บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การศึกษาคุณลักษณะน้ำเสียทางกายภาพและทางเคมีจากกระบวนการชุบโลหะของบริษัทบีสไพพ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด และเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

จากการศึกษาคุณลักษณะน้ำเสียทางกายภาพ โดยใช้ดัชนีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) และการศึกษาคุณลักษณะน้ำเสียทางเคมี โดยใช้ดัชนีค่าความเป็นกรดด่าง (pH), ค่าน้ำมันและไขมัน (O&G), ค่าไซยาไนด์ (Cyanide) และค่าโลหะหนัก ได้แก่ เหล็ก (Fe),โครเมียม (Cr), ตะกั่ว (Pb), สังกะสี (Zn), แมงกานีส (Mn) และแคดเมียม (Cd) วิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียจากกระบวนการชุบโลหะของบริษัทบีสไพพ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1) สรุปผลการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของน้ำเสีย

ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) ของตัวอย่างน้ำเสีย จำนวน 18 ครั้ง จากกระบวนการชุบโลหะ บริษัทบีสไพพ์ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 18 ครั้ง ตั้งแต่วันที่ 9 พฤศจิกายน 2552 - 28 พฤศจิกายน 2552 พบว่า มีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 10,456–19,686 มิลลิกรัมต่อลิตรโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15,948.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ไม่เกิน 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากขั้นตอนการชุบโลหะต้องทำการล้างชิ้นงานด้วยโซดาไฟ (โซเดียมไฮดรอกไซด์) และขจัดสนิมเหล็กด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นก่อนการชุบ จึงมีสิ่งสกปรกหรือตะกอนจากสนิมหลุดจากชิ้นงาน รวมถึงเศษฝุ่นละลองที่ติดอยู่กับชิ้นงานหลุดออกและเป็นการกระตุ้นชิ้นงานให้สามารถชุบโลหะได้ดีขึ้นอีกด้วย ทำให้น้ำเสียที่ปล่อยออกจากกระบวนการชุบโลหะมีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดมีค่าเกินมาตรฐานกำหนด

2) สรุปผลการศึกษาคุณลักษณะทางเคมีของน้ำเสีย

(1) การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของตัวอย่างน้ำเสีย จำนวน 18 ครั้ง จากกระบวนการชุบโลหะ บริษัทบีสไพพ์ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 18 ครั้ง ตั้งแต่วันที่ 9 พฤศจิกายน 2552 - 28 พฤศจิกายน 2552 พบว่า มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 1.1-2.0 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.3 มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดให้มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 5.5 – 9.0 เนื่องจากก่อนการชุบชิ้นงานโลหะจะต้องทำการล้างสิ่งสกปรกด้วยโซดาไฟ (โซเดียมไฮดรอกไซด์) และสนิมออกจากชิ้นด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นก่อนและเป็นการกระตุ้นชิ้นงานให้สามารถชุบโลหะได้ดีขึ้นอีกด้วย จึงทำให้น้ำเสียที่ปล่อยออกจากกระบวนการชุบโลหะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่ต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด

(2) การศึกษาปริมาณน้ำมันและไขมัน (O&G) ของตัวอย่างน้ำเสีย จำนวน 18 ครั้ง จากกระบวนการชุบโลหะ บริษัทบีสไพพ์ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 18 ครั้ง ตั้งแต่วันที่ 9 พฤศจิกายน 2552 - 28 พฤศจิกายน 2552 พบว่า มีปริมาณน้ำมันและไขมันที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 1,000.00–1,796.00 มิลลิกรัมต่อลิตรโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,445.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดให้ปริมาณน้ำมันและไขมัน ไม่เกิน 15 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากขั้นตอนการชุบโลหะต้องทำการขจัดไขมันและคราบจาระบีในชิ้นงานด้วยโซดาไฟ (โซเดียมไฮดรอกไซด์) ก่อนการชุบ จึงมีไขมันหลุดจากชิ้นงานทำให้น้ำเสียที่ปล่อยออกจากกระบวนการชุบโลหะ มีปริมาณน้ำมันและไขมันมีค่าเกินมาตรฐานกำหนด

(3) การวิเคราะห์หาปริมาณไซยาไนด์ (Cyanide) ของตัวอย่างน้ำเสีย จำนวน 18 ครั้ง จากกระบวนการชุบโลหะ บริษัทบีสไพพ์ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด18 ครั้ง ตั้งแต่วันที่ 9 พฤศจิกายน 2552 - 28 พฤศจิกายน 2552 พบว่า มีปริมาณไซยาไนด์ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 6.00–17.00 มิลลิกรัมต่อลิตรโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจาก

แหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดให้ปริมาณไซยาไนด์ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากขั้นตอนการชุบโลหะต้องไซยาไนด์ในการเป็นตัวประสานชิ้นงานและสังกะสี จึงมีไซยาไนด์ปนเปื้อนมากับน้ำเสียที่ปล่อยออกจากกระบวนการชุบโลหะ จึงทำให้มีค่าเกินมาตรฐานกำหนด

(4) การวิเคราะห์หาปริมาณเหล็ก (Fe) ของตัวอย่างน้ำเสีย จำนวน 18 ครั้ง จากกระบวนการชุบโลหะ บริษัทบีสไพพ์ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 18 ครั้ง ตั้งแต่วันที่ 9 พฤศจิกายน 2552 - 28 พฤศจิกายน 2552 พบว่า มีปริมาณเหล็ก (Fe) ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 1,218.00 – 3,924.00 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,896.50 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) และประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณเหล็ก (Fe) ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากเป็นส่วนประกอบหลักของชิ้นงานโลหะ เมื่อล้างชิ้นงานทั้งเพื่อกำจัดคราบไขมันและน้ำมันและการกำจัดคราบสนิมด้วยโซดาไฟ (โซเดียมไฮดรอกไซด์)และกรดไฮโดรคลอริก จึงทำให้มีการปนเปื้อนออกมากับน้ำเสียได้ ซึ่งหากมีปริมาณมากเกินกว่าค่ามาตรฐานกำหนดจะเป็นอันตรายต่อผู้ที่ได้รับการสัมผัสและสะสมในสิ่งแวดล้อม

(5) การวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม (Cr) ของตัวอย่างน้ำเสีย จำนวน 18 ครั้ง จากกระบวนการชุบโลหะ บริษัทบีสไพพ์ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 18 ครั้ง ตั้งแต่วันที่ 9 พฤศจิกายน 2552 - 28 พฤศจิกายน 2552 พบว่า มีปริมาณโครเมียม (Cr) ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 4.00 – 18.00 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) และประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณโครเมียม (Cr) ไม่เกิน 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากโครเมียมเป็นโลหะหนักที่นิยมใช้ในการชุบโลหะในกระบวนการจุ่มน้ำยาป้องกันออกไซด์ที่เกิดกับสังกะสี โดยใช้สารละลายไดโครเมตร เพื่อให้น้ำยายึดเกาะผิวเคลือบสังกะสีที่เคลือบผิวชิ้นงานอยู่ก่อนนำชิ้นงานไปบรรจุต่อไป จึงมีปริมาณโครเมียมที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียเป็นจำนวนมาก ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นโครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Cr^{+6}) หากร่างกายได้รับ

โครเมียมชนิดนี้ในปริมาณที่สูงเกินมาตรฐานกำหนด จะก่อให้เกิดความเป็นพิษทั้งแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง ทั้งทางผิวหนัง ร่างกาย และเป็นสารก่อมะเร็งจนถึงแก่ความตายได้

(6) การวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว (Pb) ของตัวอย่างน้ำเสีย จำนวน 18 ครั้ง จากกระบวนการชุบโลหะ บริษัทบีสไพพ์ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 18 ครั้ง ตั้งแต่วันที่ 9 พฤศจิกายน 2552 - 28 พฤศจิกายน 2552 พบว่า มีปริมาณตะกั่ว (Pb) ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 17.00–5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดให้มีตะกั่ว (Pb) ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากตะกั่ว (Pb) เป็นโลหะหนักที่ใช้ในกระบวนการชุบโลหะ ซึ่งจะอยู่ในรูปของตะกั่วซัลเฟตและตะกั่วคาร์บอเนต จึงทำให้มีปริมาณตะกั่วปนมากับน้ำเสียเป็นจำนวนมาก หากร่างกายได้รับตะกั่วในปริมาณที่สูงจะก่อให้เกิดความเป็นพิษทั้งแบบเฉียบพลัน จะมีอาการปวดท้องอย่างรุนแรง ตับ ไต หัวใจล้มเหลว และพิษแบบเรื้อรัง เสี่ยงต่อการเป็นโรคประสาทเนื้องอกและมะเร็ง

