

การลดความสูญเสียในกระบวนการชุบแข็งอินดักชั่น
กรณีศึกษา : บริษัทตัวอย่าง
Waste Reduction in Induction Hardening Process : A Case Study

เกรียงไกร ศรีเลิศ¹ ณฐา คุปต์ชัย²
James_8967@hotmail.com¹, natha.k@en.rmutt.ac.th²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลดความสูญเสียจากกระบวนการชุบแข็งอินดักชั่นในขั้นตอนการให้ความร้อน (Induction) ซึ่งเป็นปัญหาหลักที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของ บริษัทจากการศึกษาข้อมูลความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการชุบแข็งอินดักชั่นมีจำนวนเฉลี่ย 1,459 ชิ้นต่อเดือน โดยมีการสูญเสียในขั้นตอนการให้ความร้อนเฉลี่ย 1,171 ชิ้นต่อเดือน การออกแบบสร้างเครื่องมืออุปกรณ์ช่วยในการจับยึดชิ้นงานในขั้นตอนการให้ความร้อน ช่วยในการจับหมุนชิ้นงานขณะให้ความร้อนชุบแข็งกับชิ้นงานซึ่งเป็นสาเหตุหลักทำให้ไม่เกิดความสูญเสียกับชิ้นงานเพลาชับ (Intermediate Shaft) จึงทำให้ลดความสูญเสียในกระบวนการชุบแข็งอินดักชั่นในขั้นตอนการให้ความร้อน ผลการวิจัยพบว่าเครื่องมืออุปกรณ์ช่วยในการจับยึดชิ้นงานในขั้นตอนการให้ความร้อนสามารถลดความสูญเสียจาก 1,171 ชิ้นต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 0.51 ของจำนวนชิ้นงานที่ผลิตเหลือความสูญเสียจำนวน 108 ชิ้นต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 0.06 และสามารถลดความสูญเสียเฉพาะกระบวนการชุบแข็งอินดักชั่นจาก 1,459 ชิ้นต่อเดือน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 0.63 เหลือ 284 ชิ้นต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 0.17 ของจำนวนชิ้นงานที่ผลิต หมายถึงสามารถลดการสูญเสียในการผลิตชิ้นงานได้ถึงร้อยละ 73

คำสำคัญ : การลดความสูญเสีย กระบวนการให้ความร้อน เครื่องมือคุณภาพเทคนิควิศวกรรม
อุตสาหกรรม การออกแบบเครื่องอุปกรณ์จับยึด

¹ นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

² อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Abstract

This research aimed to study the loss reduction in the induction hardening process which was a crucial problem affecting the company's operation. It was from the data taken from the Example Company, it showed that there was an average loss of 1,459 pieces per month in the induction hardening process of the intermediate shaft production. In addition, the average loss in the induction process was 1,171 pieces per month. In order to address this problem, the jig fixture design was used as an intervention tool to turn the intermediate shaft production during the induction process. Likewise, the tool was also designed to lessen the defects of intermediate shafts, which eventually reduced loss in the induction hardening process. It revealed that the jig fixture design helped reduce the loss in the induction process from 1,171 pieces per month (0.51% of all intermediate shaft production) to 108 pieces per month (0.6%). Moreover, the specific loss in the induction hardening process was decreased from 1,459 pieces per month (0.63%) to 284 pieces per month (0.17%) which indicated that the loss was reduced by 73%

Keywords : Loss Reduction, Induction, Industrial Engineering Technique Quality Tool, Jig Fixture Design

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการเจริญเติบโตด้านอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่องพร้อมการแข่งขันทางธุรกิจมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นทั้งภาคการผลิตและบริการ มีความจำเป็นต้องมีการแข่งขันเพื่อความอยู่รอดของธุรกิจเป็นผู้นำทางตลาดด้านการผลิตสินค้าและบริการเพื่อให้ได้คุณภาพตามที่ตลาดต้องการการปรับปรุงพัฒนาการควบคุมต้นทุนเป็นสิ่งที่สำคัญเพราะเป็นเครื่องมือในการเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลการผลิตที่สามารถลดความบกพร่องต่าง ๆ และการลดปริมาณความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการได้โดยการนำเอาเครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหกรรมมาประยุกต์ใช้ในโรงงาน ตัวอย่างประกอบด้วย [1, 3, 7] 7 Wastes, 7 QC Tools, Jig & Fixture Design เพราะ

