

บทที่ 4

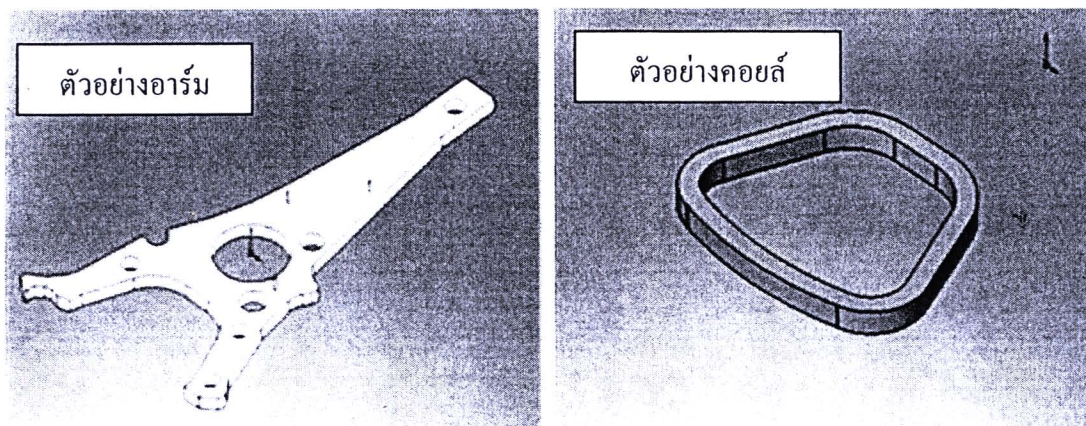
ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากได้ดำเนินงานตามขั้นตอนที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 แล้วนั้นในบทนี้จะอธิบายผลการศึกษาซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่ กระบวนการประกอบอาร์มคอยล์ ผลการประเมินเบื้องต้น ผลการประเมินละเอียด ผลการศึกษาความเป็นไปได้และผลการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

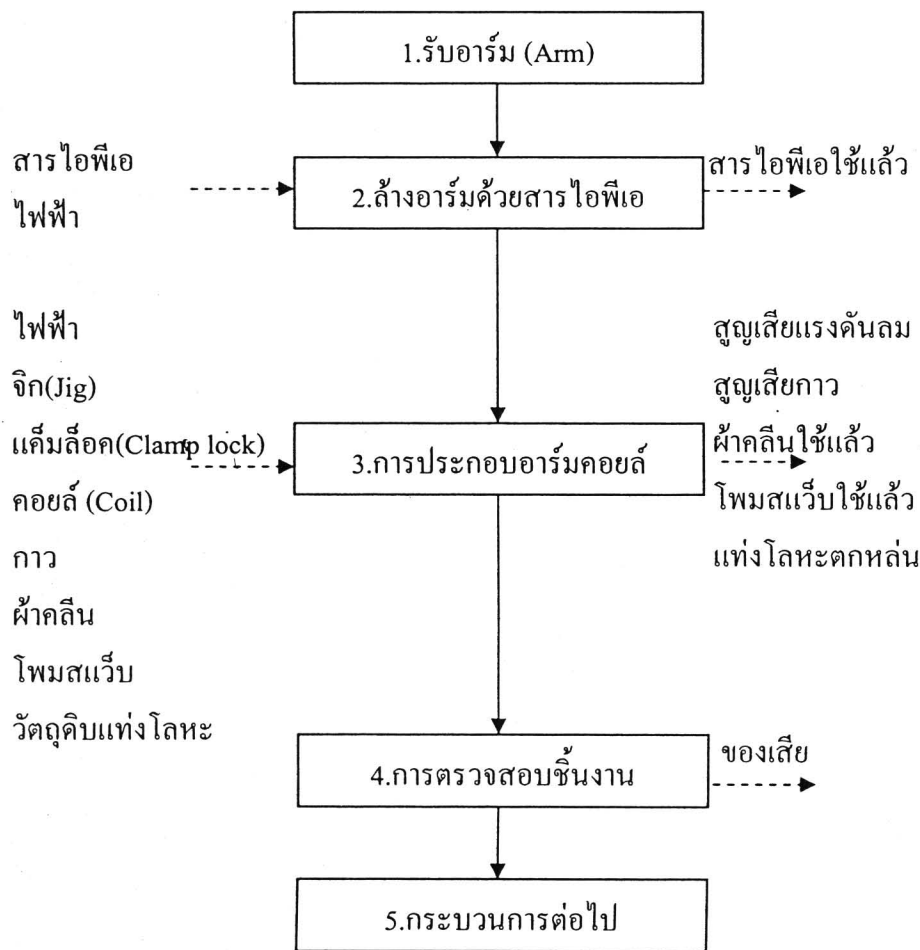
4.1 กระบวนการประกอบอาร์มคอยล์ของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

การผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์อาร์มสำเร็จรูป (Actuator Arm) ของบริษัทกรณีศึกษามีส่วนการผลิตหลักประกอบไปด้วย การตัดอาร์ม การขึ้นรูปคอยล์ การประกอบอาร์มคอยล์ กระบวนการประกอบพีซีซีเอ ผู้วิจัยได้ศึกษาในกระบวนการประกอบอาร์มคอยล์ซึ่งในกระบวนการผลิตมีค่าความเสียหายภายในมากกว่ากระบวนการอื่นๆ

การประกอบอาร์มคอยล์ของผลิตภัณฑ์ A เริ่มจากการรับวัตถุดิบสำเร็จรูป อาร์ม คอยล์ จากกระบวนการตัดอาร์ม การขึ้นรูปคอยล์ ตามลำดับ นำอาร์มไปล้างด้วยสารไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ หรือสารไอพีเอ (Isopropyl alcohol: IPA) เป่าให้แห้ง นำอาร์มและคอยล์มาประกอบลงในจิก (Bonding Jig) เชื่อมกันด้วยกาว จากนั้นนำเข้าสู่เตาอบเพื่ออบกาวให้แห้งในช่วงอุณหภูมิตามที่ลูกค้ากำหนด ตรวจสอบของเสียที่เกิดขึ้นและส่งผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปสู่กระบวนการต่อไป ภาพตัวอย่างอาร์มคอยล์ดังแสดงในภาพ 4.1 และขั้นตอนการประกอบอาร์มคอยล์ดังแสดงในภาพ 4.2



ภาพ 4.1 วัตถุดิบอาร์มคอยล์ในกระบวนการผลิต

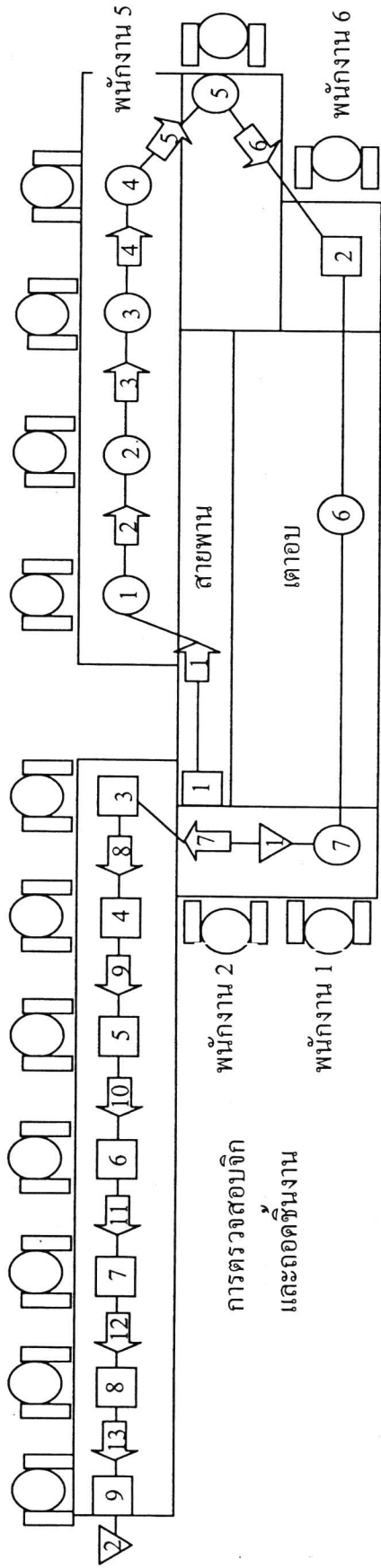


ภาพ 4.2 กระบวนการประกอบอาร์มคอยล์ผลิตภัณฑ์ A

การไหลของชิ้นงานภายในกระบวนการผลิตเริ่มจากพนักงานตรวจสอบจิกและถอดชิ้นงาน 1 ถอดชิ้นงานและตรวจสอบจิกก่อนส่งเข้าสู่สายพานลำเลียง พนักงานในกระบวนการประกอบอาร์มคอยล์คนที่ 1 นำอาร์มใส่ลงในจิก ส่งต่อให้พนักงานคนที่ 2 ประกอบคอยล์ ส่งต่อให้พนักงานคนที่ 3 ประกอบแคลมป์ล็อก (Clamp lock) เพื่อยึดตัวอาร์มคอยล์ส่งต่อให้พนักงานคนที่ 4, 5 เติมหก และส่งต่อให้พนักงานคนที่ 6 ตรวจสอบกาวก่อนนำเข้าเตาอบ เมื่อชิ้นงานผ่านการอบกาว ถอดชิ้นงานออกจากจิกและส่งเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบชิ้นงานต่อไป ดังแสดงในภาพ 4.3

กระบวนการตรวจสอบชิ้นงาน

กระบวนการประกอบอาร์มคอยล์



ภาพ 4.3 การไหลของงานการประกอบอาร์มคอยล์ในปัจจุบัน

4.2 ผลการประเมินเบื้องต้น

จากข้อมูลการใช้ปัจจัยการผลิต เมื่อหาค่าดัชนีซึ่งเป็นการนำข้อมูลปัจจัยการผลิต ได้แก่ วัตถุดิบ ไฟฟ้า สารเคมี รวมถึงปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตมาแทนค่าในสมการที่ 1 ตัวอย่างการคำนวณ เช่น ปริมาณของการใช้กากเดือนพฤษภาคม มีทั้งหมด 527 หลอด กาว 1 หลอดบรรจุปริมาณกาว 80,000 มิลลิกรัม ดังนั้นมีปริมาณกาวทั้งหมด 42,160,000 มิลลิกรัม ในเดือนพฤษภาคม มีผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปอาร์มคอยล์ 403,457 ตัว ทำให้ทราบค่าดัชนีการใช้กากต่อชิ้น ผลิตภัณฑ์เท่ากับ

$$\begin{aligned} \text{ค่าดัชนี} &= \frac{\text{ปริมาณการใช้วัตถุดิบ หรือ สารเคมี}}{\text{ปริมาณวัตถุดิบที่แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์}} \\ &= \frac{42,160,000}{403,457} \\ &= 104.50 \text{ มิลลิกรัม ต่อหนึ่งชิ้นผลิตภัณฑ์} \end{aligned}$$

ค่าดัชนีปริมาณกาว 104.50 มิลลิกรัม ต่อหนึ่งชิ้นผลิตภัณฑ์ หมายถึง ปริมาณกาวที่ถูกใช้ไปโดยเฉลี่ยในเดือนพฤษภาคม ต่อการผลิตอาร์มคอยล์สำเร็จรูปหนึ่งชิ้น ซึ่งการคำนวณทำให้ทราบว่า มีปริมาณการใช้วัตถุดิบเพื่อแปลงเป็นผลิตภัณฑ์มาน้อยเพียงใด

คำนวณหาปัจจัยการผลิตต่อชิ้นของผลิตภัณฑ์ ในแต่ละเดือน พบว่าการใช้วัตถุดิบอาร์มคอยล์เฉลี่ยอยู่ที่ 1.011 ชิ้นต่อผลิตภัณฑ์โดยมีปริมาณการใช้ที่ดีที่สุดอยู่ที่ 1.006 ชิ้นต่อผลิตภัณฑ์ในเดือนสิงหาคมและเดือนกันยายน ซึ่งปกติในกระบวนการประกอบอาร์มคอยล์จะใช้วัตถุดิบอาร์มคอยล์อย่างละ 1 ตัว ในเดือนพฤษภาคมจะเห็นได้ว่าการใช้วัตถุดิบอาร์มคอยล์เฉลี่ยอยู่ที่ 1.03 ชิ้นต่อผลิตภัณฑ์ เป็นผลมาจากการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตมากนั่นเอง

การใช้วัตถุดิบแท่งโลหะโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 1.32 ชิ้นต่อผลิตภัณฑ์ โดยมีปริมาณการใช้ที่ดีที่สุดอยู่ที่ 1.03 ชิ้นต่อผลิตภัณฑ์ในเดือนเมษายน ซึ่งโดยปกติในกระบวนการประกอบอาร์มคอยล์จะใช้วัตถุดิบแท่งโลหะ 1 ตัวต่อการประกอบผลิตภัณฑ์อาร์มคอยล์ 1 ชิ้น

ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.26 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อชิ้น โดยมีปริมาณการใช้ที่ดีที่สุดอยู่ที่ 0.19 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อชิ้น ในเดือนเมษายน

ปริมาณการใช้สารไอพินเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0012 ลิตรต่อชิ้น โดยมีปริมาณการใช้ที่ดีที่สุดอยู่ที่ 0.0011 ลิตรต่อชิ้น ในเดือนมีนาคม

ปริมาณการใช้กากของผลิตภัณฑ์ A โดยเฉลี่ยเท่ากับ 116.48 มิลลิกรัมต่อชิ้น โดยมีปริมาณการใช้ที่ดีที่สุดอยู่ที่ 79.48 มิลลิกรัมต่อชิ้นในเดือนเมษายน

ปริมาณการใช้โพลีเอสเตอร์โดยเฉลี่ย 0.35 ก้านต่อชิ้น โดยมีปริมาณการใช้ที่ดีที่สุดอยู่ที่ 0.14 ก้านต่อชิ้นในเดือนมิถุนายน

ปริมาณการใช้ผ้าคลีนโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.029 ผืนต่อชิ้น โดยมีปริมาณการใช้ที่ดีที่สุดอยู่ที่ 0.012 ผืนต่อชิ้นในเดือนเมษายน

ซึ่งจะเห็นได้ว่าในเดือนเมษายน มีปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิตต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์หลายชนิด ได้แก่ วัตถุดิบแท่งโลหะ การใช้ไฟฟ้า ปริมาณการใช้กาก ผ้าคลีน ต่ำที่สุดในรอบปี อีกทั้งยังมีปริมาณการผลิตที่สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเดือนอื่น แสดงให้เห็นว่าการผลิตในเดือนเมษายนได้มีการใช้ปัจจัยการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากข้อมูลค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า วัตถุดิบและของเสีย ในการประกอบอาร์มคอยล์ของผลิตภัณฑ์ A นำค่าเฉลี่ย คือ ค่าที่ได้จากการนำค่าคะแนนของทุกเดือนมารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนเดือนทั้งหมด และค่าที่ดีที่สุด คือ ค่าที่มีค่าน้อยที่สุดในเดือนนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับภายในหนึ่งปี นำไปประเมินผลกระทบทางด้านเทคนิค ด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อมต่อไป

4.2.1 การประเมินผลกระทบทางด้านเทคนิค

จากค่าเฉลี่ยและค่าที่ดีที่สุด นำมาประเมินผลกระทบทางด้านเทคนิคโดยใช้สมการที่ 2 ตัวอย่างการคำนวณเช่น ค่าเฉลี่ยและค่าที่ดีที่สุดของการใช้กากเท่ากับ 116.48, 79.48 มิลลิกรัมต่อหนึ่งชิ้นผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ ดังนั้นค่าความเป็นไปได้ทางเทคนิค (%) เท่ากับ

$$\begin{aligned} \text{ค่าความเป็นไปได้ทางเทคนิค (\%)} &= \frac{(\text{ค่าเฉลี่ย} - \text{ค่าดัชนีที่ดีที่สุด})}{\text{ค่าดัชนีที่ดีที่สุด}} \times 100 \\ &= \frac{116.48 - 79.48}{79.48} \times 100 \\ &= 46.55 \% \end{aligned}$$

เมื่อได้ค่าความเป็นไปได้ทางเทคนิคเท่ากับ 46.55 นำไปเปรียบเทียบกับช่วงคะแนนที่ได้กำหนดไว้ในบทที่ 2 ได้คะแนนเท่ากับ 2 ซึ่งหมายถึงความสามารถที่จะลดปัญหาที่เกิดขึ้นก็เป็นไปปานกลาง

ผลการคำนวณความเป็นไปได้ทางเทคนิค ดังแสดงในตาราง 4.1 พบว่า การใช้โคมสเว็บบ ฝ้าคลีน การเกิดของเสีย เมื่อคำนวณค่าความเป็นไปได้ทางเทคนิคจะได้ 150.00, 141.67, 83.33 ตามลำดับ ซึ่งได้คะแนนเท่ากับ 3 แสดงว่าโอกาสในการปรับปรุงมีสูง ประเด็นอื่นๆ คือ การใช้กาว ไฟฟ้า วัตถุดิบแท่งโลหะ ความเป็นไปได้ทางเทคนิคเท่ากับ 46.55, 36.84, 28.16, ตามลำดับ ซึ่งได้คะแนนเท่ากับ 2 แสดงว่าโอกาสในการปรับปรุงมีปานกลาง การใช้วัตถุดิบอาร์มคอยล์ สารไอพีเอ มีความเป็นไปได้ทางเทคนิคได้เท่ากับ 9.09, 0.50 ตามลำดับ ซึ่งได้คะแนนเท่ากับ 1 แสดงว่ามีโอกาสน้อยที่จะทำการปรับปรุง

ตาราง 4.1 การประเมินผลกระทบทางด้านเทคนิค

รายการ	ค่าเฉลี่ย	ค่าที่ดีที่สุด	% ความเป็นไปได้ทางเทคนิค	คะแนน
1.อาร์มคอยล์ (ชิ้น/ชิ้นผลิตภัณฑ์)	XXX	XXX	0.50	1
2.วัตถุดิบแท่งโลหะ (ชิ้น/ ชิ้นผลิตภัณฑ์)	XXX	XXX	28.16	2
3.ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ชิ้นผลิตภัณฑ์)	XXX	XXX	36.84	2
4.ของเสีย (ชิ้น / ชิ้นผลิตภัณฑ์)	XXX	XXX	83.33	3
5.สารไอพีเอ (ลิตร / ชิ้นผลิตภัณฑ์)	XXX	XXX	9.09	1
6.กาว (มิลลิกรัม/ ชิ้นผลิตภัณฑ์)	XXX	XXX	46.55	2
7.โคมสเว็บบ (ก้าน/ ชิ้นผลิตภัณฑ์)	XXX	XXX	150.00	3
8.ฝ้าคลีน (แผ่น/ ชิ้นผลิตภัณฑ์)	XXX	XXX	141.67	3

4.2.2 การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์

จากค่าเฉลี่ยและค่าที่ดีที่สุด นำมาประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ การหาค่าความเป็นไปได้ใช้สมการ 3 และเปอร์เซ็นต์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ใช้สมการที่ 4 ตัวอย่างการคำนวณ เช่น วัตถุดิบอาร์มคอยล์ มีดัชนีค่าเฉลี่ย และค่าที่ดีที่สุดเท่ากับ 1.011 และ 1.006 ตามลำดับ สมมุติราคาต่อหน่วยเท่ากับ 16.16 บาทต่อชิ้น (เนื่องจากไม่สามารถเปิดเผยข้อมูลที่แท้จริงได้) มีกำลังการผลิตเฉลี่ย 700,344 ชิ้น ดังนั้นค่าความเป็นไปได้ และเปอร์เซ็นต์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์เท่ากับ

$$\begin{aligned} \text{ค่าความเป็นไปได้} &= (\text{ค่าดัชนีเฉลี่ย} - \text{ค่าดัชนีที่ดีที่สุด}) \times \text{กำลังผลิตเฉลี่ย} \\ &\quad \times \text{ราคาคำนวณต่อหน่วย} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าความเป็นไปได้} &= (1.011 - 1.006) \times 700,344 \times 16.16 \\ &= 4202.06 \end{aligned}$$

$$\text{ค่าความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์(\%)} = \frac{\text{ค่าความเป็นไปได้}}{\text{ผลรวมของค่าความเป็นไปได้}} \times 100$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์(\%)} &= \frac{56,587.80}{772,423.40} \times 100 \\ &= 7.33 \end{aligned}$$