(7) การวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสี (Zn) ของตัวอย่างน้ำเสีย จำนวน 18 ครั้ง จากกระบวนการชุบโลหะ บริษัทบีสไพพ์ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 18 ครั้ง ตั้งแต่วันที่ 9 พฤศจิกายน 2552-28 พฤศจิกายน 2552 พบว่า มีปริมาณสังกะสี (Zn) ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 2,823.00–12,109.00 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7,641.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดให้มีสังกะสี (Zn) ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากสังกะสีเป็นโลหะหนักที่นิยมใช้ในกระบวนการชุบโลหะ ซึ่งสังกะสีที่นิยมใช้ชุบเคลือบ คือ โดยใช้แอมโมเนียมคลอไรด์กับซิงค์คลอไรด์ผสมกันเป็นซิงค์แอมโมเนียมคลอไรด์ จึงมีปริมาณสังกะสีที่ปนมากับน้ำเสียเป็นจำนวนมาก หากร่างกายได้รับสังกะสีในปริมาณที่สูงจะไปสะสมที่ตับและไต และยังเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำโดยเฉพาะปลา

(8) การวิเคราะห์หาปริมาณแมงกานีส (Mn) ของตัวอย่างน้ำเสีย จำนวน 18 ครั้ง จากกระบวนการชุบโลหะ บริษัทบีสไพพ์ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 18 ครั้ง ตั้งแต่วันที่ 9 พฤศจิกายน 2552 - 28 พฤศจิกายน 2552 พบว่า มีปริมาณแมงกานีส (Mn) ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 14.16– 49.97 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.27 มิลลิกรัมต่อลิตร มี

ค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดให้มีแมงกานีส (Mn) ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากแมงกานีสเป็นส่วนประกอบของโลหะผสมแทบทุกชนิด ซึ่งจะอยู่ในรูปของออกไซด์และคาร์บอเนต เมื่อมีการล้างชิ้นงานด้วยกรดไฮโดรคลอริก จึงทำให้มีปริมาณแมงกานีสปนมากับน้ำเสียได้ หากร่างกายได้รับแมงกานีสในปริมาณที่สูงจะไปสะสมที่ปอด

(9) การวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียม (Cd) ของตัวอย่างน้ำเสีย จำนวน 18 ครั้ง จากกระบวนการชุบโลหะ บริษัทบีสไพพ์ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 18 ครั้ง ตั้งแต่วันที่ 9 พฤศจิกายน 2552 - 28 พฤศจิกายน 2552 พบว่า มีปริมาณแคดเมียม (Cd) ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 0.01-0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยไม่เกินค่ามาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดให้มีแคดเมียม (Cd) ไม่เกิน 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากแคดเมียมเป็นโลหะหนักผสมอยู่กับสังกะสี เมื่อทำการชุบชิ้นงานจึงมีการปนเปื้อนออกมากับน้ำเสีย แต่ในปริมาณไม่มาก แต่หากได้รับในปริมาณที่มากเกินมาตรฐานกำหนด จะก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อระบบทางเดินอาหาร ระบบหายใจ เป็นพิษต่อปอดและไต

2. การศึกษาแนวทางการจัดการน้ำเสียที่เหมาะสมจากกระบวนการชุบโลหะของบริษัท บีสไพพ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด

1) การปรับปรุงกระบวนการชุบโลหะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตและลดมลพิษจากกระบวนการผลิต กระบวนการชุบโลหะของบริษัทนั้น ควรมีการพัฒนาปรับปรุงโดยเพิ่มขั้นตอนการตรวจสอบความสะอาดชิ้นงานในขั้นตอนการขจัดไขมันและการขจัดสนิมเหล็กเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของชุบโลหะ และลดปริมาณของมลพิษจากการชุบโลหะและปริมาณน้ำเสียที่จะปล่อยระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม และการเพิ่มเติมขั้นตอนของการจุ่มชิ้นงานลงในบ่อสังกะสีหลอมเหลวโดยกำหนดมาตรฐานระยะเวลาในการจุ่มและทำการยกชิ้นงานตามอัตราเร็วที่กำหนด เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของชุบโลหะโดยถ้าสามารถปฏิบัติได้จะทำให้ค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการชุบแบบจุ่มร้อน (Cp) มากกว่า 2.00 (หมายถึง ความสามารถของกระบวนการดีมาก) ต้องมีโอกาสที่มีความหนาผิวเคลือบสังกะสีไม่ได้ตามข้อกำหนด ร้อยละ 20.24 ของชิ้นงานที่มีความหนาน้อยกว่า 6 มิลลิเมตร

2) การเลือกวิธีการบำบัดโลหะหนักที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียจากกระบวนการชุบโลหะเพื่อแยกโลหะหนักออกจากน้ำเสียให้สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ในกระบวนการชุบโลหะหรือสามารถที่จะนำไปขายต่อเพื่อเพิ่มมูลค่าการผลิต ได้แก่ วิธีการบำบัดด้วยโบโรไฮไดรด์รีดักชันดีต่อการบำบัดน้ำเสียในกระบวนการชุบโลหะ เพราะ

(1) ค่าพีเอชสุดท้ายของน้ำออกไม่เกินมาตรฐานน้ำทิ้ง เนื่องจากการใช้โบโร-ไฮไดรด์รีดักชัน สามารถกำจัดโลหะหนักทั้งหมดให้เหลืออยู่ไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง

(2) จุดเด่นของการใช้โบโรไฮไดรด์รีดักชัน สามารถลดปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นได้ถึง 10 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับการตกตะกอนด้วยด่าง ซึ่งทำให้ตะกอนอัดตัวแน่นและมีปริมาณน้อยสะดวกต่อการรีดน้ำออกจากตะกอน ดังนั้นจึงช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า นอกจากนี้ค่าใช้จ่ายในการบำบัดตะกอนยังถูกกว่า 5-10 เท่า ดังนั้นจึงมีประโยชน์กับโรงงานที่ระบบบำบัดไม่สามารถรองรับการขยายกำลังการผลิต

(3) การใช้โบโรไฮไดรด์รีดักชัน ยังเหมาะสำหรับการบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนักหลายชนิดปนกันอยู่ เนื่องจากสามารถกำจัดโลหะหนักทุกชนิดได้ตามมาตรฐานในขั้นตอนเดียวทำให้ประหยัดพื้นที่และเวลาที่ต้องใช้

และเพิ่มการกรองด้วยเยื่อธูปฤาษี เป็นการบำบัดน้ำเสียที่มีไขมันและน้ำมันมากขั้นสุดท้าย เพราะเยื่อธูปฤาษีมีความพรุนจึงสามารถดูดซับไขมันและน้ำมันได้มาก รวมทั้งธูปฤาษีเป็นวัชพืชที่พบได้ทั่วไปไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดหา โดยพบว่า สามารถบำบัดน้ำเสียได้เฉลี่ย 48-12 มิลลิกรัมต่อลิตร จากน้ำเสียที่ไขมันและน้ำมันสูงถึง 1,445 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการกรองไขมันได้ถึง ร้อยละ 96.71-99.16 โดยมีข้อพึงระวังคือ ควรมีการเปลี่ยนเยื่อธูปฤาษีเป็นประจำทุก 3 วัน เพราะเยื่อธูปฤาษีจะเน่าและทำให้ประสิทธิภาพการกรองลดลง

3) การประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกมาเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของแนวทางการจัดการของเสียที่เกิดขึ้น เพื่อปรับปรุงคุณภาพผิวชิ้นงานชุบสังกะสีและลดของเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากคุณภาพผิวชิ้นงานที่ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ สามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ดังต่อไปนี้

(1) กำหนดปัญหาที่เกิดขึ้น (Define phase) โดยทำการพิจารณาปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อองค์กร พบว่าปัญหาการเกิดของเสียเป็นปัญหาที่สำคัญ ซึ่งส่งผลทำให้สูญเสียต้นทุนเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงทำการศึกษาถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิต โดยเริ่มต้นจากการระบุปัญหาเพื่อจะนำมาทำการแก้ไขโดยใช้แผนภาพพาเรโต มาจำแนกลักษณะอาการของปัญหาที่เกิดขึ้น พบว่าของเสียเกิดจากผิวชิ้นงานเป็นเม็ดหรือตามดซึ่งเป็นปัญหาที่พบมากที่สุดเป็นเหตุให้ชิ้นงานเหล่านั้นไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพที่ลูกค้ากำหนด ดังนั้นจึงศึกษาหาสาเหตุที่แท้จริง

ของการเกิดเม็ดหรือตามดบนผิวชิ้นงานด้วยวิธีการซิกซ์ ซิกม่า พบว่าในขั้นตอนการชุบสังกะสีนั้นทำให้เกิดเม็ดหรือตามดมากที่สุดและส่วนหนึ่งนั้นมาจากการออกแบบของกระบวนการผลิตด้วย

(2) การวัดเพื่อกำหนดหาสาเหตุของปัญหา (Measure phase) โดยการสร้างแผนที่กระบวนการผลิต (Process map) เพื่อทราบถึงปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ในแต่ละขั้นตอน และสามารถพิจารณาลักษณะงานไม่ก่อให้เกิดคุณค่า (Non value added) ในกระบวนการด้วย ผลการศึกษานี้จะสัมพันธ์กับการวิเคราะห์แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and effect diagram) ซึ่งจะทำให้เข้าใจปัจจัยที่ส่งผลกระทบกับปัญหาที่ต้องแก้ไข จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดของกระบวนการ (FMEA process) โดยนำเอาสาเหตุของปัญหาที่มิได้ตัดทิ้งในแผนภาพสาเหตุและผลมาคำนวณหาค่าตัวเลขระดับความเสี่ยง (RPN) และนำค่าดังกล่าวมาสร้างแผนภาพ พาเรโต เพื่อคัดเลือกสาเหตุของปัญหา ผลดำเนินการพบว่า สาเหตุที่อาจทำให้เกิดเม็ดหรือตามดในกระบวนการชุบสังกะสี คือ วิธีการล้างชิ้นงานก่อนชุบ ค่าพีเอช และความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า ซึ่งปัจจัยต่างๆเหล่านี้จะนำไปวิเคราะห์สาตุของการเกิดปัญหา

(3) การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis phase) โดยใช้ค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ทำการวัดด้วยเครื่อง Hommelwerke Hommel Tester T20A เป็นตัวแปรตอบสนองที่จะทำการศึกษา จากการดำเนินงานในขั้นตอนนี้ พบว่าวิธีการล้างชิ้นงานก่อนชุบ ค่าพีเอช และความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้ามีผลต่อค่าความหยาบผิวชิ้นงานอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่อุณหภูมิไม่มีผลต่อค่าความหยาบผิวชิ้นงานอย่างมีนัยสำคัญ จากปัจจัยที่มีผลต่อค่าความหยาบผิวชิ้นงานข้างต้นจะนำไปหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมในขั้นตอนต่อไป

(4) การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve phase) โดยการป้อนปัจจัยป้อนเข้าและการกำหนดค่าปัจจัยที่เหมาะสม พบว่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด คือ ปรับเปลี่ยนวิธีการล้างชิ้นงาน ควบคุมค่าพีเอชให้อยู่ที่ระดับ 4.25 และควบคุมความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าอยู่ที่ระดับ 4.40 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร จะทำให้ค่าความหยาบผิวมีค่าเท่ากับ 0.8339 ไมโครเมตร ซึ่งปัจจัยที่เหมาะสมดังกล่าวนี้จะนำไปทำการควบคุมในขั้นตอนสุดท้าย

(5) การควบคุมตัวแปรต่างๆ (Control phase) จากการศึกษาทำการควบคุม วิธีการล้างชิ้นงาน โดยใช้เครื่องมือคู่มือการปฏิบัติงาน (Work instruction) เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงานและลดความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น

จากการศึกษาวิธีการซิกซ์ ซิกม่า เพื่อลดปริมาณของเสียจากกระบวนการชุบสังกะสีมาประยุกต์ใช้กับบริษัทบีสไพพ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด พบว่าวิธีดังกล่าวสามารถลดค่าเฉลี่ยของสัดส่วนของเสียต่อเดือนจาก 12,971.26 กิโลกรัม เป็น 2,334.82 กิโลกรัม จากเป้าหมายตั้งไว้ใน

แต่ละเดือนคือ 3,891.37 กิโลกรัม และจากการคำนวณความสามารถของกระบวนการผลิตหลังทำการปรับปรุงพบว่ามีค่าสูงขึ้นจากเดิม แต่กระบวนนี้ยังมีความผันแปรและมีความมั่นคงน้อยอยู่ การลดลงของอัตราการเกิดของเสียนี้ มีผลทำให้มูลค่าความสูญเสียลดลงด้วยจากเดิมที่ 6,794,914 บาทต่อเดือน เหลือเพียง 1,223,084.52 บาทต่อเดือน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะการนำไปใช้

1) ควรมีการปรับปรุงกระบวนการชุบโลหะโดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตและลดมลพิษจากกระบวนการผลิตและกระบวนการชุบโลหะของบริษัท โดยเพิ่มขั้นตอนการตรวจสอบความสะอาดชิ้นในขั้นตอนการขจัดไขมันและการขจัดสนิมเหล็ก และการเพิ่มเติมขั้นตอนของการจุ่มชิ้นงานลงในบ่อสังกะสีหลอมเหลวโดยกำหนดมาตรฐานระยะเวลาในการจุ่มและทำการยกชิ้นงานตามอัตราเร็วที่กำหนด เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของชุบโลหะ

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2) ควรศึกษาวิธีในการบำบัดโลหะหนักที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียจากกระบวนการชุบโลหะ เพื่อแยกโลหะหนักออกจากน้ำ สามารถนำไปใช้ได้ใหม่ในกระบวนการชุบโลหะ หรือสามารถที่จะนำไปขายต่อได้ เช่น โบโรไฮไดรด์รีดักชันควบคู่ไปกับการกรองด้วยเยื่อธูปฤาษี เป็นการบำบัดน้ำเสียที่มีไขมันและน้ำมันมากขั้นสุดท้าย