเปิดของตัวควบคุม อุณหภูมิแบบเปิด-ปิดนั้น ควรคำนึงให้มีผลต่างของค่าอุณหภูมิทั้งสองไม่ต่ำจนเกินไป รวมทั้งค่า อุณหภูมิเป้าหมายต่ำสุดนั้นจะต้องอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการชุบ เพื่อไม่ส่งผลกระทบต่อ คุณภาพของการชุบและทำให้เกิดผลการประหยัดไฟฟ้าสูงที่สุด

4.9.2 การเปลี่ยนตัวนำกระแสไฟฟ้าเข้าบ่อชุบจาก อะลูมิเนียมเป็นทองแดง

สภาพปัญหาและแนวทางการแก้ไข:

1) สภาพปัญหา

จากการสำรวจสภาพการปฏิบัติงานของโรงงานชุบนิเกิล-โครเมียม พบว่าใช้ อะลูมิเนียมเป็นวัสดุสำหรับตัวนำกระแสไฟฟ้า จากหม้อแปลงไฟฟ้า (Rectifier) ไปยังบ่อชุบแทน การใช้ทองแดง เนื่องจากมีต้นทุนต่ำกว่า การใช้อะลูมิเนียมเป็นตัวนำกระแสไฟฟ้า จะทำให้เกิด การสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในรูปของความร้อนเป็นจำนวนมาก ทำให้ต้องใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้า สำหรับการชุบชิ้นงานมากขึ้นตามไปด้วย

2) แนวทางการแก้ไข

การวัดค่าโลหะประเภททองแดงซึ่งมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า (Resistivity) ต่ำกว่า โลหะอะลูมิเนียมดังตารางที่ 4.10 มาเป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าจะทำให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าของ ตัวนำกระแสไฟฟ้าต่ำกว่าเมื่อใช้พื้นที่หน้าตัดและความยาวของตัวนำกระแสไฟฟ้าที่เท่ากัน และ ส่งผลให้การสูญเสียพลังงานไฟฟ้าลดลง

$$R = \frac{l \times \rho}{A}$$

โดยที่ R คือค่าความต้านทานไฟฟ้า (โอห์ม)

l คือความยาวของตัวนำกระแสไฟฟ้า (เมตร)

A คือพื้นที่หน้าตัดของตัวนำกระแสไฟฟ้า (ตารางเมตร)

ρ คือสภาพต้านทานไฟฟ้า (โอห์ม-เมตร)

ตารางที่ 4.9.2.1 ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของวัสดุอะลูมิเนียมและทองแดง

วัสดุ	ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า ($\Omega \cdot m$) ที่อุณหภูมิ 20 °C
1. อะลูมิเนียม	2.82×10^{-8}
2. ทองแดง	1.68×10^{-8}

ผลประโยชน์ด้านเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม:

1) ผลประโยชน์ด้านเทคนิค

การเปลี่ยนวัสดุที่นำมาทำเป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าจากอะลูมิเนียมเป็นทองแดงนั้นสามารถดำเนินการได้ทันที โดยโลหะทองแดงที่จะนำมาเปลี่ยนนั้นต้องมีความหนาเพียงพอที่จะทำไม่ให้เกิดการบิดงอเมื่อตัวนำกระแสไฟฟ้ามีอุณหภูมิสูงขึ้นจากการใช้งาน

การประเมินหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ลดลงสามารถคำนวณได้ดังนี้

ข้อมูลสำหรับใช้คำนวณประกอบด้วย ตัวนำกระแสไฟฟ้าที่ทำด้วยอะลูมิเนียมและทองแดงมีขนาดพื้นที่หน้าตัด ความยาว และความหนาเท่ากัน ใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าในการชูปเท่ากับ 750 แอมแปร์ และ 7 โวลต์ ตามลำดับ มีระยะเวลาการชูปประมาณ 8 ชั่วโมงต่อวัน และเท่ากับ 300 วันต่อปี

ดังนั้นปริมาณไฟฟ้าที่สามารถลดได้ = 5,093.62 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี

2) ผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์

ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง:

ตัวนำกระแสไฟฟ้าทำด้วยทองแดงขนาด (พื้นที่ × ความยาว)

