บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากได้ ดำเนินงานตาม ขั้นตอน ที่กล่าวไว้ ในบทที่ 3 แล้วนั้น ในบทนี้จะอธิบาย ผลการศึกษาซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ส่วนได้แก่ กระบวนการประกอบอาร์มคอยล์ ผลการประเมินเบื้องต้น ผลการประเมินละเอียด ผลการศึกษาความเป็นไปได้ และผลการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

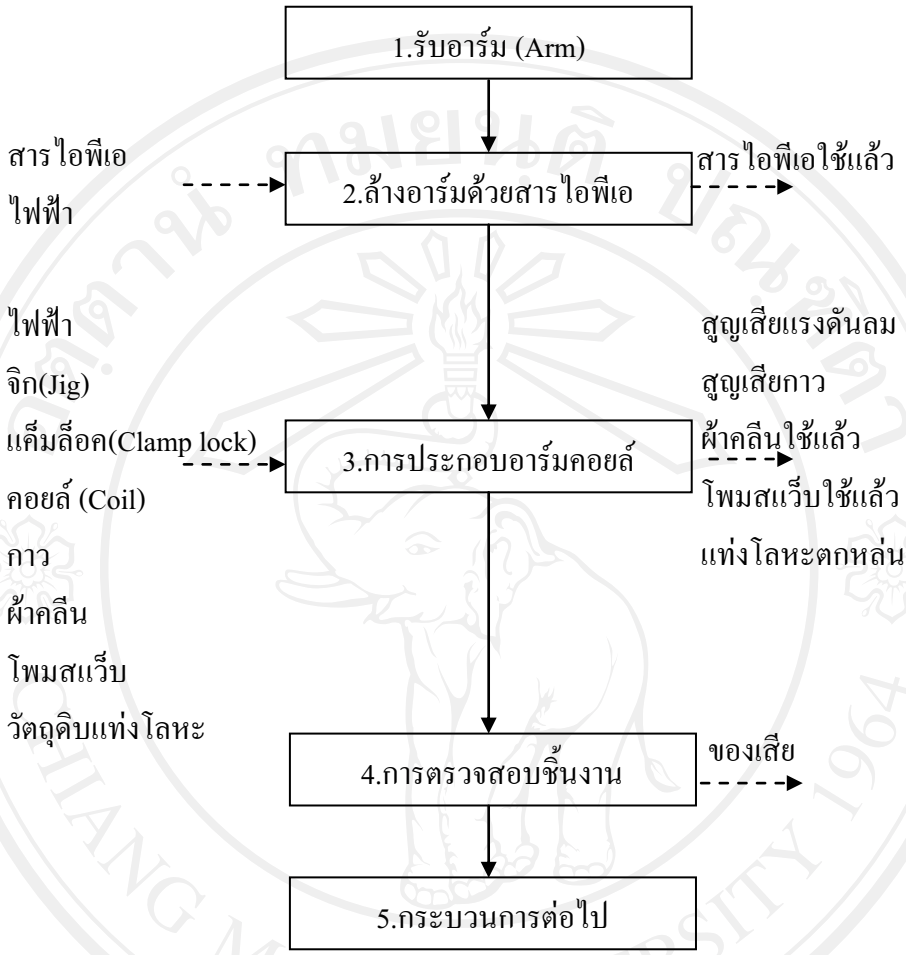
4.1 กระบวนการประกอบอาร์มคอยล์ของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

การผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์อาร์มสำเร็จรูป (Actuator Arm) ของบริษัทกรณีศึกษามีส่วนการผลิตหลักประกอบไปด้วย การตัดอาร์ม การขึ้นรูปคอยล์ การประกอบอาร์มคอยล์ กระบวนการประกอบพีซีซีเอ ผู้วิจัยได้ศึกษาในกระบวน การประกอบอาร์มคอยล์ ซึ่งในกระบวนการผลิตมีค่าความเสียหายภายในมากกว่ากระบวนการอื่นๆ

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

ภาพ 4.1 วัตถุดิบอาร์มคอยล์ในกระบวนการผลิต

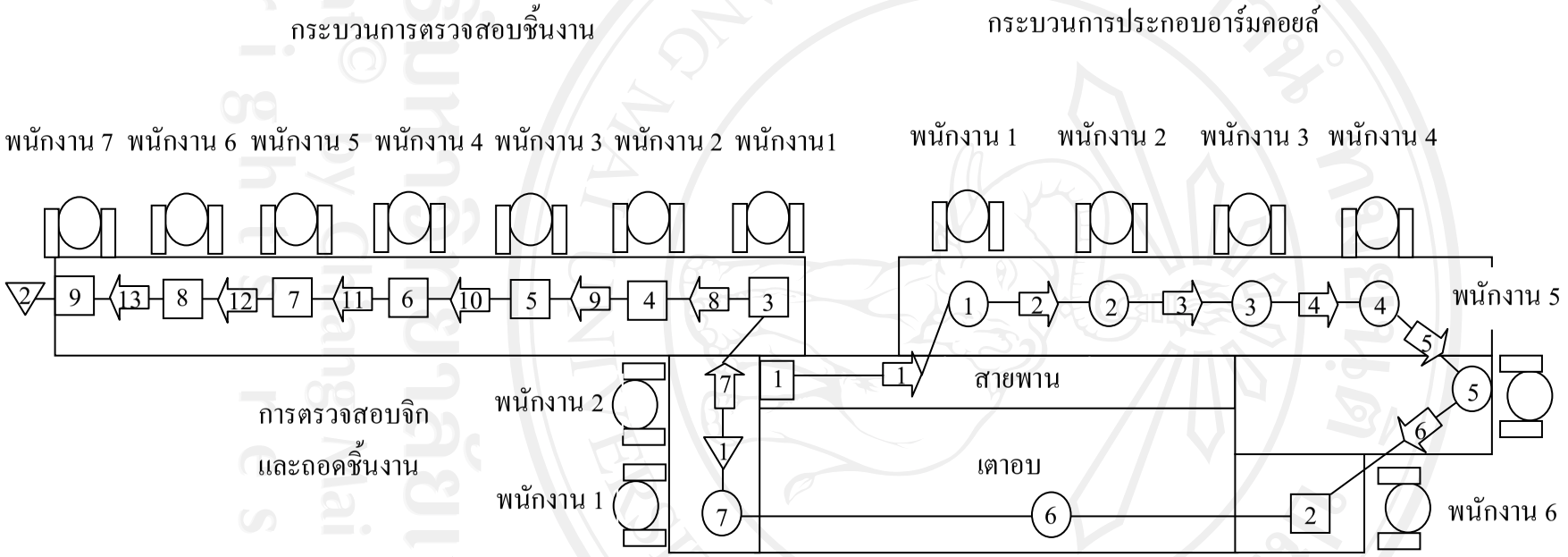
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.2 กระบวนการประกอบอาร์มคอยล์ผลิตภัณฑ์ A

การไหลของชิ้นงานภายในกระบวนการผลิตเริ่มจากพนักงานตรวจสอบจิกและถอดชิ้นงาน 1 ถอดชิ้นงานและตรวจสอบจิกก่อนส่งเข้าสู่สายพานลำเลียง พนักงานในกระบวนการประกอบอาร์มคอยล์คนที่ 1 นำอาร์มใส่ลงในจิก ส่งต่อให้พนักงานคนที่ 2 ประกอบคอยล์ ส่งต่อให้พนักงานคนที่ 3 ประกอบแค็มล็อค (Clamp lock) เพื่อยึดตัวอาร์มคอยล์ส่งต่อให้พนักงานคนที่ 4, 5 เติมกาว และส่งต่อให้พนักงานคนที่ 6 ตรวจสอบกาวก่อนนำเข้าสู่เตาอบ เมื่อชิ้นงานผ่านการอบกาว ถอดชิ้นงานออกจากจิกและส่งเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบชิ้นงานต่อไป ดังแสดงในภาพ 4.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.3 การไหลของงานการประกอบอาร์มคอยล์ในปัจจุบัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 ผลการประเมินเบื้องต้น

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

$$\text{ค่าดัชนี} = \frac{\text{ปริมาณการใช้วัตถุดิบ หรือ สาธารณูปโภค}}{\text{ปริมาณวัตถุดิบที่แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์}}$$

$$= \frac{42,160,000}{403,457}$$

$$= 104.50 \text{ มิลลิกรัม ต่อหนึ่งชิ้นผลิตภัณฑ์}$$

ค่าดัชนีปริมาณกาว 104.50 มิลลิกรัม ต่อหนึ่งชิ้นผลิตภัณฑ์ หมายถึง ปริมาณกาวที่ถูกใช้ไปโดยเฉลี่ยในเดือนพฤษภาคม ต่อการผลิตอาร์มคอยล์สำเร็จรูปหนึ่งชิ้น ซึ่งการคำนวณทำให้ทราบว่ามีปริมาณการใช้วัตถุดิบเพื่อแปลงเป็นผลิตภัณฑ์มากน้อยเพียงใด

คำนวณหาปัจจัยการผลิตต่อชิ้นของผลิตภัณฑ์ ในแต่ละเดือน พบว่าการใช้วัตถุดิบอาร์มคอยล์เฉลี่ยอยู่ที่ 1.011 ชิ้นต่อผลิตภัณฑ์โดยมีปริมาณการใช้ที่ดีที่สุด อยู่ที่ 1.006 ชิ้นต่อผลิตภัณฑ์ในเดือนสิงหาคมและเดือนกันยายน ซึ่ง ปกติในกระบวนการประกอบอาร์มคอยล์จะใช้วัตถุดิบอาร์มคอยล์อย่างละ 1 ตัว ในเดือนพฤษภาคมจะเห็นได้ว่ามีการใช้วัตถุดิบอาร์มคอยล์เฉลี่ยอยู่ที่ 1.03 ชิ้นต่อผลิตภัณฑ์ เป็นผลมาจากการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตมากนั้นเอง

การใช้วัตถุดิบ แท่งโลหะ โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 1.32 ชิ้นต่อผลิตภัณฑ์ โดยมีปริมาณการใช้ที่ดีที่สุดอยู่ที่ 1.03 ชิ้นต่อผลิตภัณฑ์ในเดือนเมษายน ซึ่งโดยปกติในกระบวนการประกอบอาร์มคอยล์จะใช้วัตถุดิบแท่งโลหะ 1 ตัวต่อการประกอบผลิตภัณฑ์อาร์มคอยล์ 1 ชิ้น

ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.26 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อชิ้น โดยมีปริมาณการใช้ที่ดีที่สุดอยู่ที่ 0.19 กิโลวัตชั่วโมงต่อชิ้น ในเดือนเมษายน

ปริมาณการใช้สาร ไอพีเอเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0012 ลิตรต่อชิ้น โดยมีปริมาณการใช้ที่ดีที่สุดอยู่ที่ 0.0011 ลิตรต่อชิ้น ในเดือนมีนาคม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณการใช้กาว ของผลิตภัณฑ์ A โดยเฉลี่ยเท่ากับ 116.48 มิลลิกรัมต่อชิ้น โดยมีปริมาณการใช้ที่ดีที่สุดอยู่ที่ 79.48 มิลลิกรัมต่อชิ้นในเดือนเมษายน

ปริมาณการใช้ โพมสแว็บโดยเฉลี่ย 0.35 ก้านต่อชิ้น โดยมีปริมาณการใช้ที่ดีที่สุดอยู่ที่ 0.14 ก้านต่อชิ้นในเดือนมิถุยายน

ปริมาณการใช้ผ้าคลีนโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.029 ผืนต่อชิ้น โดยมีปริมาณการใช้ที่ดีที่สุดอยู่ที่ 0.012 ผืนต่อชิ้นในเดือนเมษยายน

ซึ่งจะเห็นได้ว่าในเดือนเมษายน มีปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิตต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์หลายชนิด ได้แก่ วัตถุดิบ แท่งโลหะ การใช้ไฟฟ้า ปริมาณการใช้กาว ผ้าคลีน ต่ำที่สุดในรอบปี อีกทั้งยังมีปริมาณการผลิตที่สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเดือนอื่น แสดงให้เห็นว่าการผลิตในเดือนเมษายนได้มีการใช้ปัจจัยการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากข้อมูลค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า วัตถุดิบและของเสีย ในการประกอบอาร์มคอยล์ของผลิตภัณฑ์ A นำค่าเฉลี่ย คือ ค่าที่ได้จากการนำค่าคะแนนของทุกเดือน มารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนเดือนทั้งหมด และค่าที่ดีที่สุด คือ ค่าที่มีค่าน้อยที่สุดในเดือนนั้นเมื่อเปรียบเทียบกันภายในหนึ่งปี นำไปประเมินผลกระทบทางด้านเทคนิค ด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อมต่อไป

4.2.1 การประเมินผลกระทบทางด้านเทคนิค

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

$$\text{ค่าความเป็นไปได้ทางเทคนิค (\%)} = \frac{(\text{ค่าเฉลี่ย} - \text{ค่าดัชนีที่ดีที่สุด})}{\text{ค่าดัชนีที่ดีที่สุด}} \times 100$$

$$= \frac{116.48 - 79.48}{79.48} \times 100$$

$$= 46.55\ \%$$

เมื่อได้ค่าความเป็นไปได้ทางเทคนิคเท่ากับ 46.55 นำไปเปรียบเทียบกับช่วงคะแนนที่ได้กำหนดไว้ในบทที่ 2 ได้คะแนนเท่ากับ 2 ซึ่งหมายถึงความสามารถที่จะลดปัญหาที่เกิดขึ้นก็เป็นไปปานกลาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการคำนวณความเป็นไปได้ทางเทคนิค ดังแสดงในตาราง 4.1 พบว่า การใช้โพมสแว็บ ผ้าคลีน การเกิดของเสีย เมื่อคำนวณ ค่าความเป็นไปได้ทางเทคนิคจะได้ 150.00, 141.67, 83.33 ตามลำดับ ซึ่งได้คะแนนเท่ากับ 3 แสดงว่าโอกาสในการปรับปรุงมี สูง ประเด็นอื่นๆ คือ การใช้กาว ไฟฟ้า วัตถุดิบ แท่งโลหะ ความเป็นไปได้ทางเทคนิค เท่ากับ 46.55, 36.84, 28.16, ตามลำดับ ซึ่งได้คะแนนเท่ากับ 2 แสดงว่าโอกาสในการปรับปรุง มีปานกลาง การใช้วัตถุดิบ อาร์มคอยล์ สาร ไอพีเอ 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.โพมสแว็บ (ก้าน/ ชิ้นผลิตภัณฑ์)	XXX	XXX	150.00	3
8.ผ้าคลีน (ผืน/ ชิ้นผลิตภัณฑ์)	XXX	XXX	141.67	3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.2 การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์

จากค่าเฉลี่ยและค่าที่ดีที่สุด นำมาประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ การหาค่าความเป็นไปได้ใช้สมการ 3 และเปอร์เซ็นต์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ใช้สมการที่ 4 ตัวอย่างการคำนวณ เช่น วัตถุดิบอาร์มคอยล์ มีดัชนีค่าเฉลี่ย และค่าที่ดีที่สุดเท่ากับ 1.011 และ1.006 ตามลำดับ สมมุติราคาต่อหน่วยเท่ากับ 16.16 บาทต่อชิ้น (เนื่องจากไม่สามารถเปิดเผยข้อมูลที่แท้จริงได้) มีกำลังการผลิตเฉลี่ย 700,344 ชิ้น ดังนั้นค่าความเป็นไปได้ และเปอร์เซ็นต์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์เท่ากับ

ค่าความเป็นไปได้ = (ค่าดัชนีเฉลี่ย - ค่าดัชนีที่ดีที่สุด) x กำลังผลิตเฉลี่ย x ราคาต้นทุนต่อหน่วย