ใช้งานได้ง่าย สามารถแก้ไขปัญหาได้ผล ทำการศึกษาในแผนกระบวนการชุบแข็งอินดักชัน (Induction Hardening) [2, 8, 9, 10] ได้ศึกษาหาสาเหตุที่มาของปัญหาที่เกิดความสูญเสีย [6, 11, 12] ที่เกิดขึ้น ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตแล้ว จากการรวบรวมข้อมูลจำนวนการผลิต [13, 14, 15] จากเดือนมีนาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ทำการผลิตภัณฑ์จำนวน 2,738,942 ชิ้น มีผลิตภัณฑ์ที่เกิดความสูญเสีย 17,505 ชิ้น คิดเป็น 0.63% จากกลุ่มผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ (a)



ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ (b)



ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ (c)



ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ (d)



ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ (e)



ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ (f)



ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ (g)

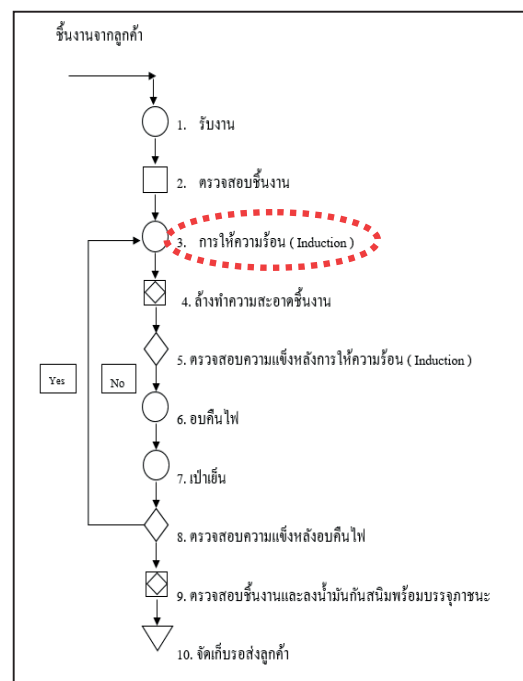
ผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเป็นเพลาชับ (Intermediate Shaft) เป็นส่วนประกอบรถยนต์ที่ติดตั้งในส่วนของชุดประกอบพวงมาลัยทำหน้าที่ส่วนกลาง ส่งต่อกำลังการขับเคลื่อนชุดพวงมาลัยรถยนต์

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อลดความสูญเสียจากกระบวนการผลิตชุบแข็งอินตักชั้นของผลิตภัณฑ์รุ่นตัวอย่างในกระบวนการชุบแข็งอินตักชั้น ลดลง 30% ต่อจำนวนการผลิตต่อเดือนของจำนวนผลิตภัณฑ์รุ่นตัวอย่างโดยใช้หลักเทคนิคทางด้านวิศวกรรมอุตสาหการ

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 สภาพปัญหาปัจจุบัน

ทำการศึกษาขั้นตอนการทำงานของผลิตภัณฑ์เพื่อทำการศึกษาขั้นตอนการทำงานที่ส่งผลทำให้เกิดความสูญเสียต่อผลิตภัณฑ์มากที่สุด ซึ่งผู้วิจัยทำการศึกษาเก็บข้อมูลพบว่กระบวนการขั้นตอนการผลิตขั้นตอนที่ 3 มีปัญหาที่เกิดขึ้นมากที่สุด โดยขั้นตอนการทำงานขั้นตอนที่ 4 ถึงขั้นตอนการทำงานที่ 10 พบปัญหาปริมาณน้อยมาก เพราะขั้นตอนการทำงานที่ 3 เป็นขั้นตอนการเปลี่ยนโครงสร้างของเหล็กทางกายภาพและจุลภาคตามที่ลูกค้ากำหนด ความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเพื่อให้สามารถมองเห็นขั้นตอนการผลิตในแต่ละขั้นตอนได้อย่างชัดเจนผู้วิจัยได้นำแผนภูมิกระบวนการผลิตโดยสังเขป (Outline Process Chart) มาใช้เพื่ออธิบายขั้นตอนกระบวนการผลิตการเคลื่อนที่ของชิ้นงานที่ผ่านการตรวจสอบได้ตามข้อกำหนดของลูกค้าหรือไม่ได้ตามข้อกำหนดของลูกค้า ดังรูปที่ 2

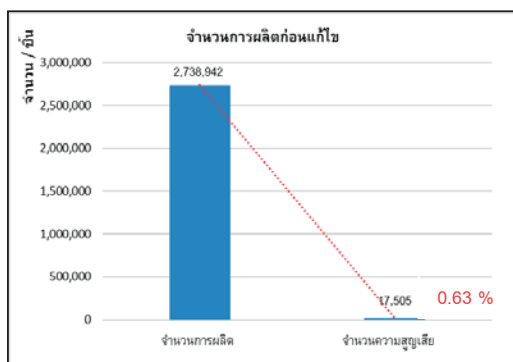


รูปที่ 2 แผนภูมิกระบวนการผลิตโดยสังเขป (Outline Process Chart)

ปริมาณความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต และกราฟเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย จำนวนชิ้นงาน ที่ทำการผลิต ในการรวบรวมข้อมูล ดังตารางที่ 1 และรูปที่ 3

รุ่น ผลิตภัณฑ์	จำนวน การผลิต (ชิ้น)	เฉลี่ย ต่อ เดือน (ชิ้น)	จำนวน ความ สูญเสีย (ชิ้น)	ราคา ค่าต่อ ชิ้น (บาท)	เปอร์เซ็นต์
1.	194,223	16,186	1,552	35 / 54,320	0.79
2.	271,983	22,666	1,749	35 / 61,215	0.64
3.	156,509	13,043	1,340	35 / 46,900	0.85
4.	422,293	35,191	2,973	40 / 118,920	0.70
5.	851,360	70,947	4,114	40 / 164,560	0.48
6.	310,921	25,910	2,341	30 / 70,230	0.75
7.	531,653	44,305	3,436	35 / 120,260	0.64
รวม	2,738,942	228,245	17,505	636,405	0.63
เฉลี่ย	391,278	228,245	1,459	53,034	

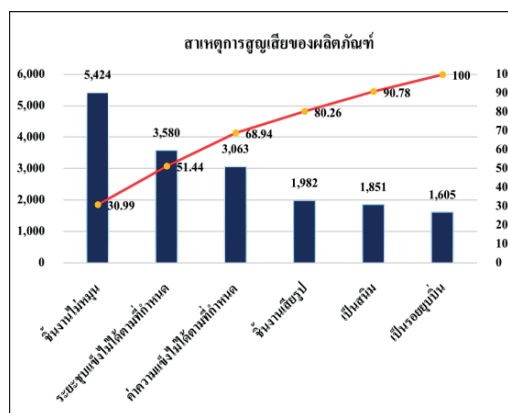
ตารางที่ 1 ยอดความสูญเสียในขั้นตอน กระบวนการผลิต



รูปที่ 3 กราฟเปอร์เซ็นต์ความสูญเสียต่อจำนวน การผลิต ก่อนทำการปรับปรุง

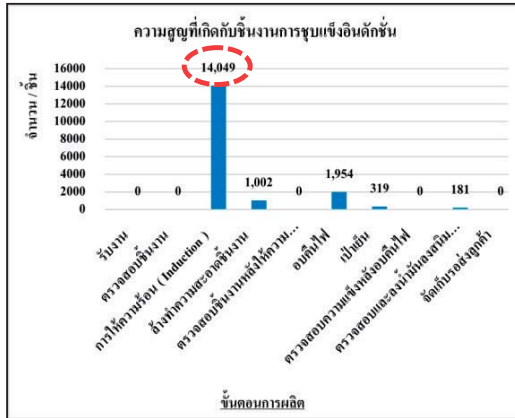
2.2 แนวทางแก้ไขปัญห

ผู้วิจัยได้ศึกษาปัญหาความสูญเสียที่เกิดขึ้น ตลอดของการผลิต ที่ส่งผลให้บริษัท ต้องสูญเสียเงินที่ถูกลูกค้าทำการเคลม (Claim) ซึ่งหากสามารถปรับปรุงการผลิตให้ได้คุณภาพมากขึ้น ของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต น้อยลง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เข้ามาศึกษาหาสาเหตุ ที่ทำให้เกิดปัญหาที่ส่งผลให้เกิดการสูญเสีย ในกระบวนการผลิตการชุบแข็งอินดักชั่น ดังนั้น จึงได้สรุปหาสาเหตุที่ขึ้นในกระบวนการได้ดังนี้

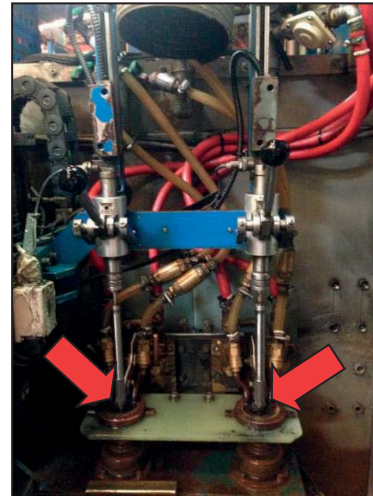


รูปที่ 4 สาเหตุความสูญเสียในขั้นตอน กระบวนการผลิต

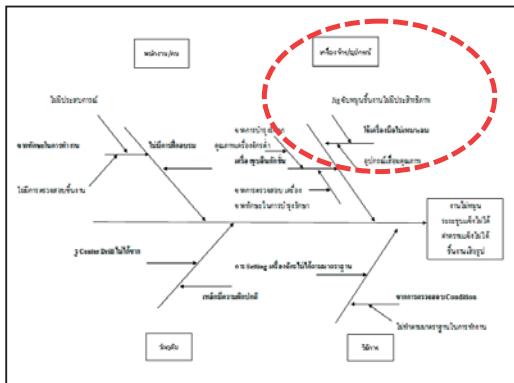
จากปัญหาที่เกิดขึ้นผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเก็บ ข้อมูลพบว่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ให้ความความร้อนกับชิ้นงาน เป็นกระบวนการ ที่มีความสูญเสียมากที่สุด มีความสูญเสีย เฉลี่ยประมาณ 1,171 ชิ้นต่อเดือน คิดเป็น 0.50 % ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการเลือกกระบวนการ ให้ความร้อน มาทำการแก้ไขปรับปรุงในครั้งนี้ ดังรูปที่ 5, 6



รูปที่ 5 ความสูญเสียทุกกระบวนการในการผลิต



รูปที่ 7 รูปเครื่องจักร/อุปกรณ์ในขั้นตอนการให้ความร้อนสาเหตุของการเกิดปัญหาในการสูญเสีย



รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์ด้วยแผนผังเหตุและผล

จากการวิเคราะห์หาสาเหตุจากกราฟแผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) และแผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) [16] ได้ทราบถึงสาเหตุปัญหาที่เกิดขึ้นที่ส่งผลให้เกิดความสูญเสียในขั้นตอนการให้ความร้อน โดยปัญหาลำดับนี้ ชิ้นงานไม่หมุน ระยะชุบแข็งไม่ได้ตามที่กำหนด ค่าความแข็งไม่ได้ตามที่กำหนด ชิ้นงานเสียรูป สาเหตุของปัญหาเกิดจากเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการขับเคลื่อนชิ้นงานไม่มีประสิทธิภาพจึงส่งผลทำให้เกิดปัญหาดังกล่าว ดังรูปที่ 7