10 มิลลิเมตร × 3,000 มิลลิเมตร 7,800 บาท

ค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้

ปริมาณไฟฟ้าที่สามารถลดได้ = 5,093.62 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี

ต้นทุนของไฟฟ้า = 3 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง

คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้ = 5,093.62 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี $\times$ 3 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง
 $\sim$ 15,281 บาทต่อปี

ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน = (7,800 บาท) / (15,281 บาท/ปี)

= 7 เดือน

3) ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

วิธีการป้องกันมลพิษดังกล่าว สามารถคำนวณหาปริมาณมลสารในไอเสียที่เกิดจากการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ลดลงได้ดังนี้

ปริมาณไฟฟ้าที่สามารถลดได้ = 5,093.62 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่ลดได้ 3,641.94 กิโลกรัมต่อปี

ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ที่ลดได้ 3.06 กิโลกรัมต่อปี

ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ที่ลดได้ 11.72 กิโลกรัมต่อปี

ขั้นตอนการดำเนินการ

1. กำหนดบริเวณที่จะปรับปรุง โดยเลือกปรับปรุงในส่วนของตัวนำกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในบ่อชุบนิเกิล รวมทั้งออกแบบและกำหนดขนาดของทองแดงที่จะใช้
2. ตรวจสอบวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าในบ่อชุบนิเกิล เพื่อใช้เป็นข้อมูลก่อนการปรับปรุง
3. ติดตั้งโดยเริ่มจากนำแผ่นทองแดงมาทำการตัดและดัดให้ได้แบบที่กำหนดไว้ จากนั้นยึดติดแผ่นทองแดงแต่ละชิ้นเข้ากับหม้อกระแสไฟฟ้าและแท่นสะพานไฟในบ่อชุบนิเกิล
4. ตรวจสอบวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าในบ่อชุบนิเกิลอีกครั้งหลังการปรับปรุง

ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในบ่อชุบนิเกิลก่อนและหลังเปลี่ยนตัวนำกระแสไฟฟ้า

ตารางที่ 4.9.2.2 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในบ่อชุบนิเกิลก่อนและหลัง
เปลี่ยนตัวนำกระแสไฟฟ้า

สถานะบ่อชุบนิเกิล	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในบ่อชุบนิเกิล(กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
ก่อนเปลี่ยนตัวนำกระแสไฟฟ้า	45.37
หลังเปลี่ยนตัวนำกระแสไฟฟ้า	33.95

(ข้อมูลจากการตรวจวัดด้วยเครื่องวัดไฟฟ้า)

วัสดุอุปกรณ์และค่าใช้จ่าย

การเปลี่ยนวัสดุที่นำมาใช้ทำเป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าจากอะลูมิเนียมเป็นทองแดงมีวัสดุและอุปกรณ์ต่าง ๆ ประกอบด้วยสายไฟทองแดงความหนา 10 มิลลิเมตรขนาดต่าง ๆ และนอตสำหรับยึด ซึ่งมีค่าใช้จ่ายรวมภาษีมูลค่าเพิ่มทั้งสิ้น 40,000 บาท (รวมค่าติดตั้ง)

ประโยชน์ที่ได้รับ

ข้อมูลการตรวจวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการชุบนิเกิลก่อนและหลังเปลี่ยนตัวนำกระแสไฟฟ้าเป็นทองแดงแสดงในตารางที่ 5-2 สามารถคำนวณปริมาณไฟฟ้าที่ลดลงได้ดังนี้

ปริมาณไฟฟ้าที่ลดลงหลังจากเปลี่ยนตัวนำกระแสไฟฟ้าเป็นทองแดงเท่ากับ

$$= (45.37 \text{ กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อวัน}) - (33.95 \text{ กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อวัน})$$

$$= 11.42 \text{ กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อวัน (คิดเป็น 25 \%)}$$

$$\text{ดังนั้นในรอบ 1 ปี} = (11.42 \text{ กิโลวัตต์-ชั่วโมง/วัน}) \times (312 \text{ วัน/ปี})$$

$$= 3,563.04 \text{ กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี}$$

คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้

$$= (3,563.04 \text{ กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี}) \times (3.00 \text{ บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง})$$

$$\sim 10,689 \text{ บาทต่อปี}$$

$$\text{ดังนั้นระยะเวลาคืนทุน} = (40,000 \text{ บาท}) / (10,689 \text{ บาท/ปี})$$

$$= 3 \text{ ปี } 8 \text{ เดือน}$$

4.9.3 ใช้ลูกบอลพลาสติกวางบนผิวของเหลวในบ่อที่มีการใช้กรด เพื่อลดการเกิดไอระเหยของกรด