ค่าความเป็นไปได้ = (1.011 – 1.006) x 700,344 x 16.16

= 4202.06

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

$$\text{ค่าความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ (\%)} = \frac{56,587.80}{772,423.40} \times 100$$

= 7.33

เมื่อได้ค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์เท่ากับ 7.33 นำไปเปรียบเทียบกับช่วงคะแนนที่ได้กำหนดไว้ในบทที่ 2 ได้คะแนนเท่ากับ 1 ซึ่งหมายความว่าทางบริษัทมีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับวัตถุดิบอาร์มคอยล์น้อยเมื่อเทียบกับการใช้วัตุดิบทั้งหมด

คำนวณค่าความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ดังแสดงในตาราง 4.2 พบว่า ปริมาณการใช้วัตถุดิบแท่งโลหะมีค่าความเป็นไปได้มากที่สุด 3 2.34 ได้คะแนนเท่ากับ 2 ซึ่งหมายความว่าทางบริษัทมีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับวัตถุดิบแท่งโลหะปานกลาง และปริมาณการใช้ไฟฟ้า กาว การเกิดของเสียมีค่าความเป็นไปได้ 19.04, 17.44 และ 15.63 ตามลำดับ ได้คะแนนเท่ากับ 1 ซึ่งหมายความว่าทางบริษัทมีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับวัตุดิบดังกล่าวน้อย ส่วนปริมาณการใช้ผ้าคลีน วัตถุดิบอาร์มคอยล์ สาร ไอพีเอ ค่าความเป็นไปได้น้อยที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.2 การประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์

รายการ	ราคาต่อหน่วย	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ค่าที่ดีที่สุด	ค่าความเป็นไปได้	% ความเป็นไปได้	คะแนน
1.วัตถุดิบอาร์มคอยล์ (ชิ้น/ชิ้นผลิตภัณฑ์)	XXX	บาท/ชิ้น	XXX	XXX	XXX	7.33	1
2.วัตถุดิบแท่งโลหะ (ชิ้น/ ชิ้นผลิตภัณฑ์)	XXX	บาท/ชิ้น	XXX	XXX	XXX	32.34	2
3.ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ชิ้นผลิตภัณฑ์)	XXX	บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง	XXX	XXX	XXX	19.04	1
4.ของเสีย (ชิ้น / ชิ้นผลิตภัณฑ์)	XXX	บาท/ชิ้น	XXX	XXX	XXX	15.63	1
5.สารไอพีเอ (ลิตร / ชิ้นผลิตภัณฑ์)	XXX	บาท/ลิตร	XXX	XXX	XXX	0.62	1
6.กาว (มิลลิกรัม/ชิ้นผลิตภัณฑ์)	XXX	บาท/มิลลิกรัม	XXX	XXX	XXX	17.44	1
7.โพมสแว็บ (ก้าน/ ชิ้นผลิตภัณฑ์)	XXX	บาท/ก้าน	XXX	XXX	XXX	6.66	1
8.ผ้าคลีน (ผืน/ ชิ้นผลิตภัณฑ์)	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) ซึ่งเป็นการประเมินจาก ผู้จัดการแผนกโดย ใช้ตารางที่ 2.1 ในบทที่ 2 เป็นตัวอ้างอิงและแทนค่าผลการประเมินในสมการที่ 5 ตัวอย่างการคำนวณเช่น จากผลการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประเมินจากทางโรงงานปริมาณสารไอพีเอ เท่ากับ 3 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นเท่ากับ 3 และอัตราการแพร่กระจายเท่ากับ 2 รวมผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมเท่ากับ

ค่าคะแนนทางสิ่งแวดล้อม = Q × E × D

= 3x3x2

= 18

เมื่อได้ผลรวม QED เท่ากับ 18 นำไปเปรียบเทียบกับช่วงคะแนนที่ได้กำหนดไว้ในบทที่ 2 ได้คะแนนเท่ากับ 3 ซึ่งหมายถึง มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูง

ผลการคำนวณการประเมินทางด้านสิ่งแวดล้อม ดังแสดงในตาราง 4.3 พบว่ามี 3 ประเด็นที่มีคะแนนสูงสุดเท่ากันได้แก่ การใช้ไฟฟ้า สารไอพีเอ และการเกิดของเสีย ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 3 แสดงว่ามีผลกระทบหรือมีความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมสูง โดยในกระบวนการประกอบอาร์มคอยล์มีการใช้ไฟฟ้าเพื่อทำการอบชิ้นงานและเตาอบชิ้นงานมีการแผ่กระจายความร้อนให้แก่พนักงานผู้ปฏิบัติงาน อีกทั้งการใช้สารไอพีเอ ในกระบวนการล้างอาร์ม ยังมีผลกระทบก่อให้เกิดการระคายเคืองสำหรับผู้ใช้ และการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตส่งผลให้เป็นขยะที่มีพิษ ยากต่อการจำกัด

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.โพมสแว็บ(ก้าน)	XXX	2	2	1	4	1
8.ผ้าคลีน(ผืน)	XXX	2	2	1	4	1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.4 สรุปผลการประเมินเบื้องต้น

เมื่อนำคะแนนประเด็นทางเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม มาพิจารณาทำการถ่วงน้ำหนักจาก ผู้จัดการแผก ตามวิธีการที่กำหนดไว้ ดังแสดงในตาราง 4. 4 โดยให้ประเด็นทาง

เศรษฐศาสตร์มีค่าถ่วงน้ำหนักสูงที่สุดเป็น 3 เนื่องจากทาง บริษัทกรณีศึกษา ให้ความสำคัญกับการลดต้นทุนการผลิต และความประหยัดที่จะได้รับมากที่สุด ส่วนด้านเทคนิคและด้านสิ่งแวดล้อมให้ความสำคัญเท่ากันโดยมีค่าถ่วงน้ำหนักเป็น 2 คำนวณจากการแทนค่าในสมการที่ 6 ในบทที่ 2 ตัวอย่างการคำนวณ เช่น

คะแนนรวม $= (W_1 \times$ ค่าคะแนนทางเทคนิค$) + (W_2 \times$ ค่าคะแนนทางเศรษฐศาสตร์$) + (W_3 \times$ ค่าคะแนนทางสิ่งแวดล้อม$)$

โดย W_1 = ค่าถ่วงน้ำหนักด้านเทคนิค

W_2 = ค่าถ่วงน้ำหนักด้านเศรษฐศาสตร์

W_3 = ค่าถ่วงน้ำหนักด้านสิ่งแวดล้อม

คะแนนรวมประเด็นปัญหาของเสีย $= (3 \times 2) + (3 \times 1) + (2 \times 3)$

$= 15$

จากการคำนวณพบว่าการเกิดของเสียมีคะแนนสูงสุดเป็น 15 คะแนน และการใช้ไฟฟ้า กาว มีคะแนนเป็นอันดับสองเท่ากันคือคือ 13 คะแนน ประเด็นวัตถุดิบ แท่งโลหะ มีคะแนนเป็นอันดับสามโดยมีคะแนนเป็น 12 คะแนน ส่วนประเด็นการใช้สารไอพีเอ โพมสแว็บ และผ้าคลีน มีคะแนนเป็นอันดับสี่ได้คะแนน 11 เท่ากัน และประเด็นสุดท้ายคือ วัตถุดิบอาร์มคอยล์มีคะแนนเป็น 7 คะแนน ผู้ศึกษาจึงเลือกประเด็นของเสียซึ่งมีคะแนนเป็นอันดับหนึ่ง เป็นประเด็นหลักสำหรับการนำเอาเทคโนโลยีสะอาดไปประยุกต์ใช้ และเลือกประเด็นการใช้ไฟฟ้า กาว วัตถุดิบ แท่งโลหะ สารไอพีเอ โพมสแว็บ และผ้าคลีน เป็นประเด็นรอง เพื่อศึกษาและจัดทำเป็นข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด

ตาราง 4.4 การประเมินลำดับความสำคัญของปัญหา

ประเด็นปัญหา	ประเด็นทางเทคนิค (W_1) = 2		ประเด็นทางเศรษฐศาสตร์ (W_2) =3		ประเด็นทางสิ่งแวดล้อม (W_3) = 2		คะแนนรวม	ลำดับความสำคัญ
	คะแนน	ค่าถ่วงน้ำหนัก	คะแนน	ค่าถ่วงน้ำหนัก	คะแนน	ค่าถ่วงน้ำหนัก		
1.อาร์มคอยล์	1	2	1	3	2	2	7	5
2.แท่งโลหะ	2	4	2	6	1	2	12	3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.4 การประเมินลำดับความสำคัญของปัญหา (ต่อ)

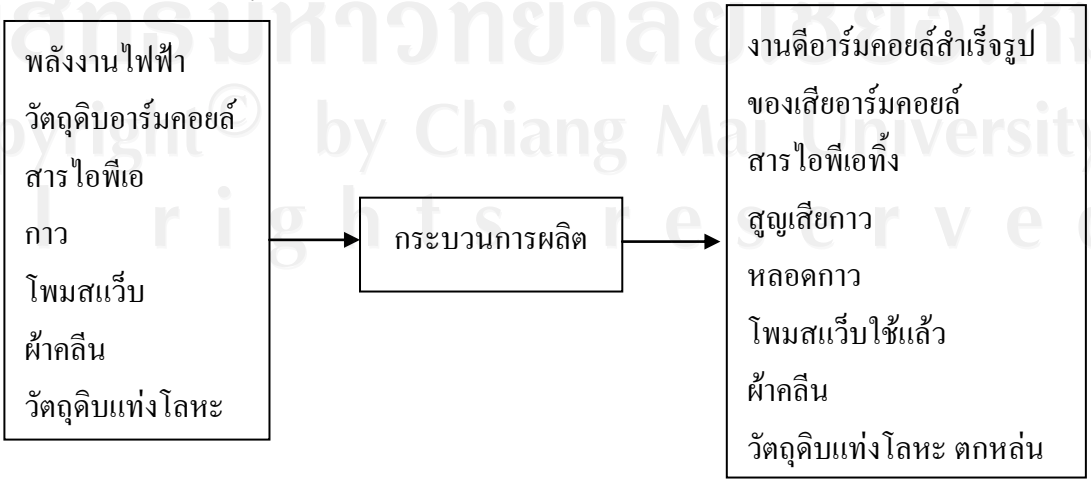
ประเด็นปัญหา	ประเด็นทางเทคนิค (W_1) = 2		ประเด็นทางเศรษฐศาสตร์ (W_2) =3		ประเด็นทางสิ่งแวดล้อม (W_3) = 2		คะแนนรวม	ลำดับความสำคัญ
	คะแนน	ค่าถ่วงน้ำหนัก	คะแนน	ค่าถ่วงน้ำหนัก	คะแนน	ค่าถ่วงน้ำหนัก		
3.ไฟฟ้า	2	4	1	3	3	6	13	2
4.ของเสีย	3	6	1	3	3	6	15	1
5.สารไอพีเอ	1	2	1	3	3	6	11	4
6. กาว	3	6	1	3	2	4	13	2
7.โพมสแว็บ	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 วัตถุดิบ แท่งโลหะ ผ้าคลีน โพมสแว็บ สารไอพีเอ วัตถุดิบอาร์มคอยล์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 สมดุลมวลสารของการประกอบอาร์มคอยล์

จากการรวบรวมข้อมูลของผลิตภัณฑ์ A ในเดือนมีนาคมและ เดือนเมษายน 2551 พบว่ามีการใช้อาร์มคอยล์ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลัก วัตถุดิบ แท่งโลหะ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่ออบชิ้นงาน ใช้สารไอพีเอในกระบวนการล้างอาร์ม ใช้กาวเพื่อยึดตัวอาร์มคอยล์ ใช้โพมสแว็บและผ้าคลีนทำความสะอาดกาวส่วนเกิน เมื่อผ่านกระบวนการผลิตพบว่ามีการเกิดของเสียอาร์มคอยล์ สาร ไอพีเอ ที่ใช้แล้วทิ้ง สูญเสียกาวจากการกำจัดกาวส่วนเกิน หลอดกาวเปล่า โพมสแว็บที่ใช้แล้วและผ้าคลีนที่ใช้แล้ว แสดงดังภาพใน 4.4



ภาพ 4.4 การดุลมวลสารการประกอบอาร์มคอยล์ ของผลิตภัณฑ์ A

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.2 ของเสียอาร์มคอยล์

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

ของเสียตำแน่งที่ 1 เป็นของเสียที่เกิดขึ้นบริเวณที่เรียกว่า สเว็ดแพด (Swage pad) ลักษณะของเสียเป็นเศษโลหะสามารถหลุดได้ (Loose burr) ซึ่งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้า

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

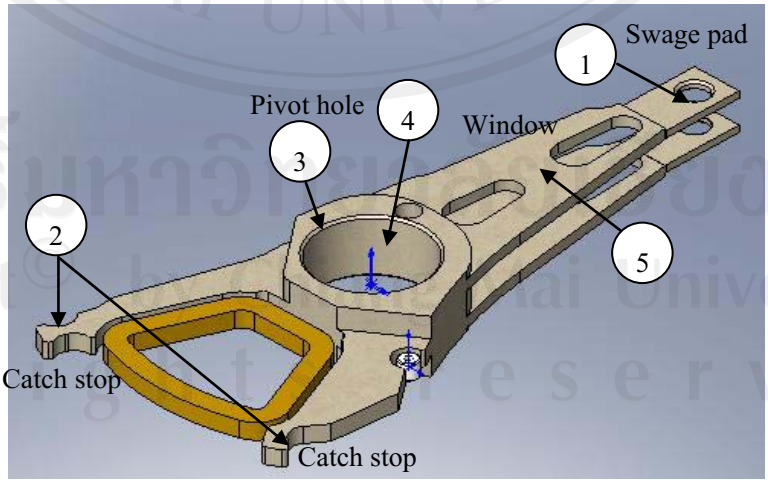
ของเสียตำแหน่งที่ 3 เป็นของเสียที่เกิดขึ้นบริเวณที่เรียกว่า ไพวอดโฮ (Pivot hole) บริเวณดังกล่าวต้องไม่มีรอยบุบ หรือรอยยุบ

ของเสียตำแหน่งที่ 4 เป็นของเสียที่เกิดขึ้นบริเวณเดียวกับตำแหน่งที่ 3 แต่ของเสียตำแหน่งที่ 4 มีลักษณะเป็นรอยขีดข่วนยาว (Scratch) ซึ่งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้า

ของเสียตำแหน่งที่ 5 เป็นของเสียที่เกิดขึ้นบริเวณที่เรียกว่า วินโด (Window) ลักษณะของเสียเป็นรอยบุบ หรือรอยยุบซึ่งมากว่าที่ลูกค้ากำหนด

ของเสียกาวติดตำแหน่งที่ 2 บริเวณ แคสสต็อป (Catch stop) ต้องไม่มีวัตถุอื่นมาติด เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีความเกี่ยวข้องกับขนาด รูปร่างต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้า

ตัวอย่างของเสีย 6 อันดับแรกของเดือนมีนาคม –เมษายน 2551 ดังแสดงในภาพ 4.5 และตาราง 4.5 แสดงเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต



ภาพ 4.5 ตัวอย่างของเสียหลังจากการประกอบเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.5 ของเสียที่เกิดขึ้น 6 อันดับในกระบวนการผลิตเดือนมีนาคม –เมษายน 2551ก่อนปรับปรุง

