การศึกษาคุณลักษณะ การใช้ประโยชน์ และการบำบัดน้ำทิ้งอย่างยั่งยืน ในโรงงานอุตสาหกรรมต้นแบบ: กรณีศึกษาโรงงานบีสไพพ์ ฟิตติ้งอินดัสตรี จำกัด จังหวัดสมุทรสาคร

Sustainable Management of Characteristic Utilization and Treatment of Wastewater in Factory Case Study: Bis Pipe Fitting Company Co. Ltd., Samutsakorn Province

ประวรดา โภชนจันทร์*

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการทางกายภาพและทางเคมีของน้ำเสียจากกระบวนการชุบโลหะ โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานและศึกษาแนวทางการจัดการน้ำเสียที่เหมาะสมจากกระบวนการชุบโลหะของโรงงานผลิตข้อต่อเหล็กต้นแบบ

ผลการศึกษาคุณลักษณะน้ำเสียทางกายภาพ โดยใช้ดัชนีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) และคุณลักษณะน้ำเสียทางเคมี โดยใช้ดัชนีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าน้ำมันและไขมัน (O&G) ค่าไซยาไนด์ (Cyanide) และค่าโลหะหนัก ได้แก่ เหล็ก (Fe) โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Cr^{6+}) ตะกั่ว (Pb) สังกะสี (Zn) และแมงกานีส (Mn) จากกระบวนการชุบโลหะแบบจุ่มร้อน (Galvanizing process) ได้แก่ การกำจัดคราบไขมันด้วยโซดาไฟ การกำจัดคราบสนิม และการกระตุ้นผิวชิ้นงานโดยการจุ่มในบ่อกรดไฮโดรคลอริก การจุ่มฟลักซ์เพื่อกระตุ้นผิวให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างเหล็กและสังกะสีโดยใช้แอมโมเนียมคลอไรด์กับซิงค์คลอไรด์ผสมกัน และการชุบสังกะสีในบ่อสังกะสีหลอมเหลวเป็นตัวชี้วัด พบว่า มีค่าเกินมาตรฐานตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ จึงควรจัดการน้ำเสียอย่างเหมาะสมก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ การจัดการน้ำเสียจากกระบวนการชุบโลหะของบริษัทบีสไพพ์ ฟิตติ้ง อินดัสทรี จำกัด โดยการปรับปรุงกระบวนการชุบโลหะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตและลดมลพิษจากกระบวนการผลิต ทั้งการตรวจสอบความสะอาดชิ้นงานในขั้นตอนการขจัดไขมันและการขจัดสนิมเหล็ก การกำหนดมาตรฐานระยะเวลาในการจุ่มและทำการยกชิ้นในการจุ่มชิ้นงานลงในบ่อสังกะสีหลอมเหลว และเลือกวิธีการบำบัดด้วยโบโรไฮไดรด์รีดักชันเป็นการบำบัด เพื่อแยกโลหะหนักออกจากน้ำเสียให้สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่

คำสำคัญ: น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม การชุบโลหะ การบำบัด

* **ผู้ประสานงานหลัก** (Corresponding Author)

Abstract

The objectives of this study are analysis physical and chemical characteristics of plating wastewater and compare by the drainge of wastewater standard of ministry of industry and select suitable management of wastewater from plating in Bis Pipe Fitting company Co.Ltd.

The experimental indicated that physical characteristics of wastewater were determined such as total dissolved solids and chemical characteristics of wastewater such as pH, oil and grease, cyanide and heavy metal as iron (Fe), hexavalent chromium (Cr^{6+}), lead (Pb), Zinc (Zn) and Manganese (Mn) from hot dip galvanizing process were degreasing by sodium hydroxy, acid dipping by hydrochloric acid, fluxing by ammonium chloride and zinc chloride and galvanizing 67which whole of these parameters were higher than the level of the drainge of wastewater standard of ministry of industry. This wastewater cause affect for natural water quality. So that select suitable management to increase productivity and decreased wastewater pollution such as develop processes by checking product in process of degreasing by sodium hydroxy, acid dipping by hydrochloric acid and setting up for the standard for galvanizing and selected wastewater treatment such as borohydride reduction for separated heavy metal for recycling.

Keywords: Industrial wastewater, Galvanizing process, Treatment

บทนำ

อุตสาหกรรมเหล็กเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่มีความสำคัญ และมีบทบาทในการพัฒนาประเทศ เนื่องจากเหล็กเป็นวัตถุดิบพื้นฐานสำหรับอุตสาหกรรมต่อเนื่อง เพราะมีความเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ เฟอร์นิเจอร์ อาหารกระป๋อง เครื่องจักรกล และอุตสาหกรรมก่อสร้าง เป็นต้น อย่างไรก็ตามอุตสาหกรรมเหล็กนั้น นับว่าเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญในด้านต่างๆ อาทิเช่น อากาศ กากของเสีย และน้ำเสีย ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อมนุษย์หากมีการจัดการที่ไม่เหมาะสม การจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดีนั้น มีส่วนช่วยโรงงานในด้านสภาพแวดล้อม ช่วยลดต้นทุนการผลิตจากการลดการเกิดของเสีย ช่วยให้มีการใช้ทรัพยากรในการผลิตอย่างคุ้มค่า และที่สำคัญยังมีส่วนช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ทำให้อุตสาหกรรมเหล็กมีศักยภาพเพิ่มขึ้นและยังเป็นการพัฒนาธุรกิจอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน

กระบวนการชุบโลหะเป็นกระบวนการหนึ่งที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมเหล็ก ซึ่งการชุบผิวชิ้นงานจะทำให้มีความสวยงาม แข็งแรง ป้องกันการกัดกร่อน และป้องกันสนิม โดยการชุบผิวโลหะด้วยสังกะสีเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยม เนื่องจากผิวของโลหะที่ผ่านการชุบจะทนการกัดกร่อนได้ดี ผิวที่ชุบค่อนข้างเรียบและสม่ำเสมอ ความหนาของชั้นสังกะสีค่อนข้างจะเท่ากันทั้งชิ้นงาน ซึ่งการชุบผิวโลหะมีการเกิดน้ำเสียจากขั้นตอนต่างๆที่สำคัญ เช่น การกำจัดไขมันและน้ำมัน การจุ่มเงาและกำจัดสนิม การล้างชิ้นงานหลังผ่านกระบวนการชุบโลหะ เป็นต้น