สภาพปัญหาและแนวทางการแก้ไข:

1) สภาพปัญหา

อุตสาหกรรมชุบโลหะใช้กรดในขั้นตอนต่าง ๆ เช่น การกำจัดสนิมออกจากผิวชิ้นงาน ด้วยกรดซัลฟิวริกหรือกรดเกลือ การให้โลหะโครเมียมไปเกาะที่ผิวชิ้นงานด้วยกรดโครมิก ในระหว่างการปฏิบัติงานกรดที่อยู่ในบ่อจะเกิดการระเหยขึ้นสู่บรรยากาศและส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน

2) แนวทางการแก้ไข

การใช้ลูกบอลพลาสติกมาวางบนผิวของกรดในบ่อจะช่วยลดขนาดของพื้นที่ผิวของกรดในบ่อที่สัมผัสกับอากาศภายนอกโดยตรง ส่งผลให้อัตราการระเหยของกรดสู่บรรยากาศลดลงได้

ผลประโยชน์ด้านเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม:

1) ผลประโยชน์ด้านเทคนิค

การใช้ลูกบอลพลาสติกวางบนผิวของเหลวนั้นสามารถดำเนินการได้ทันที โดยการสั่งทำลูกบอลพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว พลาสติกที่ใช้ทำเป็นลูกบอลนั้นจะต้องมีคุณสมบัติทนการกัดกร่อนของสารเคมีได้เป็นอย่างดี เช่น โพลีเอทิลีน (PE) ทั้งนี้จำนวนของลูกบอลพลาสติกที่ใช้จะต้องสามารถคลุมพื้นผิวของบ่อกรดให้ได้มากที่สุดและมีความสะดวกในการยกชิ้นงานเข้า-ออก จากบ่อ

2) ผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์

ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง

ลูกบอลพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้วจำนวน 280 ลูก 5,600 บาท

3) ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

วิธีการป้องกันมลพิษดังกล่าวสามารถประเมินหาปริมาณไอระเหยของกรดที่ลดลงได้ดังนี้

ข้อมูลสำหรับใช้ในการคำนวณประกอบด้วย พื้นที่ผิวของบ่อกรดซัลฟิวริก (ที่ยังไม่ได้วางลูกบอล) เท่ากับ 1.68 ตารางเมตร อุณหภูมิในบ่อกรดเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 3 นิ้วและจำนวนลูกบอลที่ใส่ลงในบ่อเท่ากับ 280 ลูก

ดังนั้นปริมาณไฮดรอกไซด์ฟลูออไรด์ที่สามารถลดได้เท่ากับ 1.71 กิโลกรัมต่อปี

4.10 มูลค่าการลงทุน มูลค่าการประหยัด และระยะเวลาคืนทุน ของอุปกรณ์ที่ต้องปรับเปลี่ยน

การปฏิบัติตามทางเลือกที่เหมาะสมของเทคโนโลยีสะอาด เพื่อป้องกันการสูญเสียต้นทุนการผลิตต่าง ๆ มีมูลค่าการลงทุนตั้งแต่ 5,600 บาท จนถึง 40,000 มีมูลค่าการประหยัดตั้งแต่ 0 บาท จนถึง 15,088 บาท มีระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ยตั้งแต่ 2 ปี จนถึง 3 ปี 8 เดือน โดยมีผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ คือ การลดการใช้ไฟฟ้าและทรัพยากรที่ใช้ลดน้อยลง ส่วนผลประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อม คือ มีผลดีต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของพนักงาน รวมทั้งสุขภาพในขณะปฏิบัติงานของพนักงาน