เมื่อได้ค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์เท่ากับ 7.33 นำไปเปรียบเทียบกับช่วงคะแนนที่ได้กำหนดไว้ในบทที่ 2 ได้คะแนนเท่ากับ 1 ซึ่งหมายความว่าทางบริษัทมีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับวัตถุดิบอาร์มคอยล์น้อยเมื่อเทียบกับการใช้วัตถุดิบทั้งหมด

คำนวณค่าความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ดังแสดงในตาราง 4.2 พบว่า ปริมาณการใช้วัตถุดิบแท่งโลหะมีค่าความเป็นไปได้มากที่สุด 32.34 ได้คะแนนเท่ากับ 2 ซึ่งหมายความว่าทางบริษัทมีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับวัตถุดิบแท่งโลหะปานกลาง และปริมาณการใช้ไฟฟ้า กาว การเกิดของเสีย มีค่าความเป็นไปได้ 19.04, 17.44 และ 15.63 ตามลำดับได้คะแนนเท่ากับ 1 ซึ่งหมายความว่าทางบริษัทมีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับวัตถุดิบดังกล่าวน้อย ส่วนปริมาณการใช้ผ้าคลีน วัตถุดิบอาร์มคอยล์ สารไอพีเอ ค่าความเป็นไปได้น้อยที่สุด

ตาราง 4.2 การประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์

รายการ	ราคาต่อหน่วย	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ค่าที่ดีที่สุด	ค่าความเป็นไปได้	% ความเป็นไปได้	คะแนน
1.วัตถุดิบอาร์มคอยล์ (ขึ้น/ขึ้นผลิตภัณฑ์)	XXX	บาท/ขึ้น	XXX	XXX	XXX	7.33	1
2.วัตถุดิบแท่งโลหะ (ขึ้น/ ขึ้นผลิตภัณฑ์)	XXX	บาท/ขึ้น	XXX	XXX	XXX	32.34	2
3.ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ขึ้นผลิตภัณฑ์)	XXX	บาท/กิโลวัตต์ ชั่วโมง	XXX	XXX	XXX	19.04	1
4.ของเสีย (ขึ้น / ขึ้นผลิตภัณฑ์)	XXX	บาท/ขึ้น	XXX	XXX	XXX	15.63	1
5.สารไอพีเอ (ลิตร / ขึ้นผลิตภัณฑ์)	XXX	บาท/ลิตร	XXX	XXX	XXX	0.62	1
6.กาว (มิลลิกรัม/ขึ้นผลิตภัณฑ์)	XXX	บาท/มิลลิกรัม	XXX	XXX	XXX	17.44	1
7.โฟมสเว็ป (ก้าน/ ขึ้นผลิตภัณฑ์)	XXX	บาท/ก้าน	XXX	XXX	XXX	6.66	1
8.ผ้าคลีน (ผืน/ ขึ้นผลิตภัณฑ์)	XXX	บาท/ผืน	XXX	XXX	XXX	0.94	1
รวม					XXX		

4.2.3 การประเมินทางด้านสิ่งแวดล้อม

ประเมินด้านสิ่งแวดล้อมโดยพิจารณาจากค่า ปริมาณ(Quantity, Q) ผลกระทบ (Effect, E) และการแพร่กระจาย (Distribute, D) ซึ่งเป็นการประเมินจากผู้จัดการแผนกโดยใช้ตารางที่ 2.1 ใน บทที่ 2 เป็นตัวอ้างอิงและแทนค่าผลการประเมินในสมการที่ 5 ตัวอย่างการคำนวณเช่น จากผลการ

ประเมินจากทางโรงงานปริมาณสารไอพีเอ เท่ากับ 3 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นเท่ากับ 3 และอัตราการแพร่กระจายเท่ากับ 2 รวมผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมเท่ากับ

$$\begin{aligned} \text{ค่าคะแนนทางสิ่งแวดล้อม} &= Q \times E \times D \\ &= 3 \times 3 \times 2 \\ &= 18 \end{aligned}$$

เมื่อได้ผลรวม QED เท่ากับ 18 นำไปเปรียบเทียบกับช่วงคะแนนที่ได้กำหนดไว้ในบทที่ 2 ได้คะแนนเท่ากับ 3 ซึ่งหมายถึง มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูง

ผลการคำนวณการประเมินทางด้านสิ่งแวดล้อม ดังแสดงในตาราง 4.3 พบว่ามี 3 ประเด็นที่มีคะแนนสูงสุดเท่ากัน ได้แก่ การใช้ไฟฟ้า สารไอพีเอ และการเกิดของเสีย ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 3 แสดงว่ามีผลกระทบหรือมีความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมสูง โดยในกระบวนการประกอบอาร์มคอยล์มีการใช้ไฟฟ้าเพื่อทำการอบชิ้นงานและเตาอบชิ้นงานมีการแผ่กระจายความร้อนให้แก่พนักงานปฏิบัติงาน อีกทั้งการใช้สารไอพีเอ ในกระบวนการล้างอาร์มยังมีผลกระทบก่อให้เกิดการระคายเคืองสำหรับผู้ใช้ และการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตส่งผลให้เป็นขยะที่มีพิษ ยากต่อการกำจัด

ตาราง 4.3 การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

รายการ	ปริมาณเฉลี่ยต่อเดือน	Q	E	D	ผลรวม (Q*E*D)	คะแนน
1.วัตถุดิบอาร์มคอยล์(ชิ้น)	XXX	3	2	1	6	2
2.วัตถุดิบแท่งโลหะ(ชิ้น)	XXX	2	1	1	2	1
3.ไฟฟ้า(กิโลวัตต์)	XXX	3	2	3	18	3*
4.ของเสีย(ชิ้น)	XXX	3	3	1	9	3*
5.สารไอพีเอ(ลิตร)	XXX	3	3	2	18	3*
6.กาว(มิลลิกรัม)	XXX	2	2	2	8	2
7.โพลสแบริบ(ก้าน)	XXX	2	2	1	4	1
8.ผ้ากลีน(ผืน)	XXX	2	2	1	4	1

4.2.4 สรุปผลการประเมินเบื้องต้น

เมื่อนำคะแนนประเด็นทางเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม มาพิจารณาทำการถ่วงน้ำหนักจากผู้จัดการแฟกตามวิธีการที่กำหนดไว้ ดังแสดงในตาราง 4.4 โดยให้ประเด็นทาง

เศรษฐศาสตร์มีค่าถ่วงน้ำหนักสูงที่สุดเป็น 3 เนื่องจากทางบริษัทกรณีศึกษาให้ความสำคัญกับการลดต้นทุนการผลิต และความประหยัดที่จะได้รับมากที่สุด ส่วนด้านเทคนิคและด้านสิ่งแวดล้อมให้ความสำคัญเท่ากันโดยมีค่าถ่วงน้ำหนักเป็น 2 คำนวณจากการแทนค่าในสมการที่ 6 ในบทที่ 2 ตัวอย่างการคำนวณ เช่น

คะแนนรวม = (W₁ × ค่าคะแนนทางเทคนิค) + (W₂ × ค่าคะแนนทางเศรษฐศาสตร์) + (W₃ × ค่าคะแนนทางสิ่งแวดล้อม)

โดย , W₁ = ค่าถ่วงน้ำหนักด้านเทคนิค
W₂ = ค่าถ่วงน้ำหนักด้านเศรษฐศาสตร์
W₃ = ค่าถ่วงน้ำหนักด้านสิ่งแวดล้อม

คะแนนรวมประเด็นปัญหาของเสีย = (3 x 2) + (3 x 1) + (2 x 3)
= 15

จากการคำนวณพบว่าการเกิดของเสียมีคะแนนสูงสุดเป็น 15 คะแนน และการใช้ไฟฟ้า กาว มีคะแนนเป็นอันดับสองเท่ากันคือคือ 13 คะแนน ประเด็นวัตถุดิบแท่งโลหะ มีคะแนนเป็นอันดับสามโดยมีคะแนนเป็น 12 คะแนน ส่วนประเด็นการใช้สารไอพียู โปมสเว็บ และผ้าคลีน มีคะแนนเป็นอันดับสี่ได้คะแนน 11 เท่ากัน และประเด็นสุดท้ายคือ วัตถุดิบอาร์มคอยล์มีคะแนนเป็น 7 คะแนน ผู้ศึกษาจึงเลือกประเด็นของเสียซึ่งมีคะแนนเป็นอันดับหนึ่ง เป็นประเด็นหลักสำหรับการนำเอาเทคโนโลยีสะอาดไปประยุกต์ใช้ และเลือกประเด็นการใช้ไฟฟ้า กาว วัตถุดิบแท่งโลหะ สารไอพียู โปมสเว็บ และผ้าคลีน เป็นประเด็นรอง เพื่อศึกษาและจัดทำเป็นข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด

ตาราง 4.4 การประเมินลำดับความสำคัญของปัญหา

ประเด็น ปัญหา	ประเด็นทาง เทคนิค (W ₁)=2		ประเด็นทาง เศรษฐศาสตร์ (W ₂)=3		ประเด็นทาง สิ่งแวดล้อม (W ₃)=2		คะแนน รวม	ลำดับ ความ สำคัญ
	คะแนน	ค่าถ่วง น้ำหนัก	คะแนน	ค่าถ่วง น้ำหนัก	คะแนน	ค่าถ่วง น้ำหนัก		
1.อาร์มคอยล์	1	2	1	3	2	2	7	5
2.แท่งโลหะ	2	4	2	6	1	2	12	3

ตาราง 4.4 การประเมินลำดับความสำคัญของปัญหา (ต่อ)

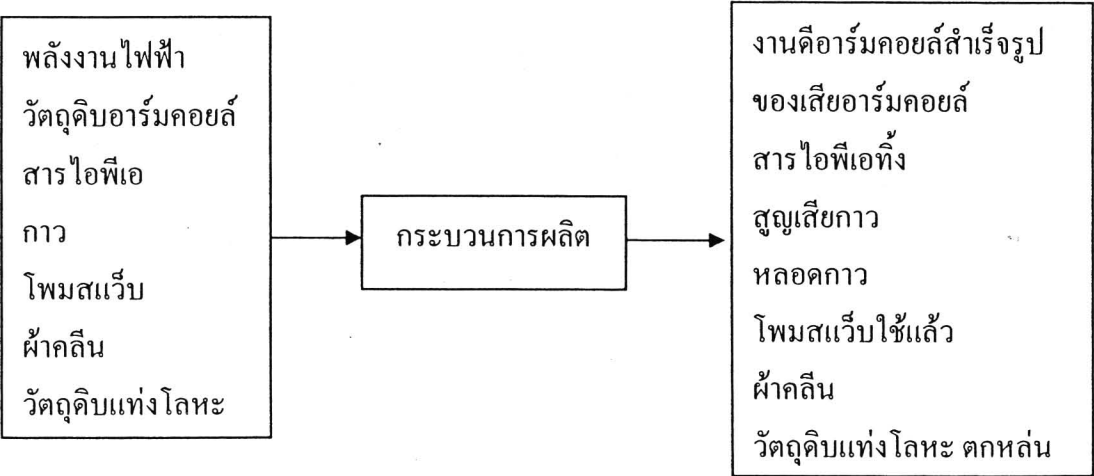
ประเด็น ปัญหา	ประเด็นทาง เทคนิค (W_1) = 2		ประเด็นทาง เศรษฐศาสตร์ (W_2) = 3		ประเด็นทาง สิ่งแวดล้อม (W_3) = 2		คะแนน รวม	ลำดับ ความ สำคัญ
	คะแนน	ค่าถ่วง น้ำหนัก	คะแนน	ค่าถ่วง น้ำหนัก	คะแนน	ค่าถ่วง น้ำหนัก		
3. ไฟฟ้า	2	4	1	3	3	6	13	2
4. ของเสีย	3	6	1	3	3	6	15	1
5. สารไอพีเอ	1	2	1	3	3	6	11	4
6. กาว	3	6	1	3	2	4	13	2
7. โปมสเว็บบ	3	6	1	3	1	2	11	4
8. ผ้าคลีน	3	6	1	3	1	2	11	4

4.3 ผลการประเมินละเอียด

จากผลการตรวจประเมินเบื้องต้น สามารถจัดลำดับความสำคัญของประเด็นปัญหา จากความสำคัญลำดับแรกไปลำดับสุดท้ายคือ การเกิดของเสีย การใช้ไฟฟ้า กาว วัตถุดิบแท่งโลหะ ผ้าคลีน โปมสเว็บบ สารไอพีเอ วัตถุดิบอาร์มคอยล์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 สมดุลมวลสารของการประกอบอาร์มคอยล์

จากการรวบรวมข้อมูลของผลิตภัณฑ์ A ในเดือนมีนาคมและเดือนเมษายน 2551 พบว่ามี การใช้อาร์มคอยล์ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลัก วัตถุดิบแท่งโลหะ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่ออบชิ้นงาน ใช้ สารไอพีเอในกระบวนการล้างอาร์ม ใช้กาวเพื่อยึดตัวอาร์มคอยล์ ใช้โปมสเว็บบและผ้าคลีนทำความสะอาดส่วนเกิน เมื่อผ่านกระบวนการผลิตพบว่าการเกิดของเสียอาร์มคอยล์ สารไอพีเอ ที่ใช้แล้วทิ้ง สูญเสียกาวจากการกำจัดกาวส่วนเกิน หลอดกาวเปล่า โปมสเว็บบที่ใช้แล้วและผ้าคลีนที่ใช้แล้ว แสดงดังภาพใน 4.4



ภาพ 4.4 การควบคุมมวลสารการประกอบอาร์มคอยล์ ของผลิตภัณฑ์ A

4.3.2 ของเสียอาร์มคอยล์

จากการเก็บข้อมูลเดือนมีนาคมและเดือนเมษายน 2551 ผลผลิต (Yield) เทียบกับการป้อนวัตถุดิบอาร์มคอยล์ของผลิตภัณฑ์ A ทำให้ทราบว่าของเสียที่เกิดขึ้นเป็นของเสียหลังจากการประกอบเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ซึ่งของเสียที่เกิดขึ้นมากที่สุด 6 อันดับแรกคือ

ของเสียตำแหน่งที่ 1 เป็นของเสียที่เกิดขึ้นบริเวณที่เรียกว่า สเวดแพด (Swage pad) ลักษณะของเสียเป็นเศษโลหะสามารถหลุดได้ (Loose burr) ซึ่งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้า

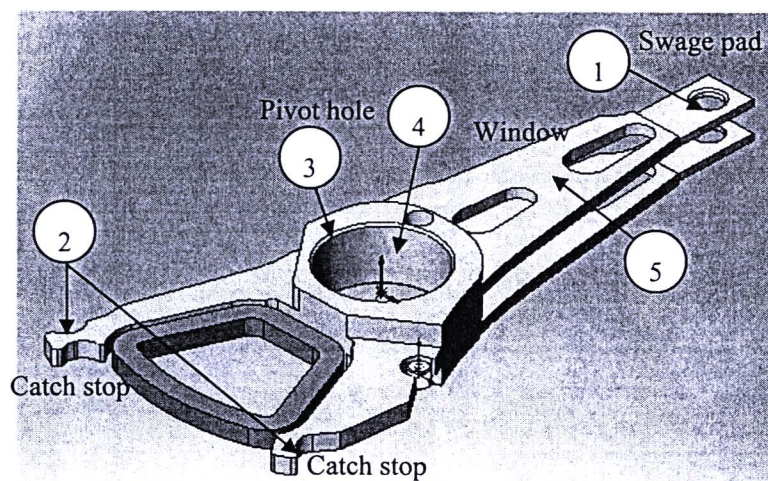
ของเสียตำแหน่งที่ 2 เป็นของเสียที่เกิดขึ้นบริเวณที่เรียกว่า แคสสต็อป (Catch stop) บริเวณดังกล่าวต้องไม่มีรอยบุบ หรือรอยยุบ (Dent) เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้า

ของเสียตำแหน่งที่ 3 เป็นของเสียที่เกิดขึ้นบริเวณที่เรียกว่า ไพวอดโฮล (Pivot hole) บริเวณดังกล่าวต้องไม่มีรอยบุบ หรือรอยยุบ

ของเสียตำแหน่งที่ 4 เป็นของเสียที่เกิดขึ้นบริเวณเดียวกับตำแหน่งที่ 3 แต่ของเสียตำแหน่งที่ 4 มีลักษณะเป็นรอยขีดข่วนยาว (Scratch) ซึ่งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้า

ของเสียตำแหน่งที่ 5 เป็นของเสียที่เกิดขึ้นบริเวณที่เรียกว่า วินโด (Window) ลักษณะของเสียเป็นรอยบุบ หรือรอยยุบซึ่งมากกว่าที่ลูกค้ากำหนด

ของเสียกาวติดตำแหน่งที่ 2 บริเวณ แคสสต็อป (Catch stop) ต้องไม่มีวัตถุอื่นมาติดเนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีความเกี่ยวข้องกับขนาด รูปร่างต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้า ตัวอย่างของเสีย 6 อันดับแรกของเดือนมีนาคม –เมษายน 2551 ดังแสดงในภาพ 4.5 และตาราง 4.5 แสดงเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต



ภาพ 4.5 ตัวอย่างของเสียหลังจากการประกอบเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

ตาราง 4.5 ของเสียที่เกิดขึ้น 6 อันดับในกระบวนการผลิตเดือนมีนาคม –เมษายน 2551ก่อนปรับปรุง

ตำแหน่งของเสีย	มีนาคม			เมษายน			เฉลี่ย(%ของเสีย)
	วัตถุดิบ(ชิ้น)	ของเสีย(ชิ้น)	ของเสีย(%)	วัตถุดิบ(ชิ้น)	ของเสีย(ชิ้น)	ของเสีย(%)	
กาวติดตำแหน่งที่ 2	579,190	2,381	0.41	1,084,872			0.41
ตำแหน่งที่ 3		1,522	0.26		1,053	0.10	0.18
ตำแหน่งที่ 1		914	0.16		1,210	0.11	0.14
ตำแหน่งที่ 2		896	0.15		1,099	0.10	0.13
ตำแหน่งที่ 5		807	0.14		905	0.08	0.11
ตำแหน่งที่ 4					977	0.09	0.09
ทั้งหมด		6,520			5,244		1.06

จากตาราง 4.5 พบว่า ของเสียกาวติดตำแหน่งที่ 2 เกิดขึ้นภายในกระบวนการประกอบอาร์มคอยล์พนักงานขาดการติดต่อสื่อสาร ขาดการร่วมมือการประสานงานในการทำงาน และพนักงานไม่มีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหา ตัวอย่างเช่น พนักงานในสายการผลิตมีหน้าที่รับผิดชอบทำงานตำแหน่งของตนเองที่ได้รับมอบหมาย หากพนักงานตรวจสอบพบว่ามีของเสียชนิดเดียวกัน ตำแหน่งการเกิดของเสียซ้ำๆกัน ก็ไม่สามารถแจ้งข้อมูลให้พนักงานภายในสายการผลิตทราบได้ ทำให้เกิดของเสียหลังการอบชิ้นงาน เป็นต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่แก้ไขปัญหากาวติดตำแหน่งที่ 2 โดยมีการหยุดสายการผลิตชั่วคราว (Stop line) เมื่อเกิดของเสียในกระบวนการผลิตเพื่อให้พนักงานในสายการผลิตมีการติดต่อสื่อสารและร่วมกันแก้ไขปัญหา