	มีนาคม			เมษายน			
ตำแหน่งของเสีย	วัตถุดิบ (ชิ้น)	ของเสีย (ชิ้น)	ของเสีย (%)	วัตถุดิบ (ชิ้น)	ของเสีย (ชิ้น)	ของเสีย (%)	เฉลี่ย(%) ของเสีย
กาวติดตำแหน่งที่ 2		2,381	0.41				0.41
ตำแหน่งที่ 3		1,522	0.26		1,053	0.10	0.18
ตำแหน่งที่ 1	579,190	914	0.16	1,084,872	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 พนักงานในสายการผลิตมีหน้าที่รับผิดชอบทำงานตำแหน่งของตนเองที่ได้รับมอบมาย หากพนักงานตรวจสอบพบว่ามีของเสียชนิดเดียวกัน ตำแหน่งการเกิดของเสียซ้ำๆกัน ก็ไม่สามารถแจ้งข้อมูลให้พนักงานภายในสายการผลิตทราบได้ ทำให้เกิดของเสียหลังการอบชิ้นงาน เป็นต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่แก้ไขปัญหากาวติดตำแหน่งที่ 2 โดยมีการหยุดสายการผลิตชั่วคราว (Stop line) เมื่อเกิดของเสียในกระบวนการผลิตเพื่อให้พนักงานในสายการผลิตมีการติดต่อสื่อสารและร่วมกันแก้ไขปัญหา

ส่วนของเสียอาร์มคอยล์ในตำแหน่งต่างๆ พบหลังอบชิ้นงานซึ่งเกิดจากการใช้อาร์มที่มีข้อบกพร่องหรือเป็นของเสีย เนื่องจากขาดการตรวจสอบที่ดีจากกระบวนการก่อนหน้าเมื่อนำมาประกอบเป็นอาร์มคอยล์ทำให้ชิ้นงานนั้นมีข้อบกพร่องหรือเป็นของเสีย การลดของเสียดังกล่าว ผู้วิจัยมีแนวคิดจัดตำแหน่งกระบวนการผลิตใหม่โดยใช้พนักงานเท่าเดิมเพื่อลดการ นำวัตถุดิบอาร์มที่มีข้อบกพร่องหรือเป็นของเสียเข้าสู่กระบวนการผลิต

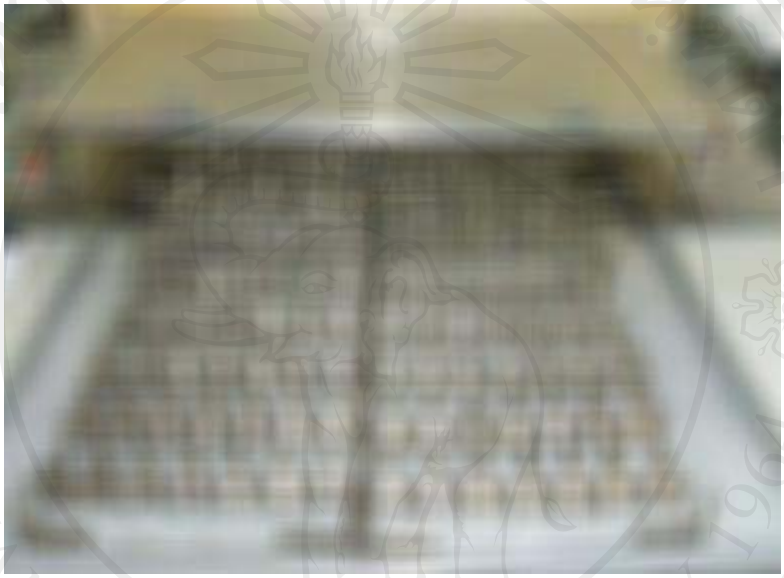
อาจกล่าวโดยสรุปว่า การเกิดของเสียอาร์มคอยล์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ประเภทแรก การเกิดของเสียภายในกระบวนการ คือกระบวนการผลิตก่อให้เกิดของเสียหรือข้อบกพร่องกับชิ้นงาน ประเภท ที่สองการเกิดของเสียนอกกระบวนการคือของเสียที่เกิดจากกระบวนการอื่นๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หรือการเกิดของเสียจากกระบวนการก่อนหน้า เมื่อรับเอาวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิต ส่งผลก่อให้เกิดชิ้นงานนั้นเป็นของเสีย หรือมีข้อบกพร่อง

4.3.3 การใช้พลังงานไฟฟ้า

การอบชิ้นงานในกระบวนการประกอบอาร์มคอยล์ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงเพื่อ อบกาวให้แห้งหลังจากการเติมกาวระหว่างอาร์มคอยล์ดัง ดังแสดงในภาพ 4.6, 4.7

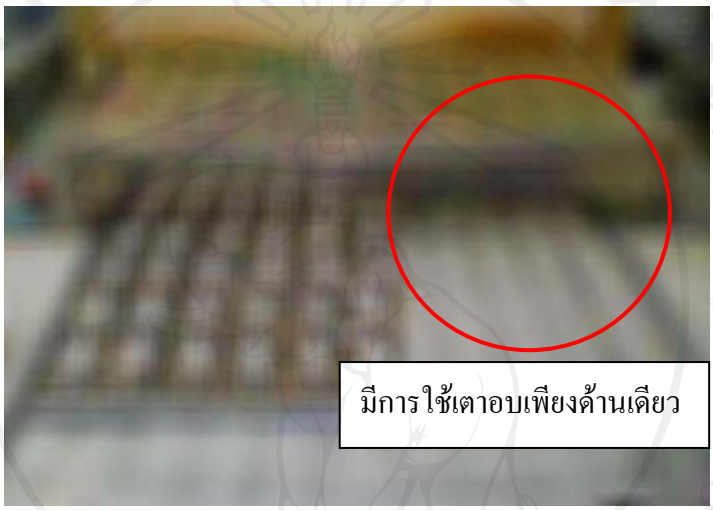


ภาพ 4.6 การใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต

ภาพ 4.7 การอบกาวให้แห้งหลังจากการเติมกาวระหว่างอาร์มคอยล์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การใช้งานของเตาอบชิ้นงานใช้อุณหภูมิตามที่ลูกค้ากำหนด ความเร็วของสายพาน 170 มิลลิเมตรต่อนาที จากการเก็บข้อมูลในกระบวนการผลิตโดยการสังเกตในขณะที่เครื่องกำลังทำงานอยู่มีการใช้เตาอบงานครึ่งเดียว ซึ่งเป็นการใช้เตาอบไม่เต็มประสิทธิภาพดังแสดงในภาพ 4.8 และบางช่วงเวลาในสายการผลิตมีงานรอเข้าเตาอบ ซึ่งเป็นการรอชิ้นงานหลังจากการประกอบอาร์มคอยล์ด้วยกาวนำเข้าสู่เตาอบเพื่ออบกาวให้แห้ง



ภาพ 4.8 การใช้เตาอบงานไม่เต็มประสิทธิภาพ

การใช้พลังงานไฟฟ้า เมื่อประเมินกระบวนการผลิตโดยละเอียดแล้วสามารถแบ่งการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ไม่เต็มประสิทธิภาพ 2 ประเด็น ประเด็นแรก ใช้เตาอบไม่เต็มประสิทธิภาพ ประเด็นที่สองคือ ขาดอุปกรณ์ช่วยในกระบวนการผลิต

เมื่อทำการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในส่วนปริมาณหน่วยการใช้ไฟฟ้าในการอบชิ้นงานภายใน 1 วันโดยการอ่านค่าของมิเตอร์ไฟฟ้าความเร็วของสายพานซึ่งเป็นการทำงานในปัจจุบัน 170 มิลลิเมตรต่อนาที ดังแสดงในภาพ 4.9 ที่ติดอยู่บริเวณด้านข้างของเตาอบชิ้นงานทุกๆ หนึ่งชั่วโมง ค่าเฉลี่ยในการใช้ไฟฟ้าเท่ากับ 1.61 กิโลวัตต์ชั่วโมงเป็นการเก็บข้อมูลปริมาณหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนการปรับปรุงการทำงานของเตาอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 4.9 ความเร็วของสายพานและมิเตอร์ที่ติดอยู่ด้านข้างของบริเวณเตาอบชิ้นงาน

4.3.4 การสูญเสียกาวระหว่างกระบวนการผลิต

จากการศึกษากระบวนการผลิตพบว่า มีการใช้กาวเพื่อยึดระหว่างตัวอาร์มคอยล์ กาว 1 หลอด (55 ซีซี) มีปริมาณ 80,000 มิลลิกรัม จากการสุ่มชั่งน้ำหนักในกระบวนการเติมกาวมีการสูญเสียกาวโดยเฉลี่ย 1 มิลลิกรัมต่อตัวดังแสดงในภาพ 4.10 ซึ่งเกิดจากการเติมกาวที่มีปริมาณมากเกินไป ขาดการกำหนดปริมาณที่เหมาะสม การกำจัดกาวส่วนเกินเพื่อให้ผลิตภัณฑ์เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้าคือการใช้วัตถุดิบไม่เต็มประสิทธิภาพก่อให้เกิดต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น

อาจกล่าวโดยสรุปว่า การสูญเสียกาวระหว่างกระบวนการผลิต คือ การสูญเสียจาการที่เติมปริมาณกาวที่มากเกินไป ทำให้ต้องมีการกำจัดกาวส่วนเกินออก ดังแสดงในภาพ 4.10

ภาพ 4.10 กาวส่วนเกินหลังจาการเติมกาวระหว่างอาร์มคอยล์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อีกทั้งในกระบวนการผลิตยังมีการใช้วัตถุดิบผ้าคลีนเพื่อใช้ทำความสะอาดกาวดังแสดงในภาพ 4.11 ซึ่งมีปริมาณมากตามการกำจัดกาว

ภาพ 4.11 ผ้าคลีนที่ใช้ในการทำความสะอาดกาวส่วนเกิน

นอกจากนี้ มีการใช้วัตถุดิบโพมสแว็บ เพื่อใช้ทำความสะอาดชิ้นงานดังแสดงในภาพ 4.12 ถ้ามีการกำจัดกาวมากการใช้โพมสแว็บก็จะมากตามไปด้วยเช่นกัน

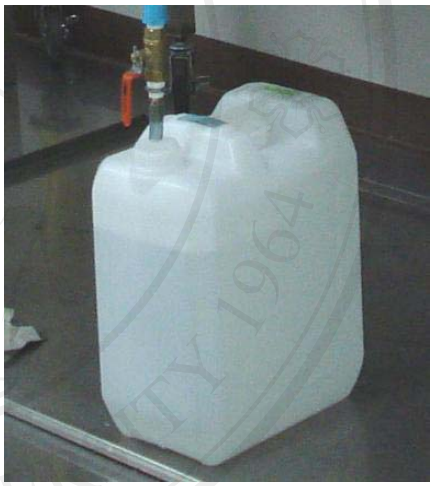
ภาพ 4.12 โพมสแว็บที่ใช้ในการกำจัดกาวส่วนเกิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.5 การใช้สารไอโซโพรพิวแอลกอฮอล์ ในกระบวนการผลิต

สาร ไอโซโพรพิวแอลกอฮอล์ หรือสาร ไอพีเอ (Isopropyl alcohol, IPA) ใช้เพื่อทำความสะอาดอาร์มก่อนนำเข้าสู่กระบวนการประกอบอาร์มคอยล์ ไอระเหยของสาร ไอพีเอ อาจทำให้เกิดอาการง่วงซึมเวียนศีรษะและเกิดการระคายเคืองที่ผิวหนัง ตา ทางเดินหายใจ (เอเซีย แปซิฟิค ปิโตรเคมิคอล, 2552) นอกจากก่อให้เกิดการระคายเคืองแล้วยังเป็นสาร ไวไฟสูง การประกอบอาร์มคอยล์มีเตาอบที่มีความร้อนสูง ดังนั้นการใช้สาร ไอพีเอ จำเป็นต้องแยกกระบวนการออกจากส่วนการผลิตหลักเพื่อความปลอดภัย

สาร ไอพีเอ มีการใช้ล้างอาร์มทุกผลิตภัณฑ์ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิต โดยทางโรงงานต้องการทำความสะอาดอาร์มจากสิ่งปนเปื้อนดังแสดงในภาพ 4.13



ภาพ 4.13 การล้างอาร์มด้วยสาร ไอพีเอและการทิ้งหลังจากการใช้แล้ว

4.4 การเลือกบริเวณหรือหน่วยการผลิตที่เกิดการสูญเสีย

จากนั้นทำการ เลือกหน่วยผลิตเพื่อทำการประเมินละเอียดซึ่งเป็นการให้คะแนนจากผู้จัดการแผนก ทาง บริษัทกรณีศึกษา จุดที่ควรทำการประเมินละเอียดมีเกณฑ์การพิจารณาดังนี้ (สถาบันสิ่งแวดล้อม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2547)

4.4.1 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดมลพิษและของเสียปริมาณมากซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูง จากข้อมูลในตาราง 4.6 มีรายละเอียดของการประเมินดังนี้

การรับวัตถุดิบอาร์มคอยล์ได้คะแนนเท่ากับ 3 ตรวจพบปริมาณของเสียอาร์มส่งผลให้มีของเสียหลังการประกอบอาร์มคอยล์เป็นจำนวนมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การล้างอาร์มด้วยสาร ไอพีเอได้คะแนนเท่ากับ 2 ถูกจัดอยู่ในคะแนนที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมปานกลางเนื่องจากสารไอพีเอก่อให้เกิดมลพิษโดยเฉพาะการระคายเคืองต่ออวัยวะต่างๆ อย่างไรก็ดีการใช้สารไอพีเอถูกจัดแยกห้องออกจากกระบวนการผลิตหลักภายในห้องยังมีตู้ดูดไอระเหยและพนักงานปฏิบัติงานสวมแว่นตา ผ้าปิดจมูก ทำให้มีความปลอดภัยในการทำงาน

ในกระบวนการผลิตมีการอบกาว ได้คะแนนเท่ากับ 2 เนื่องจากไอร้อนจากเตาอบส่งผลให้เกิดความร้อนแก่พนักงานโดยเฉพาะพนักงานที่อยู่ใกล้บริเวณเตาอบ เช่น พนักงานตรวจสอบกาวหลังจากการประกอบอาร์มคอยล์ก่อนนำเข้าสู่เตาอบ เป็นต้น

การเติมกาวระหว่างอาร์มคอยล์ และกำจัดกาวส่วนเกิน ได้คะแนนเท่ากับ 2 เนื่องจากกาวก่อให้เกิดการระคายเคืองแก่ผู้สัมผัสโดยตรง อย่างไรก็ดีในกระบวนการผลิตพนักงานทุกคนต้องสวมใส่ถุงมือก่อนการปฏิบัติงาน และพนักงานที่สัมผัสกับกาวโดยตรงมีการสวมใส่แว่นตาเพื่อป้องกันกาวกระเด็นเข้าตา เช่น พนักงานในตำแหน่งเติมกาว เป็นต้น

การประกอบวัตถุดิบแท่งโลหะ ได้คะแนนเท่ากับ 1 มีคะแนนการประเมินต่ำเนื่องจากเป็นการประกอบชิ้นส่วนเพื่อให้ได้ตามข้อกำหนดของลูกค้า ซึ่งในกระบวนการไม่ได้ก่อให้เกิดมลพิษและของเสีย

4.4.2 การลงทุน มีค่าความสูญเสียคิดเป็นตัวเงินสูง หรือมีต้นทุนสูง

การรับวัตถุดิบอาร์มคอยล์ได้คะแนนเท่ากับ 2 ซึ่งมีค่าความสูญเสียคิดเป็นตัวเงินจากของเสียอาร์มคอยล์

การล้างอาร์มด้วยสาร ไอพีเอได้คะแนนเท่ากับ 2 มีการใช้ปริมาณมากเพื่อใช้กระบวนการล้างอาร์มซึ่งทำให้มีต้นทุนในการซื้อสารไอพีเอ

การอบกาว ได้คะแนนเท่ากับ 3 เนื่องจากในกระบวนการผลิตมีการอบกาวซึ่งเตาอบมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูง

การเติมกาวระหว่างอาร์มคอยล์ และกำจัดกาวส่วนเกิน ได้คะแนนเท่ากับ 3 เนื่องจากในกระบวนการนี้มีการใช้กาวและมีการสูญเสียกาวเป็นจำนวนมาก ซึ่งทำให้มีค่าความสูญเสียวัตถุดิบคิดเป็นตัวเงินสูง