เครื่องมือจับยึด (Jig & Fixture) [4, 5] แบบเดิมที่ใช้ในการผลิตในขั้นตอนการให้ความร้อน ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดปัญหาในการสูญเสีย

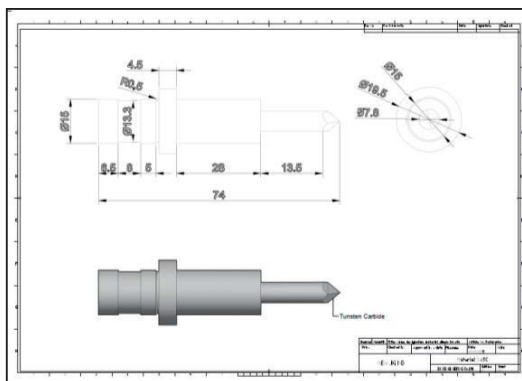


รูปที่ 8 รูปเครื่องมือจับยึด (Jig & Fixture) แบบเดิม



รูปที่ 9 รูปตัวอย่างชิ้นงานที่เกิดจากความสูญเสียที่เกิดจากขั้นตอนกระบวนการให้ความร้อน

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบสร้างเครื่องมือจับยึดช่วยในการขันหมุนชิ้นงาน โดยมีหลักการออกแบบโดยยึดหลักการนำไปใช้งานได้ง่าย และมีประสิทธิภาพสูง สามารถขันหมุนชิ้นงานที่มีลักษณะรูปทรงกระบอกที่มีรูยันศูนย์ (Center Drill) ที่ช่วยในการขันหมุนได้ดี โดยทำการออกแบบให้ส่วนปลายหัวเครื่องมือจับยึดทำจาก ทังสเตนคาร์ไบด์ (Tungsten Carbide) และทำมุมปลายแหลม 60° ส่วนลำตัวใช้วัสดุ (Material) S45C ดังแสดงในรูปที่ 10, 11



รูปที่ 10 แบบเครื่องมือจับยึด แบบใหม่

ผู้วิจัยทำการเสนอแนวทางการปรับปรุงต่อผู้บริหาร ผู้จัดการแผนก มีวิธีการทดลองในการแก้ไขปัญหา ผู้จัดการแผนกอนุมัติให้ดำเนินการได้ทันที ดังรูปที่ 11



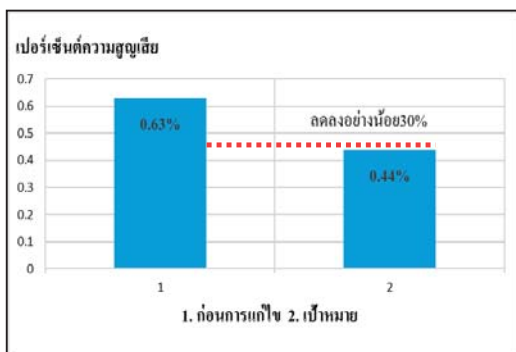
ทังสเตนคาร์ไบด์ (Tungsten Carbide)

รูปที่ 11 รูปเครื่องมือจับยึด แบบใหม่

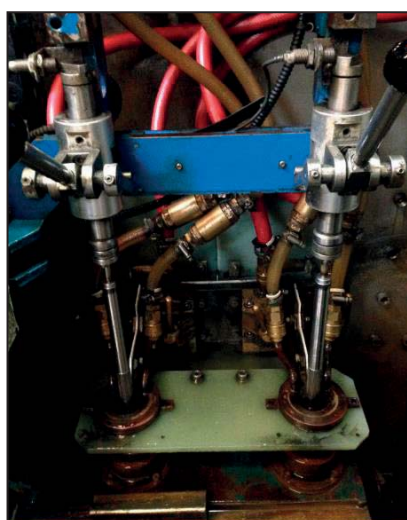
ค่าจ่ายในการทำเครื่องมือจับยึด 1,400 บาทต่อตัว จากการจัดซื้อ อุปกรณ์ ในการจัดทำ

3. ผลการวิจัย

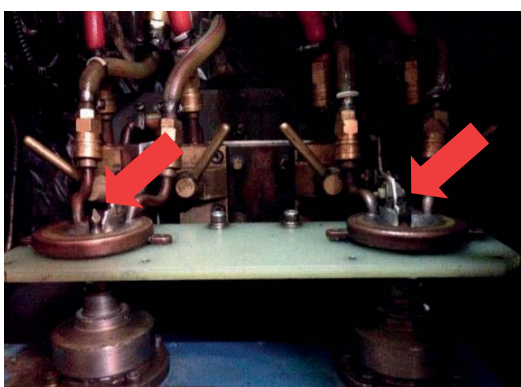
จากการเก็บข้อมูลวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาก่อนทำการปรับปรุงของบริษัทตัวอย่าง โดยการรวบรวมข้อมูลจำนวนการผลิตและจำนวนความสูญเสียที่เกิดขึ้นแล้ววางแผนดำเนินการและเก็บข้อมูลจำนวนการผลิตพร้อมจำนวนความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับบริษัทตัวอย่าง ในกระบวนการชุบแข็งอินดักชั่นหลังจากการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้งานวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์โดยการเก็บข้อมูลดำเนินการตั้งแต่เดือน มีนาคม พ.ศ. 2559 – เมษายน พ.ศ. 2559 โดยการตั้งเป้าหมายเพื่อลดความสูญเสียลดลงอย่างน้อย 30% ต่อจำนวนการผลิตต่อเดือน



รูปที่ 12 เปอร์เซ็นความสูญเสีย และเป้าหมาย ความสูญเสียหลังการแก้ไข



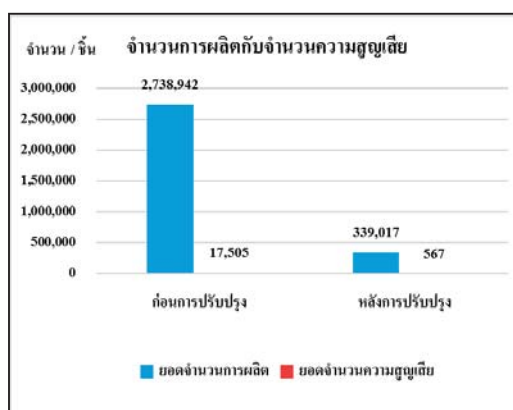
รูปที่ 13 รูปเครื่องจักร/เครื่องมือจับยึด แบบใหม่



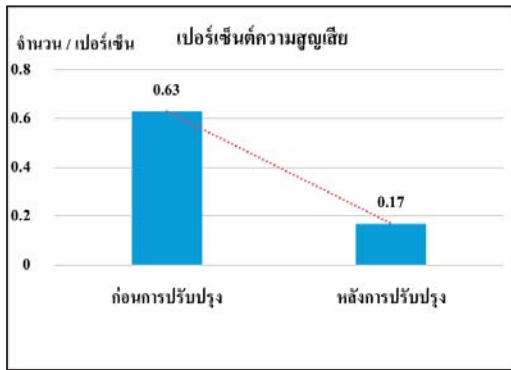
รูปที่ 14 รูปเครื่องจักร/เครื่องมือจับยึด แบบใหม่

3.1 ผลการสรุปผลการแก้ไข

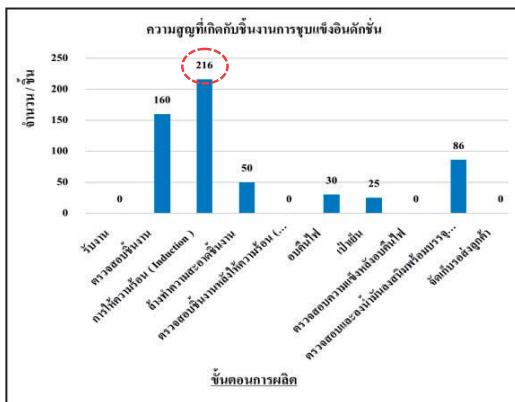
จากการค้นหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น และหาแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยนำเอาเทคนิค วิศวกรรมอุตสาหการเพื่อนำไปใช้ ในการแก้ไข ปัญหาในขั้นตอนการให้ความร้อนในการชุบแข็ง อินดักชั่นและได้นำเอาการออกแบบเครื่องมือ จับยึด ช่วยในการจับหมุนชิ้นงานขณะทำการ ให้ความร้อนชุบแข็งกับชิ้นงาน ทำให้ไม่เกิด ความสูญเสียกับชิ้นงานเพลาชับ จึงทำให้ลด ความสูญเสียในกระบวนการชุบแข็งอินดักชั่น ลดน้อยลง โดยเฉลี่ย 284 ชิ้นต่อเดือน พร้อมทั้ง ขั้นตอนกระบวนการให้ความร้อนลดน้อยลง โดยเฉลี่ย 108 ชิ้นต่อเดือน ในการแก้ไขการ ออกแบบเครื่องมือจับยึดนั้น สามารถแก้ไขปัญหា ชิ้นงานไม่หมุน ระยะชุบไม่ได้ตามที่กำหนด ค่าความแข็งไม่ได้ตามที่กำหนด ชิ้นงานเสียรูป ลดน้อยลงหมดได้อย่างเป็นระบบ



รูปที่ 15 จำนวนการผลิตและจำนวนความสูญเสีย ก่อนปรับปรุงแก้ไข - หลังปรับปรุงแก้ไข



รูปที่ 16 เปอร์เซ็นต์จำนวนความสูญเสียก่อนปรับปรุง
แก้ไข – หลังปรับปรุงแก้ไข



รูปที่ 17 ความสูญเสียทุกกระบวนการในการผลิต
หลังปรับปรุงแก้ไข

4. สรุปผล

จากการศึกษา ปรับปรุงกระบวนการผลิต กระบวนการชุบแข็งชิ้นงาน โดยการออกแบบ เครื่องมือจับยึด โดยปกติก่อนการปรับปรุงแก้ไข ความสูญเสียของชิ้นงาน 0.63% เฉลี่ย 1,459 ชิ้นต่อเดือนลดลงเหลือร้อยละ 0.17% จำนวน เฉลี่ย 284 ชิ้นต่อเดือนลดลงได้ถึง 73 เปอร์เซ็นต์ และขั้นตอนการให้ความร้อนลดน้อยลง เดิม ความสูญเสียคิดเป็น 0.51% คิดเป็นจำนวน เฉลี่ย 1,171 ชิ้นต่อเดือน ลดลงเหลือ 0.06 % คิดเป็นจำนวนเฉลี่ย 108 ชิ้นต่อเดือน ซึ่งเป็นที่น่าพอใจในการปรับปรุงในครั้งนี้เพื่อแก้ไข

เพื่อลดความสูญเสียที่ส่งผลกระทบต่อกับบริษัท ตัวอย่างที่ทำการศึกษาและสามารถเพิ่ม ประสิทธิภาพในสายการผลิต

หลังจากการปรับปรุงกระบวนการผลิต แล้วผู้วิจัยพบว่าความสูญเสีย จากกระบวนการ ให้ความร้อน เป็นขั้นตอนหลักที่ทำให้เกิด ความสูญเสียมากที่สุดโดยปัญหาการสูญเสียทั้งหมด มาจากสาเหตุ ชิ้นงานไม่หมุน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่าง สมบูรณ์โดยได้รับความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจาก รศ. ดร.ณฐา อุตตะเข็ญ ที่คอยให้คำปรึกษาชี้แนะ แนว ขอบขอบเขตบริษัทตัวอย่าง ที่ให้สถานที่ให้ ทำงานวิจัยในครั้งนี้ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชีระวัฒน์ สมสิริกาญจนคุณ, “การปรับปรุง ประสิทธิภาพกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง เพื่อลดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการ ผลิต,” ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2552.
- [2] ยุทธณรงค์ จงจันทร์, “การเพิ่มผลผลิตสาย การผลิตเตาเหล็กหล่อ,” วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต วิศวกรรมอุตสาห การ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี, 2554.
- [3] สาทิตย์ สนิลพันธ์, “การ ลดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิต ชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์โดยการบูรณา การเทคนิควิศวกรรมอุตสาหการ,” วารสารวิศวกรรมศาสตร์ราชชมงคล ธัญบุรี, 2553.

- [4] อำนาจ มีแสง, “การออกแบบเครื่องมือจับยึดชิ้นงานเพื่อลดความสูญเสียในกระบวนการตัดท่ออย่าง กรณีศึกษา โรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์,”วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหาร วิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2554.
- [5] วรณา พิศดวงดาว, “การลดความสูญเสียขวดพื้ที่ในสายการผลิตข้าวโพด โดยประยุกต์ใช้เครื่องมือทางคุณภาพ,” วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทบริหาร วิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2553.
- [6] ชายชาญ แต่งผิว, “การลดความสูญเสียในกระบวนการตัดแบ่งเหล็กแผ่นรีดร้อน : กรณีศึกษาโรงงานผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วน, ”วิศวกรรมอุตสาหกรรมบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2554.
- [7] คชพล สิริทรัพย์อุดม, “การศึกษาวิจัยด้านการจัดการการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดความสูญเสีย 7 ประการ : กรณีศึกษาสายการผลิต LEVER TILE,”การจัดการวิสาหกิจสำหรับผู้บริหาร สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น,วารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 เดือนตุลาคม 2555-มีนาคม 2556.
- [8] โกเมศร์ แจ่มจันทร์,นาย สมโชค ทรัพย์พนาชัย, “การควบคุมความถี่ 64 กิโลเฮิร์ตซ์ ด้วยเทคนิค PWM AUTO TUNE RESONANCE สำหรับการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ.” มหาวิทยาลัยเซนต์จอห์น 2551.
- [9] สมนึก วัฒนศิริกุล, “การศึกษาศักยภาพการชุบแข็งเพื่องรถไถแบบเดินตามที่ผลิตในประเทศไทย.”ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต,คณะวิศวกรรมศาสตร์,สถาบันเทคโนโลยีพระนครเกล้าพระนครเหนือ, 2550.
- [10] ยุทธนา มั่นมาก, “การศึกษากระบวนการชุบแข็ง และการอบคืนไฟ ของเหล็กสปีงผสมโครเมียมต่ำ,”วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหาร วิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2552.
- [11] Miltenberg, J. and Wijngaard, J. 1994. The U- line balancing problem, Management Sciences, 40(10) : 1378-1388.
- [12] Sury, R. J. 1971. Aspects of assembly line balancing. International Journal of Production Research, 9 : 8-14.
- [13] Lowry, S.M., H. B. Maynard and G. J. Stegemerten. 1940. Time and Motion Study and Formulas for Wage Incentives, 3rd ed., NY : McGraw-Hill.
- [14] J. Choi and R. Edward Minchin. 2006. Workflow management and productivity control for asphalt pavement operations, Canadian Journal of Civil Engineering vol33, 1039-1049

- [15] Paul H.P Yeuw and Rabinda NathSen. 2006. **Productivity and quality improvement revenue increment and rejection cost reduction manual component insertion lines through the application of ergonomic**, International Journal of Industrial Ergonomics vol36, 367-377
- [16] S. Gangopadhyay, I. Das, and G. Ghoshal. 2006. **Work organization in sand core manufacturing for health and productivity**, International Journal of Industrial Ergonomics vol36, 915-920