เมื่อมีโรงงานชุบโลหะเพิ่มมากขึ้น ก็จะทำให้มีการปนเปื้อนของโลหะหนักลงสู่แหล่งน้ำได้ น้ำเสียที่เกิดจาก

กระบวนการต่างๆในการชุบโลหะ มีสารอนินทรีย์เป็นองค์ประกอบหลัก มีสารพิษ จำพวกโลหะหนัก อาทิเช่น โครเมียม ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี หรือโลหะหนักอื่นๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของการชุบ ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่อยู่ในน้ำยาชุบโลหะ สารอนินทรีย์เหล่านี้ เป็นพิษสูงต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำและเป็นอันตรายต่อมนุษย์ ดังนั้นจึงต้องมีมาตรการควบคุมสารพิษเหล่านี้ เพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ นักวิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาวิจัยคุณลักษณะจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตข้อต่อเหล็ก เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์จากน้ำทิ้งดังกล่าวที่มีโลหะหนักปนเปื้อนซึ่งมีปริมาณมาก ไปเป็นวัตถุดิบของโรงงานอีกประเภทหนึ่งก็จะช่วยลดภาระของการบำบัดน้ำเสียและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะชุมชนรอบข้างของโรงงาน นอกจากนี้งานวิจัยยังมีจุดประสงค์ที่จะลดการเกิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิต ให้เหลือของเสียที่เป็นน้ำทิ้งน้อยที่สุดก่อนนำไปบำบัดขั้นสุดท้ายโดยใช้ระบบบำบัดที่เหมาะสมเพื่อให้คุณภาพชีวิตของประชาชนโดยรอบโรงงานดีขึ้นอีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีบางประการของน้ำเสียจากกระบวนการชุบโลหะของโรงงานผลิตข้อต่อเหล็กต้นแบบเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน
2. เพื่อศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในการจัดการน้ำเสียซึ่งเกิดจากกระบวนการชุบโลหะของโรงงานผลิตข้อต่อเหล็กต้นแบบ

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. สำรวจข้อมูลเบื้องต้น โดยศึกษากระบวนการชุบโลหะและแหล่งกำเนิดน้ำเสียของบริษัทบีสไพพ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด
2. วางแผนและกำหนดจุดเก็บ วิธีการ ระยะเวลาเก็บ และวิธีการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ แล้วทำการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากกระบวนการชุบโลหะของบริษัทบีสไพพ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด

2.1 จุดเก็บตัวอย่างจุดเก็บตัวอย่างน้ำ เลือกจากบริเวณที่มีการชุบโลหะ โดยเก็บจากบ่อล้างน้ำในขั้นตอนการขจัดไขมัน การขจัดสนิมเหล็ก และบ่อล้างชุบโลหะ ของบริษัทบีสไพพ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด

2.2 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างแบบผสมรวม (Composite) โดยผสมรวมน้ำจากทั้ง 3 บ่อ คือ บ่อล้างน้ำในขั้นตอนการขจัดไขมัน ขั้นตอนขจัดสนิมเหล็ก และบ่อล้างชุบโลหะ ตามอัตราการไหลของน้ำ โดยวัดอัตราการไหลและเก็บตัวอย่างทุกชั่วโมง บ่อละ 1 ขวด (ขนาด 1 ลิตร) จำนวน 3 บ่อ (การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำโดยการแช่เย็นที่ 4 ± 2 องศาเซลเซียส) เมื่อครบจำนวน 8 ขวดต่อบ่อ จะทำการผสมรวมหลังเวลา 17.00 น. ของทุกวัน ให้ได้น้ำตัวอย่าง 4 ลิตร ตามอัตราการไหล และนำทั้ง 3 บ่อ มาผสมรวมกันอีกครั้ง หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ จำนวน 4 ลิตร

2.3 ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างสัปดาห์ละ 6 วัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ตามเวลาการดำเนินงานของบริษัทบีสไพพ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด (วันจันทร์-เสาร์) รวมทั้งสิ้น 18 ครั้ง ตั้งแต่วันที่ 9 - 28 พฤศจิกายน 2552 โดยเก็บตัวอย่างเมื่อครบ

เวลาการทำงาน 1 กะ (8 ชั่วโมง) เวลาประมาณ 17.00 น. ของทุกวัน

2.4 วิธีการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ

เก็บรักษาตัวอย่างน้ำ โดยใส่ขวดพลาสติก ขนาด 1 ลิตร ทุกครั้งที่ทำการเก็บตัวอย่างจะกลั้วขวดเก็บตัวอย่างด้วยน้ำตัวอย่าง 2-3 ครั้ง ค่อยๆ เติมน้ำลงไปในขวดเก็บตัวอย่างช้าๆ และเก็บรักษาตามวิธีที่กำหนดใน Standard Method for Water and Wastewater ของ APHA, AWWA และ WPCF (2005) (ตารางที่ 1) จากนั้นนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ต่อไป

ตารางที่ 1 ดัชนีวิเคราะห์คุณภาพน้ำและวิธีเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ

ดัชนี	วิธีเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ
1. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS)	อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส
2. ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส
3. น้ำมันและไขมัน (O&G)	อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียสและเติมกรดซัลฟุริก ให้ pH < 2
4. ไซยาไนด์ (Cyanide)	อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียสและเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้ pH > 12
5. เหล็ก (Fe)	อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียสและเติมกรดไนตริก ให้ pH < 2
6. โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Cr^{6+})	อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียสและเติมกรดไนตริก ให้ pH < 2
7. ตะกั่ว (Pb)	อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียสและเติมกรดไนตริก ให้ pH < 2
8. สังกะสี (Zn)	อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียสและเติมกรดไนตริก ให้ pH < 2
9. แมงกานีส (Mn)	อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียสและเติมกรดไนตริก ให้ pH < 2
10. แคดเมียม (Cd)	อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียสและเติมกรดไนตริก ให้ pH < 2

3. วิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพบางประการของน้ำเสีย ได้แก่ ของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและคุณลักษณะทางเคมีบางประการของน้ำเสีย ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง ไขมันและน้ำมัน ไซยาไนด์และโลหะหนัก คือ เหล็ก โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ ตะกั่ว สังกะสี แมงกานีสและแคดเมียม โดยใช้วิธีทดสอบของ APHA, AWWA and WPCF (2005) ใน Standard Method for Examination of Water and Wastewater ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ดัชนีวิเคราะห์คุณภาพน้ำและวิธีทดสอบ

ดัชนี	วิธีทดสอบ
1. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS)	ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
2. ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	pH meter
3. น้ำมันและไขมัน (O&G)	สกัดด้วย n-Hexane
4. ไซยาไนด์ (Cyanide)	กลั่นและตามด้วยวิธี Pyridine barbituric acid
5. เหล็ก (Fe)	Atomic absorption spectrophotometer (AAS) Shimadzu AA-6800
6. โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Cr^{6+})	Atomic absorption spectrophotometer (AAS) Shimadzu AA-6800
7. ตะกั่ว (Pb)	Atomic absorption spectrophotometer (AAS) Shimadzu AA-6800
8. สังกะสี (Zn)	Atomic absorption spectrophotometer (AAS) Shimadzu AA-6800
9. แมงกานีส (Mn)	Atomic absorption spectrophotometer (AAS) Shimadzu AA-6800
10. แคดเมียม (Cd)	Atomic absorption spectrophotometer (AAS) Shimadzu AA-6800

4. วิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีบางประการของน้ำเสีย เช่น ความเป็นกรดเป็นด่าง ไขมันและน้ำมัน ไซยาไนด์ และโลหะหนัก คือ เหล็ก โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ ตะกั่ว สังกะสี แมงกานีส และแคดเมียม จำนวน 1 จุด ตัวอย่างน้ำซึ่งเป็นตัวแทนจากการชุบโลหะ 3 จุด คือ จากบ่อล้างน้ำในขั้นตอนการขจัดไขมัน ขั้นตอนขจัดสนิมเหล็ก และบ่อล้างชุบโลหะของบริษัทบีสไพพ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด จำนวนทั้งสิ้น 18 ครั้ง ตั้งแต่วันที่ 9 - 28 พฤศจิกายน 2552 โดยเก็บตัวอย่างเมื่อครบเวลาการทำงาน 1 กะ (8 ชั่วโมง) ที่เวลาประมาณ 17.00 น. ของทุกวัน หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539)

5. หาแนวทางการจัดการน้ำเสียที่เหมาะสมจากกระบวนการชุบโลหะของโรงงานผลิตข้อต่อเหล็กต้นแบบ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การศึกษากระบวนการชุบโลหะของบริษัท บีสไพพ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด

การชุบโลหะของบริษัทบีสไพพ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด เป็นการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน (Galvanizing process) หมายถึง กระบวนการที่เหล็กหรือเหล็กกล้าถูกทำให้มีความทนทานต่อการกัดกร่อน โดยการจุ่มชิ้นงานที่เป็นเหล็กลงในบ่อโลหะหลอมเหลว ซึ่งจะเรียกว่าการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อนหรือแบบกัลวาไนซ์ วิธีการชุบสังกะสีนี้จะส่งผลต่อความหนาผิวเคลือบสังกะสี โดยจุ่มและแช่ชิ้นงานไว้ในบ่อสังกะสีหลอมเหลวเพื่อให้ผิวเคลือบสังกะสีได้ความหนาตามข้อกำหนด ซึ่งระยะเวลาในการแช่จะใช้คาดคะเนจากประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญของบริษัท ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

1.1 การกำจัดคราบไขมันโดยการล้างด้วยโซดาไฟ

1.2 การกำจัดคราบสนิมและการกระตุ้นผิวชิ้นงานโดยการจุ่มในบ่อกรดไฮโดคลอริก

1.3 จุ่มฟลักซ์เพื่อกระตุ้นผิวให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างเหล็กและสังกะสี โดยใช้แอมโมเนียมคลอไรด์กับซิงค์คลอไรด์ผสมกัน

1.4 ทำการชุบสังกะสีในบ่อสังกะสีหลอมเหลว

1.5 จุ่มน้ำเพื่อระบายความร้อน

1.6 ตรวจสอบคุณภาพ

1.7 ตกแต่งและบรรจุ

2. การศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียจากกระบวนการชุบโลหะ

จากการวิเคราะห์ ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 10,456 - 19,686 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15,948.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด พบว่า มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ไม่เกิน 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

เนื่องจากขั้นตอนการชุบโลหะต้องทำการล้างชิ้นงานด้วยโซดาไฟ (โซเดียมไฮดรอกไซด์) และขจัดสนิมเหล็กด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นก่อนการชุบ จึงมีสิ่งสกปรกหรือตะกอนจากสนิมหลุดจากชิ้นงาน รวมถึงเศษฝุ่นละลองที่ติดอยู่กับชิ้นงานหลุดออกและเป็นการกระตุ้นชิ้นงานให้สามารถชุบโลหะได้ดีขึ้น ทำให้น้ำเสียที่ปล่อยออกจากกระบวนการชุบโลหะมีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดมีค่าเกินมาตรฐานกำหนด

3. การศึกษาคุณลักษณะทางเคมีของน้ำเสียจากกระบวนการชุบโลหะ

3.1 การศึกษาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ตรวจพบอยู่ในช่วง 1.1 - 2.0 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.3 ผลการวิเคราะห์ พบว่า มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ซึ่งกำหนดให้มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 5.5 - 9.0