การประกอบวัตถุดิบแท่งโลหะได้คะแนนเท่ากับ 3 เนื่องจากในกระบวนการผลิตมีวัตถุดิบแท่งโลหะตกหล่นเป็นจำนวนมาก ซึ่งทำให้มีค่าความสูญเสียวัตถุดิบคิดเป็นตัวเงินสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.3 โอกาสในการทำเทคโนโลยีสะอาดที่เห็นได้ชัด

การรับวัตถุดิบอาร์มคอยล์ได้คะแนนเท่ากับ 3 มีค่าความสูญเสียคิดเป็นตัวเงินจากของเสียอาร์มคอยล์ โดยเฉพาะเมื่อประกอบเป็นผลิตภัณฑ์พบของเสียจำนวนมาก ซึ่งการนำข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาดไปแก้ไขจะสามารถลดความสูญเสียดังกล่าวได้

การล้างอาร์มด้วยสาร ไอพีเอได้คะแนนเท่ากับ 2 มีการใช้ปริมาณมากเพื่อใช้กระบวนการล้างอาร์มซึ่งทำให้มีต้นทุนในการซื้อสารไอพีเอ การลดปริมาณการใช้หรือการหาปริมาณที่เหมาะสมจะสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้

การอบกาว ได้คะแนนเท่ากับ 3 เนื่องจากในกระบวนการผลิตมีการอบกาวซึ่งเตาอบมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูง การหาทางลดการใช้พลังงานไฟฟ้า หรือ หาแนวทางการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เต็มประสิทธิภาพจะสามารถลดต้นทุนลงได้

การเติมกาวระหว่างอาร์มคอยล์ และกำจัดกาวส่วนเกิน ได้คะแนนเท่ากับ 2 เนื่องจากในกระบวนการนี้มีการใช้กาวและสูญเสียกาวเป็นจำนวนมาก ซึ่งทำให้มีค่าความสูญเสียวัตถุดิบที่คิดเป็นตัวเงินที่สูง การหาปริมาณกาวที่เหมาะสมจะช่วยลดต้นทุนการผลิตลงได้

การประกอบวัตถุดิบแท่งโลหะได้คะแนนเท่ากับ 3 เนื่องจากในกระบวนการผลิตมีวัตถุดิบแท่งโลหะตกหล่นเป็นจำนวนมาก ซึ่งทำให้มีค่าความสูญเสียวัตถุดิบที่คิดเป็นตัวเงินที่สูง การป้องกันการสูญเสียวัตถุดิบจะทำให้ลดต้นทุนการผลิตลงได้

4.4.3 ความสนใจ/ความร่วมมือ

ทางบริษัทกรณีศึกษาให้ความสนใจปรับปรุงลดของเสียอาร์มคอยล์ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการอบงานเป็นอันดับแรกซึ่งได้คะแนนเท่ากับ 3 ปรับปรุงหน่วยผลิตการรับอาร์มคอยล์ และการอบชิ้นงาน ตามลำดับ รองลงมาคือปรับปรุงกระบวนการล้างอาร์มด้วยสารไอพีเอ การเติมกาวระหว่างอาร์มคอยล์และ กำจัดกาวส่วนเกิน ได้คะแนนเท่ากับ 2 ความสนใจประเด็นสุดท้ายคือ การประกอบวัตถุดิบแท่งโลหะได้คะแนนเท่ากับ 1

จาก ตาราง 4.6 พบว่า หน่วยผลิตหรือประเด็นการทำเทคโนโลยีสะอาดที่เสนอมีคะแนนสูงเป็นอันดับแรก คือ หน่วยผลิตรับอาร์มคอยล์ เนื่องจากเป็นหน่วยแรกที่รับวัตถุดิบเข้ามา และหน่วยผลิตการอบกาว ซึ่งเป็นหน่วยการผลิตมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมาคือ หน่วยผลิตเติมกาวระหว่างอาร์มคอยล์ การกำจัดกาวส่วนเกิน และการล้างอาร์มด้วยสาร ไอพีเอและหน่วยสุดท้ายคือการประกอบ วัตถุดิบแท่งโลหะ ผู้วิจัยจึงเห็นโอกาสในการนำเทคนิคทางด้านวิศวกรรมอุตสาหการมาแก้ปัญหา ซึ่งจะได้กล่าวโดยละเอียดในหัวข้อต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.6 การเลือกหน่วยผลิตเพื่อทำการประเมินโดยละเอียด

หน่วยผลิตหรือประเด็นการทำเทคโนโลยีสะอาดที่เสนอ	เกณฑ์การเลือก (คะแนน)*				คะแนนรวม	ลำดับที่
	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (ปริมาณ)	การลงทุน**	โอกาสในการทำ CT ที่เห็นได้ชัด	ความสนใจ/ความร่วมมือ		
1.รับอาร์มคอยล์	3	2	3	3	11	1
2.การล้างอาร์มด้วยสารไอพีเอ	2	2	2	2	8	3
3.การอบกาว	2	3	3	3	11	1
4.เติมกาวระหว่างอาร์มคอยล์ และกำจัดกาวส่วนเกิน	2	3	2	2	9	2
5.การประกอบวัตถุดิบแท่งโลหะ	1	3	1	1	6	4

* คะแนน 1 = ต่ำ ** คะแนนสำหรับการลงทุน 1 = ลงทุนสูง
2 = ปานกลาง 2 = ลงทุนปานกลาง
3 = สูง 3 = ลงทุนต่ำ

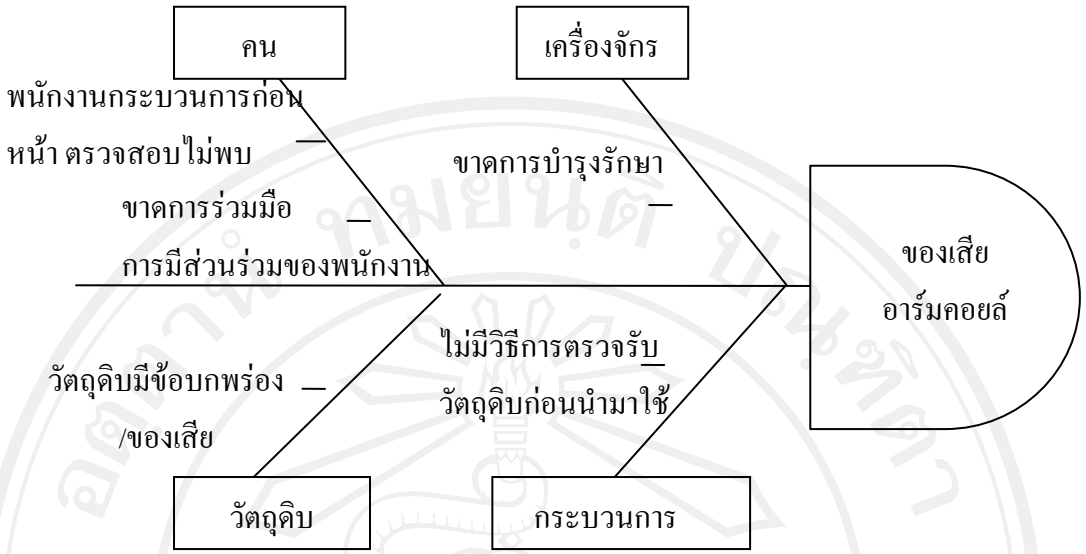
4.5 การระบุสาเหตุและทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้

4.5.1 สาเหตุการเกิดของเสียอาร์มคอยล์

การเกิดของเสียอาร์มคอยล์ สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ตามแผนภูมิก้างปลาดังแสดงในภาพ 4.14 โดยส่วนหนึ่งเกิดจากการปฏิบัติหน้าที่ของพนักงาน เช่น พนักงานในกระบวนการก่อนหน้ามีการปล่อยวัตถุดิบที่เป็นของเสียหรือมีข้อบกพร่องเข้ามาในกระบวนการผลิต เป็นต้น และการเกิดของเสียภายในกระบวนการผลิตพนักงานขาดการประสานงาน การร่วมมือกันในการแก้ไขปัญหา ไม่มีมาตรฐานการทำงานโดยเฉพาะเมื่อมีการเกิดของเสีย พนักงานไม่มีแนวทางการปฏิบัติเพื่อแก้ไขปัญหาของเสียนั้น กระบวนการผลิตยังคงมีการผลิตงานเสียออกมา

นอกจากนี้ การรับเอาวัตถุดิบที่เป็นของเสียหรือมีข้อบกพร่องเข้ามาในกระบวนการผลิตโดยไม่มีการตรวจสอบทำให้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ได้เป็นของเสียหรือข้อบกพร่อง อีกทั้งในกระบวนการผลิตขาดการดูแลรักษาเครื่องจักรส่งผลให้เกิดของเสียได้ด้วยเช่นกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.14 สาเหตุการเกิดของเสียอาร์มคอยล์

4.5.2 สาเหตุการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เต็มประสิทธิภาพ

การใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เต็มประสิทธิภาพ สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ตามแผนภาพก้างปลาดังแสดงในภาพ 4.15 โดยส่วนหนึ่งเกิดจากพนักงานไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานของการผลิตที่ได้วางไว้ เช่น ขั้นตอนอบกาวได้กำหนดการวางจิก (Bonding Jig) ในหนึ่งแถว หากมีการวางโดยเว้นช่องวางไม่ครบตามจำนวนหรือการปล่อยให้เตาอบว่างงาน ก่อให้เกิดความสูญเสียพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น

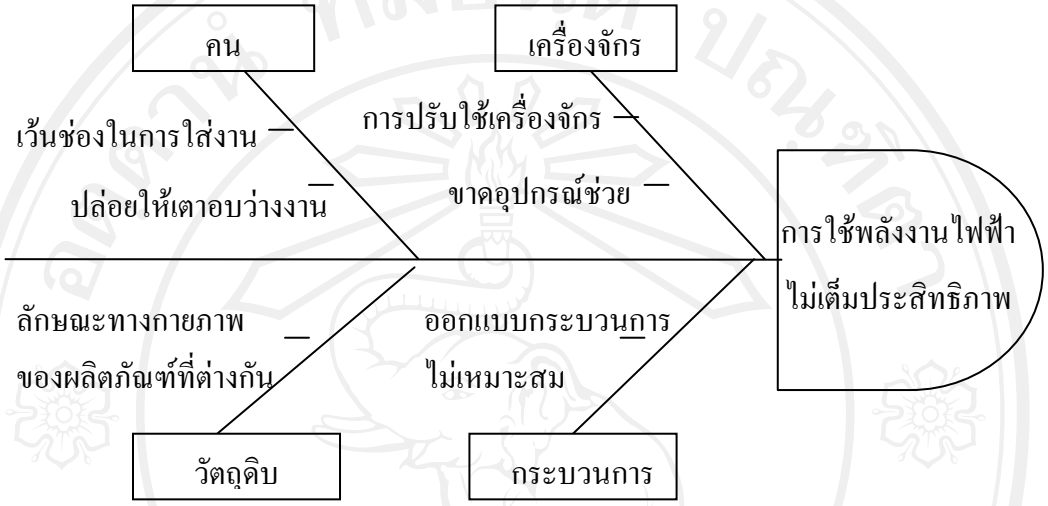
การปรับใช้เครื่องจักรที่ไม่เต็มประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่น มีงานรอเข้าเตาอบถือเป็นความสูญเสียซึ่งความเร็วของสายพานอบชิ้นงานยังไม่มีการศึกษาค่าที่เหมาะสม ความเร็วของสายพานเป็นการปรับตั้งค่าเครื่องจักรเริ่มแรกเพื่อให้ได้ค่าอุณหภูมิตามที่ลูกค้ากำหนดหากมีการศึกษาเพื่อเพิ่มความเร็วโดยให้มีความเร็วเพิ่มขึ้นและไม่กระทบถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ผลผลิตจากการอบงานจะได้เร็วขึ้น

การขาดอุปกรณ์ช่วย ในกระบวนการผลิต โดยในกระบวนการผลิต มีการเปิดเตาอบ หากออกแบบอุปกรณ์ช่วยในกระบวนการผลิตร่วมกับการอบกาวเพื่อปิดเตาอบจะสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้

การออกแบบกระบวนการที่ไม่เหมาะสม เช่น การจัดสายผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันไว้ในเตาอบเดียวกัน ผลิตภัณฑ์อื่นไม่สามารถใช้ร่วมได้หากในเดือนนั้นๆไม่มีแผนในการผลิต สายการผลิตอีกครึ่งหนึ่งจะว่างหรือใช้เตาอบเพียงครึ่งเดียว หากมีการจัดสายการผลิตโดยทุกเตาอบสามารถผลิต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลิตภัณฑ์ได้ทุกชนิดจะสามารถลดการเปิดเตาอบเพื่อใช้อบชิ้นงานได้ เป็นต้น ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะรูปร่างของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดต่างกันซึ่งไม่สามารถใช้จิกร่วมกันได้ต้องเปิดเตาเพื่ออบผลิตภัณฑ์ชนิดนั้นๆเพื่อป้องกันการปนกันระหว่างผลิตภัณฑ์หากขาดการจัดการควบคุมที่ดีจะทำให้มีการเปิดใช้เตาอบโดยไม่จำเป็นส่งผลให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น

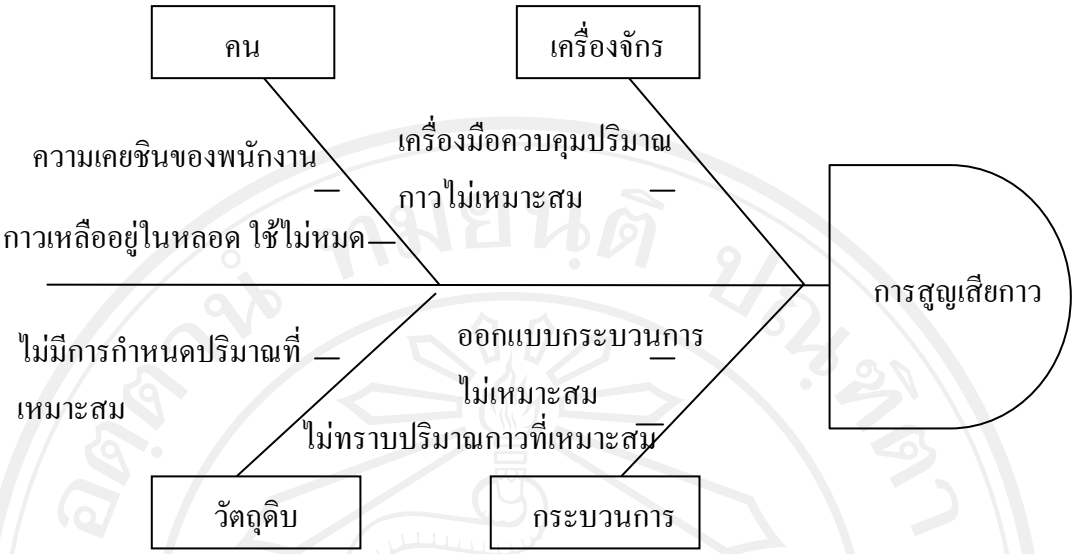


ภาพ 4.15 สาเหตุการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เต็มประสิทธิภาพ