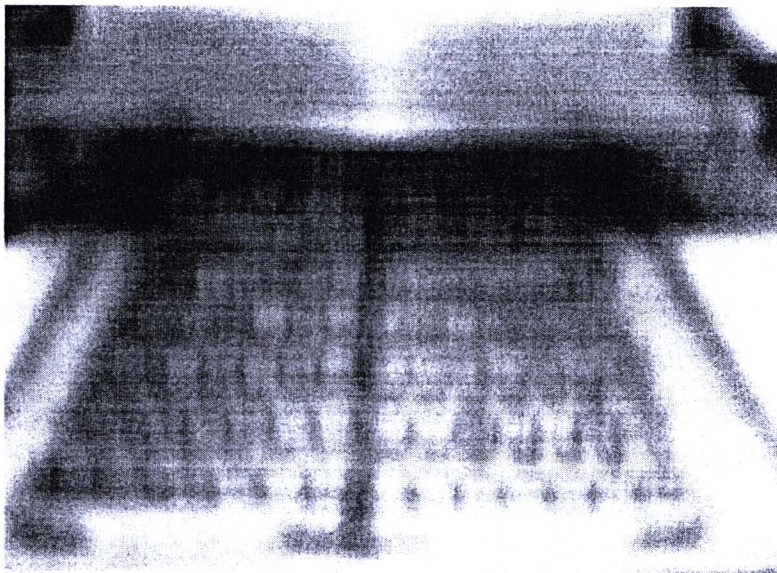
ส่วนของเสียอาร์มคอยล์ในตำแหน่งต่างๆ พบหลังอบชิ้นงานซึ่งเกิดจากการใช้อาร์มที่มีข้อบกพร่องหรือเป็นของเสีย เนื่องจากขาดการตรวจสอบที่ดีจากกระบวนการก่อนหน้าเมื่อนำมาประกอบเป็นอาร์มคอยล์ทำให้ชิ้นงานนั้นมีข้อบกพร่องหรือเป็นของเสีย การลดของเสียดังกล่าว ผู้วิจัยมีแนวคิดจัดตำแหน่งกระบวนการผลิตใหม่โดยใช้พนักงานเท่าเดิมเพื่อลดการนำวัตถุดิบอาร์มที่มีข้อบกพร่องหรือเป็นของเสียเข้าสู่กระบวนการผลิต

อาจกล่าวโดยสรุปว่าการเกิดของเสียอาร์มคอยล์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ประเภทแรก การเกิดของเสียภายในกระบวนการ คือกระบวนการผลิตก่อให้เกิดของเสียหรือข้อบกพร่องกับชิ้นงาน ประเภทที่สองการเกิดของเสียนอกกระบวนการคือของเสียที่เกิดจากกระบวนการอื่นๆ

หรือการเกิดของเสียจากกระบวนการก่อนหน้านี้ เมื่อรับเอาวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิต ส่งผล
ก่อให้เกิดชิ้นงานนั้นเป็นของเสีย หรือมีข้อบกพร่อง

4.3.3 การใช้พลังงานไฟฟ้า

การอบชิ้นงานในกระบวนการประกอบอาร์มคอยล์มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงเพื่ออบกาว
ให้แห้งหลังจากการเติมกาวระหว่างอาร์มคอยล์ดัง ดังแสดงในภาพ 4.6, 4.7

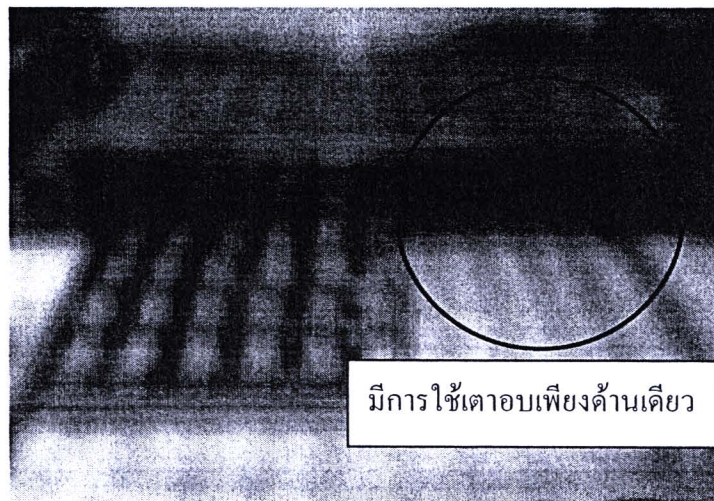


ภาพ 4.6 การใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต



ภาพ 4.7 การอบกาวให้แห้งหลังจากการเติมกาวระหว่างอาร์มคอยล์

การใช้งานของเตาอบขึ้นงานใช้อุณหภูมิตามที่ลูกค้ากำหนด ความเร็วของสายพาน 170 มิลลิเมตรต่อนาที จากการเก็บข้อมูลในกระบวนการผลิตโดยการสังเกตในขณะที่เครื่องกำลังทำงาน อยู่มีการใช้เตาอบงานครั้งเดียว ซึ่งเป็นการใช้เตาอบไม่เต็มประสิทธิภาพดังแสดงในภาพ 4.8 และ บางช่วงเวลาในสายการผลิตมีงานรอเข้าเตาอบ ซึ่งเป็นการรอขึ้นงานหลังจากการประกอบอาร์ม คอยล์ด้วยกาวนำเข้าสู่เตาอบเพื่ออบกาวให้แห้ง

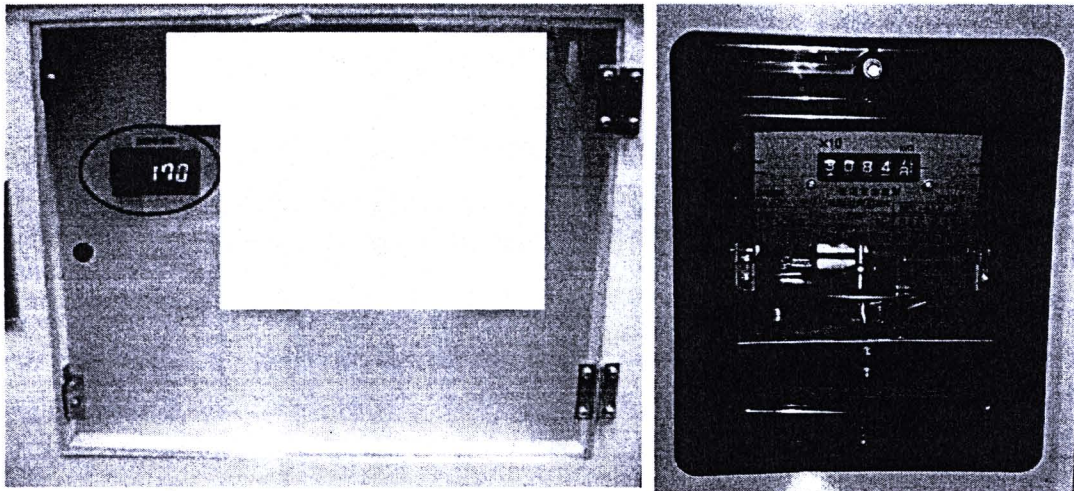


มีการใช้เตาอบเพียงด้านเดียว

ภาพ 4.8 การใช้เตาอบงานไม่เต็มประสิทธิภาพ

การใช้พลังงานไฟฟ้า เมื่อประเมินกระบวนการผลิตโดยละเอียดแล้วสามารถแบ่งการใช้ พลังงานไฟฟ้าที่ไม่เต็มประสิทธิภาพ 2 ประเด็น ประเด็นแรก ใช้เตาอบไม่เต็มประสิทธิภาพ ประเด็นที่สองคือ ขาดอุปกรณ์ช่วยในกระบวนการผลิต

เมื่อทำการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในส่วนปริมาณหน่วยการใช้ไฟฟ้าในการอบขึ้นงานภายใน 1 วันโดยการอ่านค่าของมิเตอร์ไฟฟ้าความเร็วของสายพานซึ่งเป็นการทำงานในปัจจุบัน 170 มิลลิเมตรต่อนาที ดังแสดงในภาพ 4.9 ที่ติดอยู่บริเวณด้านข้างของเตาอบขึ้นงานทุกๆ หนึ่งชั่วโมง ค่าเฉลี่ยในการใช้ไฟฟ้าเท่ากับ 1.61 กิโลวัตต์ชั่วโมงเป็นการเก็บข้อมูลปริมาณหน่วยการใช้พลังงาน ไฟฟ้าก่อนการปรับปรุงการทำงานของเตาอบ

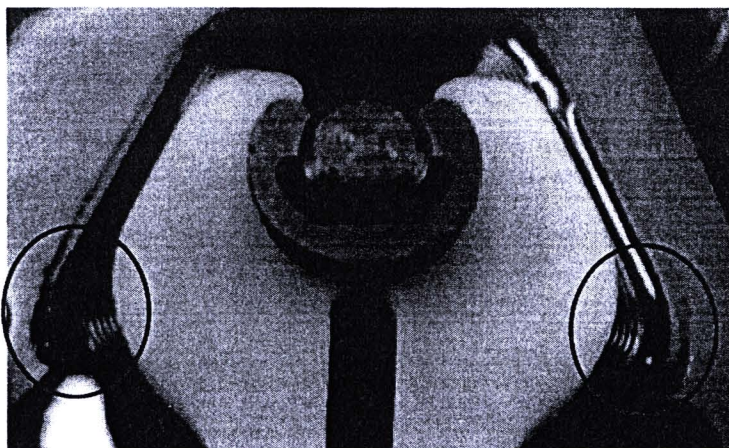


ภาพ 4.9 ความเร็วของสายพานและมิเตอร์ที่ติดอยู่ด้านข้างของบริเวณเตาอบชิ้นงาน

4.3.4 การสูญเสียการระหว่างกระบวนการผลิต

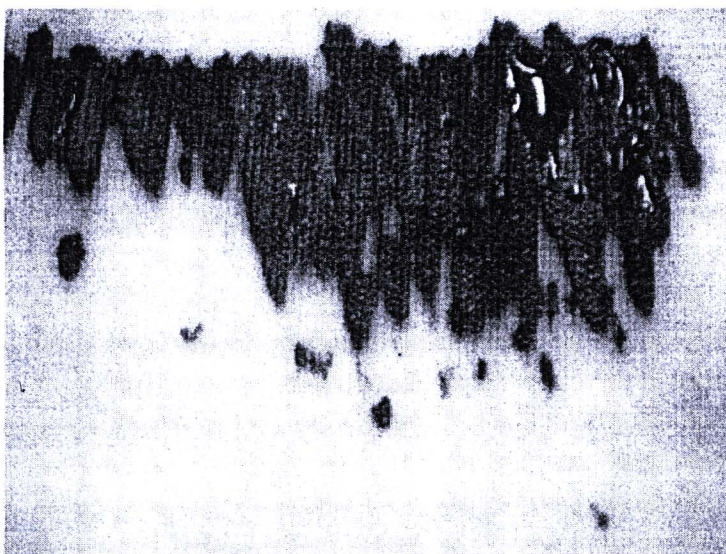
จากการศึกษากระบวนการผลิตพบว่า มีการใช้กาวเพื่อปิดระหว่างตัวอาร์มคอยล์ กาว 1 หลอด (55 ซีซี) มีปริมาณ 80,000 มิลลิกรัม จากการสู่มัชน้ำหนักในกระบวนการเติมกาวมีการสูญเสียกาวโดยเฉลี่ย 1 มิลลิกรัมต่อตัวดังแสดงในภาพ 4.10 ซึ่งเกิดจากการเติมกาวที่มีปริมาณมากเกินไป ขาดการกำหนดปริมาณที่เหมาะสม การกำจัดกาวส่วนเกินเพื่อให้ผลิตภัณฑ์เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้าคือการใช้วัตถุติดไม่เต็มประสิทธิภาพก่อให้เกิดต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น

อาจกล่าวโดยสรุปว่าการสูญเสียการระหว่างกระบวนการผลิต คือ การสูญเสียจากการที่เติมปริมาณกาวที่มากเกินไป ทำให้ต้องมีการกำจัดกาวส่วนเกินออก ดังแสดงในภาพ 4.10



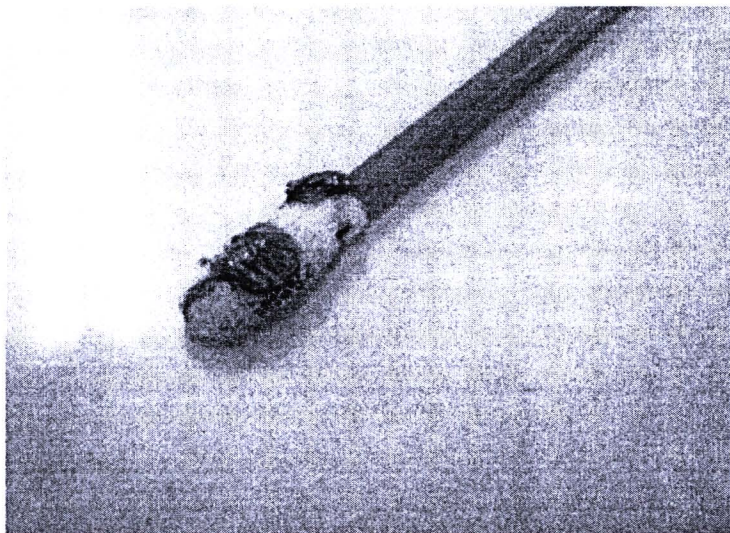
ภาพ 4.10 กาวส่วนเกินหลังจากการเติมกาวระหว่างอาร์มคอยล์

อีกทั้งในกระบวนการผลิตยังมีการใช้วัตถุดิบผ้าคลีนเพื่อใช้ทำความสะอาดตัวถังแสดง
ในภาพ 4.11 ซึ่งมีปริมาณมากตามการกำจัดกาว



ภาพ 4.11 ผ้าคลีนที่ใช้ในการทำความสะอาดส่วนเกิน

นอกจากนี้ มีการใช้วัตถุดิบโพมสแบริบ เพื่อใช้ทำความสะอาดชิ้นงานดังแสดงในภาพ
4.12 ถ้ามีการกำจัดกาวมากการใช้โพมสแบริบก็จะมากตามไปด้วยเช่นกัน

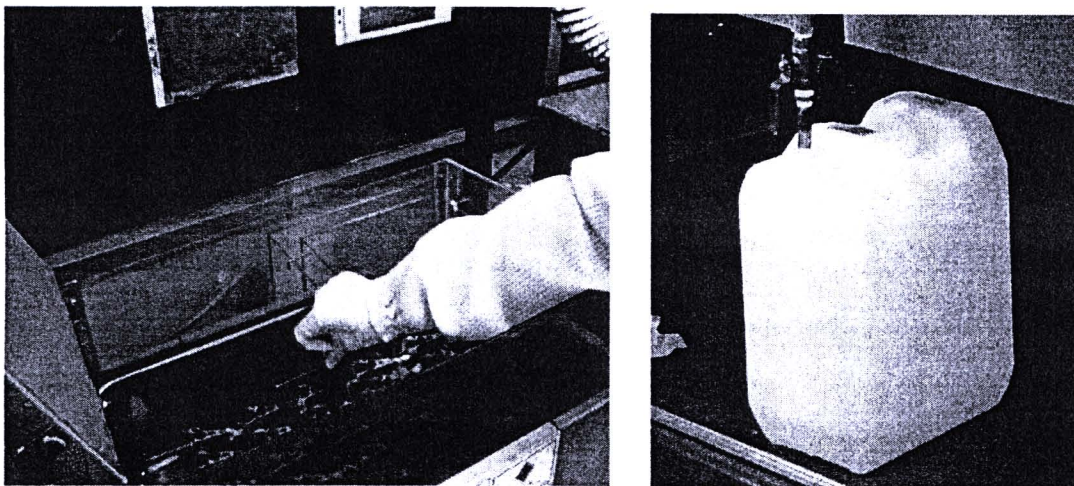


ภาพ 4.12 โพมสแบริบที่ใช้ในการกำจัดกาวส่วนเกิน

4.3.5 การใช้สารไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ในกระบวนการผลิต

สารไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์หรือสารไอพีเอ (Isopropyl alcohol, IPA) ใช้เพื่อทำความสะอาดอาร์มก่อนนำเข้าสู่กระบวนการประกอบอาร์มคอยล์ ไอระเหยของสารไอพีเอ อาจทำให้เกิดอาการง่วงซึมเวียนศีรษะและเกิดการระคายเคืองที่ผิวหนัง ตา ทางเดินหายใจ (เอเชีย แปซิฟิค ปีโตรเคมีคอล, 2552) นอกจากก่อให้เกิดการระคายเคืองแล้วยังเป็นสารไวไฟสูง การประกอบอาร์มคอยล์มีเตาอบที่มีความร้อนสูง ดังนั้นการใช้สารไอพีเอ จำเป็นต้องแยกกระบวนการออกจากส่วนการผลิตหลักเพื่อความปลอดภัย

สารไอพีเอมีการใช้ล้างอาร์มทุกผลิตภัณฑ์ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิตโดยทางโรงงาน ต้องการทำความสะอาดอาร์มจากสิ่งปนเปื้อนดังแสดงในภาพ 4.13



ภาพ 4.13 การล้างอาร์มด้วยสาร ไอพีเอและการทิ้งหลังจากการใช้แล้ว

4.4 การเลือกบริเวณหรือหน่วยการผลิตที่เกิดการสูญเสีย

จากนั้นทำการเลือกหน่วยผลิตเพื่อทำการประเมินละเอียดซึ่งเป็นการให้คะแนนจากผู้จัดการแผนกทางบริษัทกรณีศึกษา จุดที่ควรทำการประเมินละเอียดมีเกณฑ์การพิจารณาดังนี้ (สถาบันสิ่งแวดล้อม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2547)

4.4.1 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทำให้เกิดมลพิษและของเสียปริมาณมากซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูง จากข้อมูลในตาราง 4.6 มีรายละเอียดของการประเมินดังนี้

การรับวัตถุดิบอาร์มคอยล์ได้คะแนนเท่ากับ 3 ตรวจพบปริมาณของเสียอาร์มส่งผลให้มีของเสียหลังการประกอบอาร์มคอยล์เป็นจำนวนมาก

การล้างอาร์มด้วยสารไอพีเอได้คะแนนเท่ากับ 2 ถูกจัดอยู่ในคะแนนที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมปานกลางเนื่องจากสารไอพีเอก่อให้เกิดมลพิษโดยเฉพาะการระคายเคืองต่ออวัยวะต่างๆ อย่างไรก็ตามการใช้สารไอพีเอถูกจัดแยกห้องออกจากกระบวนการผลิตหลักภายในห้องยังมีตู้ดูดไอระเหยและพนักงานปฏิบัติงานสวมแว่นตา ผ้าปิดจมูก ทำให้มีความปลอดภัยในการทำงาน

ในกระบวนการผลิตมีการอบกาว ได้คะแนนเท่ากับ 2 เนื่องจากไอร้อนจากเตาอบส่งผลให้เกิดความร้อนแก่พนักงาน โดยเฉพาะพนักงานที่อยู่ใกล้บริเวณเตาอบ เช่น พนักงานตรวจสอบกาว หลังจากการประกอบอาร์มคอกซ์ก่อนนำเข้าสู่เตาอบ เป็นต้น

การเติมกาวระหว่างอาร์มคอกซ์และกาวจัดกาวส่วนเกินได้คะแนนเท่ากับ 2 เนื่องจากกาวก่อให้เกิดการระคายเคืองแก่ผู้สัมผัสโดยตรง อย่างไรก็ตามในกระบวนการผลิตพนักงานทุกคนต้องสวมใส่ถุงมือก่อนการปฏิบัติงาน และพนักงานที่สัมผัสกับกาวโดยตรงมีการสวมใส่แว่นตาเพื่อป้องกันกาวกระเด็นเข้าตา เช่น พนักงานในตำแหน่งเติมกาว เป็นต้น

การประกอบวัตถุดิบแท่งโลหะ ได้คะแนนเท่ากับ 1 มีคะแนนการประเมินต่ำเนื่องจากเป็นการประกอบชิ้นส่วนเพื่อให้ได้ตามข้อกำหนดของลูกค้า ซึ่งในกระบวนการไม่ได้ก่อให้เกิดมลพิษและของเสีย

4.4.2 การลงทุน มีค่าความสูญเสียคิดเป็นตัวเงินสูง หรือมีต้นทุนสูง

การรับวัตถุดิบอาร์มคอกซ์ได้คะแนนเท่ากับ 2 ซึ่งมีค่าความสูญเสียคิดเป็นตัวเงินจากของเสียอาร์มคอกซ์

การล้างอาร์มด้วยสารไอพีเอได้คะแนนเท่ากับ 2 มีการใช้ปริมาณมากเพื่อใช้กระบวนการล้างอาร์มซึ่งทำให้มีต้นทุนในการซื้อสารไอพีเอ

การอบกาว ได้คะแนนเท่ากับ 3 เนื่องจากในกระบวนการผลิตมีการอบกาวซึ่งเตาอบมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูง

การเติมกาวระหว่างอาร์มคอกซ์และกาวจัดกาวส่วนเกินได้คะแนนเท่ากับ 3 เนื่องจากในกระบวนการนี้มีการใช้กาวและมีการสูญเสียกาวเป็นจำนวนมาก ซึ่งทำให้มีค่าความสูญเสียวัตถุดิบคิดเป็นตัวเงินสูง

การประกอบวัตถุดิบแท่งโลหะได้คะแนนเท่ากับ 3 เนื่องจากในกระบวนการผลิตมีวัตถุดิบแท่งโลหะตกหล่นเป็นจำนวนมาก ซึ่งทำให้มีค่าความสูญเสียวัตถุดิบคิดเป็นตัวเงินสูง

4.4.3 โอกาสในการทำเทคโนโลยีสะอาดที่เห็นได้ชัด

การรับวัตถุดิบอาร์มคอยล์ได้คะแนนเท่ากับ 3 มีค่าความสูญเสียคิดเป็นต้นทุนจากของเสียอาร์มคอยล์ โดยเฉพาะเมื่อประกอบเป็นผลิตภัณฑ์พบของเสียจำนวนมาก ซึ่งการนำข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาดไปแก้ไขจะสามารถลดความสูญเสียดังกล่าวได้

การล้างอาร์มด้วยสารไอพีเอได้คะแนนเท่ากับ 2 มีการใช้ปริมาณมากเพื่อใช้กระบวนการล้างอาร์มซึ่งทำให้มีต้นทุนในการซื้อสารไอพีเอ การลดปริมาณการใช้หรือการหาปริมาณที่เหมาะสมจะสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้

การอบกาว ได้คะแนนเท่ากับ 3 เนื่องจากในกระบวนการผลิตมีการอบกาวซึ่งเตาอบมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูง การหาทางลดการใช้พลังงานไฟฟ้า หรือ หาแนวทางการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เต็มประสิทธิภาพจะสามารถลดต้นทุนลงได้

การเติมกาวระหว่างอาร์มคอยล์และกาวจัดกาวส่วนเกินได้คะแนนเท่ากับ 2 เนื่องจากในกระบวนการนี้มีการใช้กาวและสูญเสียกาวเป็นจำนวนมาก ซึ่งทำให้มีค่าความสูญเสียวัตถุดิบที่คิดเป็นต้นทุนที่สูง การหาปริมาณกาวที่เหมาะสมจะช่วยลดต้นทุนการผลิตลงได้

การประกอบวัตถุดิบแท่งโลหะได้คะแนนเท่ากับ 3 เนื่องจากในกระบวนการผลิตมีวัตถุดิบแท่งโลหะตกหล่นเป็นจำนวนมาก ซึ่งทำให้มีค่าความสูญเสียวัตถุดิบที่คิดเป็นต้นทุนที่สูง การป้องกันการสูญเสียวัตถุดิบจะทำให้ลดต้นทุนการผลิตลงได้

4.4.3 ความสนใจ/ความร่วมมือ

ทางบริษัทรณรงค์ศึกษาให้ความสนใจปรับปรุงลดของเสียอาร์มคอยล์ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการอบงานเป็นอันดับแรกซึ่งได้คะแนนเท่ากับ 3 ปรับปรุงหน่วยผลิตการรับอาร์มคอยล์ และการอบชิ้นงาน ตามลำดับ รองลงมาคือปรับปรุงกระบวนการล้างอาร์มด้วยสารไอพีเอ การเติมกาวระหว่างอาร์มคอยล์และกาวจัดกาวส่วนเกินได้คะแนนเท่ากับ 2 ความสนใจประเด็นสุดท้ายคือ การประกอบวัตถุดิบแท่งโลหะได้คะแนนเท่ากับ 1

จากตาราง 4.6 พบว่า หน่วยผลิตหรือประเด็นการทำเทคโนโลยีสะอาดที่เสนอมีคะแนนสูงเป็นอันดับแรก คือ หน่วยผลิตรับอาร์มคอยล์ เนื่องจากเป็นหน่วยแรกที่รับวัตถุดิบเข้ามา และหน่วยผลิตการอบกาว ซึ่งเป็นหน่วยการผลิตที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมาคือ หน่วยผลิตเติมกาวระหว่างอาร์มคอยล์ การกาวจัดกาวส่วนเกิน และการล้างอาร์มด้วยสารไอพีเอและหน่วยสุดท้ายคือการประกอบวัตถุดิบแท่งโลหะ ผู้วิจัยจึงเห็นโอกาสในการนำเทคนิคทางด้านวิศวกรรมอุตสาหกรรมมาแก้ปัญหา ซึ่งจะได้กล่าวโดยละเอียดในหัวข้อต่อไป

ตาราง 4.6 การเลือกหน่วยผลิตเพื่อทำการประเมินโดยละเอียด

หน่วยผลิตหรือ ประเด็นการทำ เทคโนโลยีสะอาด ที่เสนอ	เกณฑ์การเลือก (คะแนน)*				คะแนน รวม	ลำดับ ที่
	ผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อม (ปริมาณ)	การ ลงทุน**	โอกาสในการ ทำ CT ที่เห็น ได้ชัด	ความสนใจ/ ความ ร่วมมือ		
1.รับอาร์มคอยล์	3	2	3	3	11	1
2.การล้างอาร์ม ด้วยสารไอฟิเอ	2	2	2	2	8	3
3.การอบกาว	2	3	3	3	11	1
4.เติมการระหว่าง อาร์มคอยล์ และ กำจัดกาวส่วนเกิน	2	3	2	2	9	2
5.การประกอบ วัตถุดิบแท่งโลหะ	1	3	1	1	6	4

* คะแนน

1 = ต่ำ

2 = ปานกลาง

3 = สูง

** คะแนนสำหรับการลงทุน

1 = ลงทุนสูง

2 = ลงทุนปานกลาง

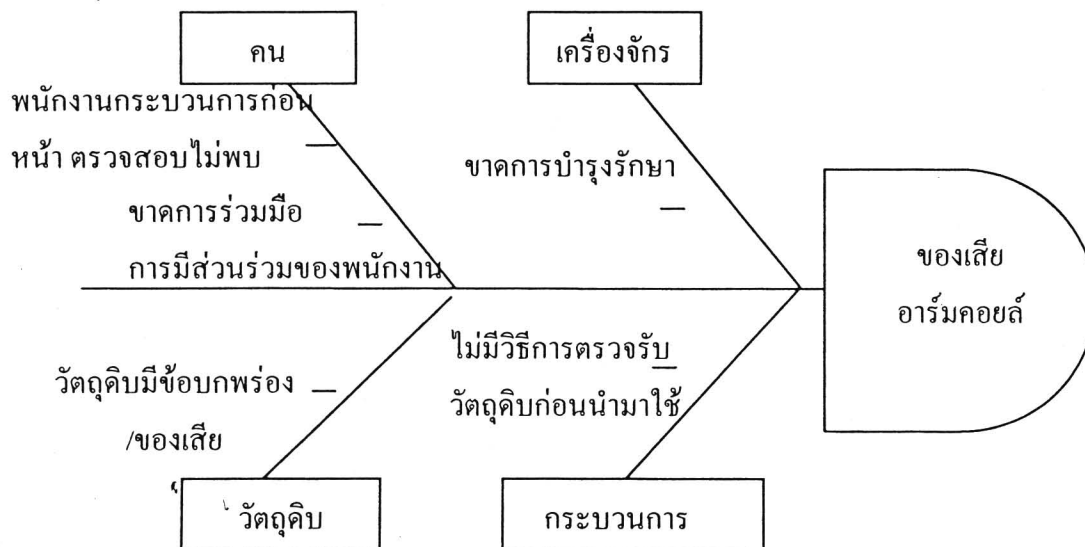
3 = ลงทุนต่ำ

4.5 การระบุสาเหตุและทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้

4.5.1 สาเหตุการเกิดของเสียอาร์มคอยล์

การเกิดของเสียอาร์มคอยล์ สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ตามแผนภูมิแก้มปลา ดังแสดงในภาพ 4.14 โดยส่วนหนึ่งเกิดจากการปฏิบัติหน้าที่ของพนักงาน เช่น พนักงานในกระบวนการก่อนหน้ามีการปล่อยวัตถุดิบที่เป็นของเสียหรือมีข้อบกพร่องเข้ามาในกระบวนการผลิต เป็นต้น และการเกิดของเสียภายในกระบวนการผลิตพนักงานขาดการประสานงาน การร่วมมือกันในการแก้ไขปัญหา ไม่มีมาตรฐานการทำงานโดยเฉพาะเมื่อมีการเกิดของเสีย พนักงานไม่มีแนวทางการปฏิบัติเพื่อแก้ไขปัญหาของเสียนั้น กระบวนการผลิตยังคงมีการผลิตงานเสียออกมา

นอกจากนี้การรับเอาวัตถุดิบที่เป็นของเสียหรือมีข้อบกพร่องเข้ามาในกระบวนการผลิต โดยไม่มีการตรวจสอบทำให้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ได้เป็นของเสียหรือข้อบกพร่อง อีกทั้งในกระบวนการผลิตขาดการดูแลรักษาเครื่องจักรส่งผลให้เกิดของเสียได้ด้วยเช่นกัน



ภาพ 4.14 สาเหตุการเกิดของเสียอาร์มคอยล์

4.5.2 สาเหตุการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เต็มประสิทธิภาพ

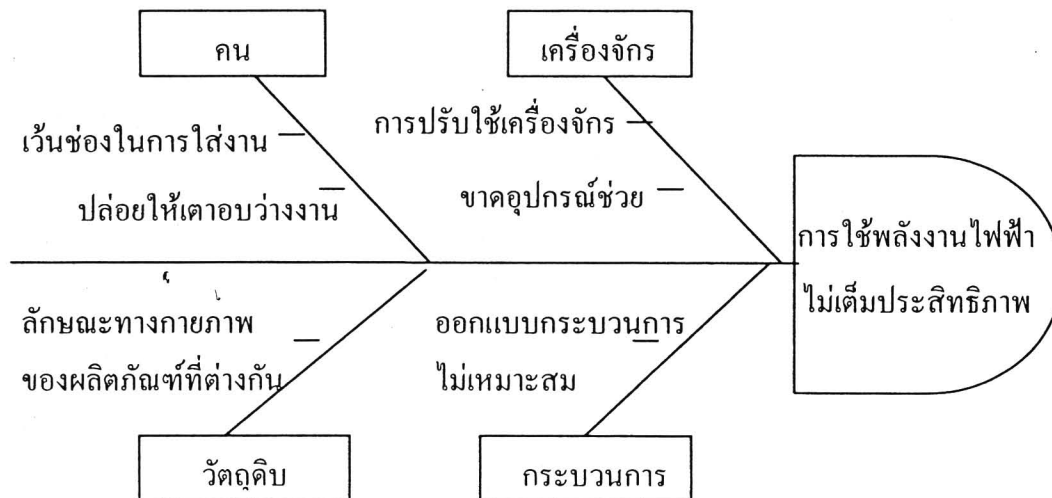
การใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เต็มประสิทธิภาพ สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ตามแผนภาพ ก้างปลาแสดงในภาพ 4.15 โดยส่วนหนึ่งเกิดจากพนักงานไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานของการผลิตที่ได้วางไว้ เช่น ขั้นตอนอบกาวได้กำหนดการวางจิก (Bonding Jig) ในหนึ่งแถว หากมีการวางโดยเว้นช่องว่างไม่ครบตามจำนวนหรือการปล่อยให้เตาอบว่างงาน ก่อให้เกิดความสูญเสียพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น

การปรับใช้เครื่องจักรที่ไม่เต็มประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่น มีงานรอเข้าเตาอบถือเป็นความสูญเสียซึ่งความเร็วของสายพานอบชิ้นงานยังไม่มีการศึกษาค่าที่เหมาะสม ความเร็วของสายพานเป็นการปรับตั้งค่าเครื่องจักรเริ่มแรกเพื่อให้ได้ค่าอุณหภูมิตามที่ลูกค้ากำหนดหากมีการศึกษาเพื่อเพิ่มความเร็วโดยให้มีความเร็วเพิ่มขึ้นและไม่กระทบถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ผลผลิตจากการอบงานจะได้เร็วขึ้น

การขาดอุปกรณ์ช่วยในกระบวนการผลิต โดยในกระบวนการผลิตมีการเปิดเตาอบ หากออกแบบอุปกรณ์ช่วยในกระบวนการผลิตร่วมกับการอบกาวเพื่อปิดเตาอบจะสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้

การออกแบบกระบวนการที่ไม่เหมาะสม เช่น การจัดสายผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันไว้ในเตาอบเดียวกัน ผลิตภัณฑ์อื่นไม่สามารถใช้ร่วมได้หากในเดือนนั้นๆ ไม่มีแผนในการผลิต สายการผลิตอีกครั้งหนึ่งจะว่างหรือใช้เตาอบเพียงครั้งเดียว หากมีการจัดสายการผลิตโดยทุกเตาอบสามารถผลิต

ผลิตภัณฑ์ได้ทุกชนิดจะสามารถลดการเปิดเตาอบเพื่อให้อบชิ้นงานได้ เป็นต้น ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะรูปร่างของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดต่างกันซึ่งไม่สามารถใช้จักรร่วมกันได้ต้องเปิดเตาเพื่ออบผลิตภัณฑ์ชนิดนั้นๆเพื่อป้องกันการปนกันระหว่างผลิตภัณฑ์หากขาดการจัดการควบคุมที่ดีจะทำให้มีการเปิดใช้เตาอบโดยไม่จำเป็นส่งผลให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น

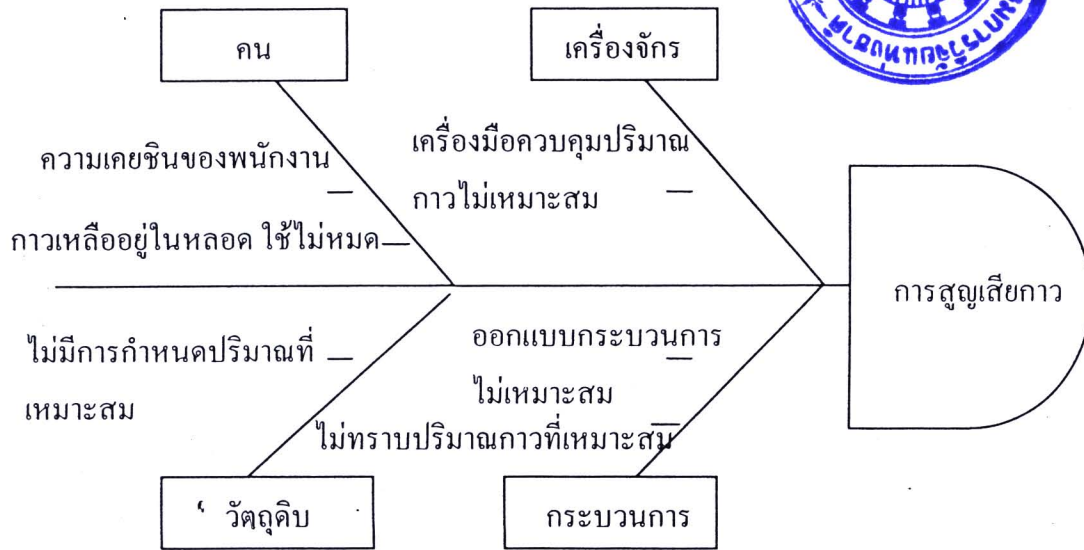


ภาพ 4.15 สาเหตุการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เต็มประสิทธิภาพ

4.5.3 สาเหตุการสูญเสียการ

การสูญเสียการสามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ตามแผนภาพก้างปลาแสดงในภาพ 4.16 โดยส่วนหนึ่งเกิดจากพนักงานไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานของการผลิตที่ได้วางไว้ เช่น พนักงานไม่มีการชั่งน้ำหนักกาวโดยปกติให้ช่วงช่วงเริ่มการผลิตและทุกๆหนึ่งชั่วโมง การไม่ชั่งกาวจะไม่สามารถควบคุมปริมาณกาวที่เติมลงไปในอาร์มคอยล์ได้ เป็นต้น อีกทั้งการไม่ทราบปริมาณกาวที่เหมาะสมที่เติมระหว่างอาร์มคอยล์ส่งผลให้พนักงานเติมกาวมากหรือน้อยเกินไป ในกรณีที่เติมกาวมากพนักงานจะมีการกำจัดออก กรณีที่กาวน้อยจะมีการเติมซ้ำให้ล้นออกมากและกำจัดออกซึ่งกลายเป็นความเคยชินของพนักงานในการปฏิบัติงาน ทั้งสองกรณีก่อให้เกิดการสูญเสียการ

เครื่องจักรขาดการบำรุงรักษาที่ดีโดยเฉพาะฐานที่ใช้สำหรับจิกทำให้เข็มเดินกาวไม่ตรงกาวเปื้อนขอบชิ้นงานได้ อีกทั้งยังขาดเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมปริมาณกาว ทำให้มีกาวเหลือที่ปลายหลอด



ภาพ 4.16 สาเหตุการสูญเสียการระหว่างการเติมกาวอาร์มคอยล์

จากการระบุสาเหตุของปัญหาสามารถคัดเลือกข้อเสนอทางด้านเทคโนโลยีสะอาดดังแสดงในตาราง 4.7

การเกิดของเสียอาร์มคอยล์มีการคัดเลือกข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาดคือ การปรับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิตโดยตรวจสอบอาร์มก่อนเข้ากระบวนการและการหยุดผลิตชั่วคราวเมื่อเกิดของเสียในกระบวนการผลิต

การใช้พลังงานไฟฟ้า ศึกษาความเร็วของสายพานเตาอบขึ้นงาน โดยการเพิ่มความเร็วของสายพานลดการรอนเข้าเตาอบเพื่อให้ผลิตภาพเพิ่มขึ้นและออกแบบอุปกรณ์ช่วยในกระบวนการผลิตเพื่อใช้ร่วมเตาเดียวกับการอบกาว

การสูญเสียการหาปริมาณกาวที่เหมาะสมที่เดิมระหว่างอาร์มคอยล์มีความเกี่ยวข้องกับสารไอพีเอที่ใช้ล้างอาร์มคือคุณภาพค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอาร์มคอยล์ ดังนั้นการศึกษาจึงต้องทำควบคู่กันไป ในส่วนข้อเสนอที่นำกาวที่เหลือจากปลายหลอดมาใช้ในทางปฏิบัติไม่สามารถทำได้เนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์กาวหมดอายุก่อนนำกลับมาใช้ใหม่

ข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาดเกี่ยวกับการสูญเสียวัตถุดิบแท่งโลหะ สามารถทำได้ทันทีโดยกำหนดการเบิกจ่ายด้วยแผ่นควบคุม (Check sheet)

ตาราง 4.7 การคัดทางเลือกข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด

ทางเลือกข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด	ทำได้ทันที	ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม	ไม่สามารถปฏิบัติได้	หมายเหตุ
1.การลดของเสียอาร์มคอยล์ 1.1 ปรับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิตโดยการตรวจสอบอาร์มก่อนเข้ากระบวนการผลิต 1.2 การหยุดผลิตชั่วคราว เมื่อเกิดของเสียในกระบวนการผลิต		/		
2.การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า 2.1 การเพิ่มความเร็วของสายพานเดาอบชิ้นงาน 2.2 ออกแบบอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน		/		
3.การลดการสูญเสียความร้อน 3.1 การหาปริมาณความร้อนที่เหมาะสมระหว่างอาร์มคอยล์ 3.2การนำความร้อนในปลายหลอดมาใช้		/	/	
4.ลดการใช้สารไอพ่นในกระบวนการล้างอาร์ม		/		
5.การกำหนดเบิกจ่ายวัตถุดิบแห่งโลหะ	/			

4.6 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ของข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด

จากการพิจารณาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม ซึ่งประเมินจากผู้จัดการแผนกโดยใช้แบบประเมินของการศึกษาความเป็นไปได้ (ภาคผนวก ข) เมื่อสรุปผลคะแนนความเป็นไปได้ของแต่ละข้อเสนอดังแสดงในตาราง 4.8 มีความเป็นไปได้ในการปรับปรุงการดำเนินงานตามหลักการของเทคโนโลยีสะอาด

