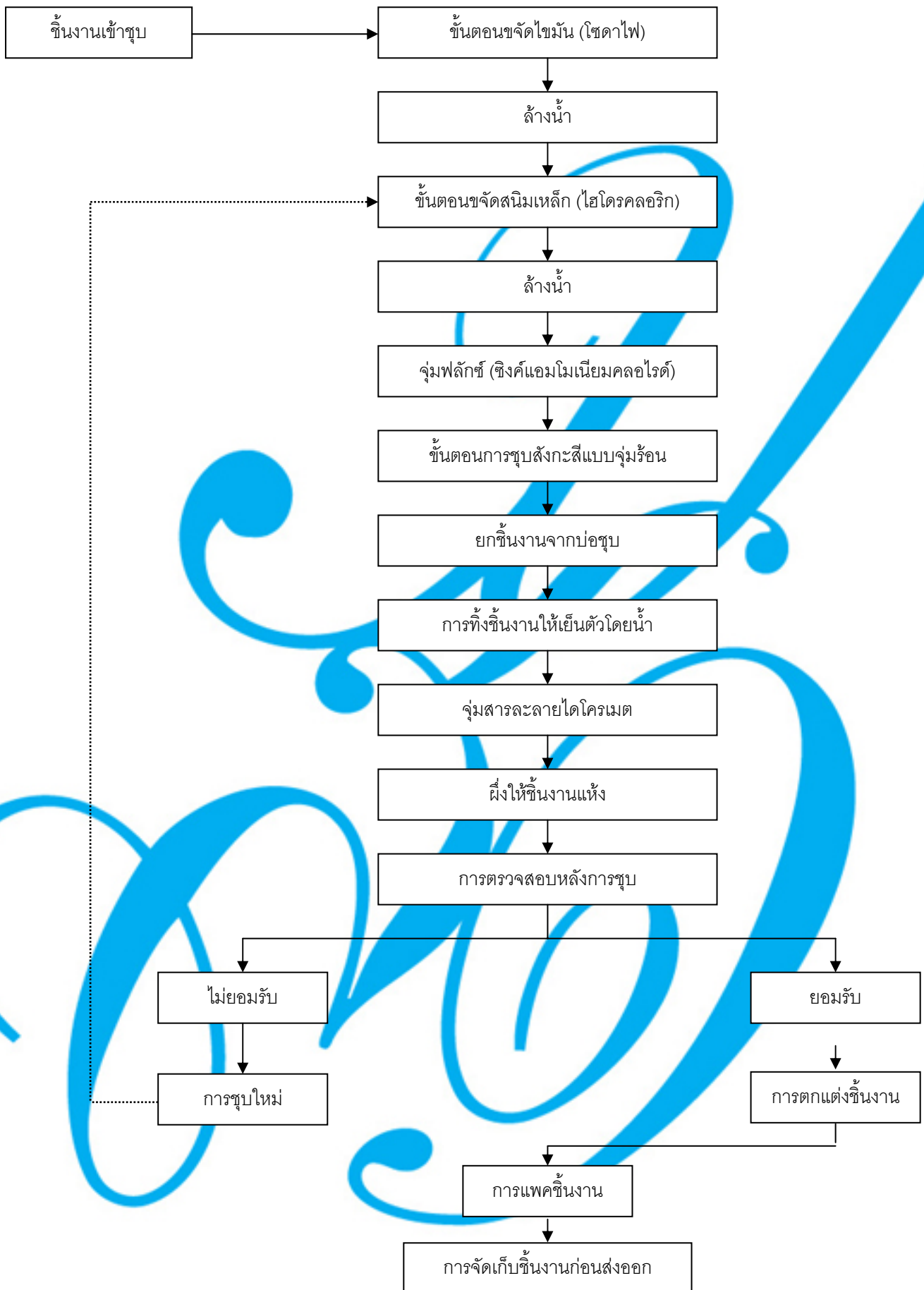


## บทที่ 4 ผลการวิจัย

### การศึกษากระบวนการชุบโลหะของบริษัท บีสไพพ์ พิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด

การชุบโลหะของบริษัทบีสไพพ์ พิตติ้ง อินดัสตรี จำกัดเป็นการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน (Galvanizing process) หมายถึง กระบวนการที่เหล็กหรือเหล็กกล้าถูกทำให้มีความทนทานต่อการกัดกร่อน โดยการจุ่มชิ้นงานที่เป็นเหล็กลงในบ่อโลหะหลอมเหลว ซึ่งจะเรียกว่าการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อนหรือแบบกัลวาไนซ์ วิธีการชุบสังกะสีนี้จะส่งผลต่อความหนาผิวเคลือบสังกะสีโดยจุ่มชิ้นงานลงในบ่อสังกะสีหลอมเหลวแล้วจะแช่ชิ้นงานไว้ในบ่อสังกะสีหลอมเหลว เพื่อให้ผิวเคลือบสังกะสีได้ความหนาตามข้อกำหนด ซึ่งระยะเวลาในการแช่จะใช้คาดคะเนจากประสบการณ์ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ (ภาพที่ 4.1) ดังนี้

1. การกำจัดคราบไขมัน โดยการล้างด้วยโซดาไฟ
2. การกำจัดคราบสนิมและการกระตุ้นผิวชิ้นงานโดยการจุ่มในบ่อกรดไฮโดรคลอริก
3. จุ่มฟลักซ์เพื่อกระตุ้นผิวให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างเหล็กและสังกะสี โดยใช้แอมโมเนียมคลอไรด์กับซิงค์คลอไรด์ผสมกัน
4. ทำการชุบสังกะสีในบ่อสังกะสีหลอมเหลว
5. จุ่มน้ำเพื่อระบายความร้อน
6. ตรวจสอบคุณภาพ
7. ตกแต่งและบรรจุ



ภาพที่ 4.1 กระบวนการชুবโลหะของบริษัทปัสไฟฟ้ ฟิตตั้ง อินดัสตรี

## การศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียจากกระบวนการชุบโลหะ

### 1. การศึกษาปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด จากกระบวนการชุบโลหะ

จากการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียทั้งหมด 18 ครั้ง เป็นเวลา 3 อาทิตย์ เฉพาะวันทำการ 6 วัน ตั้งแต่วันที่ 9-28 พฤศจิกายน 2552 บริเวณกระบวนการชุบโลหะของบริษัท บีสไฟฟ์ พิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด มีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 10,456–19,686 มิลลิกรัมต่อลิตรโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15,948.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.2)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด พบว่า มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ไม่เกิน 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

เนื่องจากขั้นตอนการชุบโลหะต้องทำการล้างชิ้นงานด้วยโซดาไฟ (โซเดียมไฮดรอกไซด์) และขจัดสนิมเหล็กด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นก่อนการชุบ จึงมีสิ่งสกปรกหรือตะกอนจากสนิมหลุดจากชิ้นงาน รวมถึงเศษฝุ่นละอองที่ติดอยู่กับชิ้นงานหลุดออกและเป็นการกระตุ้นชิ้นงานให้สามารถชุบโลหะได้ดีขึ้นอีกด้วย ทำให้น้ำเสียที่ปล่อยออกจากกระบวนการชุบโลหะมีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดมีค่าเกินมาตรฐานกำหนด

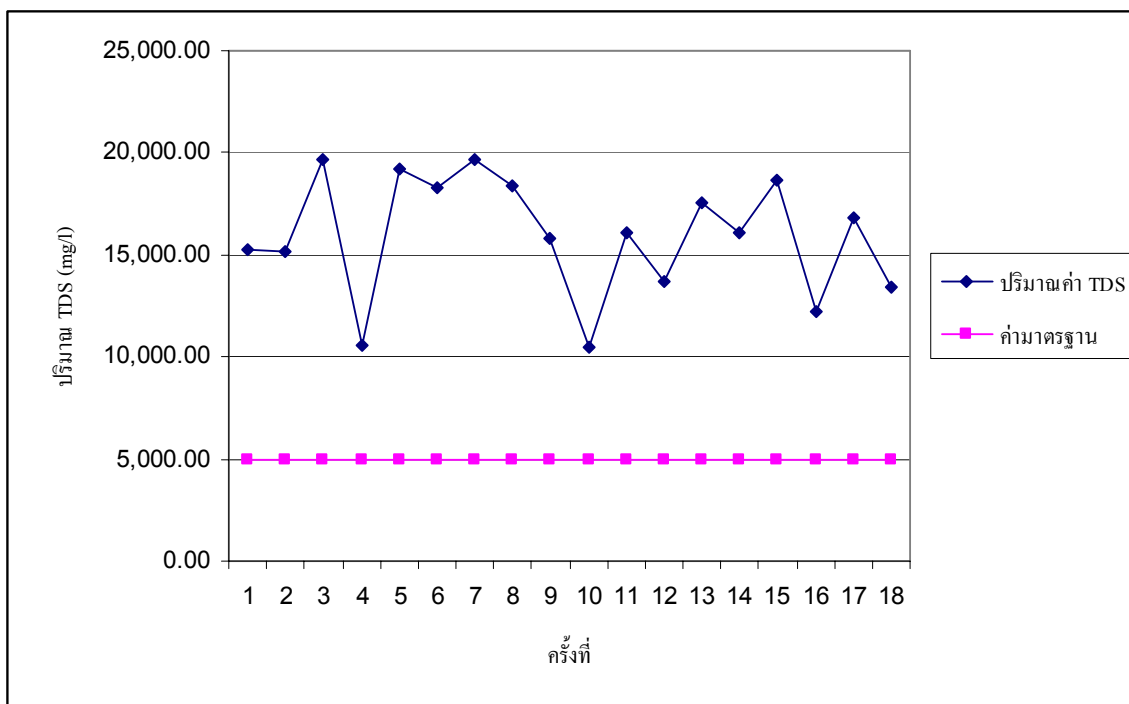
ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดที่ตรวจพบในแต่ละครั้ง พบว่า มีค่าไม่เท่ากันในแต่ละครั้ง เนื่องจากปริมาณการผลิตในแต่ละครั้งโดยจะพบว่าถ้ากำลังการผลิตมากก็จะทำให้เกิดมลพิษทางน้ำนั่นคือ ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดมากตามไปด้วย และเป็นที่น่าสังเกตว่า จะพบว่าในวันที่ 4 ของสัปดาห์ มีกำลังการผลิตน้อยในทุกสัปดาห์ที่ทำการตรวจวัด เนื่องจากเป็นวันที่มีการบำรุงรักษาเครื่องจักรในการผลิตในแต่ละสัปดาห์

ตารางที่ 4.1 ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) ของกระบวนการชุบโลหะบริษัท ปีสไฟฟ์  
ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด

ครั้งที่	ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด(TDS)
	(mg/l)
1	15,256.00
2	15,200.00
3	19,658.00
4	10,570.00
5	19,216.00
6	18,246.00
7	19,686.00
8	18,414.00
9	15,796.00
10	10,456.00
11	16,056.00
12	13,684.00
13	17,600.00
14	16,100.00
15	18,623.00
16	12,262.00
17	16,791.00
18	13,463.00
ค่าเฉลี่ย (mg/l)	15,948.00
ค่า S.D.	2,924.97
ค่ามาตรฐาน* (mg/l)	5,000.00

หมายเหตุ : \* หมายถึง ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3  
(พ.ศ.2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดโรงงาน  
อุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2539



ภาพที่ 4.2 ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) ของกระบวนการชุบโลหะ บริษัท บีสไฟฟ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด

#### การศึกษาคุณลักษณะทางเคมีของน้ำเสียจากกระบวนการชุบโลหะ

##### 1. การศึกษาค่าความเป็นกรดเป็นด่างจากกระบวนการชุบโลหะ

จากการวิเคราะห์เพื่อหาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 18 ครั้ง เป็นเวลา 3 อาทิตย์ เฉพาะวันทำการ 6 วัน ตั้งแต่วันที่ 9 พฤศจิกายน 2552 - 28 พฤศจิกายน 2552 บริเวณกระบวนการชุบโลหะ บริษัท บีสไฟฟ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 1.1-2.0 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.3 (ตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.3)

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง พบว่า มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงาน อุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดให้มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 5.5 – 9.0

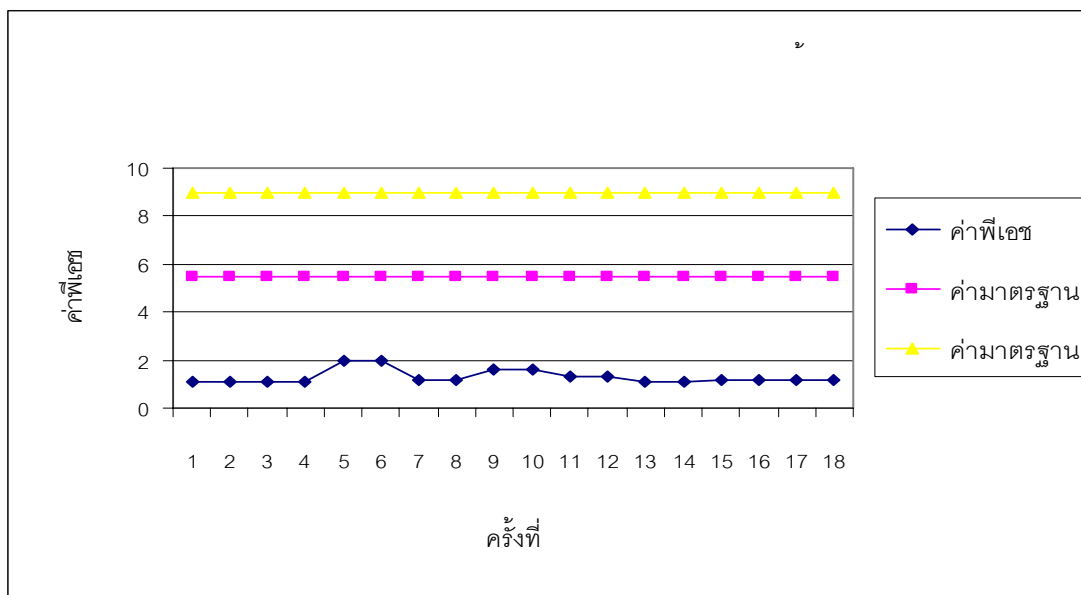
เนื่องจากก่อนการชุบชิ้นงานโลหะจะต้องทำการล้างสิ่งสกปรกด้วยโซดาไฟ (โซเดียมไฮดรอกไซด์) และสนิมออกจากชิ้นด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นก่อนและเป็นการกระตุ้นชิ้นงานให้สามารถชุบโลหะได้ดีขึ้นอีกด้วย จึงทำให้น้ำเสียที่ปล่อยออกจากกระบวนการชุบโลหะ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่ต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด

ตารางที่ 4.2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของกระบวนการชุบโลหะบริษัทพีเอสไฟฟฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด

ครั้งที่	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)
1	1.1
2	1.1
3	1.1
4	1.1
5	2.0
6	2.0
7	1.2
8	1.2
9	1.6
10	1.6
11	1.3
12	1.3
13	1.1
14	1.1
15	1.2
16	1.2
17	1.2
18	1.2
ค่าเฉลี่ย	1.3
ค่า S.D.	0.30
ค่ามาตรฐาน*	5.5-9.0

หมายเหตุ : \* หมายถึง ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2539



ภาพที่ 4.3 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของกระบวนการชุบโลหะบริษัทปิสไพพ์  
พิตตั้งอินดัสตรี จำกัด