4.5.3 สาเหตุการสูญเสียกาว

การสูญเสียกาวสามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ตามแผน ภาพก้างปลาดังแสดงในภาพ 4.16 โดยส่วนหนึ่งเกิดจากพนักงานไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานของการผลิตที่ได้วางไว้ เช่น พนักงานไม่มีการชั่งน้ำหนักกาวโดยปกติให้ชั่งช่วงเริ่มการผลิตและทุกๆหนึ่งชั่วโมง การไม่ชั่งกาวจะไม่สามารถควบคุมปริมาณกาวที่เติมลงไปในอาร์มคอยล์ได้ เป็นต้น อีกทั้งการไม่ทราบปริมาณกาวที่เหมาะสมที่เติมระหว่างอาร์มคอยล์ส่งผลให้พนักงานเติมกาวมากหรือน้อยเกินไป ในกรณีที่เติมกาวมากพนักงานจะมีการกำจัดออก กรณีที่กาวน้อยจะมีการเติมซ้ำให้ล้นออกมากและกำจัดออกซึ่งกลายเป็นความเคยชินของพนักงานในการปฏิบัติงาน ทั้งสองกรณีก่อให้เกิดการสูญเสียกาว เครื่องจักรขาดการบำรุงรักษาที่ดีโดยเฉพาะฐานที่ใช้สำหรับ จิกทำให้เข็มเดินกาวไม่ตรง กาวเปื้อนขอบชิ้นงานได้ อีกทั้งยังขาดเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมปริมาณกาว ทำให้มีกาวเหลือที่ปลายหลอด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.16 สาเหตุการสูญเสียกาวระหว่างการเติมกาวอาร์มคอยล์

จากการระบุสาเหตุของการ ปัญหาสามารถคัดเลือกข้อเสนอทางด้านเทคโนโลยีสะอาดดังแสดงในตาราง 4.7

การเกิดของเสียอาร์มคอยล์มีการคัดเลือกข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาดคือ การปรับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิตโดยตรวจสอบอาร์มก่อนเข้ากระบวนการและการหยุดผลิตชั่วคราวเมื่อเกิดของเสียในกระบวนการผลิต

การใช้พลังงานไฟฟ้า ศึกษาความเร็วของสายพานเตาอบชิ้นงานโดยการเพิ่มความเร็วของสายพานลดการรองานเข้าเตาอบเพื่อให้ผลิตภาพเพิ่มขึ้นและออกแบบอุปกรณ์ ช่วยในกระบวนการผลิตเพื่อใช้ร่วมเตาเดียวกับการอบกาว

การสูญเสียกาว หาปริมาณกาวที่เหมาะสมที่เติมระหว่างอาร์มคอยล์มีความเกี่ยวข้องกับสารไอพีเอ ที่ใช้ล้างอาร์มคือคุณภาพค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอาร์มคอยล์ ดังนั้นการศึกษาจึงต้องทำควบคู่กันไป ในส่วนข้อเสนอที่นำกาวที่เหลือจากปลายหลอดมาใช้ในทางปฏิบัติไม่สามารถทำได้เนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์กาวหมดอายุก่อนนำกลับมาใช้ใหม่

ข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาดเกี่ยวกับการสูญเสียวัตถุดิบ แท่งโลหะ สามารถทำได้ทันทีโดยกำหนดการเบิกจ่ายด้วยแผ่นควบคุม (Check sheet)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.7 การคัดทางเลือกข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด

ทางเลือกข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด	ทำได้ทันที	ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม	ไม่สามารถปฏิบัติได้	หมายเหตุ
1.การลดของเสียอาร์มคอยล์ 1.1 ปรับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิตโดยการตรวจสอบอาร์มก่อนเข้ากระบวนการผลิต 1.2 การหยุดผลิตชั่วคราว เมื่อเกิดของเสียในกระบวนการผลิต		/ /		
2.การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า 2.1 การเพิ่มความเร็วของสายพานเตาอบชิ้นงาน 2.2 ออกแบบอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน		/ /		
3.การลดการสูญเสียกาว 3.1 การหาปริมาณกาวที่เหมาะสมเติมระหว่างอาร์มคอยล์ 3.2การนำกาวเหลือในปลายหลอดมาใช้		/ 	/ 	
4.ลดการใช้สารไอพีเอในกระบวนการล้างอาร์ม		/		
5.การกำหนดเบิกจ่ายวัตถุดิบแท่งโลหะ	/			

4.6 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ของข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด

จากการพิจารณาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม ซึ่งประเมินจาก ผู้จัดการแผนก โดยใช้แบบประเมินของการศึกษาความเป็นไปได้ (ภาคผนวก ข) เมื่อสรุปผลคะแนนความเป็นไปได้ของแต่ละข้อเสนอดังแสดงในตาราง 4. 8 มีความเป็นไปได้ในการปรับปรุงการดำเนินงานตามหลักการของเทคโนโลยีสะอาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.8 การศึกษาความเป็นไปได้ของข้อเสนอทางเทคโนโลยีสะอาด

ข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด	คะแนนความเป็นไปได้			รวมคะแนน	ปฏิบัติได้
	ด้านเทคนิค	ด้านเศรษฐศาสตร์	ด้านสิ่งแวดล้อม		
1.การลดของเสียอาร์มคอยล์					
1.1 ปรับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิตโดยการตรวจสอบอาร์มก่อนเข้ากระบวนการผลิต	3	1	1	5	/
1.2 การหยุดการผลิตชั่วคราว เมื่อเกิดของเสียในกระบวนการผลิต	3	2	2	7	/
2.การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า	3	1	1	5	/
2.1การเพิ่มความเร็วของสายพานเตาอบชิ้นงาน	3	1	1	5	/
2.2 อุปกรณ์ประหยัดพลังงาน					
3.การลดการสูญเสียกาว					
3.1การหาปริมาณกาวที่เหมาะสมเติมระหว่างอาร์มคอยล์	3	2	2	7	/
4.ลดการใช้สารไอพีเอในกระบวนการล้างอาร์ม	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)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คะแนนการประเมินความเป็นไปได้ทางสิ่งแวดล้อม จากภาคผนวก ข

คะแนน 7-9 ได้ 3 (สูง)

คะแนน 4-6 ได้ 2 (ปานกลาง)

คะแนน 0-3 ได้ 1 (ต่ำ)

4.7 ผลการประยุกต์ใช้ข้อเสนอและเทคนิคทางด้านวิศวกรรมอุตสาหการ

จากผลการศึกษาความเป็นไปได้ ของข้อเสนอทางเทคโนโลยีสะอาด ซึ่งประกอบไปด้วย การลดของเสียอาร์มคอยล์ โดยปรับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิตตรวจสอบอาร์มก่อนเข้ากระบวนการผลิต และการหยุดการผลิตชั่วคราวเมื่อเกิดของเสียในกระบวนการผลิต การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า ด้วยการ เพิ่มความเร็วของสายพานเตาอบชิ้นงาน และออกแบบ อุปกรณ์ ช่วยในกระบวนการผลิตเพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้า การลดการสูญเสียกาว ด้วยการ หาปริมาณกาวที่เหมาะสมเติมระหว่างอาร์มคอยล์ และมีความเกี่ยวข้องกับสารไอพีเอ การศึกษาต้องทำควบคู่กันไป ซึ่งการแก้ไขปัญหาต่างๆมีรายละเอียดดังนี้

4.7.1 การลดของเสียอาร์มคอยล์: หยุดผลิตชั่วคราวเมื่อเกิดของเสีย

การหยุดผลิตชั่วคราวเมื่อเกิดของเสียในกระบวนการผลิต โดยพนักงานมีส่วนร่วมตัดสินใจแก้ไขปัญหาโดยใช้เทคนิคการควบคุมการมองเห็น มีขั้นตอนการดำเนินการ คือ กำหนดเป้าหมายจำนวนของเสีย และ การควบคุมการมองเห็นเพื่อหยุดการผลิต ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

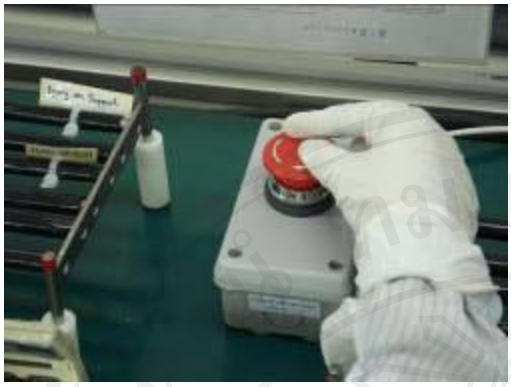
1.กำหนดเป้าหมายจำนวนของเสีย

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

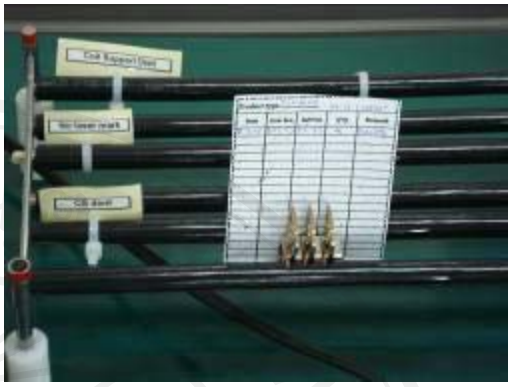
2.การควบคุมการมองเห็นเพื่อหยุดการผลิต

1) กระบวนการตรวจสอบพบจำนวนของเสียเกินเป้าหมายที่กำหนดไว้ให้พนักงานกดปุ่มเพื่อทำการหยุดการผลิตดังแสดงในภาพ 4.17 และบันทึกชนิดของเสียลงใบล็อตดังแสดงในภาพ 4.18

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.17 พนักงานกดหยุดปุ่มเพื่อหยุดผลิต



ภาพ 4.18 ใบล็อตที่ใช้เขียนชนิดของเสีย

2) เมื่อได้ยินเสียงเตือนและไฟสัญญาณเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดงให้ทุกคนหยุดการทำงาน จากนั้นให้วิศวกร หัวหน้างาน ผู้ช่วยหัวหน้างาน เข้าไปตรวจสอบดูของเสียร่วมกันแล้วทำการหาสาเหตุ จากนั้น ดำเนินการ แก้ไขปัญหา โดยการแจ้งชนิดของเสียเพื่อให้พนักงานทำการปรับปรุงแก้ไขและเนื่องจากชื่อกระบวนการผลิตเป็นความลับของทางบริษัทจึงได้สมมุติขึ้น การทำงานให้ปฏิบัติดังแสดงในภาพ 4.19 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

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

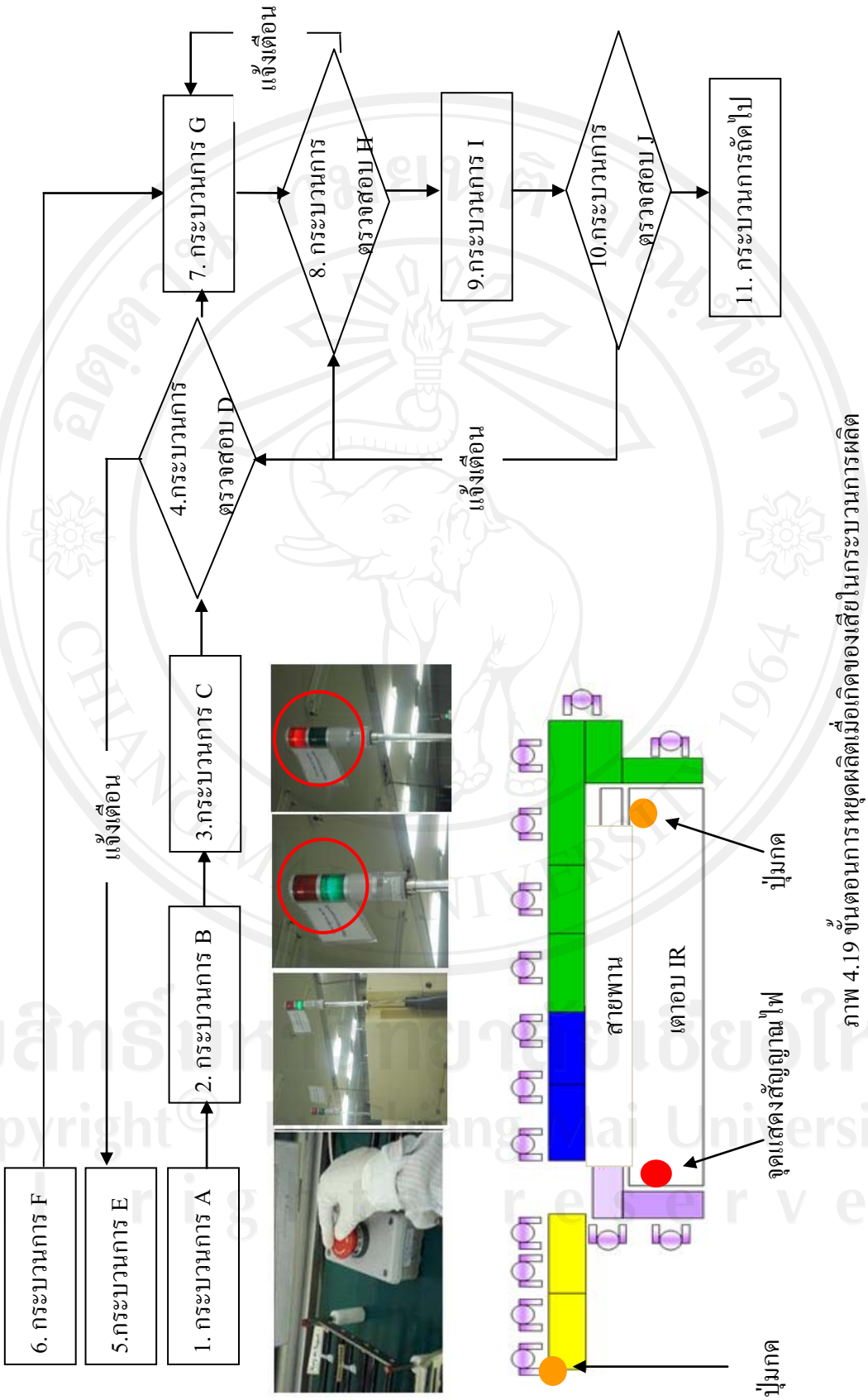
2.2) เมื่อพนักงานตรวจสอบชิ้นงานกระบวนการ H หมายเลข 8 พบของเสียกาวให้แจ้งมายังพนักงานกระบวนการ G หมายเลข 7 ซึ่งมีหน้าที่เติมกาวระหว่างอาร์มคอยล์เพื่อทำการแก้ไขการเกิดของเสียกาว

2.3) เมื่อพนักงานตรวจสอบกระบวนการ J หมายเลข 10 พบของเสียให้แจ้งชนิดของเสียตามตำแหน่งที่ตรวจพบ คือ

- พบของเสียกาว แจ้งมายังพนักงานตรวจสอบกระบวนการ H หมายเลข 8
- พบของเสียอาร์มแจ้งมายังพนักงานตรวจสอบกระบวนการ D หมายเลข 4

2.4) ทำการบันทึกชนิดของเสียในแต่ละวันเพื่อหาทางการแก้ไขปัญหาต่อไป

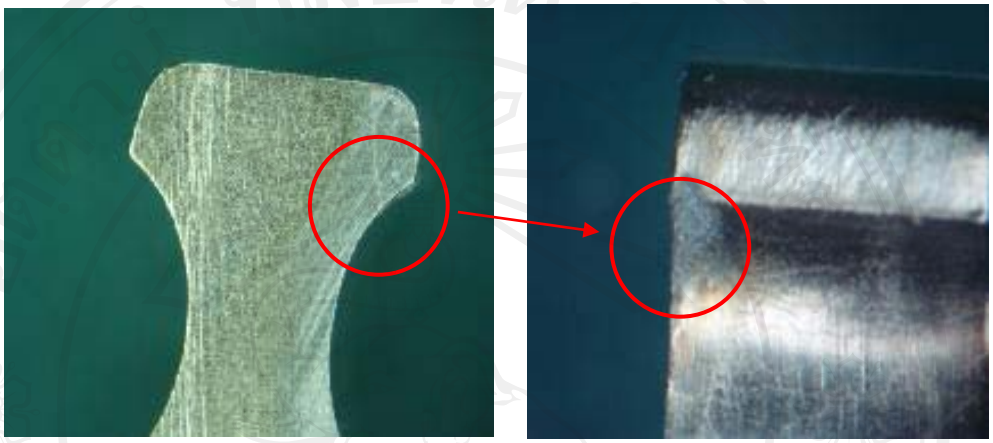
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.19 ขั้นตอนการหยุดผลิตเมื่อเกิดของเสียในกระบวนการผลิต