ตาราง 4.8 การศึกษาความเป็นไปได้ของข้อเสนอทางเทคโนโลยีสะอาด

ข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด	คะแนนความเป็นไปได้			รวม คะแนน	ปฏิบัติได้
	ด้าน เทคนิค	ด้าน เศรษฐศาสตร์	ด้าน สิ่งแวดล้อม		
1.การลดของเสียอาร์มคอยล์					
1.1 ปรับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิต โดยการตรวจสอบอาร์มก่อนเข้า กระบวนการผลิต	3	1	1	5	/
1.2 การหยุดการผลิตชั่วคราว เมื่อ เกิดของเสียในกระบวนการผลิต	3	2	2	7	/
2.การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ พลังงานไฟฟ้า	3	1	1	5	/
2.1การเพิ่มความเร็ของสายพาน เตาอบชิ้นงาน	3	1	1	5	/
2.2 อุปกรณ์ประหยัดพลังงาน					
3.การลดการสูญเสียลาว					
3.1การหาปริมาณลาวที่เหมาะสม เต็มระหว่างอาร์มคอยล์	3	2	2	7	/
4.ลดการใช้สารไอพีเอใน กระบวนการล้างอาร์ม	3	2	2	7	/

หมายเหตุ คะแนนการประเมินความเป็นไปได้ทางเทคนิค จากภาคผนวก ข

คะแนน 10-15 ได้ 3 (สูง)

คะแนน 5-9 ได้ 2 (ปานกลาง)

คะแนน 0-4 ได้ 1 (ต่ำ)

คะแนนการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ จากภาคผนวก ข

คะแนน 7-9 ได้ 3 (สูง)

คะแนน 4-6 ได้ 2 (ปานกลาง)

คะแนน 0-3 ได้ 1 (ต่ำ)

คะแนนการประเมินความเป็นไปได้ทางสิ่งแวดล้อม จากภาคผนวก ข

คะแนน	7-9	ได้	3 (สูง)
คะแนน	4-6	ได้	2 (ปานกลาง)
คะแนน	0-3	ได้	1 (ต่ำ)

4.7 ผลการประยุกต์ใช้ข้อเสนอและเทคนิคทางด้านวิศวกรรมอุตสาหการ

จากผลการศึกษาความเป็นไปได้ของข้อเสนอทางเทคโนโลยีสะอาด ซึ่งประกอบไปด้วย การลดของเสียอาร์มคอยล์ โดยปรับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิตตรวจสอบอาร์มก่อนเข้ากระบวนการผลิต และการหยุดการผลิตชั่วคราวเมื่อเกิดของเสียในกระบวนการผลิต การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยการเพิ่มความเร็วของสายพานเตาอบชิ้นงานและออกแบบอุปกรณ์ช่วยในกระบวนการผลิตเพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้า การลดการสูญเสียการหาปริมาณกาวที่เหมาะสมเต็มระหว่างอาร์มคอยล์และมีความเกี่ยวข้องกับสารไอพีเอ การศึกษาต้องทำความเข้าใจกันไปใน ซึ่งการแก้ไขปัญหาต่างๆมีรายละเอียดดังนี้

4.7.1 การลดของเสียอาร์มคอยล์: หยุดผลิตชั่วคราวเมื่อเกิดของเสีย

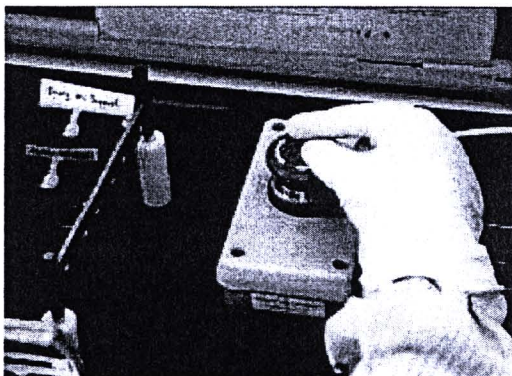
การหยุดผลิตชั่วคราวเมื่อเกิดของเสียในกระบวนการผลิตโดยพนักงานมีส่วนร่วม
ตัดสินใจแก้ไขปัญหาโดยใช้เทคนิคการควบคุมการมองเห็น มีขั้นตอนการดำเนินการ คือ กำหนด
เป้าหมายจำนวนของเสีย และ การควบคุมการมองเห็นเพื่อหยุดการผลิต ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.กำหนดเป้าหมายจำนวนของเสีย

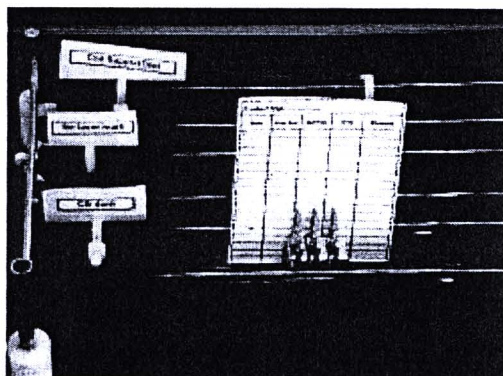
การกำหนดเป้าหมายของเสียในกระบวนการผลิตโดยประชมฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตเพื่อกำหนดจำนวนของเสียที่สามารถมีได้ในหนึ่งล็อต ตัวอย่างเช่น จำนวนชิ้นงานหนึ่งล็อต 240 ตัว ถ้าต้องการเปอร์เซ็นต์ผลผลิตต่อล็อต 99.50% แสดงว่าจำนวนของเสียในหนึ่งล็อตสามารถมีได้คือ 1 ตัว ถ้าเกิดของเสียตัวที่ 2 ผลผลิตต่อล็อตเท่ากับ 99.16% ซึ่งเกินเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ ดังนั้นจึงให้หยุดการผลิตเพื่อทำการแก้ไขปัญหา

2.การควบคุมการมองเห็นเพื่อหยุดการผลิต

1) กระบวนการตรวจสอบพบจำนวนของเสียเกินเป้าหมายที่กำหนดไว้ให้พนักงานกดปุ่มเพื่อทำการหยุดการผลิตดังแสดงในภาพ 4.17 และบันทึกชนิดของเสียลงใบลิสต์ดังแสดงในภาพ 4.18



ภาพ 4.17 พนักงานกดหยุดปั๊มเพื่อหยุดผลิต



ภาพ 4.18 ใบล๊อตที่ใช้เขียนชนิดของเสีย

2) เมื่อได้ยินเสียงเตือนและไฟสัญญาณเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดงให้ทุกคนหยุดการทำงาน จากนั้นให้วิศวกร หัวหน้างาน ผู้ช่วยหัวหน้างาน เข้าไปตรวจสอบดูของเสียร่วมกันแล้วทำการหาสาเหตุ จากนั้นดำเนินการแก้ไขปัญาโดยการแจ้งชนิดของเสียเพื่อให้พนักงานทำการปรับปรุงแก้ไขและเนื่องจากชื่อกระบวนการผลิตเป็นความลับของทางบริษัทจึงได้สมมุติขึ้น การทำงานให้ปฏิบัติดังแสดงในภาพ 4.19 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

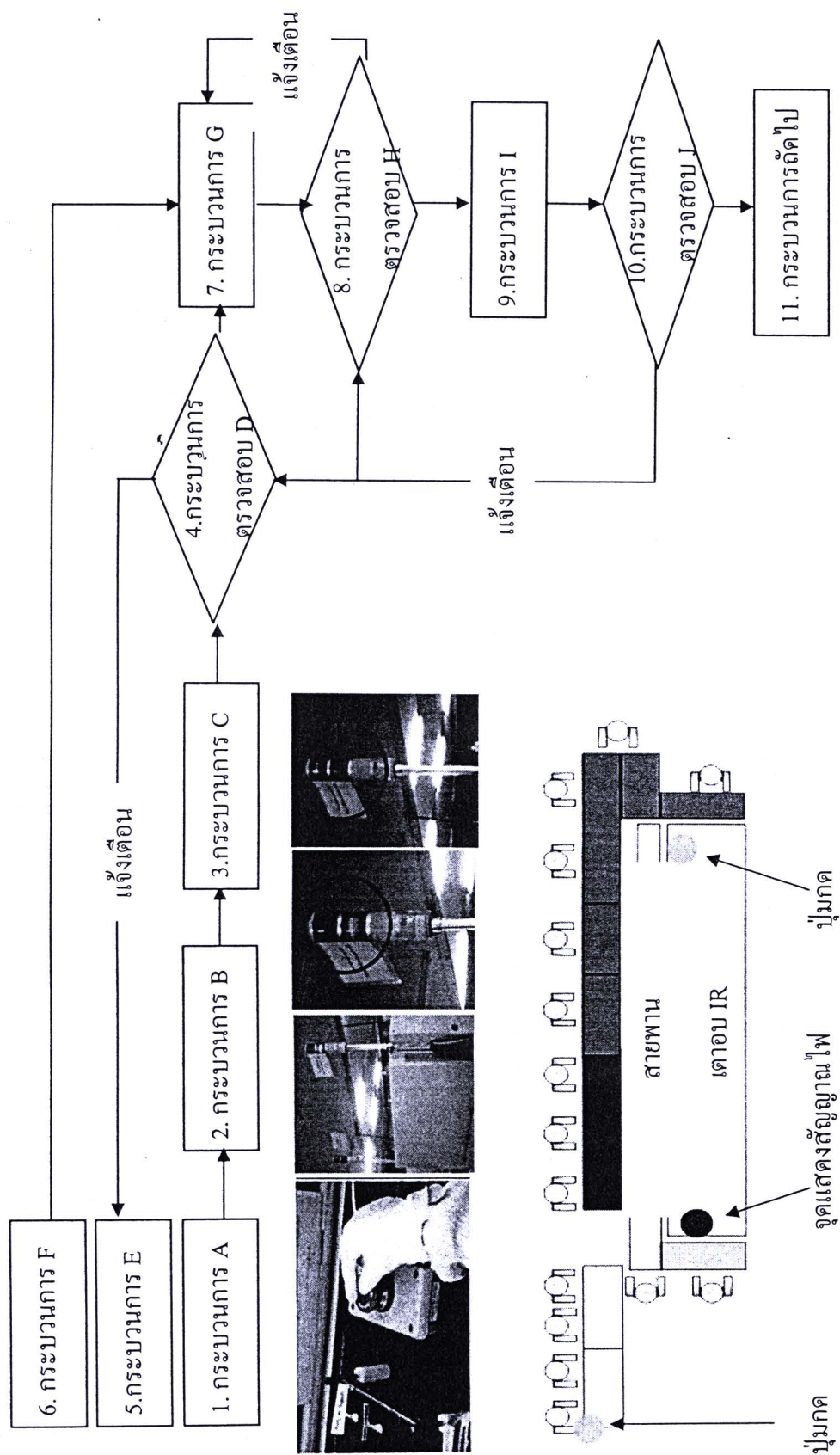
2.1) เมื่อพนักงานตรวจสอบกระบวนการ D หมายเลข 4 ตรวจพบของเสียอาร์มให้แจ้งหัวหน้างานในกระบวนการประกอบอาร์มคอยล์ โดยหัวหน้าที่ควบคุมการผลิตแจ้งชนิดของเสียไปยังกระบวนการ E หมายเลข 5 ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตอาร์มให้ดำเนินการแก้ไขปัญาต่อไป

2.2) เมื่อพนักงานตรวจสอบชิ้นงานกระบวนการ H หมายเลข 8 พบของเสียกาวให้แจ้งมายังพนักงานกระบวนการ G หมายเลข 7 ซึ่งมีหน้าที่เติมกาวระหว่างอาร์มคอยล์เพื่อทำการแก้ไขการเกิดของเสียกาว

2.3) เมื่อพนักงานตรวจสอบกระบวนการ J หมายเลข 10 พบของเสียให้แจ้งชนิดของเสียตามตำแหน่งที่ตรวจพบ คือ

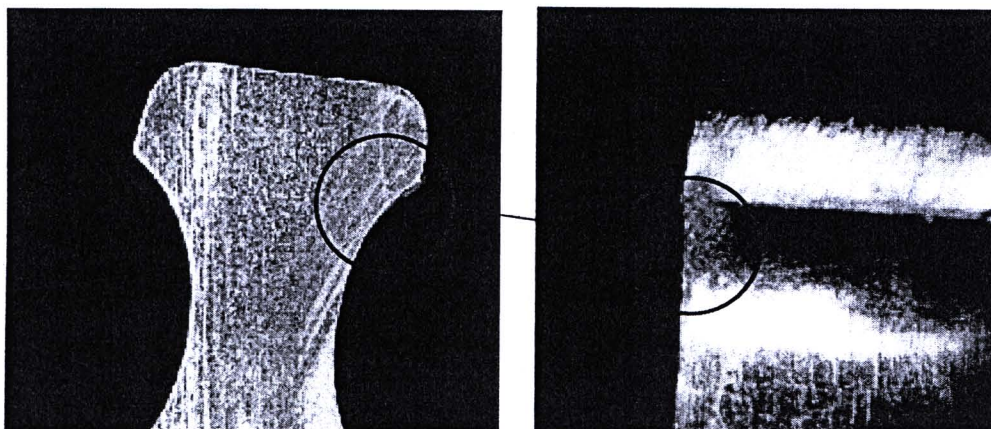
- พบของเสียกาว แจ้งมายังพนักงานตรวจสอบกระบวนการ H หมายเลข 8
- พบของเสียอาร์มแจ้งมายังพนักงานตรวจสอบกระบวนการ D หมายเลข 4

2.4) ทำการบันทึกชนิดของเสียในแต่ละวันเพื่อหาทางการแก้ไขปัญาต่อไป



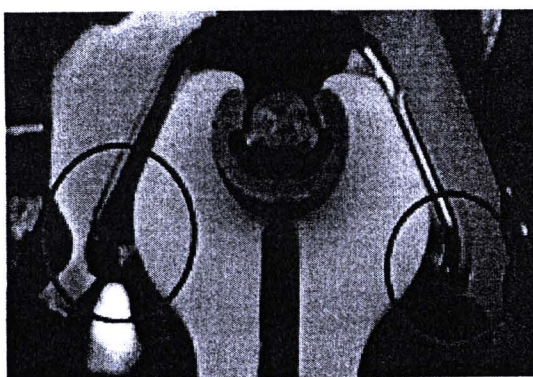
ภาพ 4.19 ขั้นตอนการหยุดผลิตเมื่อเกิดของเสียในกระบวนการผลิต

ตัวอย่างการใช้เทคนิคควบคุมการมองเห็น โดยหยุดการผลิตชั่วคราวเมื่อเกิดของเสียในกระบวนการผลิตเนื่องจากของเสียในกระบวนการผลิตมีหลายชนิด ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงยกตัวอย่างการแก้ไขปัญหาของเสียที่เกิดขึ้น คือ กาวเปื้อนบนชิ้นงานตำแหน่งที่ 2 ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ของเสียเป็นอันดับที่ 1 ของเดือนมีนาคม 2551 ตัวอย่างของเสียกาวเปื้อนบนชิ้นงานดังแสดงในภาพ 4.20

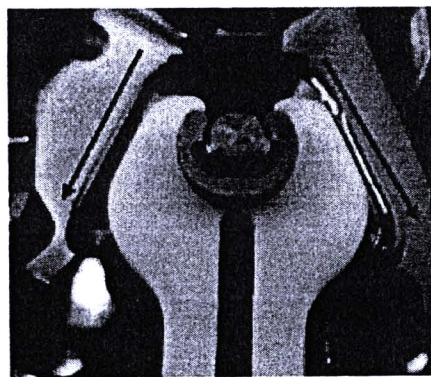


ภาพ 4.20 ตัวอย่างของเสียกาวเปื้อนบนชิ้นงาน

ของเสียกาวเปื้อนบนชิ้นงานเกิดขึ้นในกระบวนการเติมกาวระหว่างอาร์มคอยล์, การกำจัดกาวส่วนเกิน สาเหตุของการเกิดคือ ปริมาณกาวที่มากเกินไป ดังแสดงในภาพ 4.21 ทำให้ต้องมีการกำจัดกาวออก และทิศทางการกำจัดทำให้กาวไปเปื้อนในบริเวณดังกล่าว ดังแสดงในภาพ 4.22

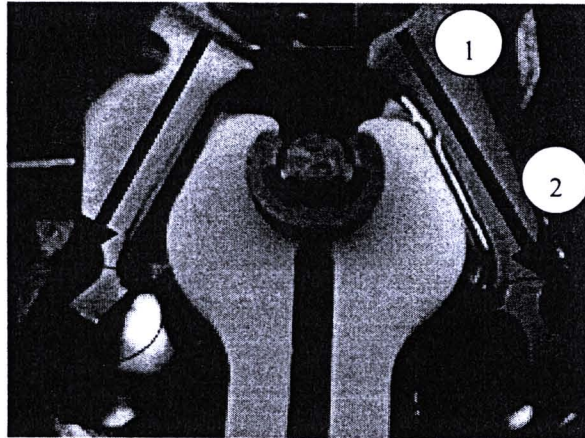


ภาพ 4.21 ปริมาณกาวที่มากเกินไป

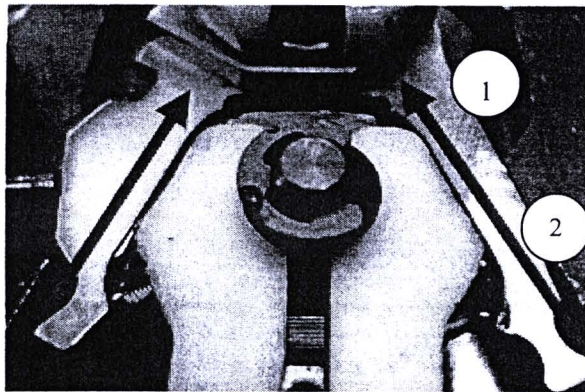


ภาพ 4.22 ทิศทางการกำจัดกาว

จากการทำงานและค้นหาสาเหตุร่วมกันของพนักงานการแก้ไขที่ได้ทันที (Corrective action) คือ การปรับเปลี่ยนวิธีการกำจัดกาวส่วนเกินจากในปัจจุบันมีทิศทางจากตำแหน่ง 1 ไปตำแหน่ง 2 ดังแสดงในภาพ 4.23 เปลี่ยนวิธีการกำจัดจากตำแหน่ง 2 ไปตำแหน่ง 1 ดังแสดงในภาพ 4.24 ซึ่งเป็นการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานเพื่อแก้ไขของเสีย



ภาพ 4.23 ก่อนการปรับปรุงเปลี่ยนทิศทางการกำจัดกาส่วนเกิน จาก 1 ไป 2



ภาพ 4.24 หลังการปรับปรุงเปลี่ยนทิศทางการกำจัดกาส่วนเกิน จาก 2 ไป 1

จากการทำกิจกรรมร่วมกันจากทุกฝ่ายสามารถลดของเสียกาเบื้อบนบนขึ้นงานลงจาก 0.41% เป็น 0.025% นั้นหมายถึง สามารถลดค่าความเสียหายในที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายเมื่อสินค้าที่ผลิตขึ้นไม่ได้ตามระดับคุณภาพที่ต้องการ คือ ผลิตภัณฑ์อาร์มคอยล์เป็นของเสียได้ 2,193X₁ บาทต่อเดือน โดยที่ X₁ คือ ราคาขายผลิตภัณฑ์อาร์มคอยล์ มีหน่วยเป็นบาทต่อชิ้น (ไม่สามารถเปิดเผยราคาขายได้) การคำนวณคิดจากจำนวนของเสียที่ลดลงคูณด้วยราคาขาย คือ จำนวนของเสียก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 2,287 ชิ้น หลังทำการปรับปรุงมีของเสีย 94 ชิ้น ดังนั้นค่าความเสียหายในเท่ากับ

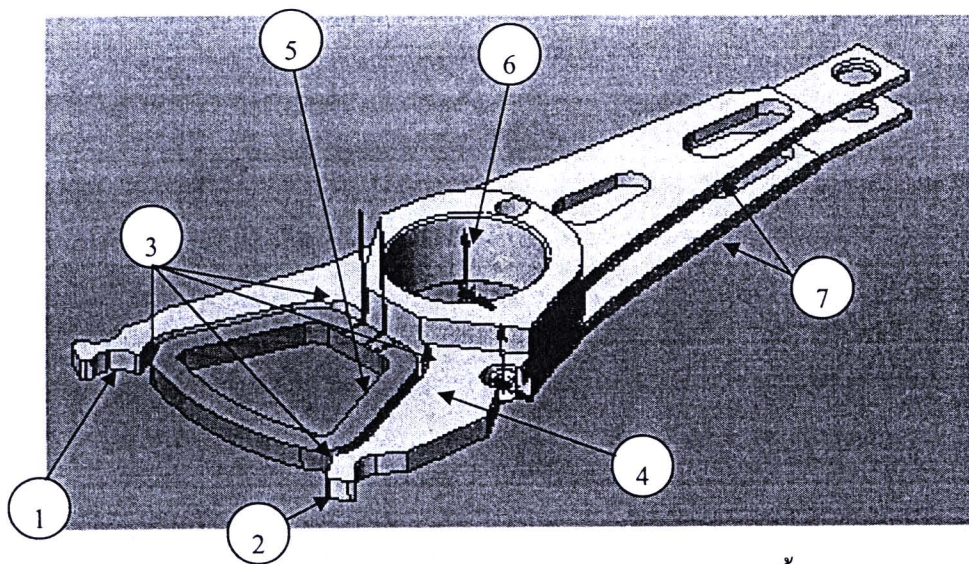
$$\begin{aligned}
 &= (\text{ของเสียก่อนปรับปรุง} - \text{ของเสียหลังปรับปรุง}) \times \text{ราคาขาย} \\
 &= (2,287 - 94) X_1 \\
 &= 2,193X_1 \text{ บาทต่อเดือน}
 \end{aligned}$$

อย่างไรก็ดีการเปลี่ยนวิธีการทำงานเป็นการแก้ไขปัญหาค้นที่จากการทำงานร่วมกันระหว่างพนักงานทุกฝ่ายยังมีการสูญเสียที่ถูกลำจัดออกไปอยู่ ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาปริมาณการที่เหมาะสมเพื่อลดการสูญเสียระหว่างการผลิตต่อไป

4.7.2 การลดของเสียอาร์มคอยล์: ปรับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิตด้วยเทคนิคอีซีอาเอส

การประเมินละเอียดทำให้ทราบว่า การเกิดของเสียอาร์มคอยล์ส่วนหนึ่งมาจากการใช้วัตถุดิบโดยเฉพาะการใช้อาร์มที่มีข้อบกพร่อง/ของเสีย เมื่อนำมาประกอบเป็นผลิตภัณฑ์อาร์มคอยล์สำเร็จรูปจึงเป็นของเสีย ดังนั้นทางผู้วิจัยมีแนวคิดปรับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิตโดยใช้เทคนิคอีซีอาเอส เพิ่มการตรวจสอบอาร์มก่อนนำเข้าสู่กระบวนการ

จากการปรึกษากับทางโรงงานต้องการจัดกระบวนการตรวจสอบชิ้นงานใหม่ เพื่อนำพนักงานบางส่วนมาตรวจสอบอาร์มก่อนเข้ากระบวนการ และเน้นตรวจสอบตำแหน่งที่เกิดของเสีย ซึ่งการตรวจสอบของพนักงานบนชิ้นงานดังแสดงในภาพ 4.25 และตำแหน่งตรวจสอบบนชิ้นงานก่อนและหลังปรับปรุงดังแสดงในตาราง 4.9



ภาพ 4.25 ตำแหน่งของการตรวจสอบของพนักงานบนชิ้นงาน

การใช้หลักการอีซีอาเอสจัดกระบวนการตรวจสอบชิ้นงานใหม่

- 1) บริเวณตำแหน่งที่ 4, 6, 7 บนชิ้นงาน เกิดของเสียมากหลังการประกอบอาร์มคอยล์
- 2) บริเวณตำแหน่งที่ 4 เมื่อประกอบคอยล์การตรวจหาของเสียทำได้ยาก โดยเฉพาะเศษโลหะเล็กๆ ที่หลุดได้

ตาราง 4.9 ตำแหน่งในการตรวจสอบอาร์มคอยล์

พนักงานที่	ตำแหน่งตรวจสอบ กระบวนการตรวจสอบชิ้นงาน		ตำแหน่งตรวจสอบ กระบวนการตรวจสอบอาร์ม		เทคนิค อีซีอาเอส (ECRS)
	ก่อนการ ปรับปรุง	หลังการ ปรับปรุง	ก่อนการ ปรับปรุง	หลังการ ปรับปรุง	
1	1	1	-	-	
2	2	2	-	-	
3	3	3	-	-	
4	4	-	-	4	E,R,S
5	5	5	-	-	
6	6	-	-	6	E,R
7	7	-	-	7	E,R

จากภาพ 4.25 และ ตาราง 4.9 ตำแหน่งตรวจสอบกระบวนการตรวจสอบชิ้นงานพนักงานคนที่ 1,2,3,5 ก่อนและหลังการปรับปรุงยังเดิมคือ ตรวจสอบบริเวณหมายเลข 1,2,3,5 ตามลำดับ

พนักงานที่ 4, 6, 7 ก่อนการปรับปรุงมีการตรวจสอบบริเวณหมายเลข 4, 6, 7 ของกระบวนการตรวจสอบชิ้นงาน ตามลำดับซึ่งเป็นกระบวนการตรวจสอบหลังการประกอบผลิตภัณฑ์ หลังการปรับปรุงจัดเรียงกระบวนการใหม่ (R=Rearrange) โดยย้ายพนักงานมาตรวจสอบอาร์มบริเวณหมายเลข 4, 6, 7 ตามลำดับ ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการสามารถลดของเสียอาร์มในตำแหน่งดังกล่าวได้ (E=Eliminate) อีกทั้งการตรวจสอบของเสียพิเศษโลหะตำแหน่งที่ 4 ทำได้ง่าย (S = Simplify)

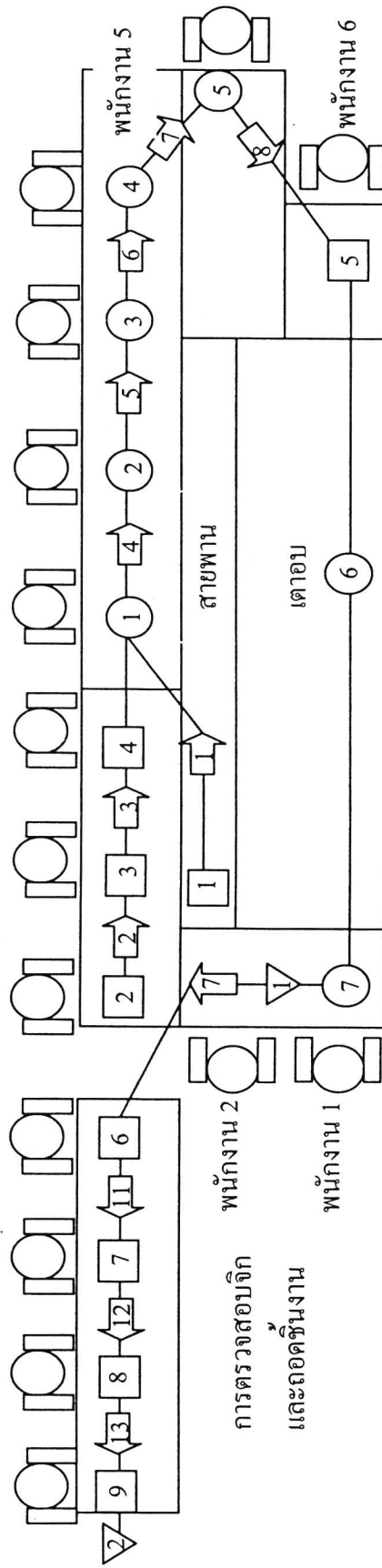
การจัดกระบวนการตรวจสอบชิ้นงานใหม่เพื่อลดของเสียอาร์มก่อนนำเข้าสู่กระบวนการประกอบอาร์มคอยล์ กระบวนการเริ่มจากการตรวจสอบจิก 1 จากนั้นส่งจิกเข้าสู่สายพานลำเลียง พนักงานกระบวนการตรวจสอบอาร์มคนที่ 1, 2, 3 ตรวจสอบอาร์มที่ได้ตามข้อกำหนดส่งให้กระบวนการประกอบอาร์มคอยล์พนักงานคนที่ 1, 2, 3 ประกอบอาร์มคอยล์ แคมล๊อค ตามลำดับส่งให้พนักงานคนที่ 4, 5 เดิมกาวระหว่างอาร์มคอยล์ และส่งให้พนักงานที่ 6 ตรวจสอบก่อนนำเข้าสู่เตาอบ หลังจากอบชิ้นงานนำเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบ สามารถจัดแผนผังการไหลของการประกอบอาร์มคอยล์ดังแสดงในภาพ 4.26

กระบวนการตรวจสอบชิ้นงาน

กระบวนการตรวจสอบอาร์ม

กระบวนการประกอบอาร์มคอยล์

พนักงาน 7 พนักงาน 6 พนักงาน 5 พนักงาน 4 พนักงาน 1 พนักงาน 2 พนักงาน 3 พนักงาน 4



ภาพ 4.26 แผนผังการไหลของการประกอบอาร์มคอยล์หลังการปรับปรุง

หลังจากการปรับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิต ส่งผลให้ของเสียอาร์มคอยล์ลดลงจาก 0.48 % เป็น 0.15 % ดังแสดงในตาราง 4.10 ซึ่งของเสียอาร์มที่ตรวจพบจะไม่ถูกนำไปใช้ในกระบวนการประกอบอาร์มคอยล์ สามารถลดค่าความเสียหายในซึ่งเป็นค่าที่ไม่สามารถขายสินค้าเนื่องจากผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปอาร์มคอยล์เป็นของเสียได้ 4,107X₁ บาทต่อเดือน การคำนวณคิดจากจำนวนของเสียที่ลดลงคูณด้วยราคาขาย คือ จำนวนของเสียก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 5,244 ชิ้น หลังการปรับปรุงมีของเสีย 1,137 ชิ้น ดังนั้นค่าความเสียหายในเท่ากับ

$$\begin{aligned} &= (\text{ของเสียก่อนปรับปรุง} - \text{ของเสียหลังปรับปรุง}) \times \text{ราคาขาย} \\ &= (5,244 - 1,137) X_1 \\ &= 4,107X_1 \text{ บาทต่อเดือน} \end{aligned}$$

ตาราง 4.10 ข้อมูลเปรียบเทียบของเสียก่อนและหลังการปรับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิต

ตำแหน่ง ของเสีย	ก่อนปรับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิต			หลังปรับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิต		
	วัตถุดิบเข้า (ตัว)	ของเสีย (ตัว)	% ของเสีย	วัตถุดิบเข้า (ตัว)	ของเสีย (ตัว)	% ของเสีย
ตำแหน่งที่ 1	1,084,872	1,210	0.11	762,351	69	0.009
ตำแหน่งที่ 2	1,084,872	1,099	0.10	762,351	258	0.034
ตำแหน่งที่ 3	1,084,872	1,053	0.10	762,351	153	0.020
ตำแหน่งที่ 4	1,084,872	977	0.09	762,351	301	0.039
ตำแหน่งที่ 5	1,084,872	905	0.08	762,351	356	0.047
ทั้งหมด		5,244	0.48		1,137	0.15

4.7.3 การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า: การเพิ่มความเร็วของสายพานเตาอบ
ชิ้นงาน

ความเร็วของสายพานการอบชิ้นงานในปัจจุบันคือ 170 มิลลิเมตรต่อนาที การอบชิ้นงาน
อบในช่วงอุณหภูมิตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้คุณภาพซึ่งเป็นค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง
อาร์มคอยล์ตามที่ลูกค้าต้องการ ณ ความเร็วของสายพานปัจจุบันไม่ทันต่อปริมาณการอบ ดังนั้นจึง
ได้ศึกษาการทำงานของเตาอบและคำนวณหาผลผลิตก่อนปรับค่าความเร็วของสายพานเตาอบเพื่อ
ไม่ให้กระทบถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ดังนี้

ในการคำนวณเวลาในการทำงานของเตาอบในหนึ่งรอบ (Oven cycle time) คือ วงรอบของเวลาการทำงาน (Cycle time) ของเตาอบ โดยเริ่มตั้งแต่ นำชิ้นงานเข้าเตาอบจนได้ชิ้นงานออกมาโดยแทนค่าในสมการที่ 9 หรือหาค่าโดยการจับเวลาตรงในกระบวนการอบชิ้นงาน

คำนวณอัตราการป้อนชิ้นงาน (Feed rate) คือ อัตราการป้อนจำนวนชิ้นงานเข้าไปในเตาอบได้เป็นจำนวนชิ้นงานที่สามารถป้อนเข้าไปบนสายพานเตาอบได้ในหนึ่งนาที มีการเว้นช่องว่าง (Pitch) เพื่อให้มีการไหลของลมร้อนภายในเตาอบ โดยแทนค่าในสมการที่ 10 (มีหน่วยเป็นชิ้นต่อนาที)

คำนวณความสามารถของเตาอบ (Capacity of oven) คือ จำนวนชิ้นงานที่เตาอบสามารถผลิตได้ในหนึ่งชั่วโมง โดยเทียบจากจำนวนชิ้นงานที่สามารถป้อนเข้าไปบนสายพานได้ในหนึ่งชั่วโมงโดยแทนค่าในสมการที่ 11 (มีหน่วยเป็นชิ้นต่อชั่วโมง)

เตาอบผลิตชิ้นงาน(Output) ได้โดยคิดประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานที่ 95 % (ปกติการทำงานของพนักงานจะมีเวลาพัก เช่น การเข้าห้องน้ำ, การรอคอยงาน) แทนค่าในสมการที่ 12 คำนวณเพื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตก่อนมีการปรับความเร็วของสายพานจริง ดังแสดงในตาราง 4.11

- กำหนดให้
- Vc = ความเร็วของสายพาน หน่วยเป็น มิลลิเมตรต่อนาที

Lc = ความยาวของสายพาน หน่วยเป็น มิลลิเมตร

S = ระยะห่างจากจิก (Jig) ถึงจิก (Jig) หน่วยเป็น มิลลิเมตร

N = จำนวนชิ้นงานในหนึ่งแถว หน่วยเป็น ชิ้น

เวลาในการทำงาน = 20.5 ชั่วโมง, ประสิทธิภาพ 95%

การทำงานของเตาอบในหนึ่งรอบ (Oven Cycle Time) =

$$\frac{Lc}{Vc}$$

... (9)

อัตราการป้อนชิ้นงาน (Feed Rate)

=

$$\frac{Vc \times N}{S}$$

... (10)

ความสามารถของเตาอบ (Capacity of Oven) =

Feed Rate x 60

... (11)

เตาอบผลิตชิ้นงาน (Output) = ความสามารถเตาอบ x เวลาในการทำงาน x ประสิทธิภาพ

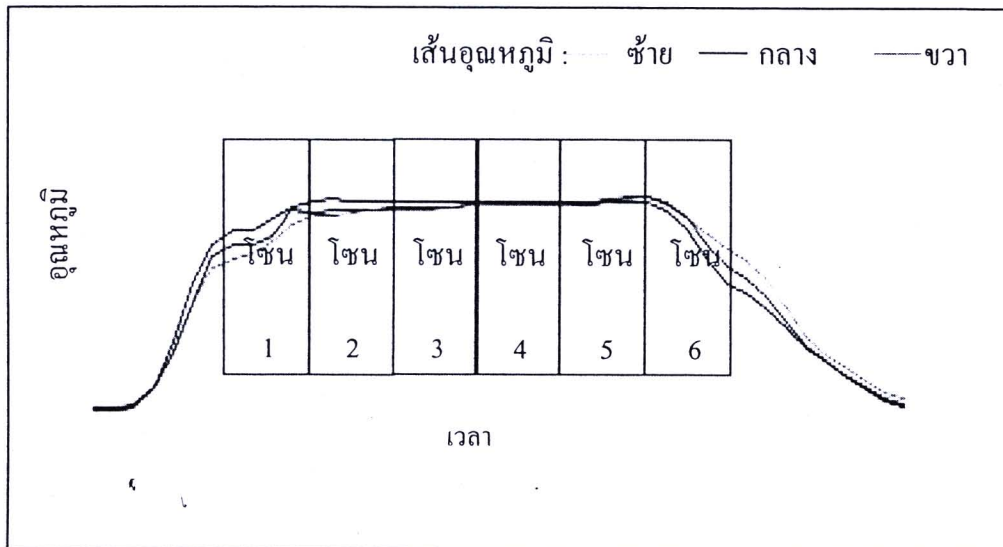
... (12)

ตาราง 4.11 การคำนวณความเร็วของสายพานเปรียบเทียบกับผลผลิต

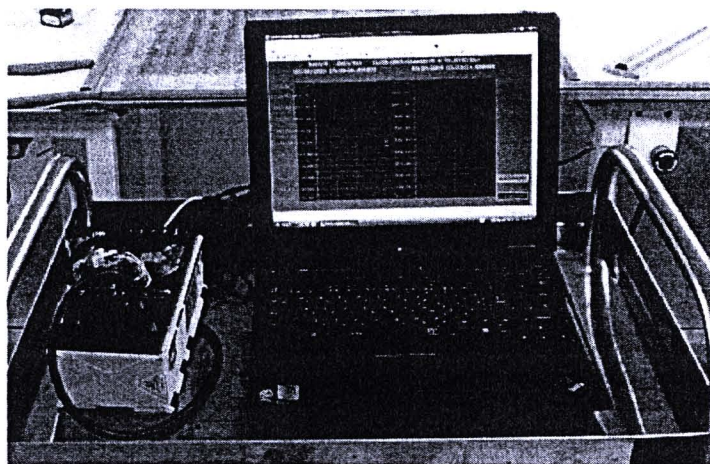
ความเร็วของสายพาน (มิลลิเมตร/นาทึ)	170	180	190
ความยาวของสายพาน(มิลลิเมตร)	XXX	XXX	XXX
ระยะห่างจากจิก(มิลลิเมตร)	XXX	XXX	XXX
จำนวนชิ้นงานในหนึ่งแถว (ชิ้น)	XXX	XXX	XXX
ความสามารถของเตาอบ (IR Cycle Time มีหน่วยเป็น นาที)	47	44	42
อัตราการป้อนชิ้นงาน (Feed Rate มีหน่วยเป็น ชิ้น/นาที)	XXX	XXX	XXX
ความสามารถของเตาอบ (Capacity of oven มีหน่วยเป็น ชิ้น/ชั่วโมง)	XXX	XXX	XXX
เตาอบผลิตชิ้นงาน (Output 95% มีหน่วยเป็น ชิ้น/วัน)	XXX	XXX	XXX

จากตาราง 4.11 ความเร็วของสายพานในปัจจุบันคือ 170 มิลลิเมตรต่อนาที ความเร็วของสายพานที่ทดลอง 2 ระดับคือ 180, 190 มิลลิเมตรต่อนาที คำนวณเตาอบผลิตชิ้นงานได้ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังมีการวัดอุณหภูมิ โดยแบ่งออกเป็น 6 โซน เพื่อวัดค่าของอุณหภูมิในแต่ละช่วงเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ดังแสดงในภาพ 4.27 ใช้เครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิแสดงในภาพ 4.28



ภาพ 4.27 การวัดค่าอุณหภูมิภายในเตาอบแต่ละโซน



ภาพ 4.28 เครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิในเตาอบ

จากผลการทดลองที่ระดับความเร็วของสายพาน 190 มิลลิเมตรต่อนาที อุณหภูมิในโซน 1 และโซน 6 ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ คือ อุณหภูมิต่ำกว่าข้อกำหนด จากการวัดค่าอุณหภูมิภายในเตาอบทางด้านซ้าย กลาง และขวา

ที่ระดับความเร็ว 180 มิลลิเมตรต่อนาที การวัดค่าอุณหภูมิเป็นไปตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ นั่นหมายถึงระดับความเร็วดังกล่าวไม่กระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ คือค่ายึดเหนี่ยวระหว่างอาร์มคอยล์ (Arm coil Bonding force) เป็นไปตามที่ลูกค้ากำหนด ซึ่งสามารถลดเวลาการ

อบชิ้นงานในหนึ่งรอบจาก 47 เป็น 43 นาทีต่อครั้ง ผลการวัดค่าอุณหภูมิที่ระดับความเร็วต่างๆดัง
แสดงในตาราง 4.12

ตาราง 4.12 ผลการทดลองวัดค่าอุณหภูมิในแต่ละโซน

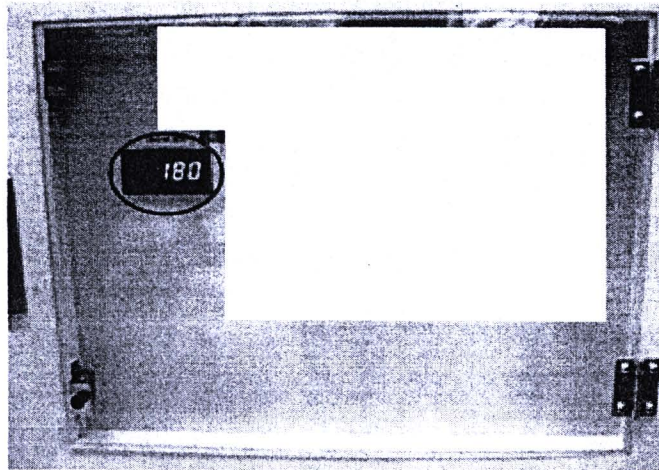
ความเร็วของ สายพาน (มิลลิเมตร/นาที)	อุณหภูมิ (โซนที่)					
	1	2	3	4	5	6
170 (ปกติ)	อุณหภูมิ ได้	อุณหภูมิ ได้	อุณหภูมิ ได้	อุณหภูมิ ได้	อุณหภูมิ ได้	อุณหภูมิ ได้
180	อุณหภูมิ ได้	อุณหภูมิ ได้	อุณหภูมิ ได้	อุณหภูมิ ได้	อุณหภูมิ ได้	อุณหภูมิ ได้
190	อุณหภูมิ ไม่ได้	อุณหภูมิ ได้	อุณหภูมิ ได้	อุณหภูมิ ได้	อุณหภูมิ ได้	อุณหภูมิ ไม่ได้

จากการเก็บข้อมูลจริงในกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุงความเร็วสายพาน 170 มิลลิเมตรต่อนาที ชิ้นงานที่ได้ทั้งหมด 38,969 ชิ้น ใช้เวลาทั้งหมด 73.05 ชั่วโมงซึ่งจากการเก็บข้อมูลในกระบวนการผลิต 9 วัน หลังปรับปรุงความเร็วสายพานเป็น 180 มิลลิเมตรต่อนาทีดังแสดงในภาพ 4.29 ชิ้นงานที่ได้ทั้งหมด 23,208 ชิ้น ใช้เวลาทั้งหมด 41.65 ชั่วโมงซึ่งจากการเก็บข้อมูลในกระบวนการผลิตเก็บข้อมูล 5 วัน คำนวณหาผลิตภาพแทนค่าในสมการที่ 13

คำนวณผลิตภาพ (Productivity) = $\frac{\text{Output}}{\text{Input}}$ (13)

ก่อนปรับปรุงผลิตภาพ = $\frac{38,969}{73.05}$
= 533 ชิ้นต่อชั่วโมง

หลังปรับปรุงผลิตภาพ = $\frac{23,208}{41.65}$
= 557 ชิ้นต่อชั่วโมง

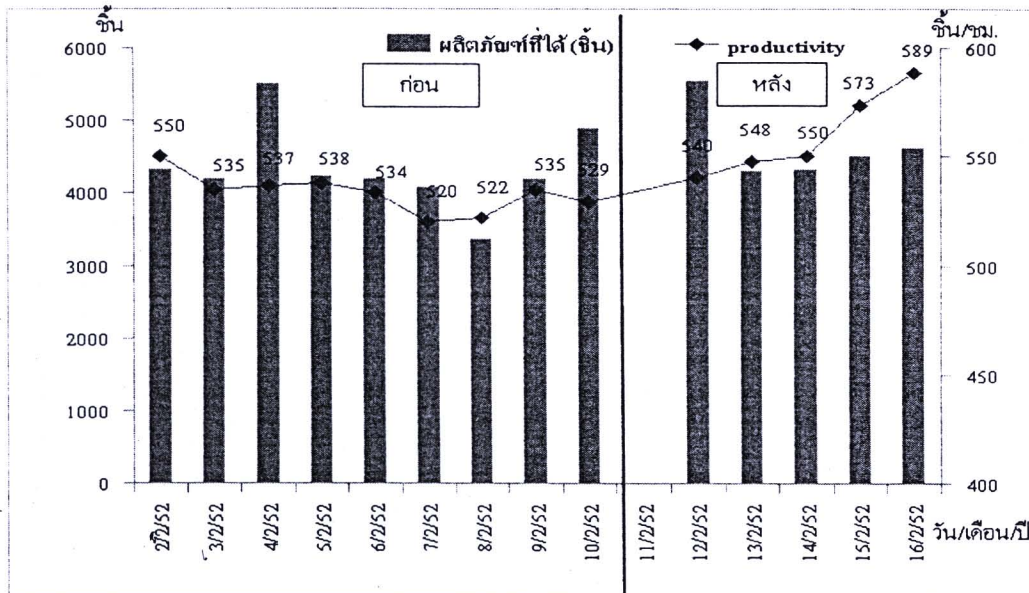


ภาพ 4.29 ความเร็วของสายพานเตาอบ 180 มิลลิเมตรต่อนาทีหลังปรับปรุง

จากการเปลี่ยนความเร็วของระดับสายพานจาก 170 เป็น 180 มิลลิเมตรต่อนาที ผลิตภาพเฉลี่ยเพิ่มจาก 533 เป็น 557 ขึ้นต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพ 4.30 เพิ่มโอกาสในการขายชิ้นงาน $5,412X_1$ บาทต่อเดือน โดยคำนวณจากผลิตภาพที่เพิ่มขึ้นหลังการปรับปรุงคูณด้วยชั่วโมงการทำงานในหนึ่งเดือน ราคาขายผลิตภัณฑ์อาร์มคอยล์ X_1 มีหน่วยเป็นบาทต่อชิ้น (เนื่องจากไม่สามารถเปิดเผยราคาขายได้) จำนวนชั่วโมงการทำงาน 10.25 ชั่วโมงทำงาน 22 วัน

$$\begin{aligned}
 &= (\text{ผลิตภาพก่อนปรับปรุง} - \text{ผลิตภาพหลังปรับปรุง}) \\
 &\quad \times \text{ชั่วโมงการทำงาน} \times \text{จำนวนวันทำงาน} \times \text{ราคาขาย} \\
 &= (557 - 533) \times 10.25 \times 22 \times X_1 \\
 &= 5,412X_1 \text{ บาทต่อเดือน}
 \end{aligned}$$

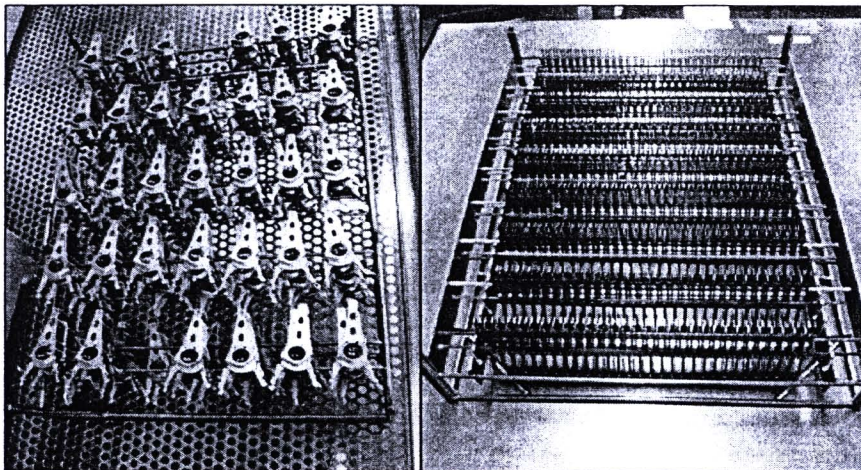
เก็บข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มจาก 1.61 กิโลวัตต์ชั่วโมงเป็น 1.64 กิโลวัตต์ชั่วโมง ซึ่งจากการปรึกษากับทางบริษัทกรณีศึกษา การเปลี่ยนแปลงหน่วยไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นสามารถยอมรับได้



ภาพ 4.30 เปรียบเทียบจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ได้ก่อนและหลังการปรับความเร็วสายพาน

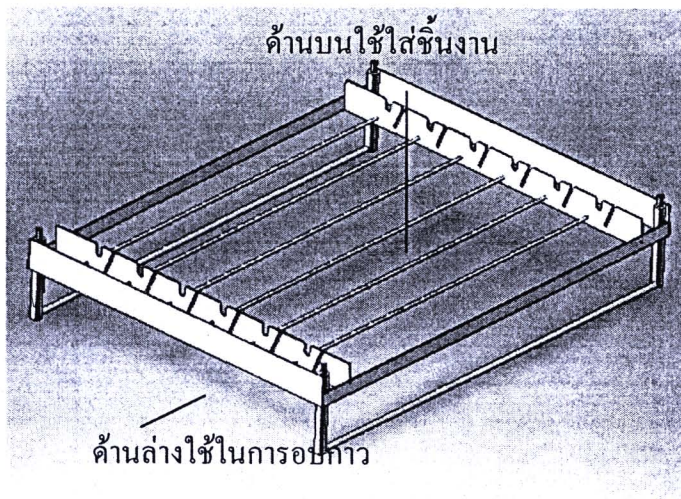
4.7.4 การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า: การออกแบบอุปกรณ์ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า

จากการศึกษาในกระบวนการผลิต พบว่าอุปกรณ์ในปัจจุบันซึ่งมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบที่ 1 ใส่ชิ้นงานได้ 210 ชิ้นและแบบที่ 2 ใส่ชิ้นงานได้ 270 ชิ้น ดังแสดงในภาพ 4.31 อุปกรณ์ทั้งสองแบบดังกล่าวมีการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมาก และไม่สามารถใช้ร่วมในเตาอบทอซึ่งเป็นกระบวนการผลิตหลักได้ ซึ่งในความเป็นจริงใช้เตาอบอุณหภูมิเดียวกัน ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงหาวิธีการ โดยการออกแบบอุปกรณ์ให้กระบวนการสามารถทำงานร่วมกันได้



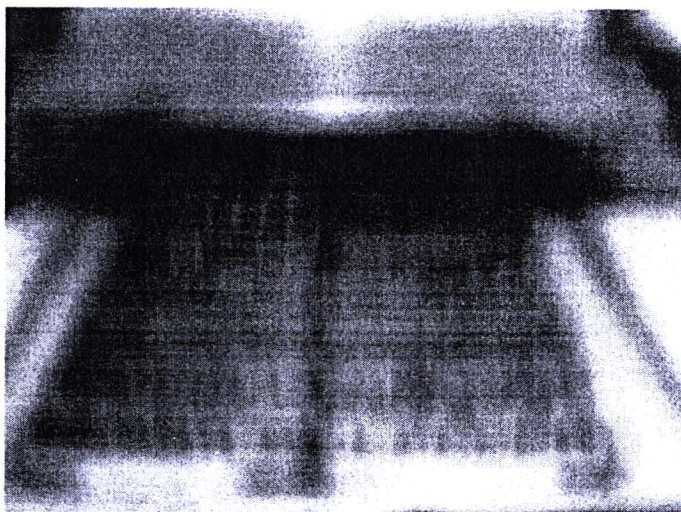
ภาพ 4.31 อุปกรณ์ในการอบชิ้นงานในปัจจุบัน

การออกแบบอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน เพื่อให้สามารถใช้ร่วมในกระบวนการอบกาวซึ่งมีการออกแบบคือด้านบนของอุปกรณ์ถูกออกแบบให้วางชิ้นงาน ส่วนด้านล่างยังมีการอบกาว หลังจากการประกอบอาร์มคอยล์ ดังแสดงในภาพ 4.32 ซึ่งแนวคิดของการออกแบบของอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเพื่อที่จะให้มีการใช้เตาอบเดียวกัน ช่วยประหยัดพลังงานในกระบวนการผลิต

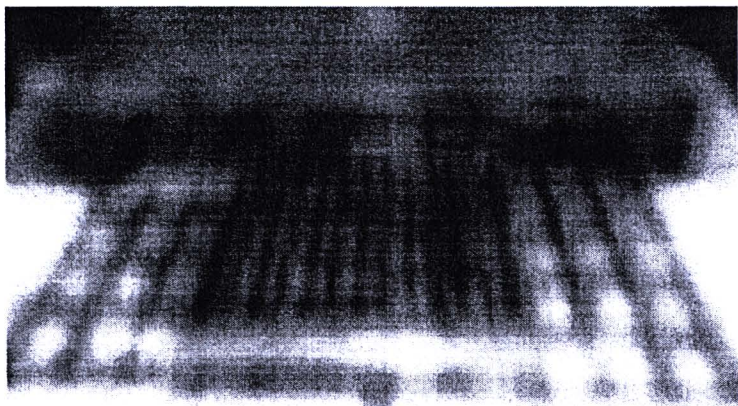


ภาพ 4.32 อุปกรณ์ประหยัดพลังงาน

จากนั้นได้นำอุปกรณ์ประหยัดพลังงานที่ได้ออกแบบไปใช้ในกระบวนการผลิต พบว่าอุปกรณ์สามารถใช้ร่วมในกระบวนการอบกาวหลังจากการประกอบอาร์มคอยล์โดยไม่กระทบถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ สามารถนำอุปกรณ์แบบใหม่มาใช้แทนอุปกรณ์ในปัจจุบันดังแสดงในภาพ 4.33, 4.34 ตามลำดับ ซึ่งทำให้สามารถปิดเตาอบได้ 1 เตา



ภาพ 4.33 กระบวนการใช้พลังงานไฟฟ้าในปัจจุบัน



ภาพ 4.34 อุปกรณ์ประหยัดพลังงานใช้ร่วมกับกระบวนการผลิต

1) การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน

การใช้อุปกรณ์แบบใหม่ นำมาแทนอุปกรณ์ในปัจจุบันสามารถปิดเตาได้ 1 เตา
คำนวณการประหยัดค่าใช้จ่ายไฟฟ้า 90,604.80 บาท/เดือน ระยะเวลาคืนทุน 0.014 ปีหรือประมาณ
6 วัน การคำนวณโดยใช้สมการที่ 14, 15, 16

พลังงานไฟฟ้า 1 หน่วย = กำลังไฟฟ้า 1000 วัตต์ x 1 ชั่วโมง (14)

ค่าไฟฟ้าต่อเดือน = จำนวนไฟฟ้าที่ใช้ต่อเดือน x อัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วย (15)

ระยะเวลาคืนทุน (ปี) =
$$\frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทน (ต่อปี)}}$$
 (16)

4.7.5 การลดการสูญเสียการ: การหาปริมาณการที่เหมาะสมในการเติมระหว่างอาร์มคอยล์ และการลดการใช้สารไอพีเอในกระบวนการล้างอาร์ม

ทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2⁴ จำนวน 2 ซ้ำ เพื่อกรองปัจจัย 4 ปัจจัย คือ สารไอพีเอ, กระบวนการ V (เป็นกระบวนการสมมุติเนื่องจากเป็นความลับของทางบริษัท), ปริมาณการ (ปริมาณการไม่สามารถเปิดเผยได้), แรงดันลม โดยมีค่าต่ำและค่าสูง ดังแสดงในตาราง 4.13

ตาราง 4.13 ปัจจัยและค่าที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัย	ค่าต่ำ	ค่าสูง
ปัจจัย A สารไอพีเอ	ไม่ใช้	ใช้
ปัจจัย B กระบวนการ V	ไม่ใช้	ใช้
ปัจจัย C ปริมาณกาว (มิลลิกรัม)	น้อย	มาก
ปัจจัย D แรงคั่นลม (เมกะปาสคาล)	0.2	0.8

โดยมีผลตอบ (Response) เป็นค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอาร์มคอยล์ (Arm Coil Bonding Force) ขั้นตอนการวิจัย คือ ทำการทดลอง ตรวจสอบค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอาร์มคอยล์ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อหาปัจจัยที่มีผลตอบ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัย ทำการทดสอบค่าที่เหมาะสม นำไปทดลองใช้ในกระบวนการผลิตจริง เพื่าระวังค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอาร์มคอยล์ สรุปผลการทดลอง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ผลการทดลอง

ทำการออกแบบการทดลองโดยมีการทดลองทั้งหมด 32 การทดลองโดยใช้จำนวนชิ้นงานกลุ่มละ 5 ชิ้นและหาค่าเฉลี่ยดังแสดงในตาราง 4.14

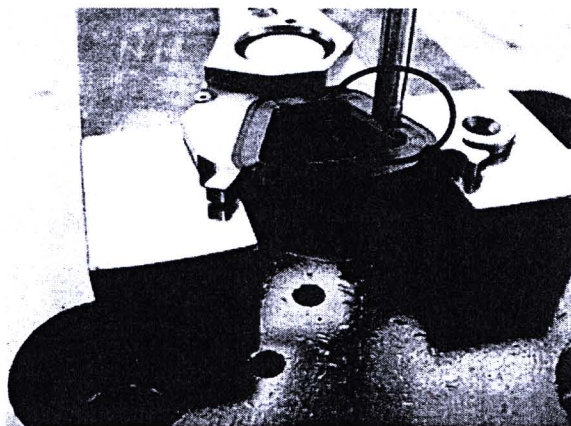
ตาราง 4.14 ผลการทดลองในแต่ละเงื่อนไขในการออกแบบการทดลอง

ลำดับที่ การทดลอง มาตรฐาน	ลำดับที่ การทดลอง ตามการสุ่ม	ค่าระดับปัจจัย				ผลตอบ (ปอนด์)
		A	B	C (มิลลิกรัม)	D (เมกะปาสคาล)	
1	13	-1(ไม่ใช้)	-1(ไม่ใช้)	1(มาก)	1(0.8)	86.90
2	18	1(ใช้)	-1(ไม่ใช้)	-1(น้อย)	-1(0.2)	85.63
3	10	1(ใช้)	-1(ไม่ใช้)	-1(มาก)	1(0.8)	79.57
4	29	-1(ไม่ใช้)	-1(ไม่ใช้)	1(มาก)	1(0.8)	75.60
5	1	-1(ไม่ใช้)	-1(ไม่ใช้)	-1(น้อย)	-1(0.2)	81.06
6	16	1(ใช้)	1(ใช้)	1(มาก)	1(0.8)	99.22
7	20	1(ใช้)	1(ใช้)	-1(น้อย)	-1(0.2)	111.71
8	9	-1(ไม่ใช้)	-1(ไม่ใช้)	-1(น้อย)	1(0.8)	82.16
9	17	-1(ไม่ใช้)	-1(ไม่ใช้)	-1(น้อย)	-1(0.2)	79.34

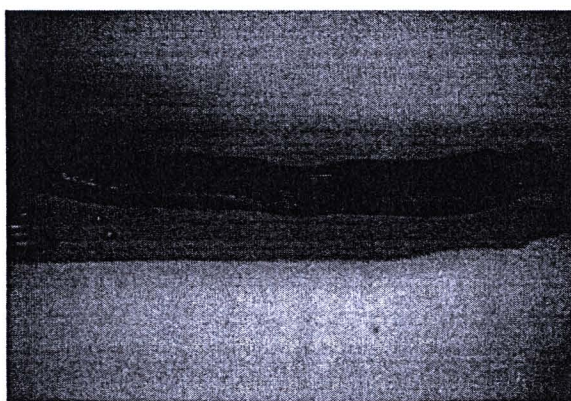
ตาราง 4.14 ผลการทดลองในแต่ละเงื่อนไขในการออกแบบการทดลอง (ต่อ)

ลำดับที่ การทดลอง มาตรฐาน	ลำดับที่ การทดลอง ตามการสุ่ม	ค่าระดับปัจจัย				ผลตอบ (ปอนด์)
		A	B	C (มิลลิกรัม)	D (เมกะปาสคาล)	
10	27	-1(ไม่ใช้)	1(ใช้)	-1(น้อย)	1(0.8)	104.05
11	28	1(ใช้)	1(ใช้)	-1(น้อย)	1(0.8)	101.42
12	19	-1(ไม่ใช้)	1(ใช้)	-1(น้อย)	-1(0.2)	98.93
13	2	1(ใช้)	-1(ไม่ใช้)	-1(น้อย)	-1(0.2)	78.31
14	22	1(ใช้)	-1(ไม่ใช้)	1(มาก)	-1(0.2)	80.75
15	32	1(ใช้)	1(ใช้)	1(มาก)	1(0.8)	98.81
16	8	1(ใช้)	1(ใช้)	1(มาก)	-1(0.2)	94.11
17	7	-1(ไม่ใช้)	1(ใช้)	1(มาก)	-1(0.2)	94.30
18	30	1(ใช้)	-1(ไม่ใช้)	1(มาก)	1(0.8)	81.16
19	3	-1(ไม่ใช้)	1(ใช้)	-1(มาก)	-1(0.2)	97.84
20	6	1(ใช้)	-1(ไม่ใช้)	1(มาก)	-1(0.2)	79.63
21	25	-1(ไม่ใช้)	-1(ไม่ใช้)	-1(มาก)	1(0.8)	74.15
22	12	1(ใช้)	1(ใช้)	-1(น้อย)	1(0.8)	100.75
23	26	1(ใช้)	-1(ไม่ใช้)	-1(น้อย)	1(0.8)	73.60
24	4	1(ใช้)	1(ใช้)	-1(น้อย)	-1(0.2)	97.69
25	31	-1(ไม่ใช้)	1(ใช้)	1(น้อย)	1(0.8)	85.35
26	5	-1(ไม่ใช้)	-1(ไม่ใช้)	1(มาก)	-1(0.2)	71.31
27	11	-1(ไม่ใช้)	1(ใช้)	-1(มาก)	1(0.8)	100.33
28	21	-1(ไม่ใช้)	-1(ไม่ใช้)	1(มาก)	-1(0.2)	79.19
29	15	-1(ไม่ใช้)	1(ใช้)	1(มาก)	1(0.8)	101.82
30	24	1(ใช้)	1(ใช้)	1(มาก)	-1(0.2)	85.03
31	14	1(ใช้)	-1(ไม่ใช้)	1(มาก)	1(0.8)	81.69
32	23	-1(ไม่ใช้)	1(ใช้)	1(มาก)	-1(0.2)	80.17

ตัวอย่างการทดสอบหาค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอาร์มคอยล์วัดค่าครั้งแรกจากการกดบริเวณคอยล์ดังแสดงในภาพ 4.35 และตัวอย่างชิ้นงานหลังจากการทดสอบซึ่งต้องมีกาวติดบริเวณขาอาร์มดังแสดงในภาพ 4.36



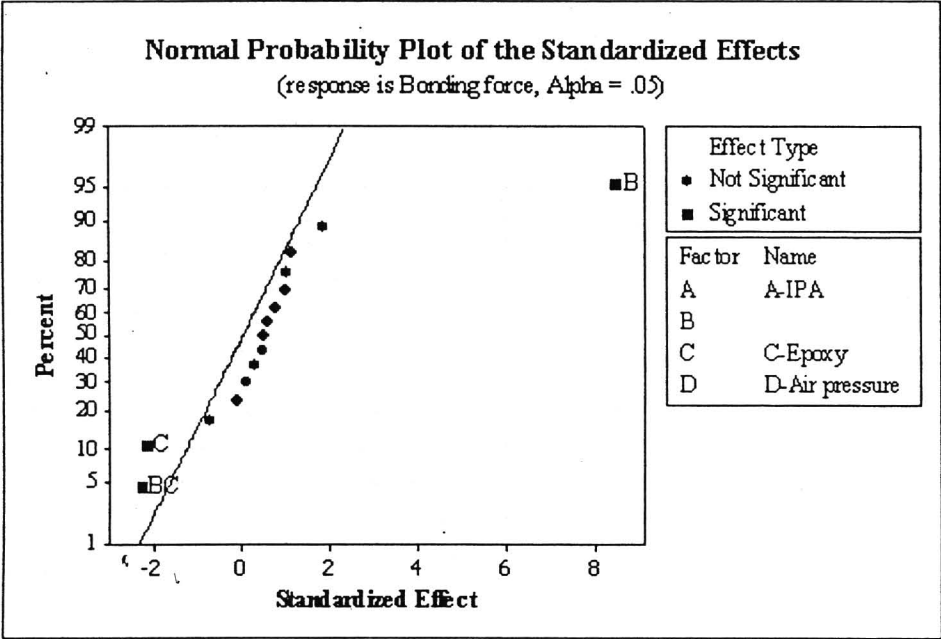
ภาพ 4.35 การทดสอบหาค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอาร์มคอยล์



ภาพ 4.36 ชิ้นงานหลังจากการทดสอบ

2) ประเมินผลกระทบจากการทดลอง

การประเมินผลกระทบ จากการทดลองทำให้ทราบว่าปัจจัยและอันตรกิริยาใดที่มีความสำคัญ ภาพ 4.37 แสดงกราฟความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal Probability Plot) ของผลกระทบต่อผลตอบซึ่งสอดคล้องกับ ตาราง 4.15 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลกระทบต่อข้อมูลผลตอบ จะเห็นได้ว่าปัจจัยที่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ได้แก่ ปัจจัย B กระบวนการ V ปัจจัย C ปริมาณกาว และอันตรกิริยาระหว่าง BC ซึ่งมีค่า P-Value เท่ากับ 0.000, 0.048, 0.036 ตามลำดับ

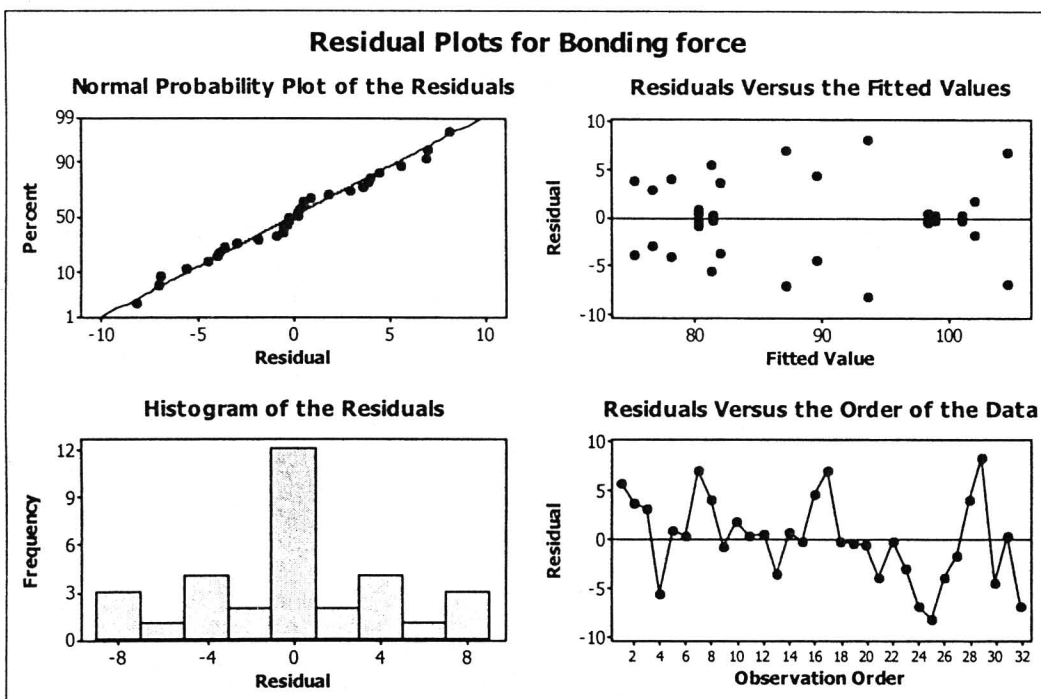


ภาพ 4.37 กราฟความน่าจะเป็นแบบปกติของผลกระทบต่อข้อมูลผลตอบ
ตาราง 4.15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลต่อผลตอบ

Source	SS	df	MS	F	P-value
A	41.81	1	41.81	1.202	0.289
B	2476.11	1	2476.11	71.180	0.000
C	159.78	1	159.78	4.593	0.048
D	31.17	1	31.17	0.896	0.358
A*B	7.34	1	7.34	0.211	0.652
A*C	6.98	1	6.98	0.201	0.660
A*D	19.32	1	19.32	0.555	0.467
B*C	182.02	1	182.02	5.232	0.036
B*D	32.74	1	32.74	0.941	0.347
C*D	114.55	1	114.55	3.293	0.088
A*B*C	0.70	1	0.70	0.020	0.889
A*B*D	1.79	1	1.79	0.051	0.824
A*C*D	10.32	1	10.32	0.297	0.593
B*C*D	0.11	1	0.11	0.003	0.956
A*B*C*D	17.83	1	17.83	0.513	0.484
Pure Error	556.61	16	34.79		

3) การวิเคราะห์ส่วนตกค้าง

เพื่อตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลองที่สร้างขึ้นซึ่งทำการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) จากภาพ 4.38 พบว่าลักษณะจุดของส่วนตกค้างบนกราฟเรียงตัวอยู่ใกล้เส้นความน่าจะเป็นแบบปกติและฮิสโตแกรมมีความสมมาตรที่จุดศูนย์กลางประมาณศูนย์ จึงสรุปได้ว่าส่วนตกค้างของข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ เมื่อพิจารณากราฟระหว่างส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกทำนายพบว่าการกระจายตัวของส่วนตกค้างมีลักษณะที่ต่างกัน จึงสรุปได้ว่าส่วนตกค้างมีการกระจายตัวแบบอิสระไม่ขึ้นอยู่กับค่าที่ถูกทำนาย และกราฟระหว่างส่วนตกค้างกับลำดับการทดลองพบว่าที่พล็อตไม่มีแนวโน้มใดๆ มีการกระจายตัวแบบสุ่ม จึงสรุปได้ว่าส่วนตกค้างมีลักษณะการกระจายตัวแบบอิสระไม่ขึ้นอยู่กับลำดับการทดลอง ดังนั้นสรุปได้ว่าสมมติฐานเบื้องต้นข้อมูลเพียงพอที่จะใช้ในการทำนายข้อมูลการแปลงผลตอบ



ภาพ 4.38 การวิเคราะห์ส่วนตกค้างของข้อมูลผลตอบ

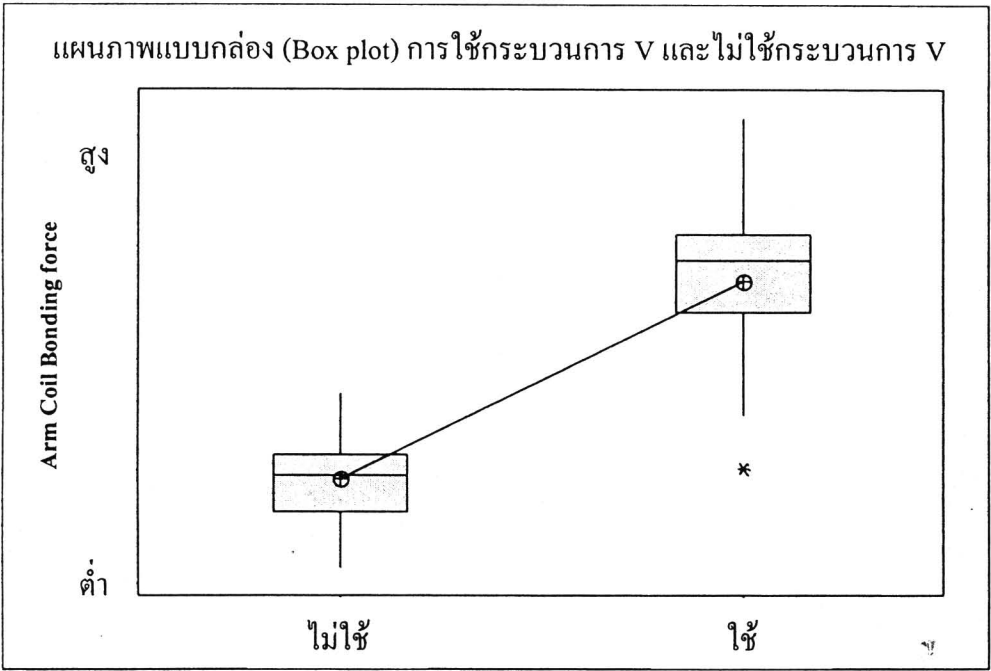
4) การทดสอบทางสถิติ

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance; ANOVA) เฉพาะพจน์ที่มีนัยสำคัญต่อผลตอบเพื่อยืนยันพจน์ที่เป็นองค์ประกอบของ สมการขั้นสุดทำจากการออกแบบเชิงแฟกทอเรียล มีผลดังแสดงในตาราง 4.16

ตาราง 4.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของทุกพจน์

Source	SS	Df	MS	F	P-value
B	2476.11	1	2476.11	82.42	0.000
C	159.78	1	159.78	5.32	0.029
B*C	182.02	1	182.02	6.06	0.020
Pure Error	841.2	28	30.04	841.2	

ตัวแปร B คือกระบวนการ V โดยที่กำหนดปัจจัยค่าต่ำ (-1) เป็นไม่ใช้กระบวนการ V ปัจจัยค่าสูง(+1)การใช้กระบวนการ V ซึ่งเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ (Qualitative variable) ดังนั้น ทางผู้วิจัยจึงได้เลือกปัจจัยซึ่งได้จากการนำผลตอบค่าแรงยึดเหนี่ยวอาร์มคอยล์ระหว่างการ ใช้กระบวนการ V และไม่ใช้กระบวนการ V มาเปรียบเทียบโดยใช้แผนภาพแบบกล่อง (Box plot) พบว่าการใช้กระบวนการ V ให้ค่าแรงยึดเหนี่ยวสูงกว่าการไม่ใช้กระบวนการ V ดังแสดงในภาพ 4.39



ภาพ 4.39 แผนภาพแบบกล่อง (Box plot) เปรียบเทียบค่าแรงยึดเหนี่ยวอาร์มคอยล์ระหว่างการ ใช้กระบวนการ V และการไม่ใช้กระบวนการ V

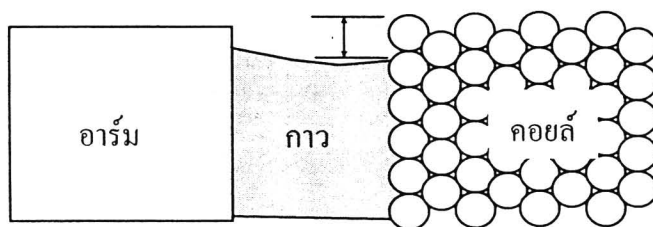
5) การหาเงื่อนไขที่เหมาะสม

หลังจากที่ทราบว่าการป้อนที่มีผลกระทบต่อค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอาร์มคอยล์ คือ การใช้กระบวนการ V ปริมาณการ ทางโรงงานมีความสนใจที่จะลดการใช้วัตถุดิบในกระบวนการผลิต คือ การลดสารไอพีเอ การหาปริมาณการที่เหมาะสม ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้กำหนดปัจจัยในการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสม โดยปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ คือ

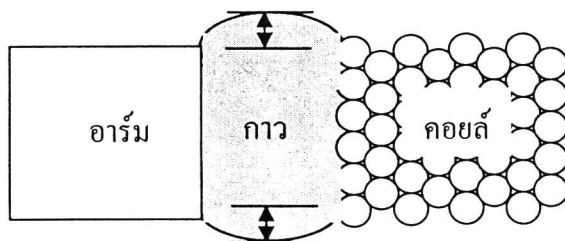
1.การไม่ล้างอาร์มด้วยสารไอพีเอ

2.การใช้กระบวนการ V ในกระบวนการผลิต

ปัจจัยที่สนใจคือปริมาณการที่เหมาะสม ค่าต่ำสุดที่สามารถยอมรับได้คือ 25 ปอนด์ซึ่งค่ายังมากยิ่งดี โดยมีข้อกำหนดปริมาณการที่เติมระหว่างอาร์มคอยล์ คือ ความลึกและการล้นของกาวจะต้องไม่เกิน 0.010 นิ้ว (ถ้าตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์มีกำลังขยาย 10X ประมาณ 2 เส้นวาล์) จากผิวของอาร์มคอยล์ ดังแสดงในภาพ 4.40, 4.41 ตามลำดับ



ภาพ 4.40 ภาพตัดแสดงความลึกของกาวสูงสุดที่สามารถยอมรับได้



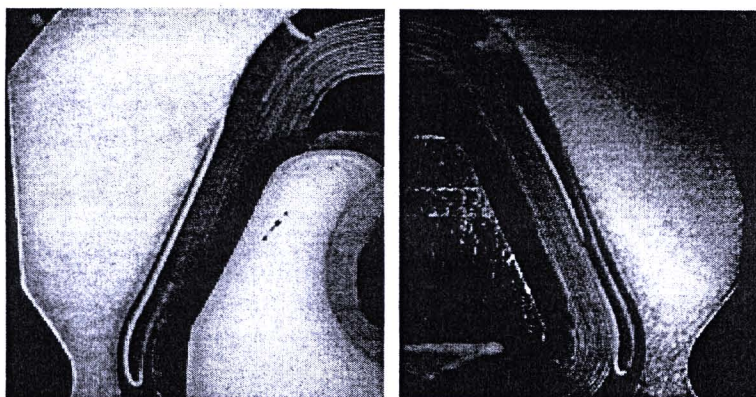
ภาพ 4.41 ภาพตัดแสดงการล้นของกาวสูงสุดที่สามารถยอมรับได้

การหาปริมาณการที่เหมาะสมด้วยวิธีการปีนลงด้วยทางที่ชันที่สุด (Steepest Descent) เนื่องจากปริมาณการที่เติมระหว่างอาร์มคอยล์ ถ้ามีปริมาณมากทำให้ล้นออกมาจากขอบอาร์มคอยล์ ปริมาณการระดับน้อย พบว่าในชิ้นงานบางตัวมีกาวไม่เต็มและไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ ปริมาณการระดับมาก พบว่าชิ้นงานบางตัวมีกาวล้นออกมาเล็กน้อยทำให้ต้องมีการกำจัด

กาวส่วนที่เกิน ปริมาณกาวระดับกลาง ดังแสดงในภาพ 4.42 พบว่าปริมาณพอดีไม่มีการล้นออกมา และให้ค่าแรงยึดเหนี่ยวอาร์มคอยล์เป็นไปตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในตาราง 4.17

ตาราง 4.17 ปริมาณกาวที่เหมาะสมและค่าแรงยึดเหนี่ยว

ปริมาณกาว (มิลลิกรัม)	ค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนี่ยว(ปอนด์)
ระดับกลาง	96.01
ระดับมาก	98.26
ระดับน้อย	94.61



ภาพ 4.42 ตัวอย่างปริมาณกาวที่เติมระหว่างอาร์มคอยล์ระดับกลาง

จากการทดลองพบว่าเงื่อนไขระดับค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัย คือ ไม่ล้นอาร์มด้วยสารไอพีเอ ใช้กระบวนการ V ในกระบวนการผลิตและปริมาณกาวที่เติมระหว่างอาร์มคอยล์ระดับกลาง เมื่อนำไปทดลองใช้ในกระบวนการผลิตได้ค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอาร์มคอยล์ดีที่สุดโดยไม่กระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

6) การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

จากการยกเลิกการใช้สารไอพีเอในกระบวนการผลิตโรงงานสามารถประหยัดเงิน 186,208 บาทต่อเดือน การลดปริมาณกาว ลดการสูญเสียกาวคิดเป็นเงิน 127,880 บาทต่อเดือน

(1).การประหยัดจากการยกเลิกการใช้สารไอพีเอ

จากการยกเลิกการใช้สารไอพีเอสามารถประหยัดได้ 179,520 บาทต่อเดือน**

ใช้พนักงานในกระบวนการล้างอาร์ม 2 คน ค่าจ้างพนักงาน 152 บาทต่อวัน
การประหยัดค่าใช้จ่ายเท่ากับ

$$= 2 \times 152 \times 22$$

$$= 6,688 \text{ บาทต่อเดือน}$$

ดังนั้นประหยัดค่าใช้จ่ายทั้งหมด 186,208 บาทต่อเดือน

(2).การประหยัดจากการลดปริมาณการจาก R1 มิลลิกรัม เป็น R2 มิลลิกรัม

ก่อนปรับปรุงผลิตภัณฑ์อาร์มคอยล์หนึ่งตัวใช้การ R1 มิลลิกรัม

หลังปรับปรุงผลิตภัณฑ์อาร์มคอยล์หนึ่งตัวใช้การ R2 มิลลิกรัม

ดังนั้นสามารถประหยัดการโดยประมาณได้ = จำนวนการที่ลดลง x ราคา

$$= 127,880 \text{ บาทต่อเดือน **}$$

(** การคำนวณโดยละเอียดเป็นความลับของทางบริษัทไม่สามารถเปิดเผยได้)