เนื่องจากก่อนชุบชิ้นงานโลหะ จะต้องล้างสิ่งสกปรกด้วยโซดาไฟ (โซเดียมไฮดรอกไซด์) และล้างสนิมออกจากชิ้นงานด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น และเป็นการกระตุ้นชิ้นงานให้สามารถชุบโลหะได้ดีขึ้น จึงทำให้น้ำเสียที่ปล่อยออกจากกระบวนการชุบโลหะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด

3.2 การศึกษาปริมาณน้ำมันและไขมัน (O&G)

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันและไขมันที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 1,000 - 1,796 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,445 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการวิเคราะห์ พบว่า มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ซึ่งกำหนดให้ปริมาณน้ำมันและไขมันไม่เกิน 15 มิลลิกรัมต่อลิตร

เนื่องจากขั้นตอนการชุบโลหะ ต้องทำการขจัดไขมันและคราบจาระบีในชิ้นงานด้วยโซดาไฟ (โซเดียม

ไฮดรอกไซด์) ก่อนการชุบจึงมีไขมันหลุดจากชิ้นงาน ทำให้น้ำเสียที่ปล่อยออกจากกระบวนการชุบโลหะมีปริมาณน้ำมันและไขมันมีค่าเกินมาตรฐานกำหนด

3.3 การศึกษาปริมาณไซยาไนด์ (Cyanide)

จากการวิเคราะห์ปริมาณไซยาไนด์ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 6.00 - 17.00 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการวิเคราะห์ พบว่า มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ซึ่งกำหนดให้ปริมาณไซยาไนด์ ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

เนื่องจากขั้นตอนการชุบโลหะต้องใช้ไซยาไนด์เป็นตัวประสานชิ้นงานและสังกะสีจึงมีไซยาไนด์ปนเปื้อนมากับน้ำเสียที่ปล่อยออกจากกระบวนการชุบโลหะ จึงทำให้มีค่าเกินมาตรฐานกำหนด

3.4 การศึกษาปริมาณเหล็ก (Fe)

จากการวิเคราะห์ ปริมาณเหล็ก (Fe) ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 1,218 - 3,924 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,896 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก (Fe) พบว่า มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) และประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณเหล็ก (Fe) ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

เนื่องจากเหล็กเป็นส่วนประกอบหลักของชิ้นงานโลหะ เมื่อล้างชิ้นงานทั้งเพื่อกำจัดคราบไขมันและน้ำมัน และการกำจัดคราบสนิมด้วยโซดาไฟ (โซเดียมไฮดรอกไซด์) และกรดไฮโดรคลอริก จึงทำให้มีการปนเปื้อนออกมากับน้ำเสียได้ ซึ่งหากมีปริมาณมากเกินกว่าค่ามาตรฐานกำหนดจะเป็นอันตรายต่อผู้ที่ได้รับการสัมผัสและสะสมในสิ่งแวดล้อม

3.5 การศึกษาปริมาณโครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Cr^{6+})

จากการวิเคราะห์ มีปริมาณโครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Cr^{6+}) ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 4.00 - 18.00 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการวิเคราะห์ปริมาณโครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ พบว่า มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) และประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณโครเมียมชนิด เฮ็กซาวาเล้นท์ (Hexavalent chromium) ไม่เกิน 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร

เนื่องจากโครเมียมเป็นโลหะหนักที่นิยมใช้ในการชุบโลหะในกระบวนการจุ่มน้ำยาป้องกันออกไซด์ที่เกิดกับสังกะสี โดยใช้สารละลายไดโครเมต เพื่อให้น้ำยายึดเกาะผิวเคลือบสังกะสีที่เคลือบผิวชิ้นงานอยู่ ก่อนนำชิ้นงานไปบรรจุต่อไป จึงมีปริมาณโครเมียมที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียเป็นจำนวนมาก ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นโครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Cr^{6+}) หากร่างกายได้รับโครเมียมชนิดนี้ในปริมาณที่สูงเกินมาตรฐานกำหนด จะก่อให้เกิดความเป็นพิษทั้งแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง ทั้งทางผิวหนัง ร่างกาย และเป็นสารก่อมะเร็งจนถึงแก่ความตายได้

3.6 การศึกษาปริมาณตะกั่ว (Pb)

จากการวิเคราะห์ ปริมาณตะกั่ว (Pb) ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 17.00 - 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.72 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว (Pb) พบว่า มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ซึ่งกำหนดให้มีตะกั่ว (Pb) ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

เนื่องจากตะกั่ว (Pb) เป็นโลหะหนักที่ใช้ในกระบวนการชุบโลหะ ซึ่งจะอยู่ในรูปของตะกั่วซัลเฟต และตะกั่วคาร์บอเนต จึงทำให้มีปริมาณตะกั่วปนมากับน้ำเสียเป็นจำนวนมาก หากร่างกายได้รับตะกั่วในปริมาณที่สูง จะก่อให้เกิดความเป็นพิษทั้งแบบเฉียบพลัน จะมีอาการปวดท้องอย่างรุนแรง ตับ ไต หัวใจล้มเหลว และพิษแบบเรื้อรัง เสี่ยงต่อการเป็นโรคประสาท เนื้องอกและมะเร็ง

3.7 การศึกษาปริมาณสังกะสี (Zn)

จากการวิเคราะห์ ปริมาณสังกะสี (Zn) ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 2,823 - 12,109 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7,641 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการวิเคราะห์ปริมาณสังกะสี (Zn) พบว่า มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ซึ่งกำหนดให้มีสังกะสี (Zn) ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