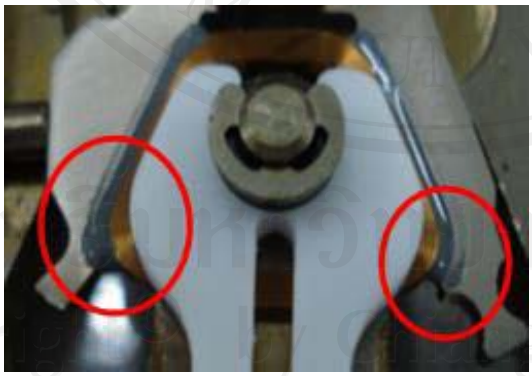
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวอย่างการใช้เทคนิคควบคุมการมองเห็นโดยหยุดการผลิตชั่วคราวเมื่อเกิดของเสียในกระบวนการผลิตเนื่องจากของเสียในกระบวนการผลิตมีหลายชนิด ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงยกตัวอย่างการแก้ไขปัญหาของเสียที่เกิดขึ้น คือ กาวเปื้อนบนชิ้นงานตำแหน่งที่ 2 ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ของเสียเป็นอันดับที่ 1 ของเดือนมีนาคม 2551 ตัวอย่างของเสียกาวเปื้อนบนชิ้นงานดังแสดงในภาพ 4.20

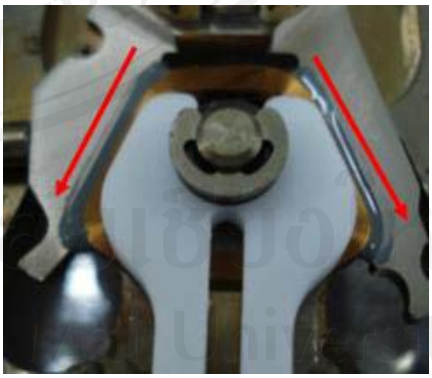


ภาพ 4.20 ตัวอย่างของเสียกาวเปื้อนบนชิ้นงาน

ของเสียกาวเปื้อนบนชิ้นงานเกิดขึ้นในกระบวนการเติมกาวระหว่างอาร์มคอยล์ , การกำจัดกาวส่วนเกิน สาเหตุของการเกิดคือ *ปริมาณกาวที่มากเกินไป* ดังแสดงในภาพ 4.21 ทำให้ต้องมีการจำกัดกาวออก และทิศทางการกำจัดทำให้กาวไปเปื้อนในบริเวณดังกล่าว ดังแสดงในภาพ 4.22



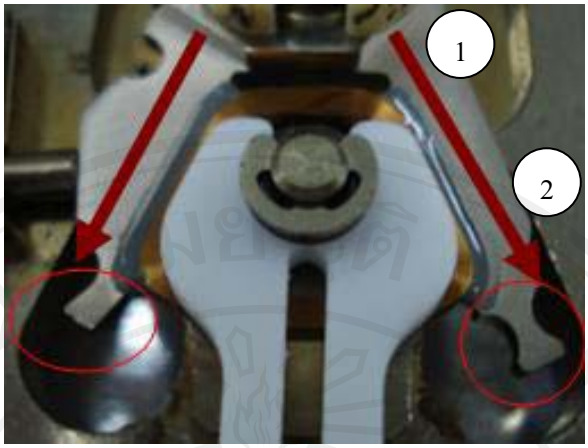
ภาพ4.21 ปริมาณกาวที่มากเกินไป



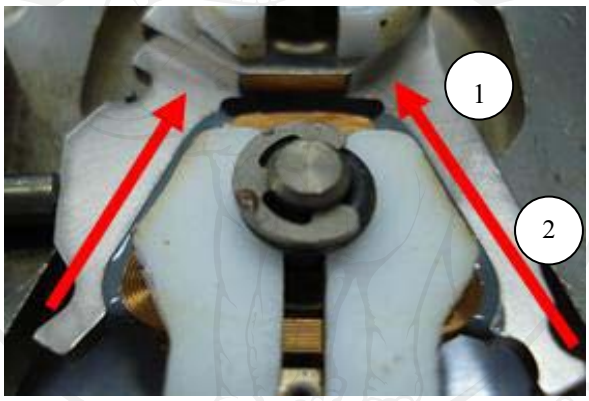
ภาพ 4.22 ทิศทางการกำจัดกาว

จากการทำงานและค้นหาสาเหตุร่วมกันของพนักงานการแก้ไขที่ทำได้ทันที (Corrective action) คือ การปรับเปลี่ยนวิธีกำจัดกาวส่วนเกินจากในปัจจุบันมีทิศทางจากตำแหน่ง 1 ไปตำแหน่ง 2 ดังแสดงในภาพ 4.23 เปลี่ยนวิธีการกำจัดจากตำแหน่ง 2 ไปตำแหน่ง 1 ดังแสดงในภาพ 4.24 ซึ่งเป็นการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานเพื่อแก้ไขของเสีย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.23 ก่อนการปรับปรุงเปลี่ยนทิศทางการกำจัดกาวส่วนเกิน จาก 1 ไป 2



ภาพ4.24 หลังการปรับปรุงเปลี่ยนทิศทางการกำจัดกาวส่วนเกิน จาก 2 ไป 1

จากการทำกิจกรรมร่วมกันจากทุกฝ่ายสามารถลดของเสียกาวเปื้อนบนชิ้นงานลงจาก 0.41% เป็น 0.025% นั่นหมายถึง สามารถลดค่าความเสีย ภายในที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายเมื่อ สินค้าที่ผลิตขึ้นไม่ได้ตามระดับคุณภาพที่ต้องการ คือ ผลิตภัณฑ์อาร์มคอยล์เป็นของเสียได้ $2,193X_1$ บาทต่อเดือน โดยที่ X_1 คือ ราคาขายผลิตภัณฑ์อาร์มคอยล์ มีหน่วยเป็น บาทต่อชิ้น (ไม่สามารถเปิดเผยราคาขายได้) การคำนวณ คิดจากจำนวนของเสียที่ลดลงคูณด้วยราคาขาย คือ จำนวนของเสียก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 2,287 ชิ้น หลังทำการปรับปรุงมีของเสีย 94 ชิ้น ดังนั้นค่าความเสียภายในเท่ากับ

= (ของเสียก่อนปรับปรุง – ของเสียหลังปรับปรุง) x ราคาขาย

= (2,287 – 94) X_1

= $2,193X_1$ บาทต่อเดือน

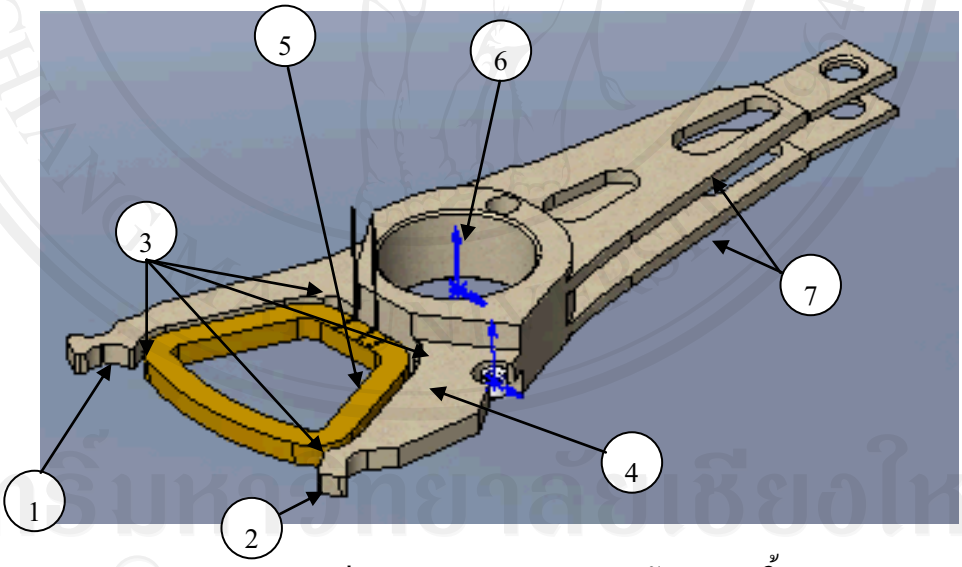
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อย่างไรก็ดีการเปลี่ยนวิธีการทำงานเป็นการแก้ไขปัญหาทันทีจากการทำงานร่วมกัน ระหว่างพนักงานทุกฝ่ายยังมีการสูญเสียกาวที่ถูกกำจัดออกไปอยู่ ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาปริมาณกาวที่เหมาะสมเพื่อลดการสูญเสียกาวระหว่างการผลิตต่อไป

4.7.2 การลดของเสียอาร์มคอยล์: ปรับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิตด้วยเทคนิคอีซีอาเอส

การประเมินละเอียดทำให้ทราบว่า การเกิดของเสียอาร์มคอยล์ส่วนหนึ่งมาจากการใช้วัตถุดิบโดยเฉพาะการใช้อาร์มที่มีข้อบกพร่อง/ของเสีย เมื่อนำมาประกอบเป็นผลิตภัณฑ์อาร์มคอยล์สำเร็จรูปจึงเป็นของเสีย ดังนั้นทางผู้วิจัยมีแนวคิดปรับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิตโดยใช้เทคนิค อีซีอาเอส เพิ่มการตรวจสอบอาร์มก่อนนำเข้าสู่กระบวนการ

จากการปรึกษากับทางโรงงานต้องการจัดกระบวนการตรวจสอบชิ้นงานใหม่ เพื่อนำพนักงานบางส่วนมาตรวจสอบตรวจอาร์มก่อนเข้ากระบวนการ 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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.9 ตำแหน่งในการตรวจสอบอาร์มคอยล์

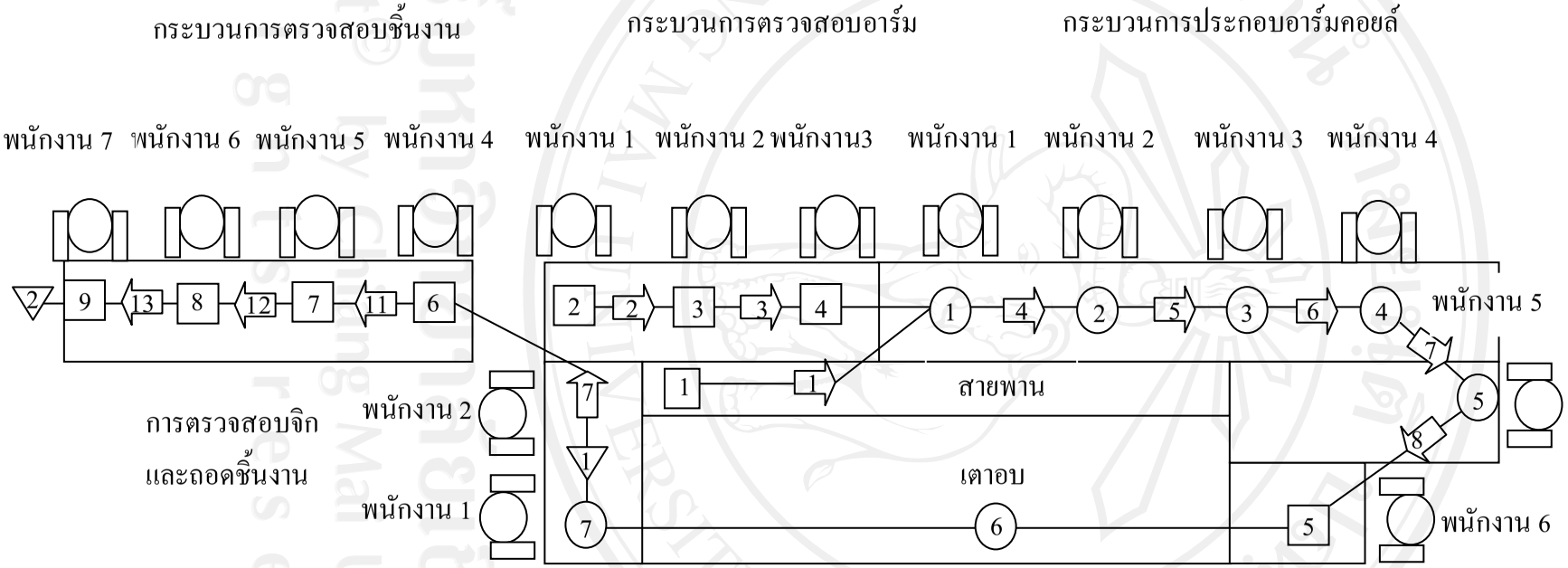
พนักงานที่	ตำแหน่งตรวจสอบกระบวนการตรวจสอบชิ้นงาน		ตำแหน่งตรวจสอบกระบวนการตรวจสอบอาร์ม		เทคนิคอีซีอาเอส (ECRS)
	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	
1	1	1	-	-	
2	2	2	-	-	
3	3	3	-	-	
4	4	-	-	4	E,R,S
5	5	5	-	-	
6	6	-	-	6	E,R
7	7	-	-	7	E,R

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) อีกทั้งการตรวจสอบของเสียเศษโลหะตำแหน่งที่ 4 ทำได้ง่าย (S = Simplify)

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.26 แผนผังการไหลของการประกอบอาร์มคอยล์หลังการปรับปรุง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลังจากการปรับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิต ส่งผลให้ของเสียอาร์มคอย์ลดลงจาก 0.48 % เป็น 0.15 % ดังแสดงในตาราง 4.10 ซึ่งของเสียอาร์มที่ตรวจพบจะไม่ถูกนำไปใช้ในกระบวนการประกอบอาร์มคอยล์ สามารถลดค่าความเสียภายในซึ่งเป็นค่าที่ไม่สามารถขายสินค้าเนื่องจากผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปอาร์มคอยล์เป็นของเสียได้ $4,107X_1$ บาทต่อเดือน การคำนวณคิดจากจำนวนของเสียที่ลดลงคูณด้วยราคาขาย คือ จำนวนของเสียก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 5,244 ชิ้น หลังการปรับปรุงมีของเสีย 1,137 ชิ้น ดังนั้นค่าความเสียภายในเท่ากับ

= (ของเสียก่อนปรับปรุง – ของเสียหลังปรับปรุง) x ราคาขาย

= (5,244 - 1,137) X_1

= $4,107X_1$ บาทต่อเดือน

ตาราง 4.10 ข้อมูลเปรียบเทียบของเสียก่อนและหลังการปรับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิต

ตำแหน่งของเสีย	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 : การเพิ่มความเร็วของสายพานเตาอบชิ้นงาน

ความเร็วของสายพานการอบชิ้นงานในปัจจุบันคือ 170 มิลลิเมตรต่อนาที การอบชิ้นงานอบในช่วงอุณหภูมิตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้คุณภาพซึ่งเป็นค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอาร์มคอยล์ตามที่ลูกค้าต้องการ ณ ความเร็วของสายพานปัจจุบัน ไม่ทันต่อปริมาณการอบ ดังนั้นจึงได้ศึกษาการทำงานของเตาอบและคำนวณหาผลผลิตก่อนปรับค่าความเร็วของสายพานเตาอบเพื่อไม่ให้กระทบถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการคำนวณเวลาในการทำงานของเตาอบในหนึ่งรอบ (Oven cycle time) คือ วงรอบของเวลาการทำงาน (Cycle time) ของเตาอบโดยเริ่มตั้งแต่นำชิ้นงานเข้าเตาอบจนได้ชิ้นงานออกมาโดยแทนค่าในสมการที่ 9 หรือหาค่าโดยการจับเวลาตรงในกระบวนการอบชิ้นงาน