## 2. การศึกษาปริมาณน้ำมันและไขมัน (O&G) จากกระบวนการชุบโลหะ

จากการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณน้ำมันและไขมัน ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียทั้งหมด 18 ครั้ง เป็นเวลา 3 อาทิตย์ เฉพาะวันทำการ 6 วัน ตั้งแต่วันที่ 9-28 พฤศจิกายน 2552 บริเวณกระบวนการชุบโลหะของบริษัท ปิสไพพ์ พิตตั้ง อินดัสตรี จำกัด มีปริมาณน้ำมันและไขมันที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 1,000.00–1,796.00 มิลลิกรัมต่อลิตรโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,445.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.4)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันและไขมัน พบว่า มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดให้ปริมาณน้ำมันและไขมัน ไม่เกิน 15 มิลลิกรัมต่อลิตร

เนื่องจากขั้นตอนการชุบโลหะต้องทำการขจัดไขมันและคราบจาระบีในชิ้นงานด้วยโซดาไฟ (โซเดียมไฮดรอกไซด์) ก่อนการชุบ จึงมีไขมันหลุดจากชิ้นงาน ทำให้น้ำเสียที่ปล่อยออกจากกระบวนการชุบโลหะ มีปริมาณน้ำมันและไขมันมีค่าเกินมาตรฐานกำหนด

ปริมาณน้ำมันและไขมันที่ตรวจพบในแต่ละครั้ง พบว่า มีค่าไม่เท่ากันในแต่ละครั้ง เนื่องจากปริมาณการผลิตในแต่ละครั้งโดยจะพบว่าถ้ากำลังการผลิตมากก็จะทำให้เกิดมลพิษทาง

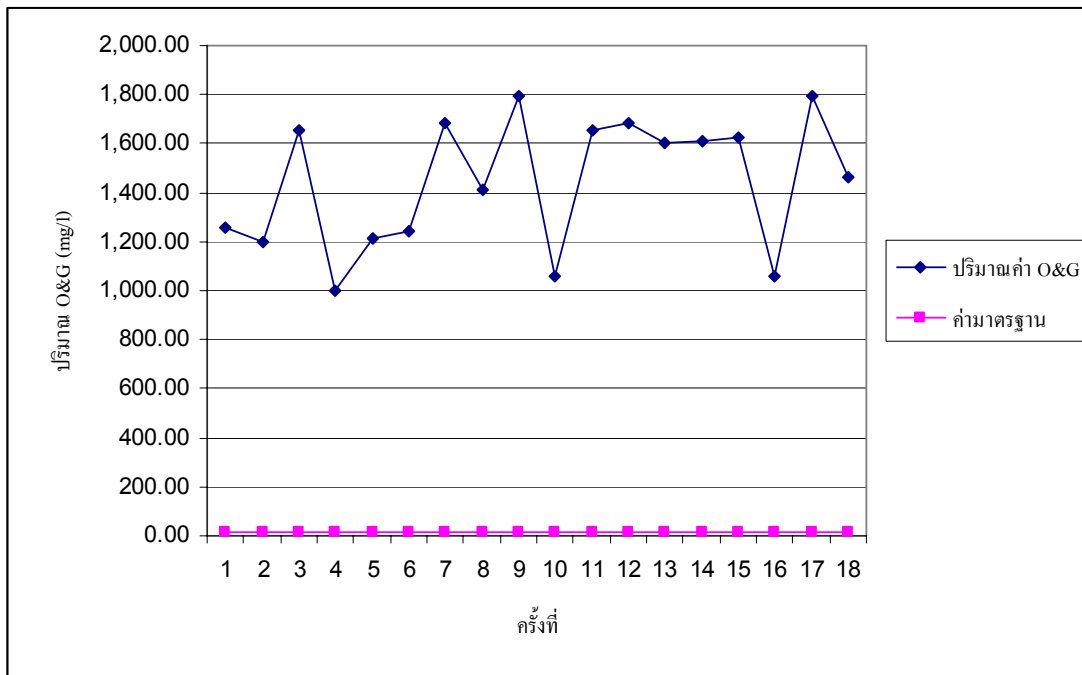
น้ำนั้นคือ ปริมาณน้ำมันและไขมันมากตามไปด้วย และเป็นที่น่าสังเกตว่าจะพบว่าในวันที่ 4 ของสัปดาห์ มีกำลังการผลิตน้อยในทุกสัปดาห์ที่ทำการตรวจวัด เนื่องจากเป็นวันที่มีการบำรุงรักษาเครื่องจักรในการผลิตในแต่ละสัปดาห์

ตารางที่ 4.3 ปริมาณน้ำมันและไขมัน (O&G) ของกระบวนการชุบโลหะบริษัท บีสไฟฟ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด

ครั้งที่	ปริมาณน้ำมันและไขมัน (O&G) (mg/l)
1	1,256.00
2	1,200.00
3	1,658.00
4	1,000.00
5	1,216.00
6	1,246.00
7	1,686.00
8	1,414.00
9	1,796.00
10	1,056.00
11	1,656.00
12	1,684.00
13	1,600.00
14	1,610.00
15	1,623.00
16	1,062.00
17	1,791.00
18	1,463.00
ค่าเฉลี่ย (mg/l)	1,445.39
ค่า S.D.	267.46
ค่ามาตรฐาน* (mg/l)	15

หมายเหตุ : \* หมายถึง ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2539



ภาพที่ 4.4 ปริมาณน้ำมันและไขมัน (O&G)ของกระบวนการชุบโลหะ  
บริษัท ปีสไฟฟ์ พิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด

3. การศึกษาปริมาณไซยาไนด์ (Cyanide) จากกระบวนการชุบโลหะ

จากการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณไซยาไนด์ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียทั้งหมด 18 ครั้ง เป็นเวลา 3 อาทิตย์ เฉพาะวันทำการ 6 วัน ตั้งแต่วันที่ 9-28 พฤศจิกายน 2552 บริเวณกระบวนการชุบโลหะของบริษัท ปีสไฟฟ์ พิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด มีปริมาณไซยาไนด์ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 6.00-17.00 มิลลิกรัมต่อลิตรโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.5)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไซยาไนด์ พบว่า มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดให้ปริมาณไซยาไนด์ ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

เนื่องจากขั้นตอนการชุบโลหะต้องไซยาไนด์ในการเป็นตัวประสานชิ้นงานและสังกะสี จึงมีไซยาไนด์ปนเปื้อนมากับน้ำเสียที่ปล่อยออกจากกระบวนการชุบโลหะ จึงทำให้มีค่าเกินมาตรฐานกำหนด

ปริมาณไซยาไนด์ที่ตรวจพบในแต่ละครั้ง พบว่า มีค่าไม่เท่ากันในแต่ละครั้ง เนื่องจากปริมาณการผลิตในแต่ละครั้งโดยจะพบว่าถ้ากำลังการผลิตมากก็จะทำให้เกิดมลพิษทางน้ำนั้นคือ

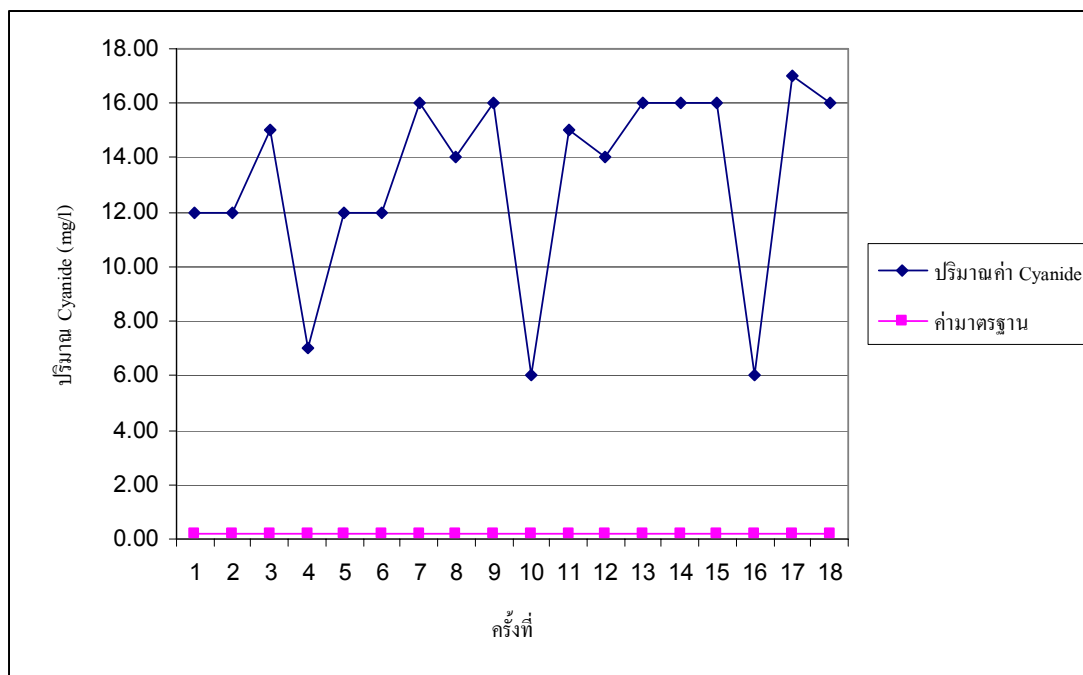
ปริมาณไซยาไนด์มากตามไปด้วย และเป็นที่น่าสังเกตว่าจะพบว่าในวันที่ 4 ของสัปดาห์ มีกำลังการผลิตน้อยในทุกสัปดาห์ที่ทำการตรวจวัด เนื่องจากเป็นวันที่มีการบำรุงรักษาเครื่องจักรในการผลิตในแต่ละสัปดาห์

ตารางที่ 4.4 ปริมาณไซยาไนด์ (Cyanide) ของกระบวนการชุบโลหะบริษัท ปีสไฟท์ พิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด

ครั้งที่	ปริมาณไซยาไนด์ (Cyanide) (mg/l)
1	12.00
2	12.00
3	15.00
4	7.00
5	12.00
6	12.00
7	16.00
8	14.00
9	16.00
10	6.00
11	15.00
12	14.00
13	16.00
14	16.00
15	16.00
16	6.00
17	17.00
18	16.00
ค่าเฉลี่ย (mg/l)	13.00
ค่า S.D.	3.57
ค่ามาตรฐาน* (mg/l)	0.2

หมายเหตุ : \* หมายถึง ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2539



ภาพที่ 4.5 ปริมาณไซยาไนด์ (Cyanide) ของกระบวนการชุบโลหะ  
บริษัท ปีสไฟฟ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด

#### 4. การศึกษาปริมาณเหล็ก (Fe) จากกระบวนการชุบโลหะ

จากการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณเหล็ก (Fe) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 18 ครั้ง เป็นเวลา 3 อาทิตย์ เฉพาะวันทำการ 6 วัน ตั้งแต่วันที่ 9 พฤศจิกายน 2552 - 28 พฤศจิกายน 2552 บริเวณกระบวนการชุบโลหะ บริษัท ปีสไฟฟ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด มีปริมาณเหล็ก (Fe) ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 1,218.00 – 3,924.00 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,896.50 มิลลิกรัมต่อลิตร (ดังตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.6)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก (Fe) พบว่า มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) และประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณเหล็ก (Fe) ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

เนื่องจากเป็นส่วนประกอบหลักของชิ้นงานโลหะ เมื่อล้างชิ้นงานทิ้งเพื่อกำจัดคราบไขมันและน้ำมันและการกำจัดคราบสนิมด้วยโซดาไฟ (โซเดียมไฮดรอกไซด์) และกรดไฮโดรคลอริก จึงทำให้มีการปนเปื้อนออกมากับน้ำเสียได้ ซึ่งหากมีปริมาณมากเกินกว่าค่ามาตรฐานกำหนดจะเป็นอันตรายต่อ ผู้ที่ได้รับการสัมผัสและสะสมในสิ่งแวดล้อม

ปริมาณเหล็กที่ตรวจพบในแต่ละครั้ง พบว่า มีค่าไม่เท่ากันในแต่ละครั้ง เนื่องจากปริมาณการผลิตในแต่ละครั้งโดยจะพบว่าถ้ากำลังการผลิตมากก็จะทำให้เกิดมลพิษทางน้ำนั้นคือปริมาณเหล็กมากตามไปด้วย และเป็นที่น่าสังเกตว่าจะพบว่ามีค่าในครั้งที่ 4 ของสัปดาห์ มีกำลังการผลิตน้อยในทุกสัปดาห์ที่ทำการตรวจวัด เนื่องจากเป็นวันที่มีการบำรุงรักษาเครื่องจักรในการผลิตในแต่ละสัปดาห์

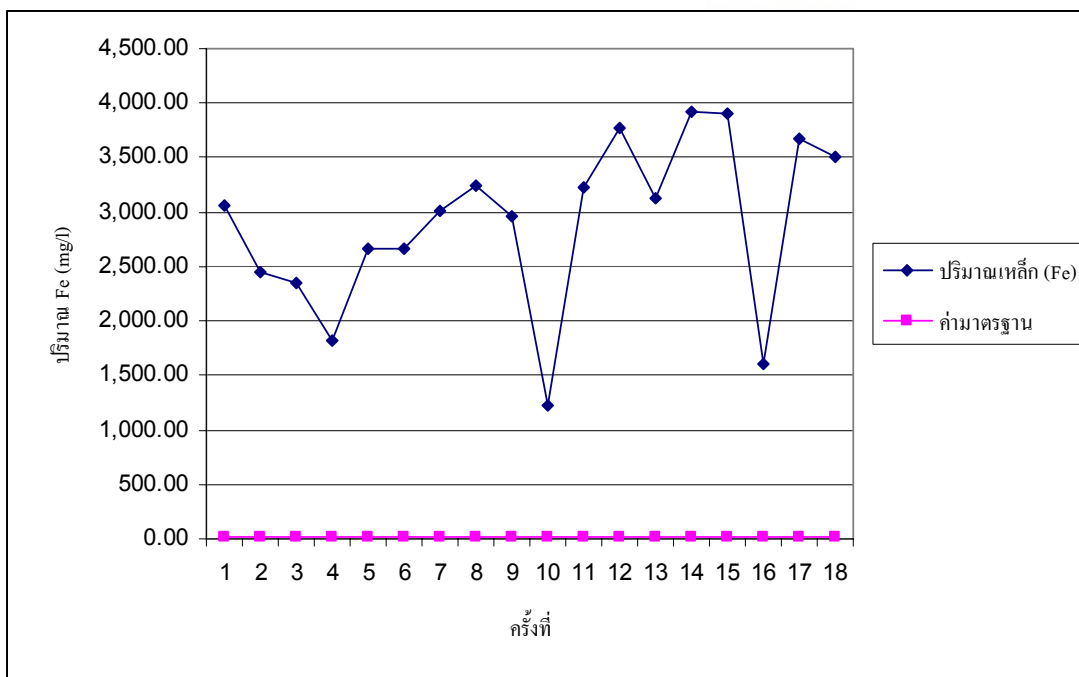
ตารางที่ 4.5 ปริมาณเหล็ก (Fe) ของกระบวนการชุบโลหะบริษัท บีสไพพ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด

ครั้งที่	ปริมาณเหล็ก (Fe) (mg/l)
1	3,064.00
2	2,451.00
3	2,344.00
4	1,823.00
5	2,666.00
6	2,666.00
7	3,003.00
8	3,248.00
9	2,957.00
10	1,218.00
11	3,218.00
12	3,764.00
13	3,121.00
14	3,924.00
15	3,900.00
16	1,600.00
17	3,670.00
18	3,500.00
ค่าเฉลี่ย (mg/l)	2,896.50
ค่า S.D.	780.61
ค่ามาตรฐาน* (mg/l)	10.00

หมายเหตุ : \* หมายถึง ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2539)

เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดโรงงานอุตสาหกรรมและ  
นิคมอุตสาหกรรม

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2539



ภาพที่ 4.6 ปริมาณเหล็ก (Fe) ของกระบวนการชุบโลหะ บริษัท ปีสไฟฟ์ พิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด

#### 5. การศึกษาปริมาณโครเมียม (Cr) จากกระบวนการชุบโลหะ

จากการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณโครเมียม (Cr) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 18 ครั้ง เป็นเวลา 3 อาทิตย์ เฉพาะวันทำการ 6 วัน ตั้งแต่วันที่ 9 พฤศจิกายน 2552 - 28 พฤศจิกายน 2552 บริเวณกระบวนการชุบโลหะ บริษัท ปีสไฟฟ์ พิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด มีปริมาณโครเมียม (Cr) ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 4.00 - 18.00 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ดังตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.7)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโครเมียม (Cr) พบว่า 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 โดยใช้สารละลายไดโครเมต เพื่อให้ น้ำยาคือเคลือบสังกะสีที่เคลือบผิวชิ้นงานอยู่ก่อนนำชิ้นงานไปบรรจุต่อไป จึงมีปริมาณโครเมียมที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียเป็นจำนวนมาก ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นโครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ ( $Cr^{+6}$ ) หากร่างกายได้รับ

โครเมียมชนิดนี้ในปริมาณที่สูงเกินมาตรฐานกำหนด จะก่อให้เกิดความเป็นพิษทั้งแบบเฉียบพลัน และเรื้อรัง ทั้งทางผิวหนัง ร่างกาย และเป็นสารก่อมะเร็งจนถึงแก่ความตายได้

ปริมาณโครเมียมที่ตรวจพบในแต่ละครั้ง พบว่า มีค่าไม่เท่ากันในแต่ละครั้ง เนื่องจาก ปริมาณการผลิตในแต่ละครั้งโดยจะพบว่าถ้ากำลังการผลิตมากก็จะทำให้เกิดมลพิษทางน้ำนั้นคือ ปริมาณโครเมียมมากตามไปด้วย และเป็นที่น่าสังเกตว่าจะพบว่าในวันที่ 4 ของสัปดาห์ มีกำลัง การผลิตน้อยในทุกสัปดาห์ที่ทำการตรวจวัด เนื่องจากเป็นวันที่มีการบำรุงรักษาเครื่องจักรในการ ผลิตในแต่ละสัปดาห์

ตารางที่ 4.6 ปริมาณโครเมียม (Cr) ของกระบวนการชุบโลหะบริษัทบีเอสไพพ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด

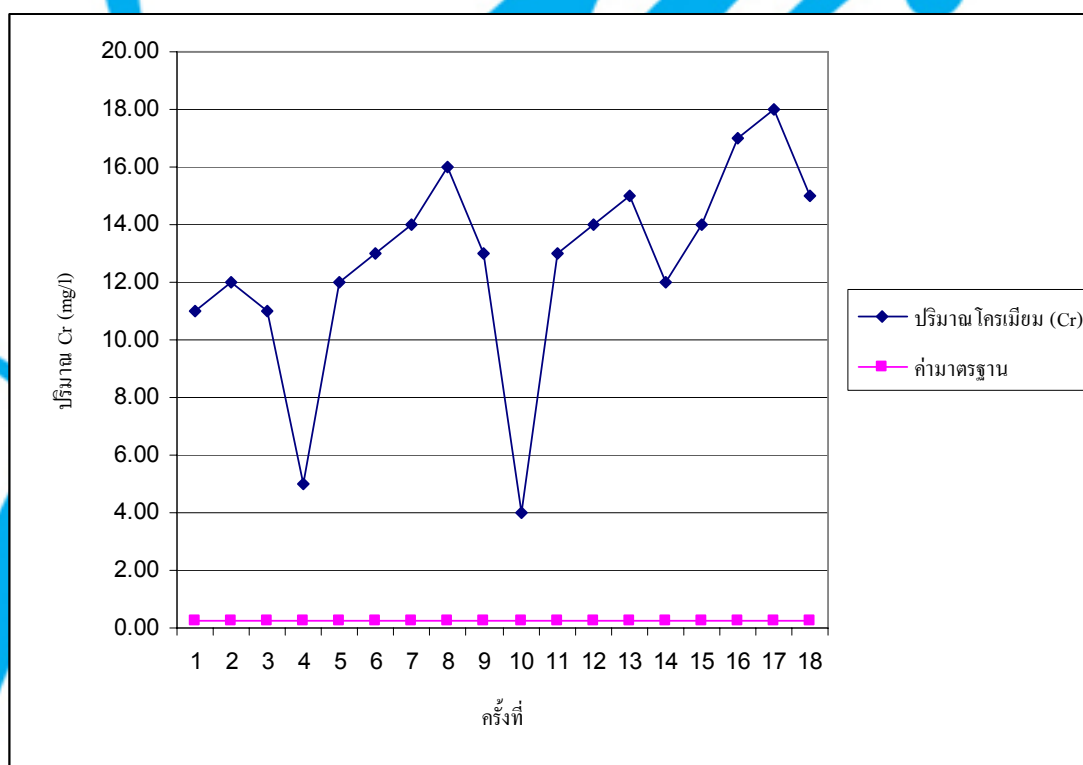
ครั้งที่	ปริมาณโครเมียม (Cr) (mg/l)
1	11.00
2	12.00
3	11.00
4	5.00
5	12.00
6	13.00
7	14.00
8	16.00
9	13.00
10	4.00
11	13.00
12	14.00
13	15.00
14	12.00
15	14.00
16	17.00
17	18.00
18	15.00

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

ครั้งที่	ปริมาณโครเมียม (Cr) (mg/l)
ค่าเฉลี่ย (mg/l)	12.00
ค่า S.D.	3.56
ค่ามาตรฐาน* (mg/l)	0.25

หมายเหตุ : \* หมายถึง ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2539



ภาพที่ 4.7 ปริมาณโครเมียม (Cr) ของกระบวนการชุบโลหะ บริษัทปัสไฟฟ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด

#### 6. การศึกษาปริมาณตะกั่ว (Pb) จากกระบวนการชุบโลหะ

จากการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณตะกั่ว (Pb) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 18 ครั้ง เป็นเวลา 3 อาทิตย์ เฉพาะวันทำการ 6 วัน ตั้งแต่วันที่ 9 พฤศจิกายน 2552 - 28 พฤศจิกายน 2552 บริเวณกระบวนการชุบโลหะ ของบริษัท ปีสไฟฟ์ พิตติ้งอินดัสตรี จำกัด มีปริมาณตะกั่ว (Pb) ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 17.00-5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.72 มิลลิกรัมต่อลิตร (ดังตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.8)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว (Pb) พบว่า มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดให้มีตะกั่ว (Pb) ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

เนื่องจากตะกั่ว (Pb) เป็นโลหะหนักที่ใช้ในกระบวนการชุบโลหะ ซึ่งจะอยู่ในรูปของ ตะกั่วซัลเฟตและตะกั่วคาร์บอเนต จึงทำให้มีปริมาณตะกั่วปนมากับน้ำเสียเป็นจำนวนมาก หากร่างกายได้รับตะกั่วในปริมาณที่สูงจะก่อให้เกิดความเป็นพิษทั้งแบบเฉียบพลัน จะมีอาการปวดท้องอย่างรุนแรง ตับ ไต หัวใจล้มเหลว และพิษแบบเรื้อรัง เสี่ยงต่อการเป็นโรคประสาท นื่องอกและมะเร็ง

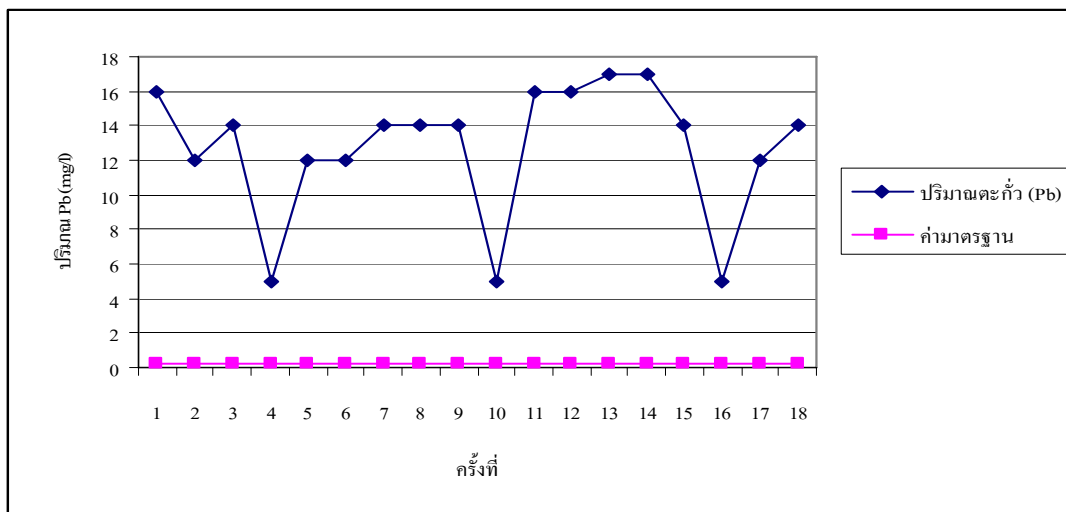
ปริมาณตะกั่วที่ตรวจพบในแต่ละครั้ง พบว่า มีค่าไม่เท่ากันในแต่ละครั้ง เนื่องจาก ปริมาณการผลิตในแต่ละครั้งโดยจะพบว่าถ้ากำลังการผลิตมากก็จะทำให้เกิดมลพิษทางน้ำนั้นคือ ปริมาณตะกั่วมากตามไปด้วย และเป็นที่น่าสังเกตว่าจะพบว่ามีวันที่ 4 ของสัปดาห์ มีกำลังการผลิตน้อยในทุกสัปดาห์ที่ทำการตรวจวัด เนื่องจากเป็นวันที่มีการบำรุงรักษาเครื่องจักรในการผลิต ในแต่ละสัปดาห์

ตารางที่ 4.7 ปริมาณตะกั่ว (Pb) ของกระบวนการชุบโลหะบริษัท บีสไฟฟ์พีตติ้ง  
อินดัสตรี จำกัด

ครั้งที่	ปริมาณตะกั่ว (Pb) (mg/l)
1	16.00
2	12.00
3	14.00
4	5.00
5	12.00
6	12.00
7	14.00
8	14.00
9	14.00
10	5.00
11	16.00
12	16.00
13	17.00
14	17.00
15	14.00
16	5.00
17	12.00
18	14.00
ค่าเฉลี่ย (mg/l)	12.72
ค่า S.D.	3.91
ค่ามาตรฐาน* (mg/l)	0.2

หมายเหตุ : \* หมายถึง ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3  
(พ.ศ.2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดโรงงาน  
อุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2539



ภาพที่ 4.8 ปริมาณตะกั่ว (Pb) ของกระบวนการชุบโลหะบริษัทปีสไฟฟฟิตตั้ง อินดัสตรี จำกัด

#### 7. การศึกษาปริมาณสังกะสี (Zn) จากกระบวนการชุบโลหะ

จากการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณสังกะสี (Zn) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 18 ครั้ง เป็นเวลา 3 อาทิตย์ เฉพาะวันทำการ 6 วัน ตั้งแต่วันที่ 9 พฤศจิกายน 2552 - 28 พฤศจิกายน 2552 บริเวณกระบวนการชุบโลหะ บริษัทปีสไฟฟฟิตตั้ง อินดัสตรี จำกัด มีปริมาณสังกะสี (Zn) ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 2,823.00–12,109.00 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7,641.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ดังตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.9)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสังกะสี (Zn) พบว่า 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

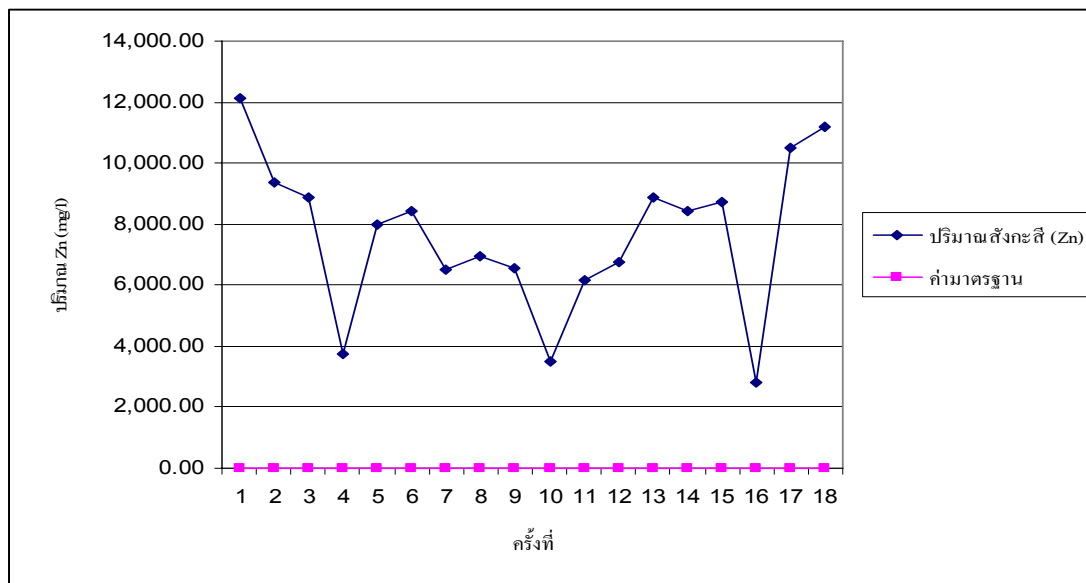
ปริมาณสังกะสีที่ตรวจพบในแต่ละครั้ง พบว่า มีค่าไม่เท่ากันในแต่ละครั้ง เนื่องจากปริมาณการผลิตในแต่ละครั้งโดยจะพบว่าถ้ากำลังการผลิตมากก็จะทำให้เกิดมลพิษทางน้ำนั้นคือปริมาณสังกะสีมากตามไปด้วย และเป็นที่น่าสังเกตว่าจะพบในวันที่ 4 ของสัปดาห์ มีกำลังการผลิตน้อยในทุกสัปดาห์ที่ทำการตรวจวัด เนื่องจากเป็นวันที่มีการบำรุงรักษาเครื่องจักรในการผลิตในแต่ละสัปดาห์

ตารางที่ 4.8 ปริมาณสังกะสี (Zn) ของกระบวนการชุบโลหะบริษัทพีเอสไฟฟ้าติดตั้ง อินดัสตรี จำกัด

ครั้งที่	ปริมาณสังกะสี (Zn) (mg/l)
1	12,109.00
2	9,377.00
3	8,863.00
4	3,753.00
5	7,976.00
6	8,446.00
7	6,531.00
8	6,943.00
9	6,554.00
10	3,496.00
11	6,142.00
12	6,763.00
13	8,866.00
14	8,446.00
15	8,743.00
16	2,823.00
17	10,500.00
18	11,208.00
ค่าเฉลี่ย (mg/l)	7,641.00
ค่า S.D.	2,554.35
ค่ามาตรฐาน* (mg/l)	5.00

หมายเหตุ : \* หมายถึง ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2539



ภาพที่ 4.9 ปริมาณสังกะสี (Zn) ของกระบวนการชุบโลหะบริษัทปีสไฟฟ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด

#### 8. การศึกษาปริมาณแมงกานีส (Mn) จากกระบวนการชุบโลหะ

จากการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณแมงกานีส (Mn) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 18 ครั้ง เป็นเวลา 3 อาทิตย์ เฉพาะวันทำการ 6 วัน ตั้งแต่วันที่ 9 พฤศจิกายน 2552 - 28 พฤศจิกายน 2552 บริเวณกระบวนการชุบโลหะ บริษัท ปีสไฟฟ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด มีปริมาณแมงกานีส (Mn) ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 14.16– 49.97 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.27 มิลลิกรัมต่อลิตร (ดังตารางที่ 4.9 และภาพที่ 4.10)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแมงกานีส (Mn) พบว่า มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดให้มีแมงกานีส (Mn) ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

เนื่องจากแมงกานีสเป็นส่วนประกอบของโลหะผสมแทบทุกชนิด ซึ่งจะอยู่ในรูปของออกไซด์และคาร์บอนेट เมื่อมีการล้างชิ้นงานด้วยกรดไฮโดรคลอริก จึงทำให้มีปริมาณแมงกานีสปนมากับน้ำเสียได้ หากร่างกายได้รับแมงกานีสในปริมาณที่สูงจะไปสะสมที่ปอด

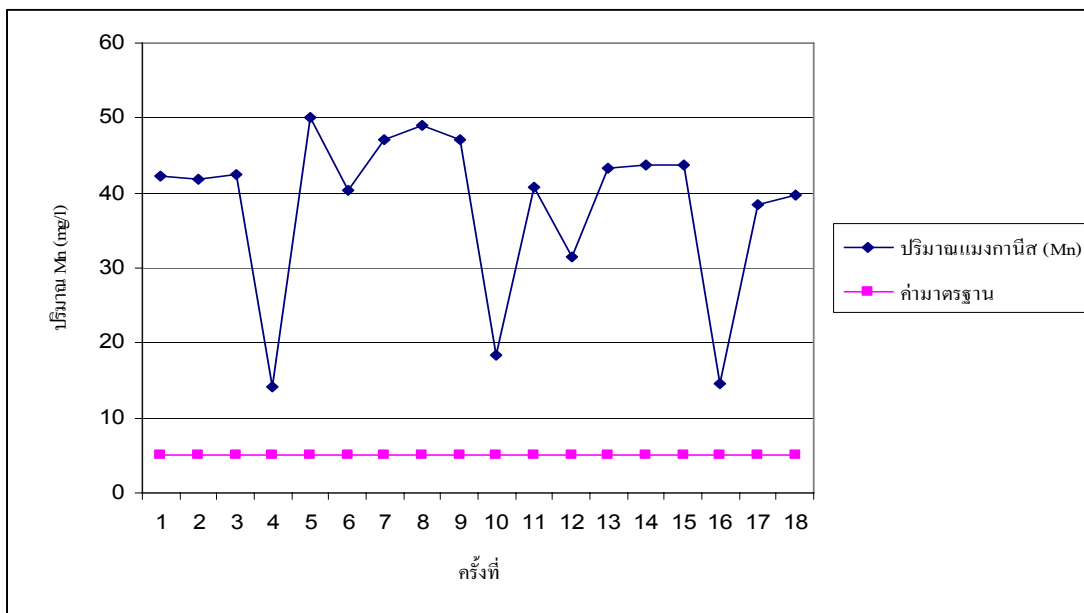
ปริมาณแมงกานีสที่ตรวจพบในแต่ละครั้ง พบว่า มีค่าไม่เท่ากันในแต่ละครั้ง เนื่องจากปริมาณการผลิตในแต่ละครั้งโดยจะพบว่าถ้ากำลังการผลิตมากก็จะทำให้เกิดมลพิษทางน้ำนั้นคือปริมาณแมงกานีสมากตามไปด้วย และเป็นที่น่าสังเกตว่าจะพบว่าในวันที่ 4 ของสัปดาห์ มีกำลังการผลิตน้อยในทุกสัปดาห์ที่ทำการตรวจวัด เนื่องจากเป็นวันที่มีการบำรุงรักษาเครื่องจักรในการผลิตในแต่ละสัปดาห์

ตารางที่ 4.9 ปริมาณแมงกานีส (Mn) ของกระบวนการชุบโลหะบริษัท บีสไฟฟ์ พิตติ้ง  
อินดัสตรี จำกัด

ครั้งที่	ปริมาณแมงกานีส (Mn) (mg/l)
1	42.28
2	41.73
3	42.56
4	14.16
5	49.97
6	40.42
7	47.21
8	49.03
9	47.04
10	18.43
11	40.76
12	31.54
13	43.38
14	43.66
15	43.66
16	14.65
17	38.50
18	39.80
ค่าเฉลี่ย (mg/l)	38.27
ค่า S.D.	11.20
ค่ามาตรฐาน* (mg/l)	5.00

หมายเหตุ : \* หมายถึง ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3  
(พ.ศ.2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดโรงงาน  
อุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2539



ภาพที่ 4.10 ปริมาณแมงกานีส (Mn) ของกระบวนการชุบโลหะ  
บริษัทปัสไพพ์ ฟิตติ้งอินดัสตรี จำกัด

#### 9. การศึกษาปริมาณแคดเมียม (Cd) จากกระบวนการชุบโลหะ

จากการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณแคดเมียม (Cd) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 18 ครั้ง เป็นเวลา 3 อาทิตย์ เฉพาะวันทำการ 6 วัน ตั้งแต่วันที่ 9 พฤศจิกายน 2552 - 28 พฤศจิกายน 2552 บริเวณกระบวนการชุบโลหะ บริษัทปัสไพพ์ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด มีปริมาณแคดเมียม (Cd) ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 0.01-0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร (ดังตารางที่ 4.10 และภาพที่ 4.11)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียม (Cd) พบว่า มีค่าเฉลี่ยไม่เกินค่ามาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงาน อุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดให้มีแคดเมียม (Cd) ไม่เกิน 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร

เนื่องจากแคดเมียมเป็นโลหะหนักผสมอยู่กับสังกะสี เมื่อทำการชุบชิ้นงานจึงมีการปนเปื้อนออกมากับน้ำเสีย แต่ในปริมาณไม่มาก แต่หากได้รับในปริมาณที่มากเกินไปเกินมาตรฐานกำหนด จะก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อระบบทางเดินอาหาร ระบบหายใจ เป็นพิษต่อปอดและไต

ปริมาณแคดเมียมที่ตรวจพบในแต่ละครั้ง พบว่า มีค่าไม่เท่ากันในแต่ละครั้ง เนื่องจากปริมาณการผลิตในแต่ละครั้งโดยจะพบว่าถ้ากำลังการผลิตมากก็จะทำให้เกิดมลพิษทางน้ำนั่นคือปริมาณแคดเมียมมากตามไปด้วย และเป็นที่น่าสังเกตว่าจะพบในวันที่ 4 ของสัปดาห์ มีกำลัง

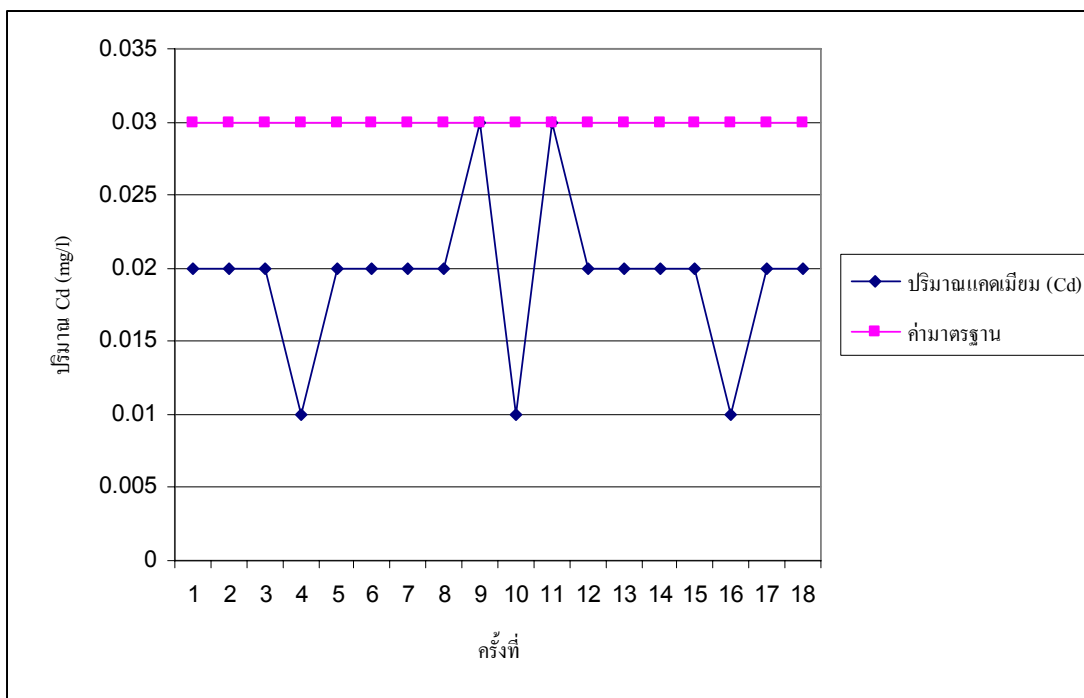
การผลิตน้อยในทุกสัปดาห์ที่ทำการตรวจวัด เนื่องจากเป็นวันที่มีการบำรุงรักษาเครื่องจักร  
ในการผลิตในแต่ละสัปดาห์

ตารางที่ 4.10 ปริมาณแคดเมียม (Cd) ของกระบวนการชุบโลหะบริษัทบีเอสไพพ์ ฟิตติ้ง  
อินดัสตรี จำกัด

ครั้งที่	ปริมาณแคดเมียม (Cd) (mg/l)
1	0.02
2	0.02
3	0.02
4	0.01
5	0.02
6	0.02
7	0.02
8	0.02
9	0.03
10	0.01
11	0.03
12	0.02
13	0.02
14	0.02
15	0.02
16	0.01
17	0.02
18	0.02
ค่าเฉลี่ย (mg/l)	0.02
ค่า S.D.	0.01
ค่ามาตรฐาน* (mg/l)	0.03

หมายเหตุ : \* หมายถึง ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3  
(พ.ศ.2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดโรงงาน  
อุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2539



ภาพที่ 4.11 ปริมาณแคดเมียม (Cd) ของกระบวนการชุบโลหะ  
บริษัท ปีสไฟฟ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด

#### การศึกษาแนวทางการจัดการน้ำเสียที่เหมาะสมจากกระบวนการชุบโลหะ ของบริษัทปีสไฟฟ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด

1. การปรับปรุงกระบวนการชุบโลหะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตและลดมลพิษจากกระบวนการผลิต

จากการศึกษากระบวนการชุบโลหะของบริษัท ปีสไฟฟ์ ฟิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด พบว่าเป็นการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน (Galvanizing process) เป็นกระบวนการที่เหล็กหรือเหล็กกล้าถูกทำให้มีความทนทานต่อการกัดกร่อน โดยการจุ่มชิ้นงานที่เป็นเหล็กลงในบ่อโลหะหลอมเหลว ซึ่งจะเรียกว่าการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อนหรือแบบกัลวาไนซ์ วิธีการชุบสังกะสีนี้จะส่งผลต่อความหนาผิวเคลือบสังกะสีโดยจุ่มชิ้นงานลงในบ่อสังกะสีหลอมเหลวแล้วจะแช่ชิ้นงานไว้ในบ่อสังกะสีหลอมเหลว เพื่อให้ผิวเคลือบสังกะสีได้ความหนาตามข้อกำหนด ซึ่งระยะเวลาในการแช่จะใช้คาดคะเนจากประสบการณ์ ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ (ภาพที่ 4.12) ดังนี้

- 1) การกำจัดคราบไขมัน โดยการล้างด้วยโซดาไฟ
- 2) การกำจัดคราบสนิมและการกระตุ้นผิวชิ้นงานโดยการจุ่มในบ่อกรดไฮโดรคลอริก

3) จุ่มฟลักซ์เพื่อกระตุ้นผิวให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างเหล็กและสังกะสี โดยใช้แอมโมเนียมคลอไรด์กับซิงค์คลอไรด์ผสมกัน

4) ทำการชุบสังกะสีในบ่อสังกะสีหลอมเหลว

5) จุ่มน้ำเพื่อระบายความร้อน

6) ตรวจสอบคุณภาพ

7) ตกแต่งและบรรจุ

จากกระบวนการดังกล่าว พบว่า มีค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการชุบแบบจุ่มร้อน (Cp) 1.33-1.67 (หมายถึง ความสามารถของกระบวนการดี) ต้องมีโอกาสมี่มีความหนาผิวเคลือบสังกะสีไม่ได้ตามข้อกำหนด ร้อยละ 40.24 ของชิ้นงานที่มีความหนาน้อยกว่า 6 มิลลิเมตร ข้อมูลดังกล่าวได้จากการสอบถามผู้จัดการของบริษัทสไปพไฟฟ้ติดตั้ง อินดัสตรี จำกัด

จากการค้นคว้าข้อมูลและเอกสารที่เกี่ยวข้องของผู้วิจัย พบว่า กระบวนการชุบโลหะของบริษัทนั้น ควรมีการพัฒนาปรับปรุงโดยเพิ่มขึ้นขั้นตอนการตรวจสอบความสะอาดชิ้นงานในขั้นตอนการขจัดไขมันและการขจัดสนิมเหล็ก เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของชุบโลหะและลดปริมาณของมลพิษจากการชุบโลหะและปริมาณน้ำเสียที่จะปล่อยระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม และการเพิ่มเติมขั้นตอนของการจุ่มชิ้นงานลงในบ่อสังกะสีหลอมเหลวโดยกำหนดมาตรฐานระยะเวลาในการจุ่มและทำการยกชิ้นงานตามอัตราเร็วที่กำหนด เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของชุบโลหะโดยถ้าสามารถปฏิบัติได้จะทำให้ค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการชุบแบบจุ่มร้อน (Cp) มากกว่า 2.00 (หมายถึง ความสามารถของกระบวนการดีมาก) ต้องมีโอกาสมี่มีความหนาผิวเคลือบสังกะสีไม่ได้ตามข้อกำหนด ร้อยละ 20.24 ของชิ้นงานที่มีความหนาน้อยกว่า 6 มิลลิเมตร (ดังภาพที่ 4.12) (สมคิด ภิมย์ภักดี, 2549) ดังมีขั้นตอนการชุบโลหะดังนี้คือ

(1) การกำจัดคราบไขมัน โดยการล้างด้วยโซดาไฟ ล้างน้ำและตรวจสอบความสะอาดชิ้นงาน

(2) การกำจัดคราบสนิมและการกระตุ้นผิวชิ้นงานโดยการจุ่มในบ่อกรดไฮโดรคลอริก ล้างน้ำและตรวจสอบความสะอาดชิ้นงาน

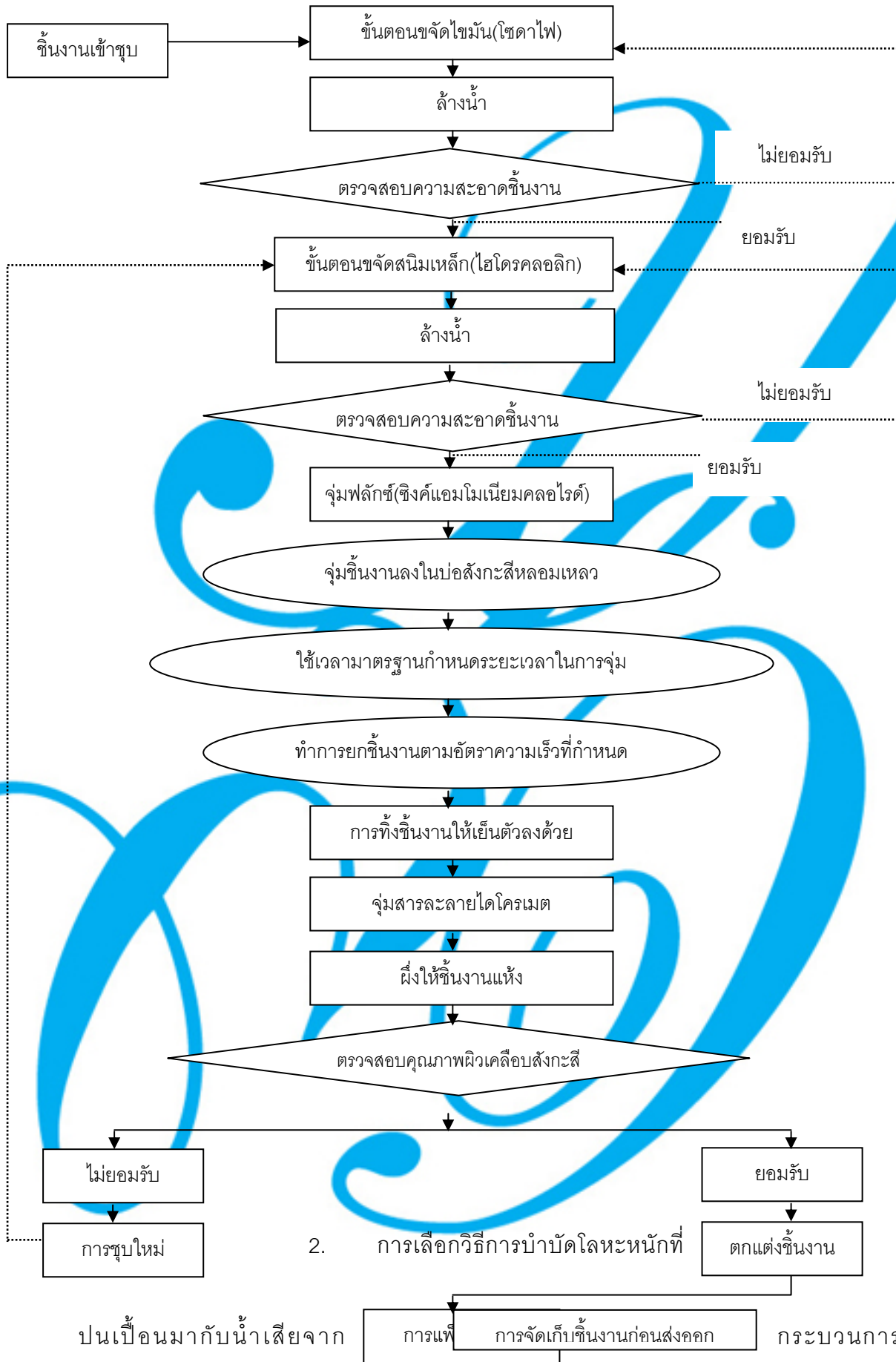
(3) จุ่มฟลักซ์เพื่อกระตุ้นผิวให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างเหล็กและสังกะสี โดยใช้แอมโมเนียมคลอไรด์กับซิงค์คลอไรด์ผสมกัน

(4) ทำการชุบสังกะสีในบ่อสังกะสีหลอมเหลว โดยกำหนดมาตรฐานระยะเวลาในการจุ่มและทำการยกชิ้นงานตามอัตราเร็วที่กำหนด

- (5) การทิ้งขี้ฉางให้เย็นตัวลง จุ่มสารละลายไดโครเมตและผึ่งขี้ฉางให้แห้ง
- (6) ตรวจสอบคุณภาพ
- 7) ตกแต่งและบรรจุ

ตารางที่ 4.11 การเปรียบเทียบกระบวนการชุบโลหะก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ

กระบวนการ	ก่อนปรับปรุงกระบวนการ	หลังปรับปรุงกระบวนการ
1. การกำจัดคราบไขมัน	ล้างด้วยโซดาและล้างน้ำ	ล้างด้วยโซดาล้างน้ำและตรวจสอบความสะอาดขี้ฉาง ถ้าไม่สะอาดก็จะนำไปกำจัดคราบไขมันใหม่
2. การกำจัดคราบสนิมและการกระตุ้นผิวขี้ฉาง	โดยการจุ่มในบ่อกรดไฮโดรคลอริก ล้างน้ำและตรวจสอบความสะอาดขี้ฉาง	โดยการจุ่มในบ่อกรดไฮโดรคลอริก ล้างน้ำและตรวจสอบความสะอาดขี้ฉาง ถ้าไม่สะอาดก็จะนำไปกำจัดคราบสนิมและการกระตุ้นผิวขี้ฉางใหม่
3. จุ่มฟลักซ์เพื่อกระตุ้นผิวให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างเหล็กและสังกะสี	โดยใช้แอมโมเนียมคลอไรด์กับ ซิงค์คลอไรด์ผสมกัน (เหมือนเดิม)	โดยใช้แอมโมเนียมคลอไรด์กับ ซิงค์คลอไรด์ผสมกัน (เหมือนเดิม)
4. ทำการชุบสังกะสีในบ่อสังกะสีหลอมเหลว	ไม่มีการกำหนดมาตรฐานระยะเวลาในการจุ่มและทำการยกขี้ฉางตามอัตราเร็วที่กำหนด	โดยกำหนดมาตรฐานระยะเวลาในการจุ่มและทำการยกขี้ฉางตามอัตราเร็วที่กำหนด
5. การทิ้งขี้ฉางให้เย็นตัวลง	จุ่มสารละลายไดโครเมตและผึ่งขี้ฉางให้แห้ง(เหมือนเดิม)	จุ่มสารละลายไดโครเมตและผึ่งขี้ฉางให้แห้ง(เหมือนเดิม)
6. ตรวจสอบคุณภาพ	ถ้าผ่านก็นำตกแต่งขี้ฉางและบรรจุต่อไป (เหมือนเดิม)	ถ้าผ่านก็นำตกแต่งขี้ฉางและบรรจุต่อไป (เหมือนเดิม)



ภาพที่ 4.12 การปรับปรุงกระบวนการชุบโลหะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดมลพิษจากการผลิต

### ชุปโลหะ

การเลือกวิธีการบำบัดโลหะหนักที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียจากกระบวนการชุบโลหะ เพื่อแยกโลหะหนักออกจากน้ำเสียให้สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ในกระบวนการชุบโลหะหรือสามารถที่จะนำไปขายต่อเพื่อเพิ่มมูลค่าการผลิตได้ เช่น วิธีการตกตะกอนทางเคมีด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ วิธีการตกตะกอนทางเคมีด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และวิธีการบำบัดด้วยไบโโรไฮโดรไตรตักชัน ซึ่งจะสามารถลดปริมาณมลพิษได้ถึงร้อยละ 99.19-99.80 และสามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ได้โดยมีค่าใช้จ่าย 221.80-342.51 บาท/ลูกบาศก์เมตร (ตารางที่ 4.12)

ตารางที่ 4.12 วิธีการในการบำบัดน้ำเสียและค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย

วิธีในการบำบัด	ประสิทธิภาพในการบำบัด (ร้อยละ)	ค่าใช้จ่ายในการบำบัด/ หน่วย (บาท/ลบ.ม.)
การตกตะกอนทางเคมีด้วย แคลเซียมไฮดรอกไซด์	99.19	342.51
การตกตะกอนทางเคมีด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์	99.26	278.08
ไบโโรไฮโดรไตรตักชัน	99.80	221.80

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก มณีรัตน์ องค์กรธรณี, 2542

โดยวิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการบำบัดด้วยไบโโรไฮโดรไตรตักชันดีต่อการบำบัดน้ำเสียในกระบวนการชุบโลหะ เพราะ

1) ค่าพีเอชสุดท้ายของน้ำออกไม่เกินมาตรฐานน้ำทิ้ง เนื่องจากการใช้ไบโโรไฮโดรไตรตักชัน สามารถกำจัดโลหะหนักทั้งหมดให้เหลืออยู่ไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง

2) จุดเด่นของการใช้ไบโโรไฮโดรไตรตักชัน สามารถลดปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นได้ถึง 10 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการตกตะกอนด้วยต่าง ซึ่งทำให้ตะกอนอัดตัวแน่นและมีปริมาณน้อย สะดวกต่อการรื้อน้ำออกจากตะกอน ดังนั้นจึงช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า นอกจากนี้ค่าใช้จ่ายในการบำบัดตะกอนยังถูกกว่า 5-10 เท่า ดังนั้นจึงมีประโยชน์กับโรงงานที่ระบบบำบัดไม่สามารถรองรับการขยายกำลังการผลิต

3) การใช้ไบโโไฮโดรตรีตักชัน ยังเหมาะสำหรับการบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนักหลายชนิดปนกันอยู่ เนื่องจากสามารถกำจัดโลหะหนักทุกชนิดได้ตามมาตรฐานในขั้นตอนเดียว ทำให้ประหยัดพื้นที่และเวลาที่ต้องใช้

และจากการศึกษา พบว่า ในการบำบัดน้ำเสียดังกล่าว ยังมีมลพิษทางน้ำที่สำคัญที่จำเป็นต้องบำบัดก่อนปล่อยระบายน้ำทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อม คือ น้ำมันและไขมัน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีระบบบำบัดขั้นสุดท้าย คือ การกรองด้วยเยื่อรูปภาชี ดังภาพที่ 4.13 โดยพบว่าสามารถบำบัดน้ำเสียได้ดังตารางที่ 4.13 คือ สามารถกรองน้ำมันและไขมันได้เฉลี่ย 48-12 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการกรองไขมันได้ถึง ร้อยละ 96.71-99.16 (ตารางที่ 4.14) โดยมีข้อพึงระวังคือควรมีการเปลี่ยนเยื่อรูปภาชีเป็นประจำทุก 3 วัน เพราะเยื่อรูปภาชีจะเน่าและทำให้ประสิทธิภาพการกรองลดลง



ทรายละเอียด : กรวด : เยื่อรูปภาชี  
สัดส่วน 3 : 3 : 3

ภาพที่ 4.13 ตัวอย่างเครื่องกรองอย่างง่ายและสัดส่วนของวัสดุที่ใช้ในการกรอง

ตารางที่ 4.13 ค่าไขมันและน้ำมันที่บำบัดด้วยวิธีการอย่างง่าย

รายละเอียด	ค่าไขมันและน้ำมัน(มิลลิกรัมต่อลิตร)		
	กรองวันที่ 1	กรองวันที่ 2	กรองวันที่ 3
น้ำก่อนการกรอง	1,445		
ซ้ำที่ 1	50	34	14
ซ้ำที่ 2	45	30	10
เฉลี่ย	48	32	12

ตารางที่ 4.14 ประสิทธิภาพการบำบัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างและค่าไขมันและน้ำมันของเครื่องกรองอย่างง่าย

ดัชนี	ปริมาณ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	*ค่ามาตรฐาน
	ก่อนบำบัด	หลังบำบัด		
ค่าน้ำมันและไขมัน	1,445			
วันที่ 1	1,445	47.5	96.71	15 (mg/l)
วันที่ 2	1,445	32	97.78	
วันที่ 3	1,445	12	99.16	

หมายเหตุ : \* หมายถึง ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2539) เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมระบายนํ้าทิ้งจากแหล่งกำเนิดโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

#### การประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่าเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของแนวทางการจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

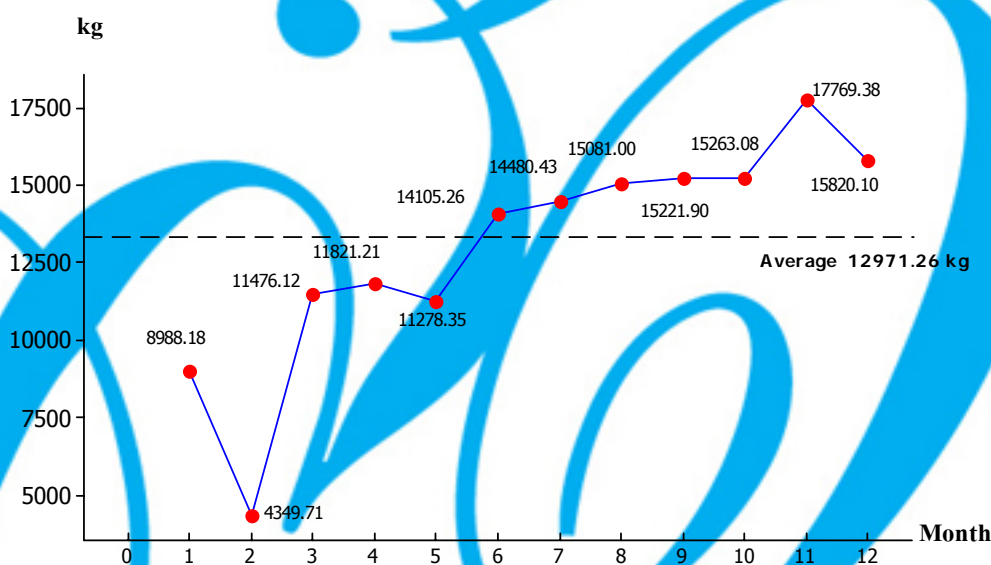
ในขั้นตอนการกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้นนี้จะเริ่มต้นจากการระบุปัญหาที่จะทำการแก้ไขโดยพิจารณาถึงปัญหาที่ทำการแก้ไขโดยจะพิจารณาถึงปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อองค์กรมากที่สุด ซึ่งจะทำให้สามารถวิเคราะห์และดำเนินการแก้ไขได้อย่างมีประสิทธิภาพและลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นได้ ต่อมาจะเป็นขั้นตอนการกำหนดตัวชี้วัดการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการ มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะทราบถึงลักษณะความผันแปรที่เกิดขึ้นในกระบวนการ และสามารถกำหนดเป็นตัวชี้วัดความสำเร็จก่อนหลังและปรับปรุงกระบวนการด้วยวิธีการซิกซ์ ซิกม่า โดยขั้นตอนต่างๆ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 1. การกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้น (Define phase)

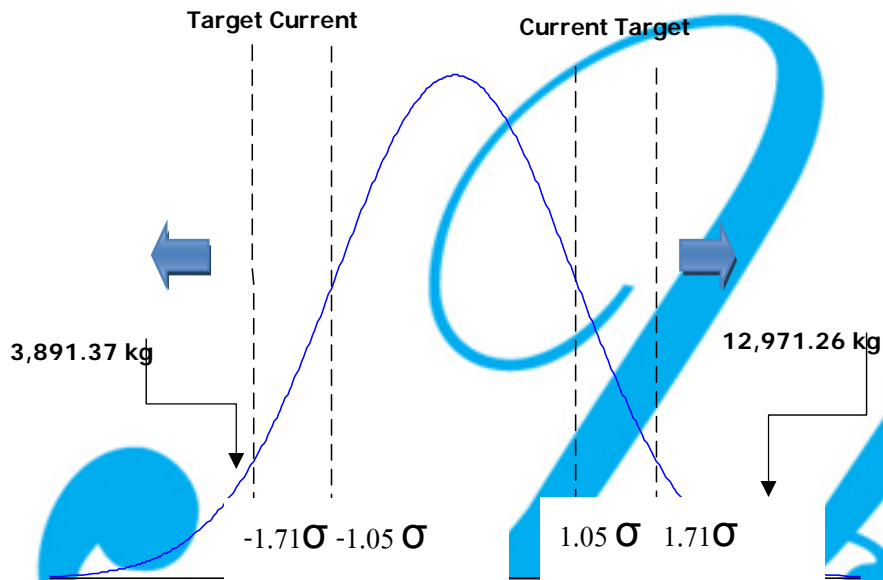
##### 1.1 การระบุปัญหา

จากการตรวจสอบข้อมูลสถิติของเสียจากกระบวนการชุบเดือน มกราคม-ธันวาคม 2553 พบว่าของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการอยู่ระหว่าง 4,349.71 กิโลกรัม ถึง 17,769.38 กิโลกรัม หรือคิดเป็น 4.3 ถึง 17.7 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิต ที่ระดับการผลิตเฉลี่ย 4,867.417 ชิ้นงาน ต่อเดือนมีค่าเฉลี่ยของของเสียต่อเดือน 12,971.26 กิโลกรัม (ภาพที่ 4.14) ซึ่งจัดอยู่ในช่วง 1 $\sigma$  นับได้ว่าเป็นค่ามาตรฐานที่ค่อนข้างต่ำ เป้าหมายของโครงการศึกษานี้ คือ การลดอัตราของเสียที่

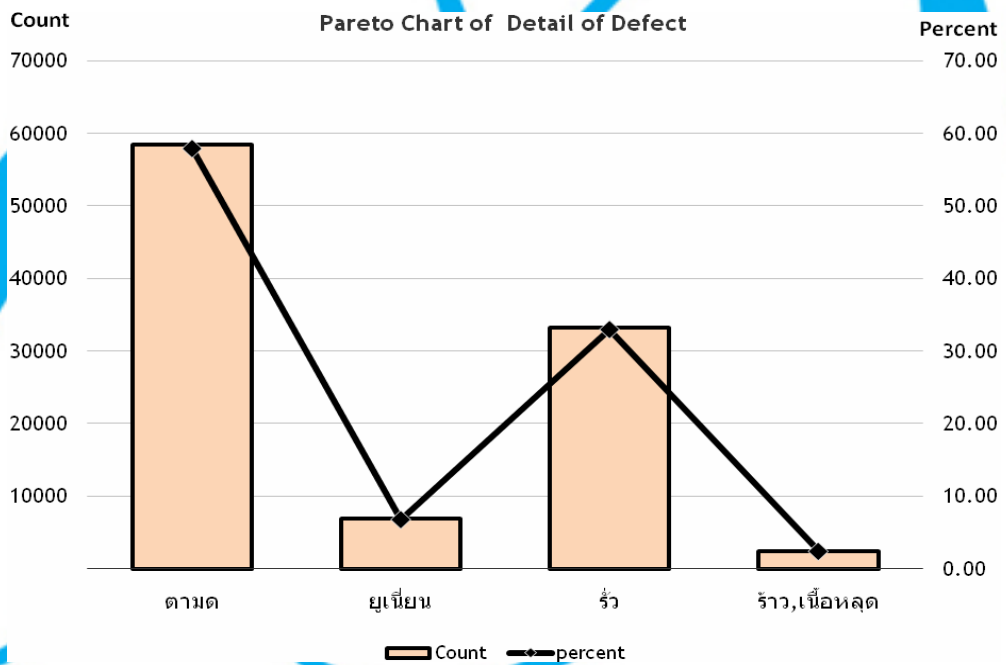
เกิดขึ้นในกระบวนการซบสียงกะสีลงจากเดิม 70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าเฉลี่ยของเสียต่อเดือนเดิมอยู่ที่ 12,971.26 กิโลกรัม ลดลงเหลือเพียงเดือนละ 3,891.37 กิโลกรัม ภาพที่ 23 จึงควรที่จะแก้ไขกระบวนการเพื่อให้มีระดับมาตรฐานที่สูงขึ้นตามภาพที่ 4.11 จากการศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงเดือน มกราคม-ธันวาคม ปี 2553 พบค่าเฉลี่ยการเกิดของเสียเท่ากับ 12,971.26 กิโลกรัม ทำให้เกิดต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 6,794,914 บาทต่อเดือน อันมีสาเหตุมาจากฝูงานที่ผ่านกระบวนการผลิตนั้นเกิดรอยตำหนิไม่ผ่านตามเกณฑ์คุณภาพที่ถูกค้ำกำหนด ซึ่งรอยตำหนิที่เกิดขึ้นบนฝูชิ้นงานคือ เม็ดหรือตามดจึงจำเป็นต้องมีการระบุหัวข้อของปัญหาที่จะทำการแก้ไข โดยอาศัยเครื่องมือทางการควบคุมคุณภาพ คือ การจัดทำแผนภาพพาเรโต ซึ่งจะจำแนกตามลักษณะอาการของปัญหาด้านคุณภาพฝูชิ้นงานที่เป็นผลทำให้เกิดของเสียในช่วงเดือนมกราคม-ธันวาคม ปี 2553ดังภาพที่ 4.16



ภาพที่ 4.14 ของเสียที่เกิดขึ้นช่วงเดือน มกราคม-ธันวาคม ปี 2553



ภาพที่ 4.15 เป้าหมายการดำเนินโครงการศึกษา



ภาพที่ 4.16 แผนภาพพาเรโตจำแนกตามลักษณะอาการของปัญหา คือ เม็ดหรือตามด

จากภาพที่ 4.16 พบว่าของเสียที่เกิดขึ้นมาจากลักษณะอาการผิวชิ้นงานที่เป็นเม็ดหรือตามดที่เฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 12,971.26 กิโลกรัม สามารถคิดเป็น 70 เปอร์เซ็นต์ของการเกิดของเสียทั้งหมด ดังนั้นจึงเลือกศึกษาถึงสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดเม็ดหรือตามดบนผิวชิ้นงาน และทำการแก้ไขป้องกัน เพื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้น

## 1.2 สรุปผลการดำเนินงานการกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้น

จากการที่กล่าวมาทั้งหมดในส่วนของขั้นตอนการกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้น เริ่มตั้งแต่การพิจารณาปัญหาที่มีความรุนแรงมากที่สุดที่ทำให้เกิดของเสียในกระบวนการชุบสังกะสี ซึ่งสามารถจำแนกตามลักษณะอาการของปัญหาด้านคุณภาพผิวชิ้นงานที่เกิดขึ้นมากที่สุด คือ สภาพผิวชิ้นงานที่ทำการผลิตเป็นเม็ดหรือตามด โดยปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นส่งผลต่อความสามารถกระบวนการที่ต่ำกว่ามาตรฐาน ซึ่งแสดงในรูปดัชนีความสามารถเชิงศักยภาพและดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ พบว่า ความสามารถของกระบวนการสายายการชุบสังกะสีนั้นมีความผันแปรสูงและมีความมั่นคงน้อย ดังนั้นจากสภาพปัญหาข้างต้นนี้จึงมีความจำเป็นต้องหาสาเหตุและดำเนินการแก้ไขในขั้นตอนต่อไป

## 2. การวัดเพื่อกำหนดหาสาเหตุของปัญหา (Measure phase)

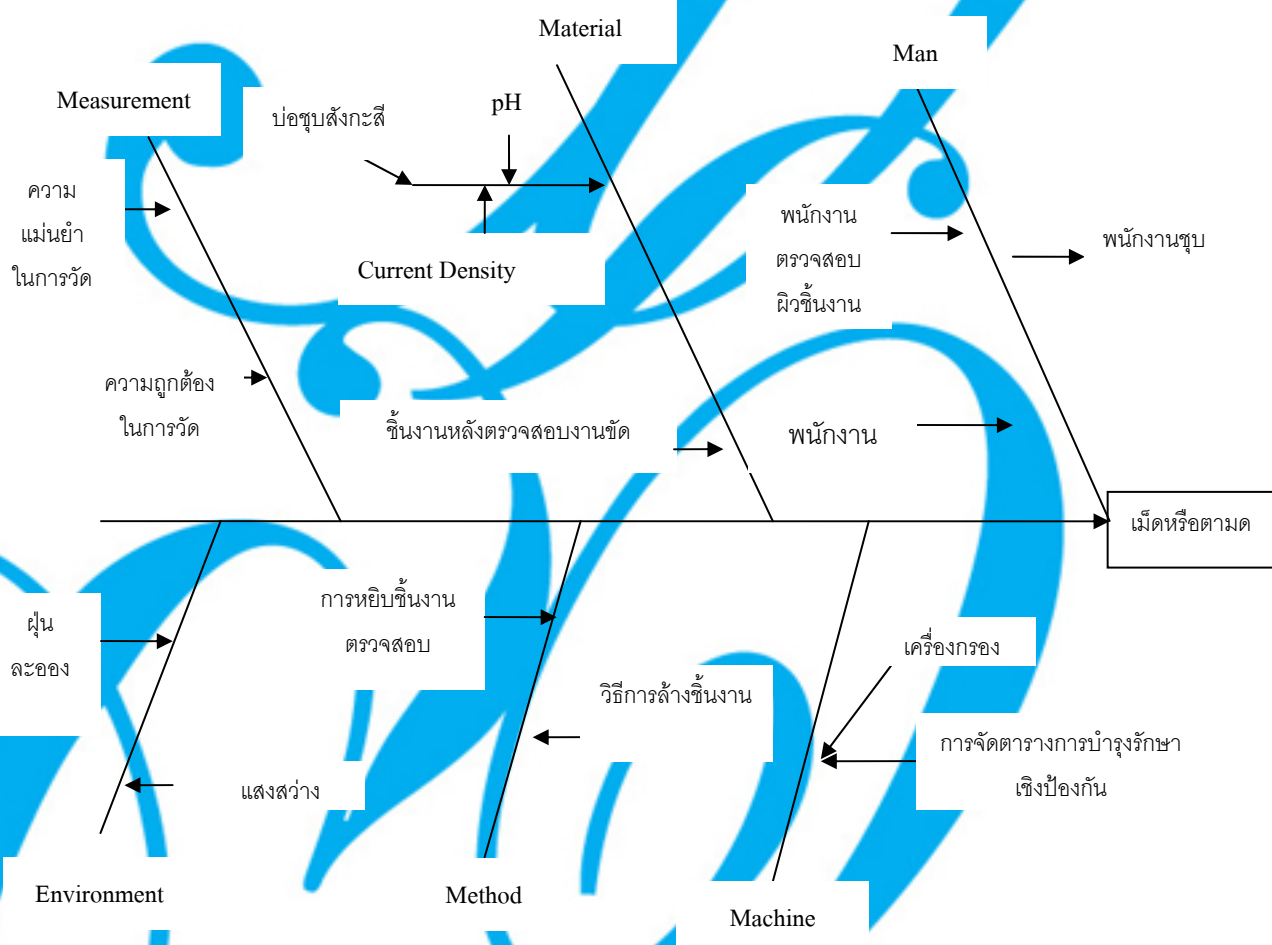
ในขั้นตอนนี้จะทำการศึกษาถึงปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันในงานแต่ละงานโดยอาศัยการสร้างแผนที่กระบวนการผลิต จากนั้นจะทำการวิเคราะห์สาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาด้วยการวิเคราะห์แผนภาพแสดงสาเหตุและผล แต่เนื่องจากการวิเคราะห์แผนภาพแสดงสาเหตุและผลจะไม่สามารถระบุได้ว่าสาเหตุใดมีความสำคัญมากที่สุดที่จะต้องได้รับการแก้ไขเป็นอันดับแรก ดังนั้นจึงต้องอาศัยการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ โดยจะช่วยระบุความสำคัญของสาเหตุด้วยตัวเลขความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดปัญหา จากข้อมูลตัวเลขดังกล่าวเมื่อนำมาทำการสร้างแผนภาพพาเรโตก็จะช่วยทำให้ทราบถึงความสำคัญมากที่สุดที่จะต้องได้รับการแก้ไข ในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการลดความผิดพลาดจากพนักงานตรวจสอบชิ้นงานก่อนชุบสังกะสี ซึ่งการดำเนินงานในขั้นตอนต่างๆมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 2.1 การสร้างแผนที่กระบวนการผลิต (Process map)

การสร้างแผนที่กระบวนการผลิต เป็นงานขั้นตอนแรกของการศึกษาและพัฒนาคุณภาพของการผลิต เนื่องจากจะทำให้สามารถทราบถึงปัจจัยและความสัมพันธ์ในแต่ละงานในกระบวนการและลักษณะงานไม่ก่อให้เกิดคุณค่า (Non value added) ในกระบวนการได้อีกด้วย ดังภาพที่ 4.12

2.2 การวิเคราะห์แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and effect diagram)

เมื่อทำการศึกษาระบบการโดยครบถ้วนแล้ว จะพอทำให้ทราบว่าตัวแปรเข้าที่สำคัญของกระบวนการมีอะไรบ้าง ต่อมาจึงมีความจำเป็นต้องทำการระดมสมอง เพื่อทำการค้นหาสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมด โดยขั้นตอนของการระดมสมองนั้นจะให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องร่วมกันแสดงความคิดเห็น ซึ่งในความคิดเห็นนี้จะไม่จำกัดปริมาณและคุณภาพของความคิด เพื่อป้องกันการตกหล่นของสาเหตุที่อาจมีผลกระทบต่อปัญหา ดังภาพที่ 4.17



ภาพที่ 4.17 แผนภาพแสดงสาเหตุและผลของปัญหาการเกิดของเสีย

### 2.3 การวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (FMEA process)

การวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการนั้นจะทำการศึกษาและวิเคราะห์ถึงความผิดพลาดของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมา โดยจะทำการคิดอย่างเป็นระบบและคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ ดังนั้นสาเหตุที่มีได้ตัดออกจากแผนภาพแสดงสาเหตุและผลจะถูกนำมาการวิเคราะห์ต่อในการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ เพื่อสามารถค้นหาสาเหตุที่น่าจะมีผลกระทบต่อปัญหามากที่สุดได้ ดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 การวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ

Process : ชูบสังกะสี					
ปัจจัยการนำเข้าหลักของกระบวนการ	ลักษณะความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้	ผลกระทบจากความผิดพลาด	สาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดพลาด	การควบคุมในปัจจุบัน	RPN
พนักงานขัด	ผิวชิ้นงานมีรอยที่ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพชิ้นขัดที่กำหนดจำนวน	ทำให้ต้องทำการขัดผิวชิ้นงานหายามครั้ง	พนักงานขาดการฝึกอบรมที่ถูกต้องในวิธีการขัดผิวชิ้นงาน	ทำการอบรมเกี่ยวกับเกณฑ์ผ่านคุณภาพชิ้นงานขัดที่กำหนดและการปฏิบัติ	96
พนักงานตรวจสอบชิ้นงาน	ผิวชิ้นงานมีรอยที่ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพงานขัดที่กำหนด	ทำให้มีชิ้นงานที่ผิวชิ้นงานที่ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพที่กำหนด	พนักงานขาดการฝึกอบรมที่ถูกต้องในหลักเกณฑ์การตรวจสอบคุณภาพผิวชิ้นงาน	ทำการอบรมเกี่ยวกับเกณฑ์ผ่านคุณภาพชิ้นงานขัด	150
การหยิบชิ้นงานเพื่อทำการตรวจสอบ	ไม่ระมัดระวังในการหยิบชิ้นงาน	ทำให้ชิ้นงานเกิดรอยตำหนิบนผิวชิ้นงาน	พนักงานขาดการฝึกอบรมที่ถูกต้อง	การตรวจสอบการปฏิบัติ	12
แสงสว่างขณะตรวจสอบผิวชิ้นงาน	อุปกรณ์ให้แสงสว่างเสีย	ทำให้การตรวจสอบคุณภาพ	ขาดการบำรุงรักษาอุปกรณ์	กาตรวจสอบตามตารางการบำรุงรักษา	25

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

Process : ชุบสังกะสี					
ปัจจัยการนำเข้าหลักของกระบวนการ	ลักษณะความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้	ผลกระทบจากความผิดพลาด	สาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดพลาด	การควบคุมในปัจจุบัน	RPN
วิธีการล้างชิ้นงาน	ชิ้นงานมีความสกปรกและเศษโลหะ	ชิ้นงานเกิดเม็ดหรือตามผดและหลุดออก	สิ่งสกปรกที่มาจากขั้นตอนเตรียมผิวชิ้นงาน	การตรวจสอบด้วยสายตาของผู้ทำการล้าง	392
พนักงานชุบ	การบังคับไม่ถูกวิธี	ทำให้ชิ้นงานหล่นหรือเกิดการกระแทก	พนักงานขาดการฝึกอบรม	การตรวจสอบและการปฏิบัติงาน	90
ค่าพีเอชของขุบนิเกิลเงา	ค่าพีเอชต่ำกว่ากำหนด	ชิ้นงานเกิดเม็ดหรือตามผด	ความเข้มข้นของ H <sub>2</sub> BO <sub>3</sub> ลดลง	การตรวจสอบค่าพีเอชด้วย ph meter	196
อุณหภูมิในขุบนิเกิลเงา	อุณหภูมิในขุบชุบต่ำเกินไป	ชิ้นงานเกิดเม็ดหรือตามรอยไหม้และผิวหยาบ	การตั้งค่า Temp Controller ไม่ตรงตามมาตรฐาน	การตรวจเช็คการ Set ค่าบน Temp Controller	168
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงกว่ามาตรฐาน	ชิ้นงานเกิดเม็ดหรือผดและรอยไหม้	การตั้งค่า Amp Controller ไม่ตรงตามมาตรฐาน	การตรวจเช็คการ Set ค่าบน Amp Controller	168
ฝุ่นละออง	การฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง	ชิ้นงานเกิดเม็ดหรือตามผด	ลมและการเคลื่อนย้ายโดยรถ	การนำตาข่ายตาละอองมาบังบริเวณข้างปากบ่อ	100
เครื่องกรอง	เครื่องจักรเสียหรือประสิทธิภาพต่ำ	ทำให้สารละลายมีการปนเปื้อนสูง	ขาดการบำรุงรักษา	ตรวจเช็คตามตารางบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	40

## 2.4 สรุปผลการดำเนินงานการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

จากที่ได้กล่าวมาทั้งหมดในส่วนของขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา โดยเริ่มต้นจากการสร้างแผนที่กระบวนการผลิต เพื่อทราบถึงปัจจัยและความสัมพันธ์ในแต่ละงาน ในกระบวนการ และวิเคราะห์แผนภาพสาเหตุและผล เพื่อทำการค้นหาสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาขึ้น มาจนถึงการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ คือ ต้องการค้นหาสาเหตุที่มีความสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาที่ทำการศึกษาโดยระดับความสำคัญนั้นจะสะท้อนด้วยค่าตัวเลขระดับความเสี่ยง และเมื่อนำมาค่าตัวเลขระดับความเสี่ยงดังกล่าวนำมาสร้างแผนภาพพาเรโต สามารถสรุปได้ว่าสาเหตุหลักที่อาจส่งผลกระทบต่อ การเกิดของเสียที่ควรจะทำ การแก้ไข คือ ขั้นตอนการทำความสะอาดชิ้นงานก่อนชุบชิ้นงาน ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า อุณหภูมิ และค่าพีเอชในบ่อชุบสังกะสี ซึ่งจะนำไปวิเคราะห์ใน ขั้นตอนต่อไป สุดท้ายคือ การวิเคราะห์ระบบการวัดพนักงานตรวจสอบชิ้นงานก่อนชุบสังกะสี จาก การวิเคราะห์ พบว่า จำเป็นต้องทำการฝึกอบรมและปรับปรุงวิธีการตรวจสอบ เพื่อสามารถเพิ่มความแม่นยำ และลดอคติในการตรวจสอบชิ้นงาน เป็นผลให้สามารถลดของเสียที่เกิดขึ้นได้

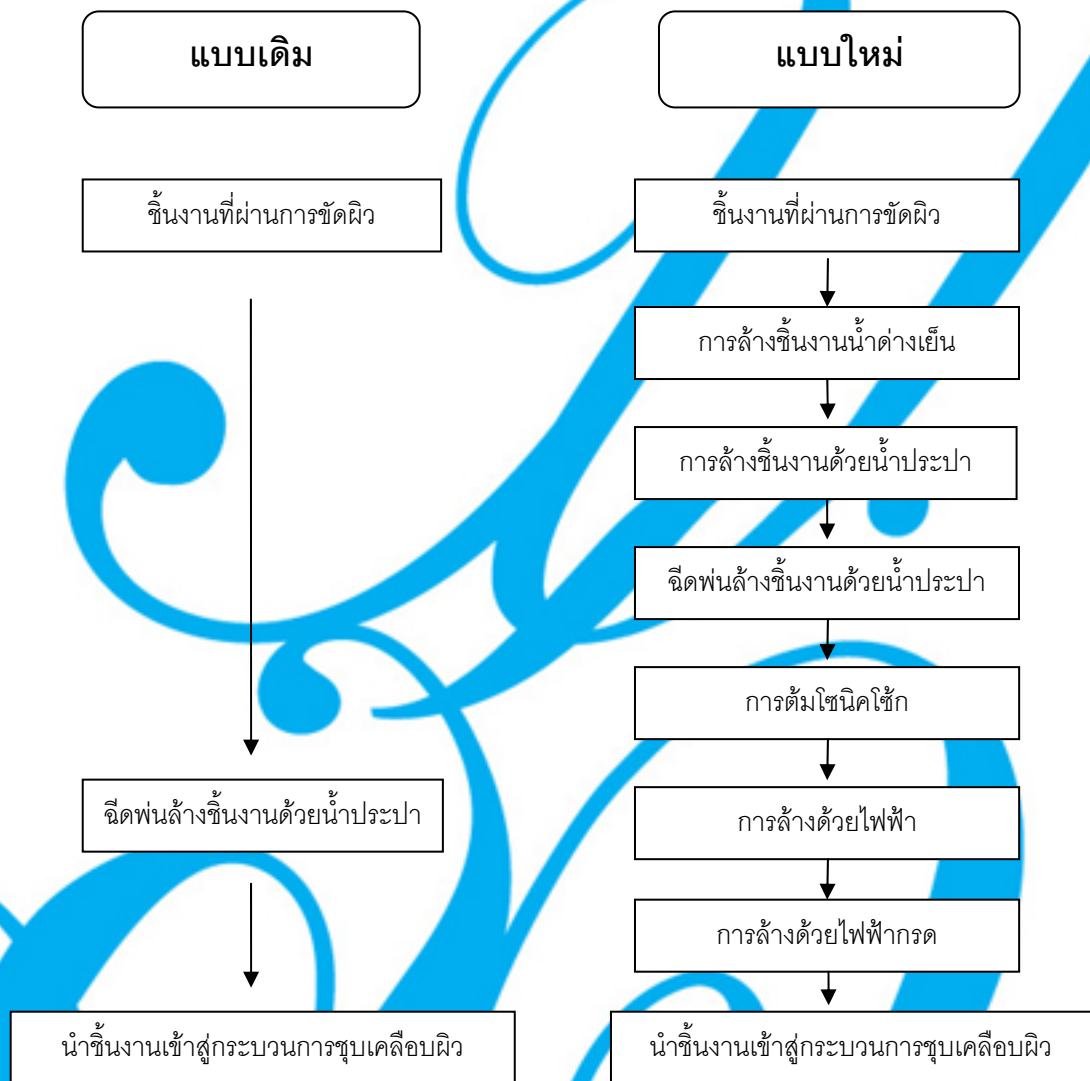
## 3. การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis phase)

จากขั้นตอนการวัดผลได้ทำการศึกษาหาสาเหตุเบื้องต้นที่ได้มาจากการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ พบว่า สาเหตุที่น่าจะส่งผลกระทบต่อ ปัญหาที่ทำการศึกษา คือ ขั้นตอนการทำความสะอาดชิ้นงาน อุณหภูมิ และค่าพีเอชในบ่อชุบสังกะสี เพื่อกำหนดทิศทางในการปรับปรุงแก้ไขได้ถูกต้อง จึงทำการวิเคราะห์ปัญหา ซึ่งแนวทางการวิเคราะห์จะเริ่มทำการวิเคราะห์ทีละสาเหตุทีละปัจจัย (One factor at a time) โดยการ ดำเนินการทดลองเพื่อหาข้อมูลสนับสนุน เพื่อเป็นการยืนยันว่าสาเหตุที่สงสัยนั้นก็คือ สาเหตุที่แท้จริงของปัญหาหรือความบกพร่องด้านคุณภาพ นอกจากนี้เมื่อมีการยืนยันว่าสาเหตุเหล่านั้นมี ผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และสามารถสรุปได้ต่อไปว่าสาเหตุดังกล่าวอย่างมีผลกระทบมาก น้อยเพียงใด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 3.1 การวิเคราะห์ขั้นตอนการทำความสะอาดชิ้นงานก่อนชุบ

ความสะอาดของชิ้นงานเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการชุบเคลือบผิวโลหะ จากการวิเคราะห์ สาเหตุใหญ่ที่ส่งผลให้สิ่งสกปรกติดมากับผิวชิ้นงานนั้นมาจากขั้นตอนการเตรียมผิวชิ้นงาน ซึ่งมีผล จากยาขัดโลหะ (Polishing compound) ล้อขัด (Emery wheel) รวมถึงเศษโลหะที่มาจาก การขัด ผิวชิ้นงานด้วย ซึ่งปัจจัยเหล่านี้เมื่อผ่านกระบวนการขัดทำให้เกิดความร้อนในขั้นตอนการเตรียม ผิวชิ้นงานนั้น ก็อาจจะส่งผลให้สิ่งสกปรกเหล่านี้มีแรงยึดติดมากยิ่งขึ้น ดังนั้น เพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพความสะอาดของชิ้นงาน โดยการทำความสะอาดชิ้นงานด้วยน้ำด่างเย็น (Soak

clean) และน้ำประปา โดยให้พนักงานล้างชิ้นงานด้วยฟองน้ำก่อนเข้าการล้างแบบเดิม ดังภาพที่ 4.18



ภาพที่ 4.18 การเปรียบเทียบกระบวนการทำความสะอาดชิ้นงาน

จากสาเหตุดังกล่าวจึงดำเนินการทดสอบสมมติฐาน เพื่อต้องการทราบว่าวิธีการล้างจะส่งผลกระทบต่อค่าความหยาบที่เกิดขึ้นหรือไม่ ซึ่งจะสามารถกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงานได้อย่างเหมาะสม

### 3.2 การวิเคราะห์ปัจจัยในบ่อชุบสังกะสี

จากสาเหตุเบื้องต้นนั้น สาเหตุที่น่าจะส่งผลกระทบต่อปัญหาที่ทำให้การศึกษาระดับที่สองถึงขั้นนั้นเป็นปัจจัยที่เกิดในบ่อชุบสังกะสี อันได้แก่ ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า อุณหภูมิ และค่าพีเอช โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 3.2.1 ปัจจัยความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า

วสันต์ ผาสุก (2549) ได้ทำการศึกษาระบวนการชุบสังกะสี ซึ่งระบุถึงการเกิดปัญหาผิวชิ้นงานหยาบเป็นเม็ดหรือตามดบนชิ้นงาน เกิดจากปัจจัยด้านความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงในบ่อสังกะสีที่มีค่าต่ำกว่า 2 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร

วสันต์ ผาสุก (2549) กล่าวว่า ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า มีความสำคัญในบ่อชุบสังกะสีเนื่องจากค่าความหนาแน่นของไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพชั่วคราวการเกาะเคลือบผิวขรุขระเปราะ พบว่า ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าในการชุบสังกะสีควรอยู่ในช่วง 4-5 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร

จากการตรวจสอบข้อมูลการผลิต พบว่า การควบคุมความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าในบ่อชุบสังกะสีที่ระดับ 4-6 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร เพื่อที่จะต้องการทราบว่าที่ระดับความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ใช้การผลิตในปัจจุบันจะส่งผลกระทบต่อค่าความหยาบที่เกิดขึ้นหรือไม่ และ ต้องการทราบค่าที่เหมาะสมในการผลิต

#### 3.2.2 ปัจจัยด้านอุณหภูมิ

วสันต์ ผาสุก (2549) ได้ทำการศึกษาระบวนการชุบสังกะสี ซึ่งระบุถึงการเกิดปัญหาผิวชิ้นงานหยาบเป็นเม็ดหรือตามดบนชิ้นงาน เกิดจากปัจจัยด้านอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในบ่อชุบสังกะสี ซึ่งค่าที่เหมาะสมควรอยู่ที่ 55-60 องศาเซลเซียส

จากการตรวจสอบข้อมูลการผลิต พบว่า การควบคุมอุณหภูมิอยู่ในช่วง 55-60 องศาเซลเซียส ดังนั้น จึงดำเนินการทดสอบสมมติฐานค่าอุณหภูมิในบ่อชุบสังกะสีที่ระดับ 55 องศาเซลเซียส และ 60 องศาเซลเซียส เพื่อที่จะต้องการทราบว่าที่ระดับอุณหภูมิที่ใช้การผลิตในปัจจุบันจะส่งผลกระทบต่อค่าความหยาบที่เกิดขึ้นหรือไม่และต้องการทราบค่าที่เหมาะสมในการผลิต

#### 3.2.3 ปัจจัยค่าพีเอช

วสันต์ ผาสุก (2549) ได้ทำการศึกษาระบวนการชุบสังกะสี ซึ่งระบุถึงการเกิดผิวชิ้นงานหยาบเป็นเม็ดหรือตามดบนชิ้นงาน เกิดจากปัจจัยค่าพีเอชที่เปลี่ยนแปลงในบ่อชุบสังกะสี ที่มีค่าต่ำกว่า 4.2-4.4

วสันต์ ผาสุก (2549) กล่าวว่า ค่าพีเอช มีความสำคัญในบ่อชุบสังกะสี ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นเนื่องจากค่าพีเอชเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะทำให้เกิดกำลังการชุบเคลือบผิวไม่ดี ประสิทธิภาพขั้วลบต่ำ การเกาะเคลือบผิวขรุขระเปราะ พบว่า ค่าพีเอชควรอยู่ในช่วง 3.5-4.5

จากการตรวจสอบข้อมูลการผลิต พบว่า การควบคุมระดับค่าพีเอชอยู่ในช่วง 4.0-4.5 ดังนั้น จึงดำเนินการทดสอบสมมติฐานค่าพีเอชในบ่อชุบสังกะสีที่ระดับ 4.0 และ 4.5 เพื่อที่จะต้องการทราบว่าที่ระดับค่าพีเอชที่ใช้การผลิตในปัจจุบันจะส่งผลกระทบต่อค่าความหยาบที่เกิดขึ้นหรือไม่ และต้องการทราบค่าที่เหมาะสมในการผลิต ตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 สรุปปัจจัยและคุณลักษณะของปัจจัยป้อนเข้า

ปัจจัย	ระดับ		หน่วย
	1	2	
วิธีการล้างชิ้นงาน	แบบเดิม	แบบใหม่	ไม่มี
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	4	6	แอมแปร์/ตารางเดซิเมตร
อุณหภูมิ	50	60	องศาเซลเซียส
ค่าพีเอช	4.0	4.5	หน่วย

#### 4. การปรับปรุงกระบวนการ

ในขั้นตอนการปรับปรุงการแก้ไขกระบวนการนี้ จะนำปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความหยาบผิวชิ้นงานมาทำการปรับปรุง โดยจะทำการปรับปรุงกระบวนการซึ่งใช้วิธีการ ปัจจัยและคุณลักษณะของปัจจัยป้อนเข้า และการกำหนดค่าปัจจัยที่เหมาะสมจากการทดลอง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

##### 4.1 ปัจจัยและคุณลักษณะของปัจจัยป้อนเข้า

จากผลการวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ พบว่าปัจจัยที่จะต้องควบคุมกระบวนการชุบสังกะสี คือ วิธีการล้างชิ้นงาน ค่าพีเอช และความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า โดยรายละเอียดดังนี้

##### 4.1.1 วิธีการล้างชิ้นงานกำหนดให้เป็น 2 ระดับ คือ

- 1) แบบเดิม กำหนดให้เป็นค่า -1
- 2) แบบใหม่ กำหนดให้เป็นค่า 1

4.1.2 ค่าพีเอช กำหนดไว้เป็น 2 ระดับ คือ

1.2.1 ค่าพีเอชในน้ำชุบชิ้นงานเท่ากับ 4 กำหนดให้เป็นค่า 4

1.2.2 ค่าพีเอชในน้ำชุบชิ้นงานเท่ากับ 4.5 กำหนดให้เป็นค่า 4.5

1.3 ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า กำหนดให้เป็น 2 ระดับ คือ

1.3.1 ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าในการชุบ 4 กำหนดให้เป็นค่า 4

1.3.2 ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าในการชุบ 6 กำหนดให้เป็นค่า 6

ดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 สรุปปัจจัยและคุณลักษณะของปัจจัยป้อนเข้าในการปรับปรุงกระบวนการ

ปัจจัย	ระดับ		หน่วย
	1	2	
วิธีการล้างชิ้นงาน	แบบเดิม	แบบใหม่	ไม่มี
ค่า pH	4	4.5	หน่วย
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	4	6	แอมแปร์/ตารางเดซิเมตร

## 5. การควบคุมตัวแปรต่างๆ (Control phase)

### 5.1 แนวทางการควบคุมตัวแปรต่างๆ

จากขั้นตอนของการปรับปรุง แก้ไขกระบวนการที่ผ่านมา ทำให้ทราบถึงปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อกระบวนการ และค่าระดับของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสม ซึ่งการควบคุมตัวแปรต่างๆ วัตถุประสงค์ เพื่อควบคุมปัจจัยนำเข้าที่ได้จากขั้นตอนของการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1.1 วิธีการล้างชิ้นงานในการควบคุมขั้นตอนการทำความสะอาดชิ้นงานจะต้องอาศัยการปฏิบัติงาน ดังนี้

- 1) การนำชิ้นงานที่ผ่านการตรวจสอบผิวงานขัดมาวางบนโต๊ะ เพื่อทำการล้าง
- 2) ทำการล้างชิ้นงานด้วยน้ำด่างเย็น โดยพนักงานขัดด้วยฟองน้ำ
- 3) ทำการล้างชิ้นงานด้วยน้ำประปา โดยพนักงานขัดด้วยฟองน้ำ

- 4) ทำการฉีดพ่นขึ้นงานด้วยน้ำประปา
- 5) ทำการติดตะขอขึ้นงาน
- 6) นำขึ้นงานติดตั้งเข้ากับ Jig
- 7) นำขึ้นงานจุ่มแบบต้มโซนิคใช้กในบ่อที่ 1 หมุนบิด ตั้งเวลา Timer จะปรากฏไฟสีเขียวติดขึ้น รอจนไฟสัญญาณสีแดงติด (ใช้เวลาประมาณ 8 นาที)
- 8) ยกขึ้นงานขึ้นแล้วมาทำการขัดทำความสะอาดภายนอกอีกครั้ง เพื่อขัดเอาสิ่งสกปรกที่หลงเหลือออกและล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา
- 9) ยกขึ้นงานจุ่มล้างด้วยน้ำประปาในบ่อที่ 2 (ครั้ง 1)
- 10) ยกขึ้นงานจุ่มล้างด้วยน้ำประปาในบ่อที่ 3 (ครั้ง 2)
- 11) ยกขึ้นงานจุ่มล้างด้วยไฟฟ้า ในบ่อที่ 4 นานประมาณ 4 นาที ที่อุณหภูมิประมาณ 30-40 องศาเซลเซียส ด้วยกระแสไฟฟ้าประมาณ 300 แอมแปร์/ชิ้น
- 12) ยกขึ้นงานจุ่มล้างด้วยน้ำประปาในบ่อที่ 5 (ครั้ง 1)
- 13) ยกขึ้นงานจุ่มล้างด้วยน้ำประปาในบ่อที่ 6 (ครั้ง 2)
- 14) ยกขึ้นงานจุ่มล้างด้วยไฟฟ้ากรดในบ่อที่ 7 ประมาณ 1 นาที ที่อุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส ด้วยกระแสไฟฟ้าประมาณ 300 แอมแปร์/ชิ้น
- 15) ยกขึ้นงานจุ่มล้างด้วยน้ำประปาในบ่อที่ 8 (ครั้ง 1)
- 16) ยกขึ้นงานจุ่มล้างด้วยน้ำประปาในบ่อที่ 9 (ครั้ง 2)
- 17) เคลื่อนย้ายขึ้นงานเพื่อทำการชุบเคลือบผิวต่อไป

#### 5.1.2 ค่าพีเอช

เนื่องจากค่าพีเอชเป็นข้อมูลเชิงแปรผัน โดยพิจารณาความผิดปกติที่เกิดขึ้นของค่าพีเอชที่บ่งบอกถึงสถานะของกระบวนการที่ออกนอกการควบคุมเบื้องต้น พบว่า ค่าเฉลี่ยของพีเอชอยู่ที่ 4.2695 มีค่าใกล้เคียงและเป็นไปตามที่กำหนด

#### 5.1.3 ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า

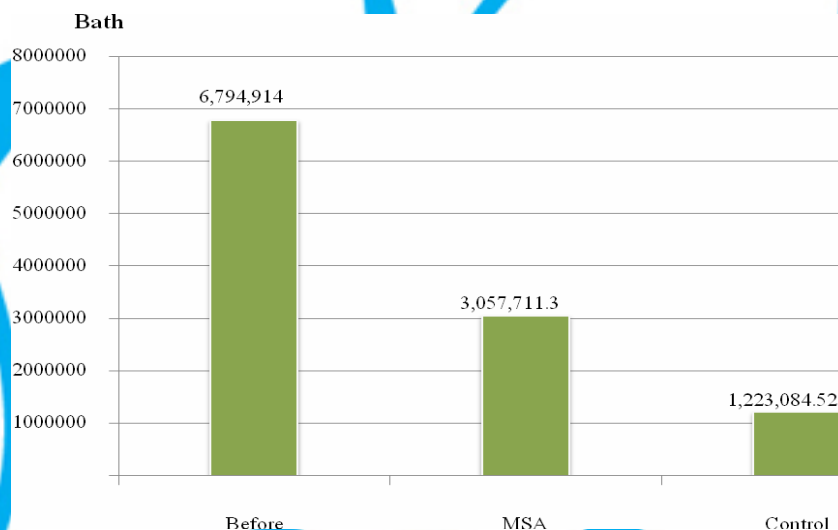
เนื่องจากค่าความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าเป็นข้อมูลเชิงแปรผัน โดยพิจารณาความผิดปกติที่เกิดขึ้นของค่าความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่บ่งบอกถึงสถานะของกระบวนการที่ออกนอกการควบคุมเบื้องต้น พบว่าค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าอยู่ที่ 4.4875 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร มีค่าใกล้เคียงและเป็นไปตามที่กำหนด

## 6. สรุปผลการดำเนินงานตามวิธีการซีทิกซ์ ซีทิกม่า

จากวัตถุประสงค์ในการทำการศึกษานี้คือ เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นและปรับปรุงคุณภาพผิวงานชุบสังกะสี โดยประยุกต์ใช้วิธีการซีทิกซ์ ซีทิกม่า ซึ่งหลังจากการดำเนินงานแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการซีทิกซ์ ซีทิกม่าแล้วสามารถสรุปผลได้ว่า เมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลสถิติของเสียก่อนการดำเนินงานแก้ไขปัญหในช่วงเดือน มกราคม-ธันวาคม ปี 2553 พบว่า มีค่าเฉลี่ยของเสียต่อเดือนเท่ากับ 12,971.26 กิโลกรัม ซึ่งผลการดำเนินงานแก้ไขและปรับปรุงปัญหาการเกิดของเสียในบริษัท บีสไฟฟ์ พิตติ้ง อินดัสตรี จำกัด เพื่อลดความผิดพลาดอันเนื่องมาจากพนักงานตรวจสอบชิ้นงานก่อนชุบสังกะสี โดยได้มีการควบคุมปัจจัยต่างๆที่ก่อให้เกิดของเสีย หลังจากทำการควบคุมปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหา พบว่า มีค่าเฉลี่ยของเสียต่อเดือนลดลงเหลือเพียง 2,334.82 กิโลกรัม ซึ่งสามารถลดปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นลงได้มากกว่าเป้าหมายในแต่ละเดือนที่ตั้งไว้ที่ 3891.37 กิโลกรัม ซึ่งเป็นผลทำให้เพิ่มความสามารถของกระบวนการในการลดของเสีย และยังสามารถลดมูลค่าความสูญเสียลงได้

### 6.1 มูลค่าความสูญเสียที่ลดลง

หลังจากการดำเนินงานแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการซีทิกซ์ ซีทิกม่าสามารถลดความสูญเสียอันเนื่องมาจากของเสียที่เกิดขึ้นได้ ดังภาพที่ 4.19



ภาพที่ 4.19 มูลค่าความสูญเสียที่ลดลง

จากภาพที่ 4.19 แสดงให้เห็นว่าก่อนการดำเนินงานแก้ไขปัญหาด้วยวิธีซิกซ์ ซิกม่านั้นเมื่อเปรียบเทียบกับระดับการผลิตในช่วงเดือน มกราคม-ธันวาคม ปี 2553 มีมูลค่าความสูญเสียเฉลี่ยอยู่ที่ 6,794,914 บาทต่อเดือน ซึ่งหลังจากการนำเอาการวิเคราะห์ระบบการวัดมาประยุกต์ใช้ เพื่อลดความผิดพลาดอันเนื่องมาจากพนักงานตรวจสอบชิ้นงานก่อนชุบสังกะสีในช่วง

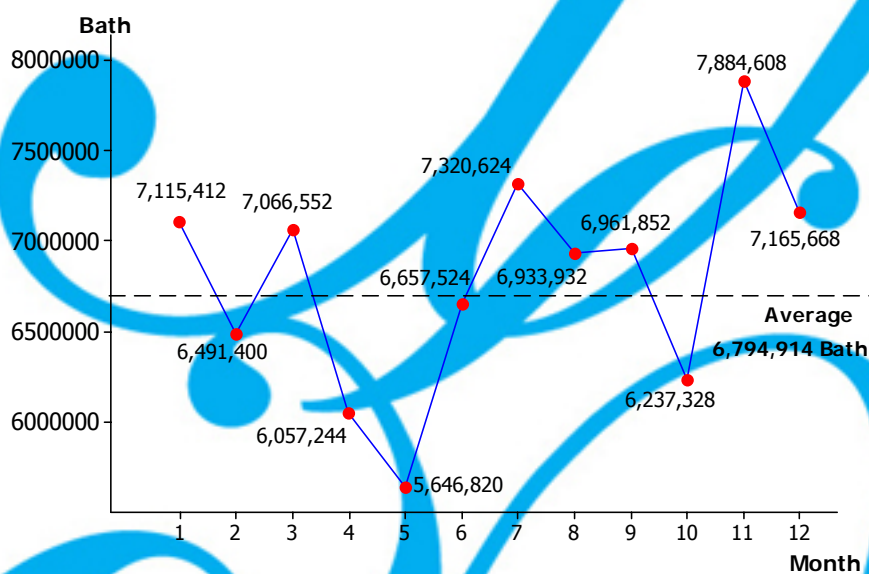
จากการศึกษาแสดงให้เห็นถึงผลการดำเนินงานแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการซิกซ์ ซิกมา ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก คือ การกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้น (Define phase) การวัดเพื่อกำหนดหาสาเหตุของปัญหา (Measure phase) การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis phase) การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve phase) และการควบคุมตัวแปรต่างๆ (Control phase) ซึ่งผลจากการดำเนินงานแก้ไขปัญหาด้วยวิธีซิกซ์สามารถที่จะลดปริมาณการเกิดของเสียจากค่าเฉลี่ยของเสียต่อเดือนเท่ากับ 12,971.26 กิโลกรัม เหลือ 2334.82 กิโลกรัม และสามารถลดมูลค่าความสูญเสียเฉลี่ยจาก 6,794,914 บาทต่อเดือน เหลือ 1,223,084.52 บาทต่อเดือน ซึ่งบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้

เมื่อทำการพิจารณาแล้วข้อมูลด้านต้นทุนจากฐานข้อมูลบริษัท พบว่า ต้นทุนการผลิตมาจากองค์ประกอบหลัก คือ ค่าแรงงานทางตรง (Direct labor) ค่าวัสดุดิบจำพวกน้ำยาชุบและสารเคมี (Material labor) และค่าโชห่วย (Overhead cost) ซึ่งมีรายละเอียด ดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 รายละเอียดต้นทุนการผลิตต่อชิ้นงาน

รายการ	บาทต่อชิ้นงาน
1.ค่าจ้างชุด	121
2.ค่าจ้างพนักงานตรวจสอบ	18
3.ค่าเครื่องมือและวัสดุชุดเตรียมผิวชิ้นงาน	121
4.ค่าเครื่องมือและวัสดุเคาะตักแต่งชิ้นงาน	60
5.ค่าไฟฟ้า	21
6.ค่าวัสดุดิบและสารเคมี	983
7.ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ	72
รวม	1,396

จากตารางที่ 4.18 พบว่า ในการผลิตชิ้นงานจะมีต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 1,396 บาทต่อชิ้นงาน หากพิจารณาต้นทุนที่เพิ่มขึ้น โดยคำนวณจากจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงเดือนมกราคม-ธันวาคม ปี 2553 คูณกับต้นทุนการผลิตต่อชิ้นงานแล้ว ทำให้ทราบถึงค่าเฉลี่ยต้นทุนที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 6,794,914 บาทต่อเดือน ที่ระดับการผลิตเฉลี่ย 4,868 ชิ้นงานต่อเดือนดังภาพที่ 4.20 ดังนั้น ผู้ศึกษาเห็นควรว่าควรหาสาเหตุอันเนื่องมาจากวัตถุดิบเสีย เพื่อช่วยในการลดต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้นได้



ภาพที่ 4.20 ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นช่วงเดือน มกราคม-ธันวาคม ปี 2553