เนื่องจากสังกะสีเป็นโลหะหนักที่นิยมใช้ในกระบวนการชุบโลหะ ซึ่งสังกะสีที่นิยมใช้ชุบเคลือบ คือ แอมโมเนียมคลอไรด์กับซิงค์คลอไรด์ผสมกันเป็นซิงค์แอมโมเนียมคลอไรด์ จึงมีปริมาณสังกะสีที่ปนมากับน้ำเสียเป็นจำนวนมาก หากร่างกายได้รับสังกะสีในปริมาณที่สูงจะไปสะสมที่ตับและไต และยังเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ โดยเฉพาะปลา

3.8 การศึกษาปริมาณแมงกานีส (Mn)

จากการวิเคราะห์ ปริมาณแมงกานีส (Mn) ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 14.16 - 49.97 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.27 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการวิเคราะห์ปริมาณแมงกานีส (Mn) พบว่า มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ซึ่งกำหนดให้มีแมงกานีส (Mn) ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

เนื่องจากแมงกานีสเป็นส่วนประกอบของโลหะผสมแทบทุกชนิด ซึ่งจะอยู่ในรูปของออกไซด์และคาร์บอเนต เมื่อมีการล้างชิ้นงานด้วยกรดไฮโดรคลอริก จึงทำให้มีปริมาณแมงกานีสปนมากับน้ำเสียได้ หากร่างกายได้รับแมงกานีสในปริมาณที่สูงจะไปสะสมที่ปอด

3.9 การศึกษาปริมาณแคดเมียม (Cd)

จากการวิเคราะห์ ปริมาณแคดเมียม (Cd) ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 0.01 - 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียม (Cd) พบว่า มีค่าเฉลี่ยไม่เกินค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ซึ่งกำหนดให้มีแคดเมียม (Cd) ไม่เกิน 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร

เนื่องจากแคดเมียมเป็นโลหะหนักผสมอยู่กับสังกะสี เมื่อทำการชุบชิ้นงานจึงมีการปนเปื้อนออกมากับน้ำเสีย แม้จะมีในปริมาณไม่มาก แต่หากได้รับในปริมาณที่มากเกินมาตรฐานกำหนด จะก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อระบบทางเดินอาหาร ระบบหายใจ เป็นพิษต่อปอดและไต

ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ปริมาณน้ำมันและไขมัน ปริมาณไซยาไนด์ ปริมาณเหล็ก ปริมาณโครเมียม ปริมาณตะกั่ว ปริมาณสังกะสี ปริมาณแมงกานีส และปริมาณแคดเมียมที่ตรวจพบในแต่ละครั้ง มีค่าไม่เท่ากัน เนื่องจากปริมาณการผลิต ถ้ากำลังการผลิตมากจะพบสารมลพิษทางน้ำที่กล่าวมาก ในวันที่ 4 ของทุกสัปดาห์ จะพบ

ค่าน้อย เพราะอัตราการผลิตน้อย เนื่องจากเป็นวันบำรุงรักษาเครื่องจักร

4. การศึกษาแนวทางการจัดการน้ำเสียที่เหมาะสมจากกระบวนการชุบโลหะ ของบริษัทบีสไพพ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด

4.1 การปรับปรุงกระบวนการชุบโลหะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตและลดมลพิษจากกระบวนการผลิต

จากการศึกษากระบวนการชุบโลหะของบริษัท บีสไพพ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด พบว่าเป็นการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน (Galvanizing process) เป็นกระบวนการที่เหล็กหรือเหล็กกล้าถูกทำให้มีความทนทานต่อการกัดกร่อน โดยการจุ่มชิ้นงานที่เป็นเหล็กลงในบ่อโลหะหลอมเหลว ซึ่งจะเรียกว่าการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อนหรือแบบกัลวาไนซ์ จากกระบวนการดังกล่าว พบว่า มีค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการชุบแบบจุ่มร้อน (Cp) 1.33-1.67 (หมายถึง ความสามารถของกระบวนการดี) ต้องมีโอกาสที่มีความหนาผิวเคลือบสังกะสีไม่ได้ตามข้อกำหนด ร้อยละ 40.24 ของชิ้นงานที่มีความหนาน้อยกว่า 6 มิลลิเมตร จึงควรมีการพัฒนาปรับปรุงโดยเพิ่มขั้นตอนการตรวจสอบความสะอาดชิ้นงานในขั้นตอนการขจัดไขมันและการขจัดสนิมเหล็ก เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของชุบโลหะ ลดปริมาณมลพิษจากการชุบโลหะ และการเพิ่มเติมขั้นตอนของการจุ่มชิ้นงานลงในบ่อสังกะสีหลอมเหลว โดยกำหนดมาตรฐานระยะเวลาในการจุ่มและทำการยกชิ้นงานตามอัตราเร็วที่กำหนด เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการชุบโลหะ โดยจะทำให้ค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการชุบแบบจุ่มร้อน (Cp) มากกว่า 2.00 (หมายถึง ความสามารถของกระบวนการดีมาก) ต้องมีโอกาสที่มีความหนาผิวเคลือบสังกะสีไม่ได้ตามข้อกำหนด ร้อยละ 20.24 ของชิ้นงานที่มีความหนาน้อยกว่า 6 มิลลิเมตร (Bhirombhakdi, 2006) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบกระบวนการชุบโลหะก่อนและหลังการพัฒนากระบวนการ

กระบวนการ	ก่อนพัฒนา	หลังพัฒนา
1. การกำจัดคราบไขมัน	ล้างด้วยโซดาและล้างน้ำ	ล้างด้วยโซดา ล้างน้ำและตรวจสอบความสะอาดชิ้นงาน ถ้าไม่สะอาดก็จะนำไปกำจัดคราบไขมันใหม่
2. การกำจัดคราบสนิมและการกระตุ้นผิวชิ้นงาน	โดยการจุ่มในบ่อกรดไฮโดรคลอริก ล้างน้ำและตรวจสอบความสะอาดชิ้นงาน	โดยการจุ่มในบ่อกรดไฮโดรคลอริก ล้างน้ำและตรวจสอบความสะอาดชิ้นงาน ถ้าไม่สะอาดก็จะนำไปกำจัดคราบสนิมและการกระตุ้นผิวชิ้นงานใหม่
3. จุ่มฟลักซ์เพื่อกระตุ้นผิวให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างเหล็กและสังกะสี	โดยใช้แอมโมเนียมคลอไรด์ กับซิงค์คลอไรด์ผสมกัน	โดยใช้แอมโมเนียมคลอไรด์ กับซิงค์คลอไรด์ผสมกัน
4. ทำการชุบสังกะสีในบ่อสังกะสีหลอมเหลว	ไม่มีการกำหนดมาตรฐานระยะเวลาในการจุ่มและยกชิ้นงานตามอัตราเร็วที่กำหนด	โดยกำหนดมาตรฐานระยะเวลาในการจุ่มและยกชิ้นงานตามอัตราเร็วที่กำหนด
5. การทิ้งชิ้นงานให้เย็นตัวลง	จุ่มสารละลายไดโครเมตและผึ่งชิ้นงานให้แห้ง	จุ่มสารละลายไดโครเมตและผึ่งชิ้นงานให้แห้ง
6. ตรวจสอบคุณภาพ	หากผ่านการตรวจสอบคุณภาพนำมาตกแต่งชิ้นงานและบรรจุต่อไป	หากผ่านการตรวจสอบคุณภาพนำมาตกแต่งชิ้นงานและบรรจุต่อไป

4.2 การเลือกวิธีการบำบัดโลหะหนักที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียจากกระบวนการชุบโลหะ

การเลือกวิธีการบำบัดโลหะหนักที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียจากกระบวนการชุบโลหะ เพื่อแยกโลหะหนักออกจากน้ำเสียให้สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ในกระบวนการชุบโลหะหรือนำไปขายต่อเพื่อเพิ่มมูลค่าการผลิตได้ เช่น วิธีการตกตะกอนทางเคมีด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และโบโรไฮไดรด์รีดักชัน ซึ่งจะสามารถลดปริมาณมลพิษได้ถึงร้อยละ 99.2 - 99.8 และสามารถนำโลหะหนักจากกระบวนการชุบโลหะกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยมีค่าใช้จ่าย 221.8 - 342.5 บาทต่อลูกบาศก์เมตร (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 วิธีการบำบัดน้ำเสียและค่าใช้จ่ายในการบำบัด

วิธีในการบำบัด	ประสิทธิภาพในการบำบัด (ร้อยละ)	ค่าใช้จ่ายในการบำบัด/หน่วย (บาท/ลบ.ม.)
การตกตะกอนทางเคมีด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์	99.2	342.5
การตกตะกอนทางเคมีด้วยโซเดียม ไฮดรอกไซด์	99.3	278.1
โบโรไฮไดรด์รีดักชัน	99.8	221.8

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Ongwandee (1999)

วิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยโบโรไฮไดรด์รีดักชัน มีข้อดีเมื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการชุบโลหะ ดังนี้

1. การใช้โบโรไฮไดรด์รีดักชัน สามารถกำจัดโลหะหนักทั้งหมดให้เหลืออยู่ไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างสุดท้ายของน้ำทิ้งไม่เกินค่ามาตรฐาน

2. สามารถลดปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นได้ถึง 10 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการตกตะกอนด้วยด่าง ซึ่งทำให้ตะกอนอัดตัวแน่นและมีปริมาณน้อย สะดวกต่อการรีดน้ำออกจากตะกอน จึงช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า นอกจากนี้ค่าใช้จ่ายในการบำบัดตะกอนยังถูกกว่า 5 - 10 เท่า จึงมีประโยชน์กับโรงงานที่ระบบบำบัดไม่สามารถรองรับการขยายกำลังการผลิต

3. การใช้โบโรไฮไดรด์รีดักชัน ยังเหมาะสำหรับการบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนักหลายชนิดปนกันอยู่ เนื่องจากสามารถกำจัดโลหะหนักทุกชนิดได้ตามมาตรฐานในขั้นตอนเดียว ทำให้ประหยัดพื้นที่และเวลาที่ต้องใช้

สรุปผลการทดลอง

1. การศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีบางประการของน้ำเสียจากกระบวนการชุบโลหะของบริษัทบีสไพพ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

1.1 สรุปผลการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพบางประการของน้ำเสีย

ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) ของตัวอย่างน้ำเสีย ตรวจพบอยู่ในช่วง 10,456 - 19,686 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15,948 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดไม่เกิน 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากขั้นตอนการชุบโลหะต้องทำการล้างชิ้นงานด้วยโซดาไฟ (โซเดียมไฮดรอกไซด์) และขจัดสนิมเหล็กด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นก่อนการชุบ จึงมีสิ่งสกปรกหรือตะกอนจากสนิมหลุด จากชิ้นงาน รวมถึงเศษฝุ่นละลองที่ติดอยู่กับชิ้นงานหลุดออก และเป็นการกระตุ้นชิ้นงานให้สามารถชุบโลหะได้ดีขึ้นอีกด้วย ทำให้น้ำเสียที่ปล่อยออกจากกระบวนการชุบโลหะมีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดมีค่าเกินมาตรฐานกำหนด

1.2 สรุปผลการศึกษาคุณลักษณะทางเคมีบางประการของน้ำเสีย

1.2.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของตัวอย่างน้ำเสีย ตรวจพบอยู่ในช่วง 1.1 - 2.0 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.3 มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ซึ่งกำหนดให้มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 5.5 - 9.0 เนื่องจากก่อนการชุบชิ้นงานโลหะจะต้องทำการล้างสิ่งสกปรกด้วยโซดาไฟ (โซเดียมไฮดรอกไซด์) และสนิมออกจากชิ้นด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นก่อน และเป็นการกระตุ้นชิ้นงานให้สามารถชุบโลหะได้ดีขึ้นอีกด้วย จึงทำให้น้ำเสียที่ปล่อยออกจากกระบวนการชุบโลหะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด

1.2.2 การศึกษาปริมาณน้ำมันและไขมัน (O&G) ของตัวอย่างน้ำเสีย ตรวจพบอยู่ในช่วง 1,000 - 1,796 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,445 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ซึ่งกำหนดให้ปริมาณน้ำมันและไขมัน ไม่เกิน 15 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากขั้นตอนการชุบโลหะต้องทำการขจัดไขมันและคราบจาระบีในชิ้นงานด้วยโซดาไฟ (โซเดียมไฮดรอกไซด์) ก่อนการชุบ จึงมีไขมันหลุดจากชิ้นงานทำให้น้ำเสียที่ปล่อยออกจากกระบวนการชุบโลหะ มีปริมาณน้ำมันและไขมันมีค่าเกินมาตรฐานกำหนด

1.2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณไซยาไนด์ (Cyanide) ของตัวอย่างน้ำเสีย ตรวจพบอยู่ในช่วง 6.00 - 17.00 มิลลิกรัมต่อลิตรโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ซึ่งกำหนดให้ปริมาณไซยาไนด์ ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากขั้นตอนการชุบโลหะต้องใช้ไซยาไนด์ในการเป็นตัวประสานชิ้นงานและสังกะสี จึงมีไซยาไนด์ปนเปื้อนมากับน้ำเสียที่ปล่อยออกจากกระบวนการชุบโลหะ จึงทำให้มีค่าเกินมาตรฐานกำหนด

1.2.4 การวิเคราะห์หาปริมาณเหล็ก (Fe) ของตัวอย่างน้ำเสีย ตรวจพบอยู่ในช่วง 1,218 - 3,924 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,896 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) และประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณเหล็ก (Fe) ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากเป็นส่วนประกอบหลักของชิ้นงานโลหะ เมื่อล้างชิ้นงานทั้งเพื่อกำจัดคราบไขมันและน้ำมันและการกำจัดคราบสนิมด้วยโซดาไฟ (โซเดียมไฮดรอกไซด์) และกรดไฮโดรคลอริก จึงทำให้มีการปนเปื้อนออกมากับน้ำเสียได้ ซึ่งหากมีปริมาณมากเกินกว่าค่ามาตรฐานกำหนดจะเป็นอันตรายต่อผู้ที่ได้รับการสัมผัสและสะสมในสิ่งแวดล้อม

1.2.5 การวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Cr^{6+}) ของตัวอย่างน้ำเสีย ตรวจพบอยู่ในช่วง 4.00 - 18.00 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) และประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณโครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Hexavalent chromium) ไม่เกิน 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากโครเมียมเป็นโลหะหนักที่นิยมใช้ในการชุบโลหะในกระบวนการจุ่มน้ำยาป้องกันออกไซด์ที่เกิดกับสังกะสี โดยใช้สารละลายไดโครเมต เพื่อให้น้ำยายึดเกาะผิวเคลือบสังกะสีที่เคลือบผิวชิ้นงานอยู่ก่อนนำชิ้นงานไปบรรจุต่อไป จึงมีปริมาณโครเมียมที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียเป็นจำนวนมาก ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นโครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์

(Cr^{+6}) หากร่างกายได้รับโครเมียมชนิดนี้ในปริมาณที่สูงเกินมาตรฐานกำหนด จะก่อให้เกิดความเป็นพิษทั้งแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง ทั้งทางผิวหนัง ร่างกาย และเป็นสารก่อมะเร็งจนถึงแก่ความตายได้

1.2.6 การวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว (Pb) ของตัวอย่างน้ำเสีย ตรวจพบอยู่ในช่วง 17.00 - 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ซึ่งกำหนดให้มีตะกั่ว (Pb) ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากตะกั่ว (Pb) เป็นโลหะหนักที่ใช้ในกระบวนการชุบโลหะ ซึ่งจะอยู่ในรูปของตะกั่วซัลเฟตและตะกั่วคาร์บอเนต จึงทำให้มีปริมาณตะกั่วปนมากับน้ำเสียเป็นจำนวนมาก หากร่างกายได้รับตะกั่วในปริมาณที่สูง จะก่อให้เกิดความเป็นพิษทั้งแบบเฉียบพลัน จะมีอาการปวดท้องอย่างรุนแรง ตับ ไต หัวใจล้มเหลว และพิษแบบเรื้อรัง เสี่ยงต่อการเป็นโรคประสาท เนื้องอกและมะเร็ง

1.2.7 การวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสี (Zn) ของตัวอย่างน้ำเสีย ตรวจพบอยู่ในช่วง 2,823 - 12,109 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7,641 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ซึ่งกำหนดให้มีสังกะสี (Zn) ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากสังกะสีเป็นโลหะหนักที่นิยมใช้ในกระบวนการชุบโลหะ ซึ่งสังกะสี ที่นิยมใช้ชุบเคลือบ คือ โดยใช้แอมโมเนียมคลอไรด์กับซิงค์คลอไรด์ผสมกันเป็นซิงค์แอมโมเนียมคลอไรด์ จึงมีปริมาณสังกะสีที่ปนมากับน้ำเสียเป็นจำนวนมาก หากร่างกายได้รับสังกะสีในปริมาณที่สูงจะไปสะสมที่ตับและไต และยังเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำโดยเฉพาะปลา

1.2.8 การวิเคราะห์หาปริมาณแมงกานีส (Mn) ของตัวอย่างน้ำเสีย ตรวจพบอยู่ในช่วง 14.16 - 49.97 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.27 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ซึ่งกำหนดให้มีแมงกานีส (Mn) ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากแมงกานีสเป็นส่วนประกอบของโลหะผสมแทบทุกชนิดซึ่งจะอยู่ในรูปของออกไซด์และคาร์บอเนต เมื่อมีการล้างชิ้นงานด้วยกรดไฮโดรคลอริก จึงทำให้มีปริมาณแมงกานีสปนมากับน้ำเสียได้ หากร่างกายได้รับแมงกานีสในปริมาณที่สูงจะไปสะสมที่ปอด

1.2.9 การวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียม (Cd) ของตัวอย่างน้ำเสีย ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 0.01 - 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยไม่เกินค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ซึ่งกำหนดให้มีแคดเมียม (Cd) ไม่เกิน 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากแคดเมียมเป็นโลหะหนักผสมอยู่กับสังกะสี เมื่อทำการชุบชิ้นงานจึงมีการปนเปื้อนออกมากับน้ำเสีย แต่ในปริมาณไม่มาก แต่หากได้รับในปริมาณที่มากเกินมาตรฐานกำหนด จะก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อระบบทางเดินอาหาร ระบบหายใจ เป็นพิษต่อปอดและไต

2. การศึกษาแนวทางการจัดการน้ำเสียที่เหมาะสมจากกระบวนการชุบโลหะของบริษัทบีสไพพ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด

2.1 การปรับปรุงกระบวนการชุบโลหะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตและลดมลพิษจากกระบวนการผลิต ควรมีการพัฒนาปรับปรุงโดยเพิ่มขั้นตอนการตรวจสอบความสะอาดชิ้นงานในขั้นตอนการขจัดไขมันและการขจัด

สนิมเหล็ก เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของชุบโลหะ และลดปริมาณของมลพิษจากการชุบโลหะและปริมาณน้ำเสียที่จะปล่อยระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม และการเพิ่มเติมขั้นตอนของการจุ่มชิ้นงานลงในบ่อสังกะสีหลอมเหลวโดยกำหนดมาตรฐานระยะเวลาในการจุ่มและยกชิ้นงานตามอัตราเร็วที่กำหนด เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการชุบโลหะ โดยจะทำให้ค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการชุบแบบจุ่มร้อน (Cp) มากกว่า 2.00 (หมายถึง ความสามารถของกระบวนการดีมาก) ต้องมีโอกาสที่มีความหนาผิวเคลือบสังกะสีไม่ได้ตามข้อกำหนด ร้อยละ 20.24 ของชิ้นงานที่มีความหนาน้อยกว่า 6 มิลลิเมตร

2.2. การเลือกวิธีการบำบัดโลหะหนักที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียจากกระบวนการชุบโลหะ เพื่อแยกโลหะหนักออกจากน้ำเสียให้สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ในกระบวนการชุบโลหะหรือสามารถที่จะนำไปขายต่อเพื่อเพิ่มมูลค่าการผลิต ได้แก่ วิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยโบโรไฮไดรด์รีดักชัน มีข้อดีเมื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการชุบโลหะดังนี้

2.2.1 การใช้โบโรไฮไดรด์รีดักชัน สามารถกำจัดโลหะหนักทั้งหมดให้เหลืออยู่ไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างสุดท้ายของน้ำทิ้งไม่เกินค่ามาตรฐาน

2.2.2 สามารถลดปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นได้ถึง 10 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการตกตะกอนด้วยด่าง ซึ่งทำให้ตะกอนอัดตัวแน่นและมีปริมาณน้อยสะดวกต่อการรีดน้ำออกจากตะกอน จึงช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า นอกจากนี้ค่าใช้จ่ายในการบำบัดตะกอนยังถูกกว่า 5 - 10 เท่า จึงมีประโยชน์กับโรงงานที่ระบบบำบัดไม่สามารถรองรับการขยายกำลังการผลิต

2.2.3 การใช้โบโรไฮไดรด์รีดักชัน ยังเหมาะสำหรับการบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนักหลายชนิดปนกันอยู่ เนื่องจากสามารถกำจัดโลหะหนักทุกชนิดได้ตามมาตรฐานในขั้นตอนเดียว ทำให้ประหยัดพื้นที่และเวลาที่ต้องใช้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการปรับปรุงกระบวนการชุบโลหะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตและลดมลพิษจากกระบวนการผลิตและกระบวนการชุบโลหะของบริษัท โดยเพิ่มขั้นตอนการตรวจสอบความสะอาดชิ้นในขั้นตอนการขจัดไขมันและการขจัดสนิมเหล็ก และการเพิ่มเติมขั้นตอนของการจุ่มชิ้นงานลงในบ่อสังกะสีหลอมเหลวโดยกำหนดมาตรฐานระยะเวลาในการจุ่มและยกชิ้นงานตามอัตราเร็วที่กำหนด เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของชุบโลหะ

2. ควรศึกษาวิธีในการบำบัดโลหะหนักที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียจากกระบวนการชุบโลหะ เพื่อแยกโลหะหนักออกจากน้ำ สามารถนำไปใช้ได้ใหม่ในกระบวนการชุบโลหะ หรือสามารถที่จะนำไปขายต่อได้ เช่น โบโรไฮไดรด์รีดักชัน เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการบำบัดโลหะหนักได้ดีมากถึงร้อยละ 99.80 มีค่าใช้จ่ายในการบำบัดโลหะหนักต่อหน่วยน้อย ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า ประหยัดพื้นที่และเวลาที่ใช้ในการบำบัด และยังสามารถกำจัดโลหะหนักทุกชนิดได้ตามมาตรฐานในขั้นตอนเดียวกัน

References

APHA, AWWA and WPCF. (2005). *Standard Method for Water and Wastewater.* (21st ed.): United State: American Public Health Association.

Bhirombhakdi, S. (2006). *The Hot Dip Galvanizing Process Case Study of Auewittaya Equipment Limited.* Bangkok: Srinakharinwirot University. (in Thai).

Ongwandee, M. (1999). *The Removal of Heavy Metal from Electroplating Wastewater by Using Sodium Borohydride.* Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai).

Ploypanichcharoen, K. (2002). *Process Capability Analysis.* Bangkok: Technology Promotion Association. (in Thai).

Tuntoolavest, M. (1996.) *Manual analysis of water quality.* Bangkok: Department of Environmental Engineering. Chulalongkorn University. (in Thai).

ผู้เขียน

ดร.ประวรดา โภชนจันทร์

อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

Email: praworada2002@yahoo.com