คำนวณอัตราการป้อนชิ้นงาน (Feed rate) คือ อัตราการป้อนจำนวนชิ้นงานเข้าไปในเตาอบได้เป็นจำนวนชิ้นงานที่สามารถป้อนเข้าไปบนสายพานเตาอบได้ในหนึ่งนาที มีการเว้นช่องว่าง (Pitch) เพื่อให้มีการไหลของลมร้อนภายในเตาอบโดยแทนค่าในสมการที่ 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%

$$\text{การทำงานของเตาอบในหนึ่งรอบ (Oven Cycle Time)} = \frac{Lc}{Vc} \quad \text{... (9)}$$

$$\text{อัตราการป้อนชิ้นงาน (Feed Rate)} = \frac{Vc \times N}{S} \quad \text{... (10)}$$

$$\text{ความสามารถของเตาอบ (Capacity of Oven)} = \text{Feed Rate} \times 60 \quad \text{… (11)}$$

เตาอบผลิตชิ้นงาน (Output) = ความสามารถเตาอบ x เวลาในการทำงาน x ประสิทธิภาพ … (12)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

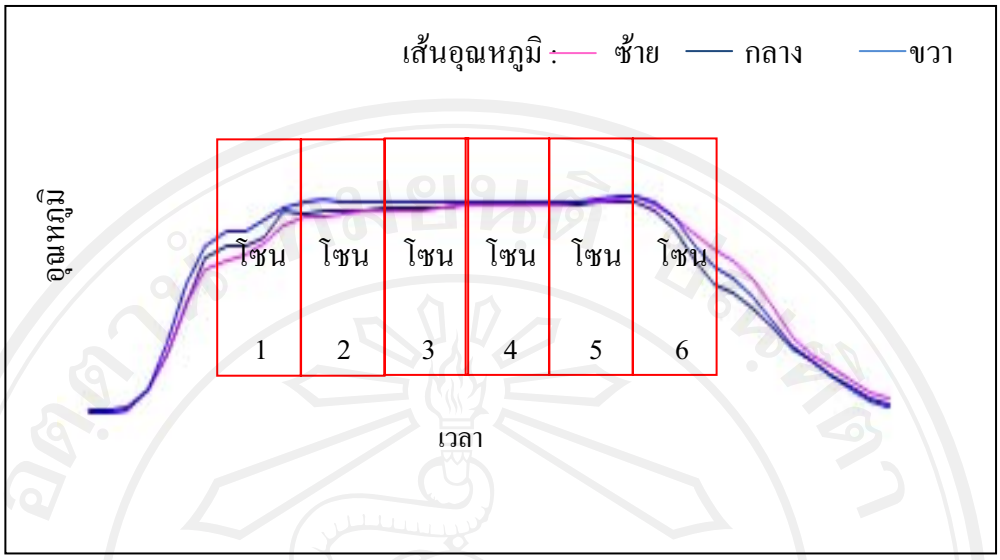
ตาราง 4.11 การคำนวณความเร็วของสายพานเปรียบเทียบกับผลผลิต

ความเร็วของสายพาน (มิลลิเมตร/นาที)	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

นอกจากนี้ยังมี การวัดอุณหภูมิ โดยแบ่งออกเป็น 6 โซน เพื่อวัดค่าของอุณหภูมิในแต่ละช่วงเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ดังแสดงในภาพ 4.27 ใช้เครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิแสดงในภาพ 4.28

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



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 นั่นหมายถึงระดับความเร็วดังกล่าวไม่กระทบ ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ คือค่ายึดเหนี่ยวระหว่างอาร์มคอยล์ (Arm coil Bonding force) เป็นไปตามที่ลูกค้ากำหนด ซึ่งสามารถลดเวลาการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อบชิ้นงานในหนึ่งรอบจาก 47 เป็น 43 นาทีต่อครั้ง ผลการวัดค่าอุณหภูมิที่ระดับความเร็วต่างๆดังแสดงในตาราง 4.12

ตาราง 4.12 ผลการทดลองวัดค่าอุณหภูมิในแต่ละโซน

ความเร็วของสายพาน (มิลลิเมตร/นาที)	อุณหภูมิ (โซนที่)					
	1	2	3	4	5	6
170 (ปกติ)	อุณหภูมิได้	อุณหภูมิได้	อุณหภูมิได้	อุณหภูมิได้	อุณหภูมิได้	อุณหภูมิได้
180	อุณหภูมิได้	อุณหภูมิได้	อุณหภูมิได้	อุณหภูมิได้	อุณหภูมิได้	อุณหภูมิได้
190	อุณหภูมิไม่ได้	อุณหภูมิได้	อุณหภูมิได้	อุณหภูมิได้	อุณหภูมิได้	อุณหภูมิไม่ได้

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

$$\text{คำนวนผลิตภาพ (Productivity)} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \quad \ldots\ldots (13)$$

$$\text{ก่อนปรับปรุงผลิตภาพ} = \frac{38,969}{73.05}$$

$$= 533 \text{ ชิ้นต่อชั่วโมง}$$

$$\text{หลังปรับปรุงผลิตภาพ} = \frac{23,208}{41.65}$$

$$= 557 \text{ ชิ้นต่อชั่วโมง}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 4.29 ความเร็วของสายพานเตาอบ 180 มิลลิเมตรต่อนาทีหลังปรับปรุง

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

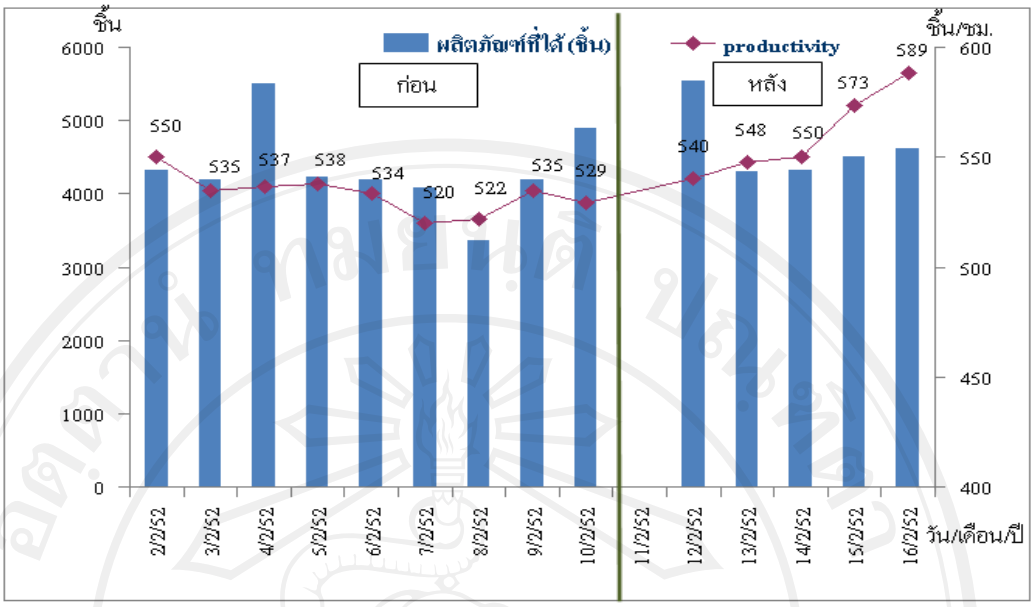
= (ผลิตภาพก่อนปรับปรุง – ผลิตภาพหลังปรับปรุง)
x ชั่วโมงการทำงาน x จำนวนวันทำงาน x ราคาขาย

$= (557 - 533) \times 10.25 \times 22 \times X_1$

$= 5,412X_1$ บาทต่อเดือน

เก็บข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มจาก 1.61 กิโลวัตต์ชั่วโมงเป็น 1.64 กิโลวัตต์ชั่วโมง ซึ่งจากการปรึกษากับทางบริษัทกรณีศึกษา การเปลี่ยนแปลงหน่วยไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นสามารถยอมรับได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.30 เปรียบเทียบจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ได้ก่อนและหลังการปรับความเร็วสายพาน

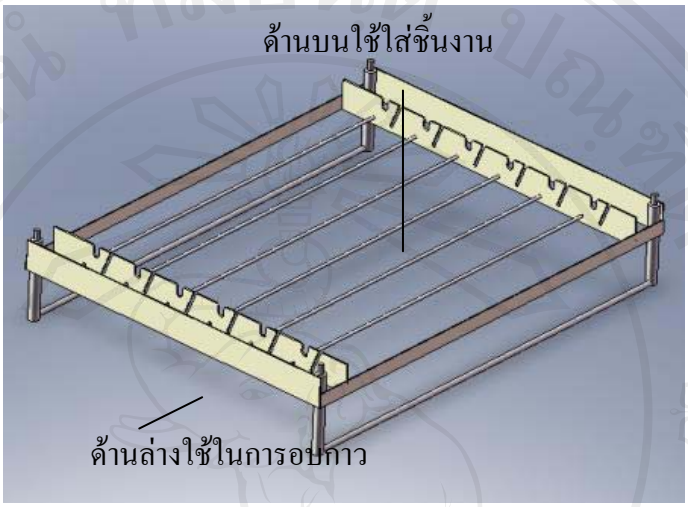
4.7.4 การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า: การออกแบบอุปกรณ์ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า

จากการศึกษาในกระบวนการผลิต พบว่าอุปกรณ์ในปัจจุบันซึ่งมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบที่ 1 ใส่ชิ้นงานได้ 210 ชิ้นและแบบที่ 2 ใส่ชิ้นงานได้ 270 ชิ้น ดังแสดงในภาพ 4.31 อุปกรณ์ทั้งสองแบบดังกล่าวมีการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมาก และ ไม่สามารถใช้ร่วมในเตาอบกาวซึ่งเป็นกระบวนการผลิตหลักได้ ซึ่งในความเป็นจริงใช้เตาอบอุณหภูมิเดียวกัน ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงหาวิธีการโดยการออกแบบอุปกรณ์ให้กระบวนการสามารถทำงานร่วมกันได้

ภาพ 4.31 อุปกรณ์ในการอบชิ้นงานในปัจจุบัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การออกแบบอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน เพื่อให้สามารถใช้ร่วมใน กระบวนการ อบกาวซึ่งมีการ ออกแบบ คือด้านบน ของอุปกรณ์ถูกออกแบบให้วางชิ้นงาน ส่วน ด้านล่าง ยังมีการ อบกาวหลังจากการประกอบอาร์มคอยล์ ดังแสดงในภาพ 4.32 ซึ่งแนวคิดของการออกแบบของ อุปกรณ์ประหยัดพลังงานเพื่อที่จะใช้มีการใช้เตาอบเดียวกัน ช่วยประหยัดพลังงานในกระบวนการผลิต

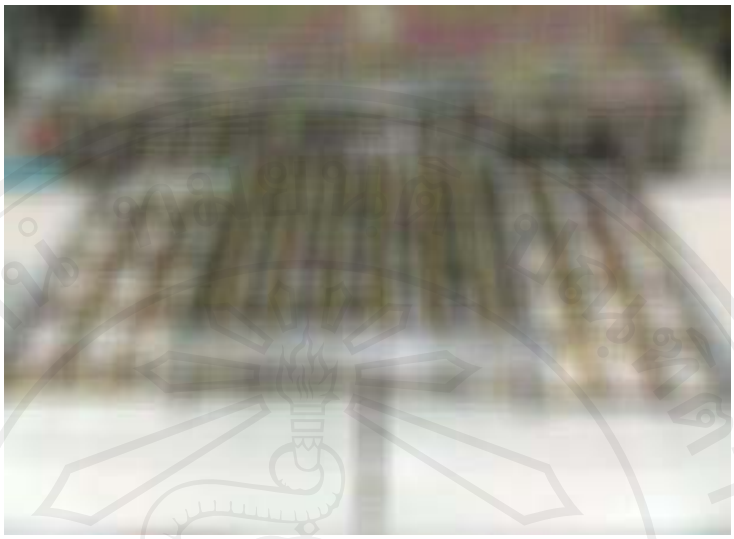


ภาพ 4.32 อุปกรณ์ประหยัดพลังงาน

จากนั้นได้นำอุปกรณ์ ประหยัดพลังงานที่ได้ออกแบบ ไปใช้ในกระบวนการผลิต พบว่าอุปกรณ์สามารถใช้ร่วมในกระบวนการอบกาวหลังจากการประอาร์มคอยล์โดยไม่กระทบถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ สามารถนำอุปกรณ์แบบใหม่มาใช้แทนอุปกรณ์ในปัจจุบันดังแสดงในภาพ 4.33, 4.34 ตามลำดับ ซึ่งทำให้สามารถปิดเตาอบได้ 1 เตา

ภาพ 4.33 กระบวนการใช้พลังงานไฟฟ้าในปัจจุบัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.34 อุปกรณ์ประหยัดพลังงานใช้ร่วมกับกระบวนการผลิต

1) การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน

การใช้อุปกรณ์ แบบใหม่ 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)

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

4.7.5 การลดการสูญเสียกาว: การหาปริมาณกาวที่เหมาะสมในการเติมระหว่างอาร์มคอยล์ และการลดการใช้สารไอพีเอในกระบวนการล้างอาร์ม

ทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2^4 จำนวน 2 ซ้ำ เพื่อกรองปัจจัย 4 ปัจจัย คือ สารไอพีเอ, กระบวนการ V (เป็นกระบวนการสมมุติเนื่องจากเป็นความลับของทางบริษัท), ปริมาณกาว (ปริมาณกาวไม่สามารถเปิดเผยได้), แรงดันลม โดยมีค่าต่ำและค่าสูง ดังแสดงในตาราง 4.13

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.13 ปัจจัยและค่าที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัย	ค่าต่ำ	ค่าสูง
ปัจจัย A สาร ไอพีเอ	ไม่ใช้	ใช้
ปัจจัย B กระบวนการ V	ไม่ใช้	ใช้
ปัจจัย **C** ปริมาณกาว **(**มิลลิกรัม**)**	น้อย	มาก
ปัจจัย D แรงดันลม **(**เมกะปาสคาล**)**	0.2	0.8

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

1) ผลการทดลอง

ทำการออกแบบการทดลองโดยมีการทดลองทั้งหมด 32 การทดลองโดยใช้จำนวนชิ้นงานกลุ่มละ 5 ชิ้นและหาค่าเฉลี่ยดังแสดงในตาราง 4.14

ตาราง 4.14 ผลการทดลองในแต่ละเงื่อนไขในการออกแบบการทดลอง

ลำดับที่การทดลองมาตรฐาน	ลำดับที่การทดลองตามการสุ่ม	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

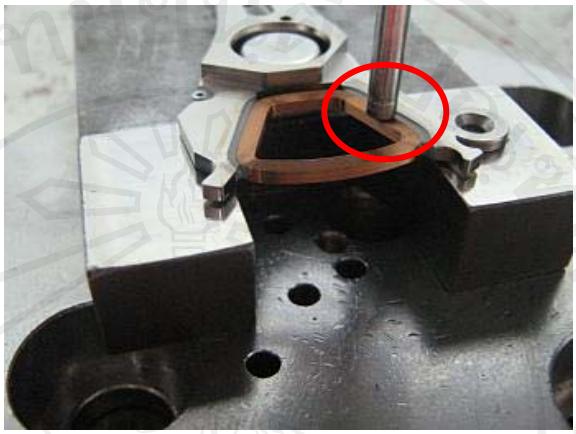
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.14 ผลการทดลองในแต่ละเงื่อนไขในการออกแบบการทดลอง (ต่อ)

ลำดับที่การทดลองมาตรฐาน	ลำดับที่การทดลองตามการสุ่ม	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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวอย่างการทดสอบหาค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอาร์มคอยล์วัดค่าครั้งแรกจากการกดบริเวณคอยล์ดังแสดงในภาพ 4.35 และตัวอย่างชิ้นงานหลังจากการทดสอบซึ่งต้องมีกาวติดบริเวณขาอาร์มดังแสดงในภาพ 4.36



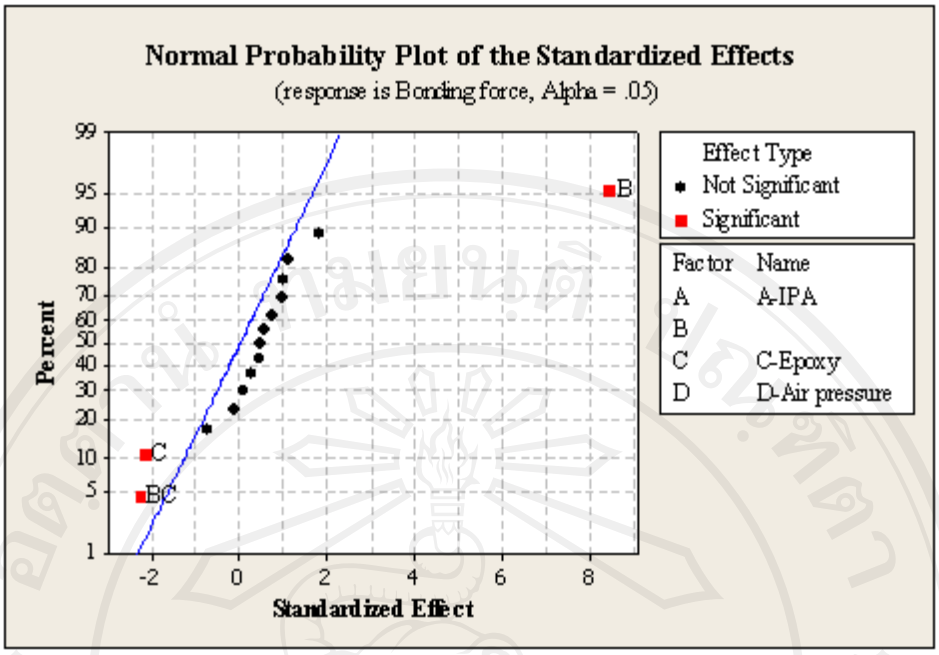
ภาพ 4.35 การทดสอบหาค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอาร์มคอยล์

ภาพ 4.36 ชิ้นงานหลังจากการทดสอบ

2) ประมาณผลกระทบจากการทดลอง

การประมาณผลกระทบ จากการทดลองทำให้ทราบว่าปัจจัยและอันตรกิริยาใดที่มีความสำคัญ ภาพ 4.37 แสดงกราฟความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal Probability Plot) ของผลกระทบต่อผลตอบซึ่งสอดคล้องกั บ 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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.37 กราฟความน่าจะเป็นแบบปกติของผลกระทบต่อข้อมูลผลตอบ

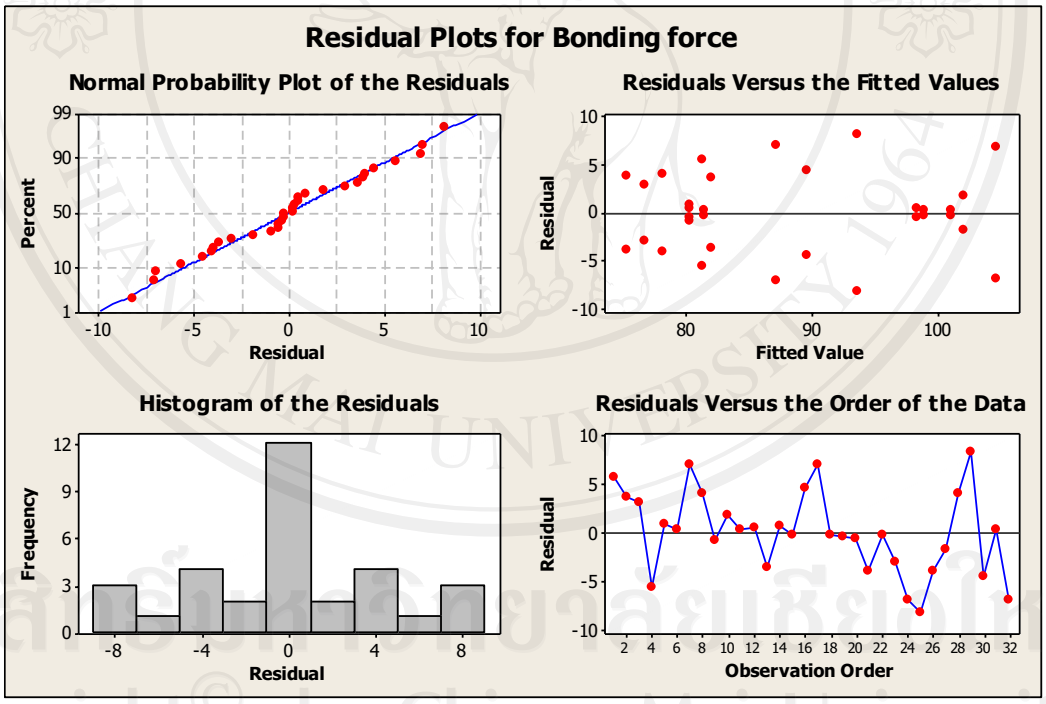
ตาราง 4.15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลต่อผลตอบ

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		

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3) การวิเคราะห์ส่วนตกค้าง

เพื่อตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลองที่สร้างขึ้นซึ่งทำการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) จากภาพ 4.38 พบว่าลักษณะจุดของส่วนตกค้างบนกราฟเรียงตัวอยู่ใกล้เส้นความน่าจะเป็นแบบปกติและฮิสโตแกรมมีความสมมาตรที่จุดศูนย์กลางประมาณศูนย์ จึงสรุปได้ว่าส่วนตกค้างของข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ เมื่อพิจารณากราฟระหว่างส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกทำนายพบว่าการกระจายตัวของส่วนตกค้างมีลักษณะที่ต่างกัน จึงสรุปได้ว่าส่วนตกค้างมีการกระจายตัวแบบอิสระไม่ขึ้นอยู่กับค่าที่ถูกทำนาย และกราฟระหว่างส่วนตกค้างกับลำดับการทดลองพบว่าที่พล๊อตไม่มีแนวโน้มใดๆมีการกระจายตัวแบบสุ่ม จึงสรุปได้ว่าส่วนตกค้างมีลักษณะการกระจายตัวแบบอิสระไม่ขึ้นอยู่กับลำดับการทดลอง ดังนั้นสรุปได้ว่าสมมุติฐานเบื้องต้น ข้อมูลเพียงพอที่จะใช้ในการทำนายข้อมูลการแปลงผลตอบ



ภาพ 4.38 การวิเคราะห์ส่วนตกค้างของข้อมูลผลตอบ

4) การทดสอบทางสถิติ

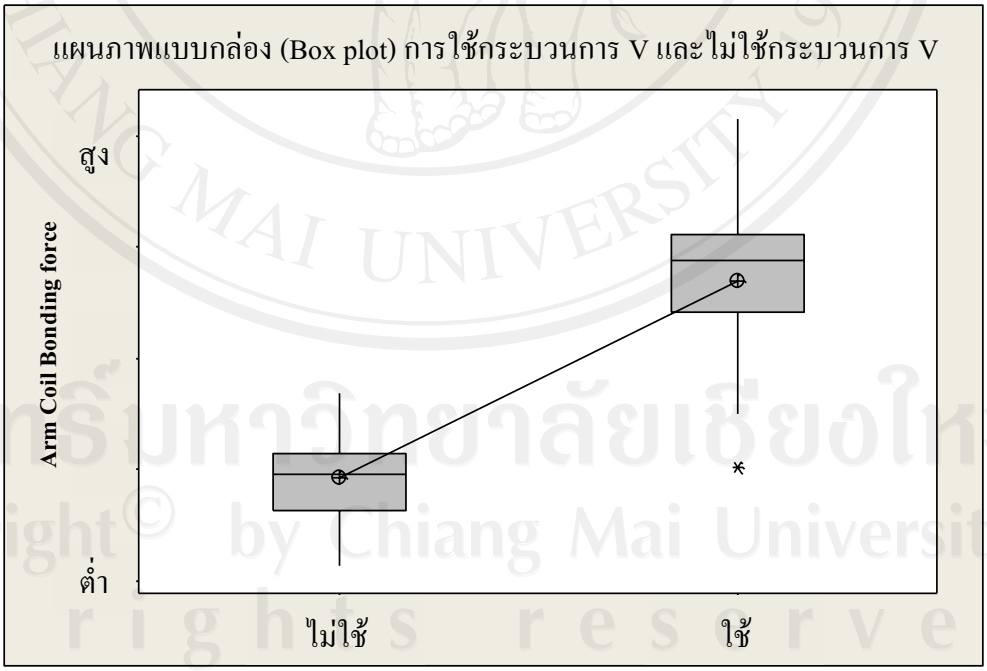
ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance; ANOVA) เฉพาะพจน์ที่มีนัยสำคัญต่อผลตอบเพื่อยืนยันพจน์ที่เป็นองค์ประกอบของ สมการขั้นสุดท้ายจากการออกแบบเชิงแฟกทอเรียล มีผลดังแสดงในตาราง 4.16

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

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 ให้ค่าแรงยึดเหนี่ยวสูงกว่าการไม่ ใช้กระบวนการ V ดังแสดงในภาพ 4.39



ภาพ 4.39 แผนภาพแบบกล่อง (Box plot) เปรียบเทียบค่าแรงยึดเหนี่ยวอาร์มคอยล์ระหว่างการใช้กระบวนการ V และการไม่ใช้กระบวนการ V

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

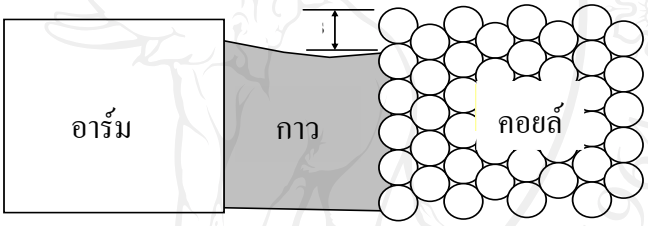
5) การหาเงื่อนไขที่เหมาะสม

หลังจากที่ทราบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอาร์มคอยล์ คือ การ ใช้กระบวนการ V ปริมาณกาว ทางโรงงานมีความสนใจที่จะลดการใช้วัตถุดิบในกระบวนการผลิต คือ การลดสารไอพีเอ การหาปริมาณกาวที่เหมาะสม ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้กำหนดปัจจัยในการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสม โดยปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ คือ

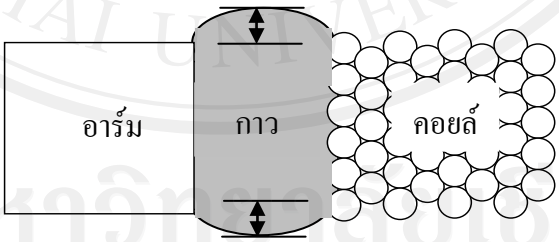
1.การไม่ล้างอาร์มด้วยสาร ไอพีเอ

2.การใช้กระบวนการ V ในกระบวนการผลิต

ปัจจัยที่สนใจคือปริมาณกาวที่เหมาะสม ค่าต่ำสุดที่สามารถยอมรับได้คือ 25 ปอนด์ซึ่งค่ายิ่งมากยิ่งดี โดยมีข้อกำหนดปริมาณกาวที่เติมระหว่างอาร์มคอยล์ คือ ความลึกและการล้นของกาวจะต้องไม่เกิน 0.010 นิ้ว (ถ้าตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์มีกำลังขยาย 10X ประมาณ 2 เส้นวายล์) จากผิวของอาร์มคอยล์ ดังแสดงในภาพ 4.40, 4.41 ตามลำดับ



ภาพ 4.40 ภาพตัดแสดงความลึกของกาวสูงสุดที่สามารถยอมรับได้



ภาพ 4.41 ภาพตัดแสดงการล้นของกาวสูงสุดที่สามารถยอมรับได้

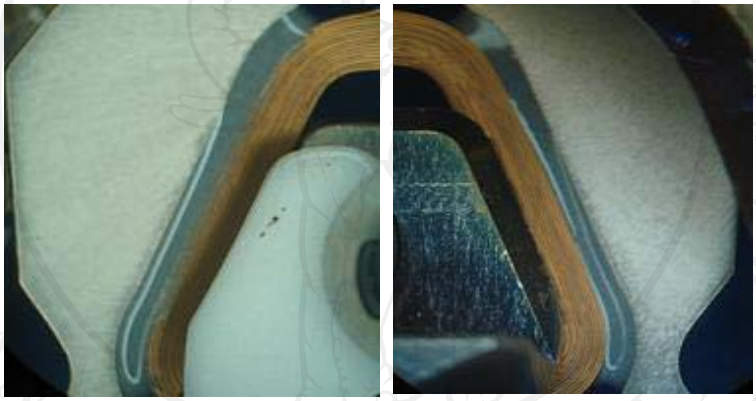
การหาปริมาณกาวที่เหมาะสมด้วยวิธีการปีนลงด้วยทางที่ชันที่สุด (Steepest Descent) เนื่องจากปริมาณกาวที่เติมระหว่างอาร์มคอยล์ ถ้ามีปริมาณมากทำให้ล้นออกมาจากขอบอาร์มคอยล์ ปริมาณกาว ระดับน้อย พบว่าในชิ้นงานบางตัวมีกาวไม่เต็มและไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ ปริมาณกาวระดับมาก พบว่าชิ้นงานบางตัวมีกาวล้นออกมาเล็กน้อยทำให้ต้องมีการกำจัด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

กาวส่วนที่เกิน ปริมาณกาว ระดับกลาง 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 ไม่ล้างอาร์มด้วย สารไอพีเอ ใช้กระบวนการ V ในกระบวนการผลิตและปริมาณกาวที่เติมระหว่างอาร์มคอยล์ ระดับกลาง เมื่อนำไปทดลองใช้ในกระบวนการผลิตได้ค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอาร์มคอยล์ดีที่สุดโดยไม่กระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

6) การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

จากการยกเลิกการใช้สารไอพีเอในกระบวนการผลิตโรงงานสามารถประหยัดเงิน 186,208 บาทต่อเดือน การลดปริมาณกาว ลดการสูญเสียกาวคิดเป็นเงิน 127,880 บาทต่อเดือน

(1).การประหยัดจากการยกเลิกการใช้สารไอพีเอ

จาก การยกเลิกการใช้สารไอพีเอสามารถประหยัดได้ 179,520 บาทต่อเดือน**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ใช้พนักงานในกระบวนการล้างอาร์ม 2 คน ค่าจ้างพนักงาน 152 บาทต่อวัน การประหยัดค่าใช้จ่ายเท่ากับ

= 2 x 152 x 22

= 6,688 บาทต่อเดือน

ดังนั้นประหยัดค่าใช้จ่ายทั้งหมด 186,208 บาทต่อเดือน

(2).การประหยัดจากการลดปริมาณกาวจาก R1 มิลลิกรัม เป็น R2 มิลลิกรัม

ก่อนปรับปรุงผลิตภัณฑ์อาร์มคอยล์หนึ่งตัวใช้กาว R1 มิลลิกรัม

หลังปรับปรุงผลิตภัณฑ์อาร์มคอยล์หนึ่งตัวใช้กาว R2 มิลลิกรัม

ดังนั้นสามารถประหยัดกาวโดยประมาณได้ = จำนวนกาวที่ลดลง x ราคา

= 127,880 บาทต่อเดือน **

(** การคำนวณโดยละเอียดเป็นความลับของทางบริษัทไม่สามารถเปิดเผยได้)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved