เทคนิคการประหยัดพลังงานสำหรับกระบวนการแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือด้วยระบบการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ

วิทยานิพนธ์

ของ

วิลาวัลย์ ทองนรินทร์

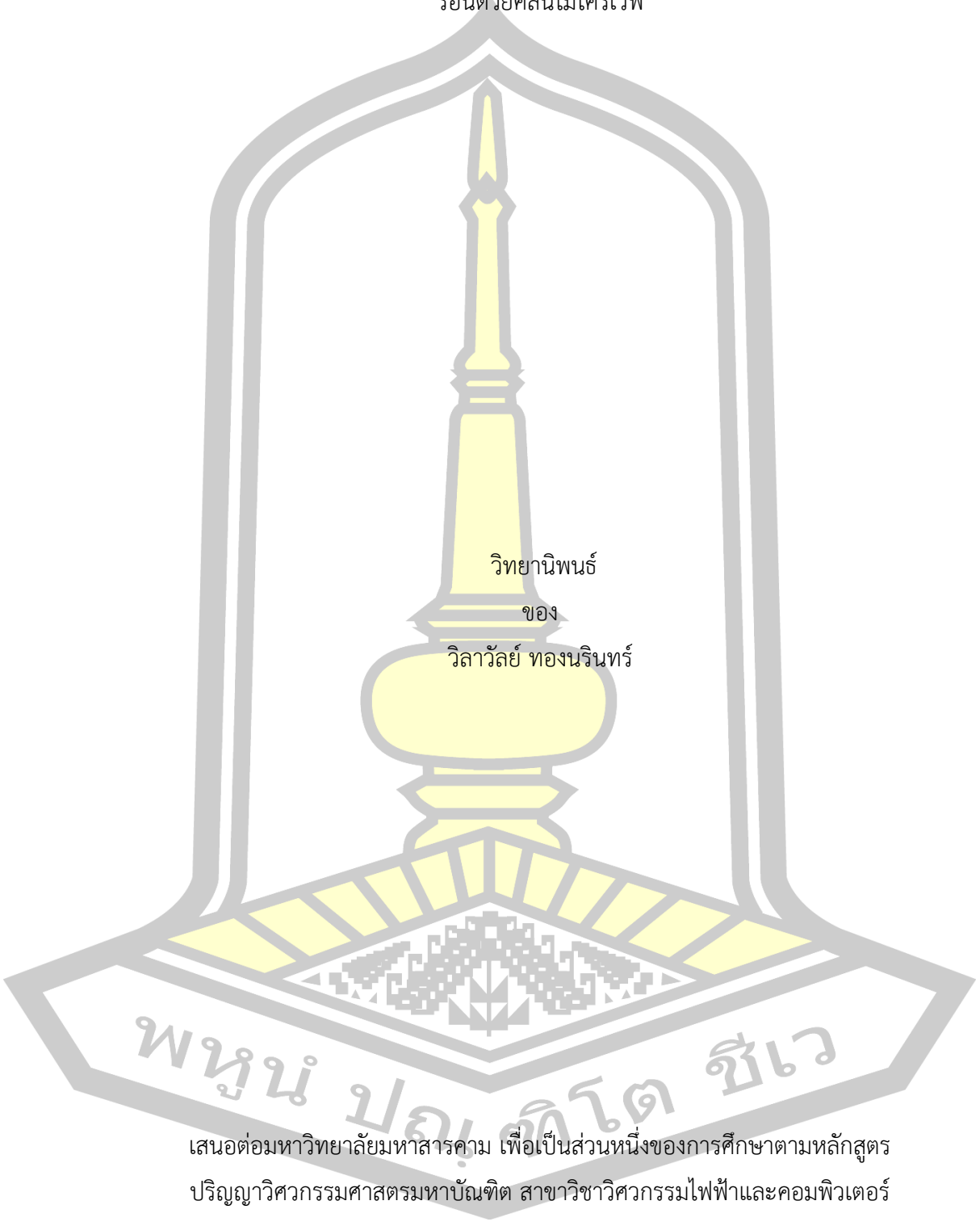
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

มกราคม 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

เทคนิคการประหยัดพลังงานสำหรับกระบวนการแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือด้วยระบบการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ



วิทยานิพนธ์

ของ

วิลาวัลย์ ทองนรินทร์

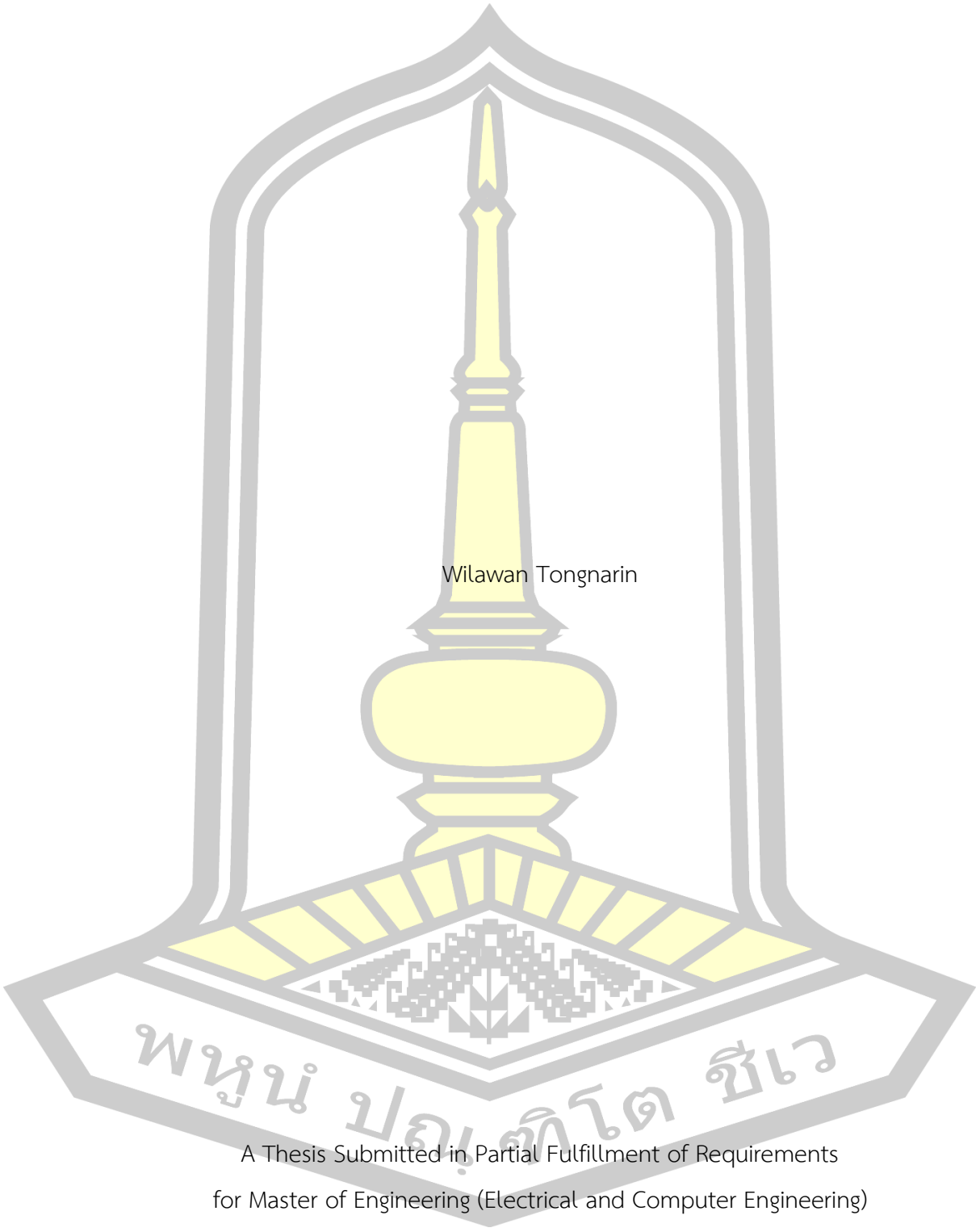
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

มกราคม 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Energy Saving Technique for Mobile Phone Decomposition Process using Microwave



Wilawan Tongnarin

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Engineering (Electrical and Computer Engineering)

January 2020

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาววิลาวัลย์ ทองนรินทร์ แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. อดิเรก จันตะคุณ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผศ. ดร. ชลธี โพธิ์ทอง)

.....กรรมการ
(รศ. ดร. วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล)

.....กรรมการ
(อ. ดร. นวรัตน์ พิลาแดง)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(ศ. ดร. อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

ชื่อเรื่อง เทคนิคการประหยัดพลังงานสำหรับกระบวนการแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือด้วยระบบการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ

ผู้วิจัย วิลาวัลย์ ทองนรินทร์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชลธี โพธิ์ทอง

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2563

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาวิธีการตรวจสอบเครื่องจักรเพื่อการปรับปรุงการประหยัดพลังงาน และประยุกต์ใช้วิธีการที่พัฒนาในการลดพลังงานไฟฟ้ากับเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือที่ใช้กาวซิลิโคน (Adhesive glue) ซึ่งวิธีการตรวจสอบเครื่องจักรที่พัฒนาขึ้นเกิดจากการรวบรวมวิธีการตรวจสอบที่หลากหลายจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ

ผลการวิจัยพบว่า สามารถพัฒนาวิธีการตรวจสอบเครื่องจักรได้เป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ศึกษาคู่มือรายละเอียดของเครื่องจักร ตรวจสอบการปรับเปลี่ยนฮาร์ดแวร์และตรวจสอบการปรับเปลี่ยนซอร์ฟแวร์ หลังจากการประยุกต์ใช้วิธีการตรวจสอบที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ พบว่า การเปลี่ยนฮาร์ดแวร์ของระบบทำความร้อนของเครื่องจะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุด ซึ่งในการวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางการเปลี่ยนฮาร์ดแวร์ระบบทำความร้อนจากแบบเป่าลมร้อนซึ่งมีความสูญเสียพลังงานไฟฟ้าสูงเนื่องจากการกระจายความร้อน ด้วยการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟที่สามารถให้ความร้อนและละลายกาวซิลิโคนได้โดยตรง พบว่า สามารถช่วยลดพลังงานไฟฟ้าในการแยกชิ้นส่วนลงจาก 56.72 - 216.11 วัตต์-ชั่วโมง เป็น 28.00 - 40.00 วัตต์-ชั่วโมง ต่อการแยกชิ้นส่วนหนึ่งครั้ง ลดลงคิดเป็นร้อยละ 29.48 – 56.64

คำสำคัญ : เทคนิคการประหยัดพลังงาน, การหลอมกาวซิลิโคน, การให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ

TITLE Energy Saving Technique for Mobile Phone Decomposition Process using Microwave

AUTHOR Wilawan Tongnarin

ADVISORS Assistant Professor Chonlatee Photong , Ph.D.

DEGREE Master of Engineering **MAJOR** Electrical and Computer Engineering

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2020

ABSTRACT

The objectives of this thesis are: Develop checking procedure for energy saving improvement of the machines and Apply the developed procedure for the mobile phone disassembling machines that use adhesive silicone glue for its assembling. The developed procedure was synthesized from a number of several related research works.

Research results: the developed procedure consisted of 3 steps: studying details of the machine, checking hardware and checking software. When applied the procedure for the mobile phone disassembling machine, the results showed that changing the hardware of the heating system that melt the glue by blowing heat air through the target product could achieve the best energy saving method for the machine. In this research, the new heating system by using microwave heat is proposed; to replace the old system that has high power loss due to capability of high heat generation efficiency with direct glue heating. The proposed heating system could reduce electric power for the machine from 56.72 - 261.11 W-hr to 28.00 – 40.00 W-hr per one disassembling; which was 29.48 - 56.64 % in power reduction.

Keyword : Energy Saving Technique, Silicone Adhesive melting, Microwave heating

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจากบุคคลต่างๆ หลายท่านดังนี้ ผศ.ดร.อดิเรก จันตะคุณ ประธานกรรมการ รศ.ดร.วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล และ อ.ดร. นวรัตน์ พิลาแดง กรรมการ ผศ.ดร.ชลธี โพธิ์ทอง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้โอกาส คอยให้คำชี้แนะ ดูแล เอาใจใส่ทั้งการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์นี้ให้สมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ ที่ให้ทุนการศึกษา อุดหนุนการทำวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา เพื่อนๆพี่ๆวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่านที่คอยให้กำลังใจช่วยเหลือตลอดมา

วิลาวัลย์ ทองนรินทร์

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูปภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 หลักการและเหตุผล 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 6

1.3 ขอบเขตการศึกษา 7

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ 7

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7

1.6 แผนการดำเนินการศึกษา 7

1.7 สถานที่ดำเนินการศึกษา 8

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

2.1 การอนุรักษ์พลังงาน 9

2.2 การประหยัดไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม 10

2.3 การลดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า 12

2.4 วิธีการลดความสูญเสียในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า [7] 12

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้า 13

2.6 กาวซิลิโคน (Adhesive glue) 21

2.7 กาว (Adhesive) 23
2.8 ค่าแรงกดกาวซิลิโคนและอุณหภูมิของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ 25
2.9 คลื่นไมโครเวฟ 34
2.10 คุณสมบัติของคลื่นไมโครเวฟ 35
2.11 ประโยชน์คลื่นไมโครเวฟ 36
2.12 ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีรวมถึงในด้านอื่นๆ 36
2.13 คลื่นไมโครเวฟกับผลกระทบต่อร่างกายมนุษย์ [31] 36
2.14 การเกิดความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ [32] 37
2.15 การถ่ายเทความร้อนของคลื่นไมโครเวฟ [33] 40
2.16 ส่วนประกอบของเตาไมโครเวฟ รุ่น Sharp R220 41
2.17 แผงหน้าปัด 42
2.18 ข้อมูลจำเพาะของเตาไมโครเวฟ Sharp รุ่น R-220 43
2.19 งานวิจัยให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ 44
บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา 51
3.1 การกำหนดแผนการทดลอง 51
3.2 แผนภาพแสดงขั้นตอนวิธีการตรวจสอบเครื่องจักร 50
3.3 แผนภาพแสดงขั้นตอนวิธีการตรวจสอบเครื่องจักร 51
3.4 อธิบายขั้นตอนแผนภาพแสดงขั้นตอนวิธีการตรวจสอบเครื่องจักร 52
3.5 วิธีการตรวสสอบเครื่องจักร 52
3.5.1 ตรวจสอบซอร์ฟแวร์ของเครื่องจักร 52
3.5.2 วิธีการเพิ่มอุปกรณ์ 54
3.5.3 วิธีการลดอุปกรณ์ 55
3.5.4 วิธีการเปลี่ยนอุปกรณ์ 56
3.6 ส่วนประกอบของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ 57

3.7 แผนภาพการทำงานของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ 58
3.8 ออกแบบการทดลองใช้เตาไมโครเวฟให้ความร้อนเพื่อทำให้กาวซิลิโคนอ่อนตัว 59
3.9 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 59
3.9.1 โปรแกรม Excel 59
3.9.2 แคลมป์ติมิเตอร์ 62
3.9.3 เครื่องวัดอุณหภูมิ 63
3.9.4 เตาไมโครเวฟรุ่น SharpR-220 R-222 64
3.9.5 เครื่องชั่งน้ำหนัก 65
บทที่ 4 ผลการทดลอง 66
4.1 ผลการตรวจสอบเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ 66
4.2 บันทึกเวลาการทำงานของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ 68
4.2.1 ผลการทดลองที่ 1 68
4.2.2 ผลการทดลองที่ 2 70
4.3 การประเมินมูลค่างานวิจัย 101
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 104
5.1 สรุปผลและอภิปราย 104
5.2 ข้อเสนอแนะ 106
บรรณานุกรม 107
ภาคผนวก 113
ภาคผนวก ก ตารางการตรวจสอบลักษณะปัญหาเนื่องจากคน 114
ภาคผนวก ข ตารางการตรวจสอบลักษณะปัญหาเนื่องจากวิธีการทำงาน 115
ภาคผนวก ค ตารางการตรวจสอบลักษณะปัญหาเนื่องจากเครื่องจักร 116
ประวัติผู้เขียน 117

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 สำรวจโหลดในสายการผลิต [1] 2

ตาราง 2 สำรวจโหลดในสายการผลิต [1] (ต่อ) 3

ตาราง 3 สำรวจโหลดในสายการผลิต [1] (ต่อ) 4

ตาราง 4 สำรวจโหลดในสายการผลิต [1] (ต่อ) 5

ตาราง 5 การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ [1] 6

ตาราง 6 การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ [1] (ต่อ) 6

ตาราง 7 ประเภทของการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าและวัตถุประสงค์การใช้งาน [30] 26

ตาราง 8 ประเภทของการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าและวัตถุประสงค์การใช้งาน [30] (ต่อ) 27

ตาราง 9 ประเภทของการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าและวัตถุประสงค์การใช้งาน [30] (ต่อ) 28

ตาราง 10 ประเภทของการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าและวัตถุประสงค์การใช้งาน [30] (ต่อ) 29

ตาราง 11 ประเภทของการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าและวัตถุประสงค์การใช้งาน [30] (ต่อ) 30

ตาราง 12 ประเภทของการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าและวัตถุประสงค์การใช้งาน [30] (ต่อ) 31

ตาราง 13 ประเภทของการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าและวัตถุประสงค์การใช้งาน [30] (ต่อ) 32

ตาราง 14 ประเภทของการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าและวัตถุประสงค์การใช้งาน [30] (ต่อ) 33

ตาราง 15 ประเภทของการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าและวัตถุประสงค์การใช้งาน [30] 34

ตาราง 16 แสดงการตรวจสอบเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ [1] 66

ตาราง 17 แสดงการตรวจสอบเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ [1] (ต่อ) 67

ตาราง 18 ข้อมูลการใช้ความร้อนของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ 68

ตาราง 19 บันทึกผลการทดลองที่ 2 70

ตาราง 20 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ) 71

ตาราง 21 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ) 72

ตาราง 22 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ) 73
ตาราง 23 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ) 74
ตาราง 24 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ) 75
ตาราง 25 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ) 76
ตาราง 26 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ) 77
ตาราง 27 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ) 78
ตาราง 28 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ) 79
ตาราง 29 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ) 80
ตาราง 30 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ) 81
ตาราง 31 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ) 82
ตาราง 32 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ) 83
ตาราง 33 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ) 84
ตาราง 34 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ) 85
ตาราง 35 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ) 86
ตาราง 36 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ) 87
ตาราง 37 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ) 88
ตาราง 38 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ) 89
ตาราง 39 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ) 90
ตาราง 40 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ) 91
ตาราง 41 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ) 92
ตาราง 42 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ) 93
ตาราง 43 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ) 94
ตาราง 44 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ) 95
ตาราง 45 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ) 96

ตาราง 46 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)..... 97
ตาราง 47 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)..... 98
ตาราง 48 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)..... 99
ตาราง 49 เปรียบเทียบค่าพลังงานและค่าไฟฟ้า..... 101
ตาราง 50 เปรียบเทียบค่าพลังงานและค่าไฟฟ้า (ต่อ)..... 102
ตาราง 51 แสดงความแตกต่างเวลาของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือเทียบกับไมโครเวฟ..... 103

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 ส่วนประกอบของกาว pressure sensitive adhesives (PSAs) [28] 21

ภาพประกอบ 2 แผนภาพของกาวซิลิโคน (Adhesive glue) [28] 22

ภาพประกอบ 3 กราฟแสดงแรงยึดเกาะที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาของกาวซิลิโคน [28] 23

ภาพประกอบ 4 การยึดติดของกาว [29] 24

ภาพประกอบ 5 กาวซิลิโคน (Adhesive glue) ก่อนและหลังการทดลอง [1] 24

ภาพประกอบ 6 ค่าแรงกดกาวซิลิโคนและอุณหภูมิของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ [1] 25

ภาพประกอบ 7 แสดงช่วงความาว ความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า [31] 35

ภาพประกอบ 8 ส่วนประกอบของเตาไมโครเวฟ [34] 41

ภาพประกอบ 9 แผงหน้าปัดเตาไมโครเวฟ [34] 42

ภาพประกอบ 10 เตาไมโครเวฟ Sharp รุ่น R-220 [34] 43

ภาพประกอบ 11 แผนภาพแสดงขั้นตอนวิธีการตรวจสอบเครื่องจักร 51

ภาพประกอบ 12 แผนผังการทำงานของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ 58

ภาพประกอบ 13 แผนภาพการทดลองด้วยเตาไมโครเวฟ 59

ภาพประกอบ 14 โปรแกรม Excel 60

ภาพประกอบ 15 ประกอบของหน้าจอโปรแกรม [43] 60

ภาพประกอบ 16 ส่วนประกอบของหน้าจอโปรแกรม 61

ภาพประกอบ 17 รูปแคลม์มิเตอร์ [44] 62

ภาพประกอบ 18 เครื่องวัดอุณหภูมิ [1] 63

ภาพประกอบ 19 เตาไมโครเวฟรุ่น SharpR-220 R-222 [34] 64

ภาพประกอบ 20 เครื่องชั่งน้ำหนักกาว [1] 65

ภาพประกอบ 21 กราฟเวลาของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือที่พลังงาน 1540 วัตต์ 69

ภาพประกอบ 22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของเวลา กับ ระดับความร้อนของเตาไมโครเวฟ 100

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งสำหรับกระบวนการผลิตสินค้าในภาคอุตสาหกรรม การใช้ไฟฟ้าเพื่อการขับคลื่อนเครื่องจักรให้สามารถผลิตชิ้นงานตามต้องการเกิดขึ้นตลอดเวลา และมีจำนวนมาก ดังนั้น จึงมีความจำเป็นต้องสรรหาวิธีการประหยัดพลังงานไฟฟ้าเพื่อการประหยัดค่าใช้จ่าย บริษัท ก็เป็นหนึ่งในบริษัทผู้ประกอบชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์โทรศัพท์ที่ใช้ระบบให้ความร้อนในเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ(Panel Rear Detaching)เพื่อการแยกหน้าจอกับฝาหลังของโทรศัพท์ ผู้วิจัยได้รับทุนภายใต้โครงการโรงเรียนในโรงงาน หรือ WiL (Work integrated Learning) ซึ่งเป็นความร่วมมือด้านการเรียนการสอนและการวิจัย ได้แก่ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โดยคณะวิศวกรรมศาสตร์, สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ ผู้วิจัยได้รับมอบหมายให้ ทำงานวิจัย และสำรวจเครื่องจักรในสายการผลิตโทรศัพท์มือถือและดูแลในการบวนการแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ (Quality Rework; QR) ซึ่งได้ผลการสำรวจได้ดังตาราง 1-4

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 1 สำรวจโหลดในสายการผลิต [1]

Line Power consumption line ■Equipment Quantity									
Item	Process	Machine / Equipment	Type	Q'ty (set)	Electrical				
					V	A	TTL (Ampare)	P	P (w) Group
	CU	CU 1 line			220	Actual			
1	INSP1-0	COVER MAIN LOGO & COLOR CHECK	Automatiom	1	220	0.06	0.06	13.2	57.2
		Ionizer gun	Small tool	1	220	0.11	0.11	24.2	
		Inspec lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
2	CU10	Pre-WRT	Automatiom	1	220	0.32	0.32	70.4	114.4
		Ionizer gun	Small tool	1	220	0.11	0.11	24.2	
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
3	CU20	PASTE SIDE FILM TO CM FIXTURE AUTO	Fixture	1	220	0.06	0.06	13.2	57.2
		Ionizer fan	Small tool	1	220	0.11	0.11	24.2	
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
4	CU30	Side screw Robot	Automatiom	1	220	0.61	0.61	134.2	154
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
5	CU40	Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	19.8
		Air tube	Small tool	1	220		0	0	
6	CU50	Forceman press FPS and gasket key Vol	Fixture	1	220	0.04	0.04	8.8	28.6
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
		Air tube	Small tool	1	220		0	0	
7	SCU10	PRESS FP MODULE TO GASKET FORCEMAN	Fixture	1	220	0.04	0.04	8.8	44
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
		Air tube	Small tool	1	220		0	0	
		Vacuum bin	Small tool	1	220	0.07	0.07	15.4	
8	CU60	PRESS BTB FPS FORCEMAN	Fixture	1	220	0.04	0.04	8.8	28.6
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
9	CU70	HOLDER KEY VOLUME AUTO SIDE SCREW	Automatiom	1	220	0.67	0.67	147.4	167.2
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
10	CU80	HOLDER FPC KEY AUTO SIDE SCREW	Automatiom	1	220	0.67	0.67	147.4	314.6
		SIDE SCREW CHECK	Automatiom	1	220	0.67	0.67	147.4	
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
11	CU90	PASTE NFC AND PRESS FORCEMAN	Fixture	1	220	0.04	0.04	8.8	68.2
		Ionizer Fan	Small tool	1	220	0.11	0.11	24.2	
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
		Vacuum bin	Small tool	1	220	0.07	0.07	15.4	

ตาราง 2 สำรวจโหลดในสายการผลิต [1] (ต่อ)

12	CU100	Ionizer gun	Small tool	1	220	0.11	0.11	24.2	24.2
		Air tube	Small tool	1	220		0	0	
13	CU110	PRESS ADH TO HOLDER MIC2 FORCEMAN	Fixture	1	220	0.06	0.06	13.2	57.2
		Ionizer Fan	Small tool	1	220	0.11	0.11	24.2	
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
14	SCU20	Air tube	Small tool	1	220		0	0	0
15	SCU30	Ionizer Fan	Small tool	1	220	0.11	0.11	24.2	59.4
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
		Vacuum bin	Small tool	1	220	0.07	0.07	15.4	
16	SCU40	Ionizer Fan	Small tool	1	220	0.11	0.11	24.2	59.4
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
		Vacuum bin	Small tool	1	220	0.07	0.07	15.4	
17	SCU50	Ionizer Fan	Small tool	1	220	0.11	0.11	24.2	44
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
		Air tube	Small tool	1	220		0	0	
18	SCU60	P-P BATTERY TO PBA FORCEMAN	Fixture	1	220	0.06	0.06	13.2	92.4
		PRESS BATTERY FORCEMAN	Fixture	1	220	0.09	0.09	19.8	
		Ionizer Fan	Small tool	1	220	0.11	0.11	24.2	
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
		Air tube	Small tool	1	220		0	0	
19		Vacuum bin	Small tool	1	220	0.07	0.07	15.4	
20	Offline10	Ionizer Fan	Small tool	1	220	0.11	0.11	24.2	44
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
21	SCU70	P&P Forceman Holder Top Rear	Fixture	1	220	0.11	0.11	24.2	279.4
		Heppa	Small tool	1	220	1.16	1.16	255.2	
22	SCU80	PRESS ADH MIC1-2 FORCEMAN	Fixture	1	220	0.11	0.11	24.2	369.6
		Heppa	Small tool	1	220	1.16	1.16	255.2	
		Computer+Monitor	system	1	220	0.32	0.32	70.4	
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
		Air tube	Small tool	1	220			0	
23	CU120	PRESS HOLDER MIC2 AND SPACER NON-TOUCH FORCEMAN	Fixture	1	220	0.06	0.06	13.2	301.4
		Heppa	Small tool	1	220	1.16	1.16	255.2	
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
		Lift-in	Fixture	1	220	0.06	0.06	13.2	
		Air tube	Small tool	1	220		0	0	
24	CU130	Ionizer Fan	Small tool	1	220	0.11	0.11	24.2	44
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
		Air tube	Small tool	1	220		0	0	

ตาราง 3 สำรวจโหลดในสายการผลิต [1] (ต่อ)

25	CU140	FIX PBA TO CM AUTO SCREW	Automatiom	1	220	0.67	0.67	147.4	415.8
		Forceman press Mic adhesive and PBA hook	Fixture	1	220	0.06	0.06	13.2	
		Heppa	Small tool	1	220	1.16	1.16	255.2	
		Air tube	Small tool	1	220		0	0	
26	CU150	Ionizer Fan	Small tool	1	220	0.11	0.11	24.2	24.2
27	CU160	Heppa	Small tool	1	220	1.16	1.16	255.2	270.6
		Air tube	Small tool	1	220		0	0	
		Vacuum bin	Small tool	1	220	0.07	0.07	15.4	
28	CU170	TGF AND P-P PLATE DISPLAY TO CM FORCEMAN	Automatiom	1	220	0.67	0.67	147.4	171.6
		Ionizer fan	Small tool	1	220	0.11	0.11	24.2	
29	CU180	AUTO SCREW	Automatiom	4	220	0.67	2.68	147.4	147.4
		Air tube	Small tool	1	220		0	0	
30	CU190	SCREW CHECK FIXTURE	Fixture	1	220	0.09	0.09	19.8	200.2
		Lift-out	Fixture	1	220	0.06	0.06	13.2	
		HEIGHT MEASUREMENT Robot	Automatiom	1	220	0.67	0.67	147.4	
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
31	CU200	PRE-WRT 1+Computer	Automatiom	1	220	0.36	0.36	79.2	99
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
32	CU210	P-P ADH WR TO CM FORCEMAN	Fixture	1	220	0.06	0.06	13.2	288.2
		Heppa	Small tool	1	220	1.16	1.16	255.2	
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
33	CU220-1	LCD CENTERING	Automatiom	1	220	0.67	0.67	147.4	215.6
		Ionizer fan	Small tool	1	220	0.11	0.11	24.2	
		Ionizer gun	Small tool	1	220	0.11	0.11	24.2	
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
34	CU220-2	LCD CENTERING	Automatiom	1	220	0.67	0.67	147.4	215.6
		Ionizer fan	Small tool	1	220	0.11	0.11	24.2	
		Ionizer gun	Small tool	1	220	0.11	0.11	24.2	
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
35	SCU90	Heppa	Small tool	1	220	1.16	1.16	255.2	279.4
		Ionizer fan	Small tool	1	220	0.11	0.11	24.2	
36	SCU100	PRESS NET SPK TOP SHEET TO LCD FORCEMAN	Fixture	1	220	0.11	0.11	24.2	323.4
		Heppa	Small tool	1	220	1.16	1.16	255.2	
		Ionizer fan	Small tool	1	220	0.11	0.11	24.2	
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	

ตาราง 4 สำรวจโหลดในสายการผลิต [1] (ต่อ)

37	SCU110	Heppa	Small tool	1	220	1.16	1.16	255.2	275
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
38	FAT-1	Rollor Forceman	AIT	1	220	0.33	0.33	72.6	490.6
		FAT-1 (Application)	Test station	2	220	0.52	1.04	114.4	
		Heppa	Small tool	1	220	1.16	1.16	255.2	
		Ionizer fan	Small tool	2	220	0.11	0.22	24.2	
		Ionizer gun	Small tool	2	220	0.11	0.22	24.2	
39	AMMT	Computer+Monitor	System	1	220	0.32	0.32	70.4	90.2
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
40	CT4	CT4 (Application)	Test station	1	220	0.9	0.9	198	217.8
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
41	CTA	CTA (Application)	Test station	2	220	0.34	0.68	74.8	94.6
		Over head lamp	Small tool	2	220	0.09	0.18	19.8	
42	WRT	CU WRT	Automatiom	1	220	0.32	0.32	70.4	90.2
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
43	CT5	CT5 (Application)	Test station	2	220	0.92	1.84	202.4	222.2
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
44	OIS	OIS (Application)	Test station	1	220	0.32	0.32	70.4	90.2
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
45	CT3	CT3 (Application)	Test station	2	220	0.92	1.84	202.4	222.2
		Over head lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
46	STA	STA (Application)	Test station	1	220	0.47	0.47	103.4	103.4
47	Insp1-1	Computer+Monitor	system	1	220	0.32	0.32	70.4	90.2
		Inspec lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	
48	Insp1-2	Inspec lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	19.8
49	Insp1-3	Inspec lamp	Small tool	1	220	0.09	0.09	19.8	19.8
50		Down time monitor	Small tool	1	220	0.32	0.32	70.4	70.4
51	QR	Detaching		1	220	7	7	1540	1540
						39.62	44.64	8716.4	8716.4

จากตารางที่ 1- 4 เป็นการสำรวจข้อมูลใน 1 สายการผลิต จำกัด มี 51 กระบวนการผลิต บอกรายละเอียดของ ชื่อกระบวนการผลิต ชื่อเครื่องจักร ชื่อผลิตภัณฑ์ ชนิดของผลิตภัณฑ์ จำนวนเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ และบอกค่าทางไฟฟ้าของอุปกรณ์ มีค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้า

จะเห็นได้ว่า เครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ (Panel Rear Detaching) เป็นเครื่องที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดในสายการผลิต และได้รับมอบหมายให้ปรับปรุงเครื่องนี้ เครื่องจักรนี้จึงถูกเลือกมาในงานวิจัยในครั้งนี้

ตาราง 5 การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ [1]

Machine Power Consumption of CU Line								
Item	hine /Equipment	Specification		Watt	line	Q'ty	TTL machine	TTL Watt
		V	A					
Detaching		220VAC 50Hz.	7	1540	9	3	27	41580

ตาราง 6 การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ [1] (ต่อ)

Machine Power Consumption of CU Line				
Item	hine /Equipment	Total usage/K-Watt/Day	Total usage/K-Watt/Working time	Total saving/K-Watt/Day
Detaching		997.92	509.355	488.565

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. พัฒนาวิธีการตรวจสอบเครื่องจักรเพื่อการปรับปรุงการประหยัดพลังงานสำหรับเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ
2. นำหลักการและทฤษฎีที่ได้จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาออกแบบวิธีการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรในสายการผลิตโทรศัพมือถือ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ใช้กรณีศึกษาวิจัยในสายการผลิตของบริษัท
2. ศึกษา ออกแบบ และทดลองปรับปรุงเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

กาวซิลิโคน (Adhesive glue) คือ ชื่อที่ทางบริษัทใช้เรียกแทนกาวที่ใช้ติดประสานหน้าจอกับฝาหลังของโทรศัพท์มือถือ

เครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ (Panel Rear Detaching) คือ ชื่อเครื่องจักรที่ใช้ในการแยกหน้าจอกับฝาหลังของโทรศัพท์มือถือ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

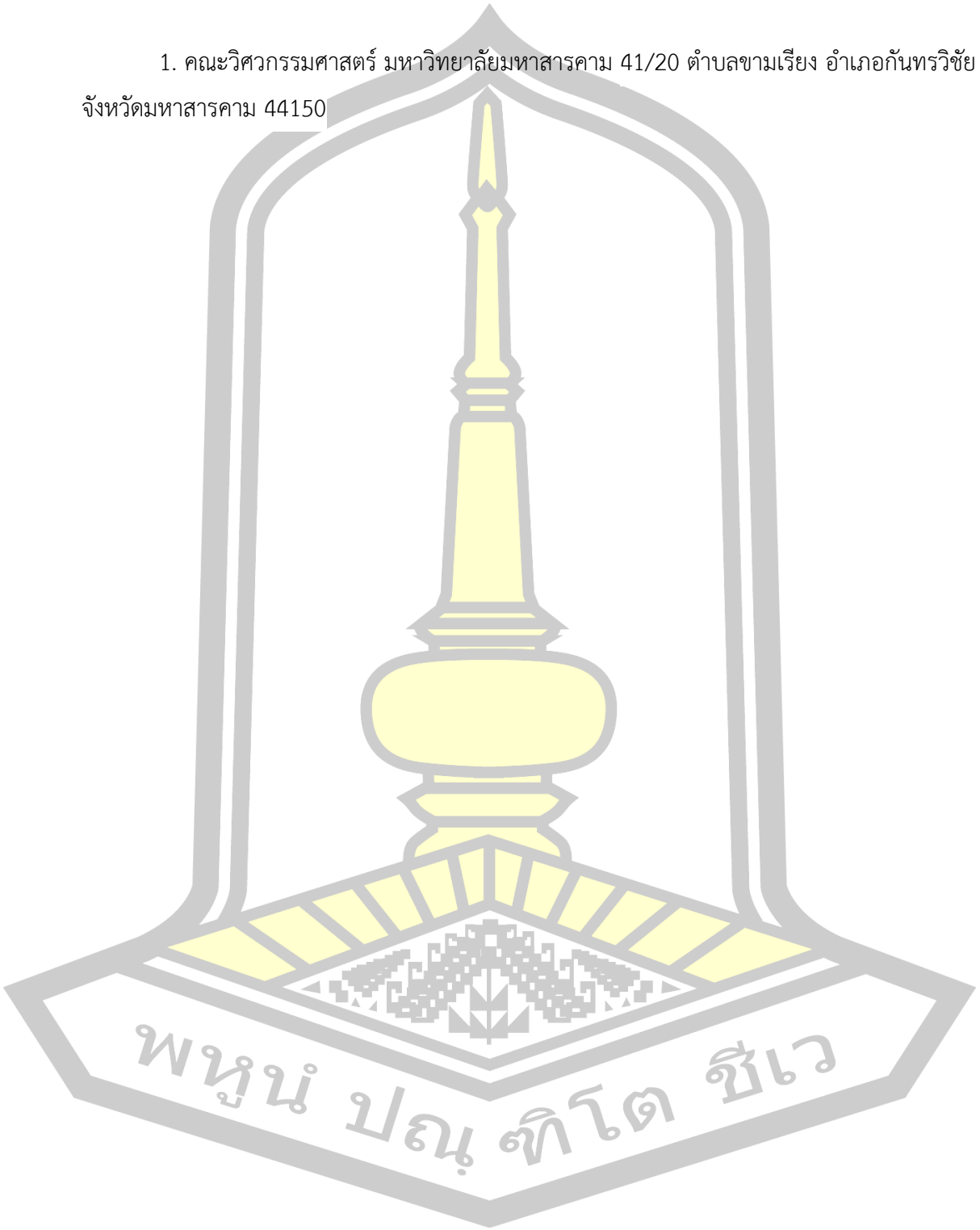
1. ลดค่าใช้จ่ายในส่วนค่าไฟฟ้าให้กับบริษัท
2. ช่วยในการตัดสินใจสำหรับการวางระบบสายการผลิต
3. ได้วิธีการที่เหมาะสมสำหรับการตรวจสอบเครื่องจักรเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

1.6 แผนการดำเนินการศึกษา

1. ศึกษาและสืบค้นข้อมูลจาก บทความ วารสาร งานวิจัย และแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาข้อมูลการออกแบบสายการผลิตเดิมของบริษัท
3. สำรวจเก็บข้อมูลและคำนวณโหลดที่ใช้ในสายการผลิต
4. ทำการออกแบบและทดลองกับเครื่องจักรในสายการผลิต
5. ทดลองการอ่อนตัวของกาวซิลิโคนโดยการให้ความร้อนจากเตาไมโครเวฟ

1.7 สถานที่ดำเนินการศึกษา

1. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 41/20 ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้นำเสนอข้อมูล หลักการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในส่วนของ วิธีการประหยัดพลังงานไฟฟ้าแบบต่างๆ เพื่อใช้ข้อมูลนี้ในการออกแบบแผนภาพการตรวจสอบเครื่องจักรเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า และประยุกต์ใช้วิธีนี้กับเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ (Panel Rear Detaching) และศึกษาการให้ความร้อนทางไฟฟ้าเพื่อใช้ในการหาวิธีการปรับปรุงระบบให้ความร้อนของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ เนื้อหาประกอบด้วยเอกสารที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้า และเอกสารที่เกี่ยวของเกี่ยวกับการให้ความร้อนทางไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การอนุรักษ์พลังงาน

แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน [2], [3] การอนุรักษ์พลังงาน คือ การผลิตและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดการอนุรักษ์พลังงานนอกจากจะช่วยลดปริมาณการใช้พลังงาน ซึ่งเป็นการประหยัด ค่าใช้จ่ายในกิจการแล้ว ยังจะช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากแหล่งที่ใช้และผลิตพลังงานด้วย การสร้างนโยบายด้านพลังงานของรัฐบาลเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า แนวทางในการอนุรักษ์พลังงานหรือการใช้พลังงานเชิงอนุรักษ์ที่สำคัญ ได้แก่

1. ต้องมีการวางแผน ควบคุมการใช้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และเกิดประโยชน์สูงสุดมีการลดการสูญเสียพลังงานทุกขั้นตอน มีการตรวจสอบและดูแลการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าตลอดเวลา
2. การใช้พลังงานทดแทน พลังงานที่ได้จากธรรมชาติ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ อื่นๆ
3. เลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้าเบอร์ 5 หลอดผอมประหยัดไฟ เป็นต้น
4. เพิ่มประสิทธิภาพเชื้อเพลิง เช่น การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทำให้เชื้อเพลิงให้พลังงานได้มากขึ้น
5. การนำวัสดุที่ชำรุดนำมาซ่อมใช้ใหม่ (Recycle) การลดการทิ้งขยะที่ไม่จำเป็น

สมุดพกโรงงาน รักษ์พลังงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงพลังงาน [4] เป็นคู่มือในการปฏิบัติเพื่อลดใช้พลังงานมีการทำดัชนีการใช้พลังงานการรวบรวมข้อมูลด้านพลังงานแนวทางการดำเนินการตามที่เหมะสม การประเมินการใช้พลังงานและติดตามผลการประหยัดด้วยตนเอง นำไปสู่การลดใช้พลังงานอย่างน้อย 5 % และ Check List ตรวจสอบการดำเนินงานตามขั้นตอน

2.2 การประหยัดไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

การประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม กระทรวงอุตสาหกรรม (พ.ศ.2556) [5]

ระบบแสงสว่าง

ลดการเปิดไฟฟ้าแสงสว่างพื้นที่ที่ใช้งาน บางช่วงเวลาของวัน

ปลดหลอดไฟในพื้นที่ที่ส่องสว่างเกินความจำเป็น

แยกสวิตซ์หลอดฟลูออเรสเซนต์ ให้สามารถ เปิด-ปิด ได้เฉพาะจุดที่ต้องการ

ลดกำลังไฟฟ้าของหลอด เช่น จาก 13 วัตต์ เป็น 7 วัตต์ เป็นต้นโดยไม่กระทบต่อการมองเห็น

ระบบปรับอากาศ

ปิดเครื่องปรับอากาศช่วงพักเที่ยง

ล้างเครื่องปรับอากาศ

ลดชั่วโมงการทำงานเครื่องปรับอากาศ

จำกัดกรอบพื้นที่ปรับอากาศ

เพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อนเครื่องปรับอากาศ

ระบบอัดอากาศ

ลดการรั่วไหลในระบบอากาศอัด

ลดความดันอากาศอัดให้เหมาะสม

เปลี่ยนระบบการระบายน้ำของเครื่องอากาศอัดที่ชำรุด

ลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ

ลดการใช้ลมอัดโดยการเปลี่ยนหัวฉีดเป็นแบบปืนลม

มอเตอร์

ลดการเดินเครื่องจักรที่ยังไม่ใช้งาน

ลดระยะเวลาการเดินตัวเปล่าของมอเตอร์ลำเลียงสายพาน

ปรับปรุงค่าเพาร์เวอร์แฟคเตอร์ด้วยคาปาซิเตอร์

ใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

ระบบทำความเย็น

ปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นเพิ่มจาก 14 เป็น 15 องศา

ติดตั้งชุดควบคุมอุณภูมิในเครื่องทำน้ำเย็น

ปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพหอระบายความร้อนในเครื่องทำน้ำเย็น

ปรับแรงดันน้ำเย็นที่ตกคร่อมเครื่องทำน้ำเย็น เพื่อลดอัตราการไหลของน้ำเย็นที่เข้าเครื่องลดลง

ปรับปรุงชุดระบายความร้อนของระบบทำความเย็นห้องเย็น

ลดการรั่วไหลของอากาศร้อน-เย็น

ลดการใช้พลังงานห้องแช่เย็นในช่วงใส่วัตถุดิบ

ลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่หอผึ่งน้ำโดยการนำน้ำที่เหลือจากกระบวนการผลิตน้ำแข็งมาผสม

ปรับ Set Point อุณหภูมิห้องเย็นจาก 2 เป็น 4 องศา ตั้งชุดควบคุมการละลายน้ำแข็งชุดคอยล์เย็นในห้องเย็น พัดลม โบลเวอร์และเครื่องสูบน้ำ

ปิดแดมเปอร์ดูดฝุ่นที่ไม่ใช้งาน

ปรับความตึงสายพานเพื่อไม่ให้เกิดการสูญเสีย

ลดขนาดใบพัดของพัดลม

ลดการใช้ปั๊มระบายน้ำออกนอกโรงงาน

บำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำหม้อแปลงและระบบส่งจ่ายไฟฟ้า

ลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลาการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของระบบโดยการลดการใช้ที่ไม่จำเป็น ลดจำนวนหม้อแปลงไฟฟ้าโดยการย้ายโหลด

ปรับ Tap ที่หม้อแปลงไฟฟ้า

บริหารจัดการการควบคุมคาปาซิเตอร์ที่ตู้ควบคุมไฟฟ้าหลัก

ติดตั้งคาปาซิเตอร์ที่เมนจ่ายไฟฟ้าหลักอุปกรณ์สำนักงาน

ปิดจอคอมพิวเตอร์ตอนพักเที่ยง

ปิดพัดลมตั้งโต๊ะตอนพักเที่ยง

ยกเลิกการใช้งานตู้น้ำเย็น

ตั้งปิดหน้าจอคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ

กำหนดเวลาเปิด-ปิดหม้อต้มน้ำร้อน

2.3 การลดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า

บริษัท คอมโพแม็ก จำกัด การลดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า [6]

นำเสนอการประหยัดค่าไฟฟ้า 3 วิธี

การปรับปรุงค่า power factor

ระบบไฟฟ้าที่มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำจะมีความสูญเสียในระบบมาก การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้มีค่าสูงขึ้นจึงมีความจำเป็นต่ออาคารสำนักงานและโรงงานอุตสาหกรรมนั้นๆ เนื่องจากเป็นตัวที่ทำให้ค่าใช้จ่ายต่างๆเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ โรงงานอุตสาหกรรมต้องการกำลังไฟฟ้าจริง (Real Power) และกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ (Reactive Power) เพื่อใช้ในการทำงาน

การลดค่าพลังงาน

“ลดการใช้ไฟฟ้า” ซึ่งในปัจจุบันก็มีการรณรงค์ให้มีการปิดเมื่อไม่ใช้งานติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

การลดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (demand)

ลดกำลังไฟฟ้าในช่วงโหลดสูงสุด เพิ่มการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาโหลดต่ำ เฉลี่ยการใช้โหลดในแต่ละเวลาให้ใกล้เคียงกันดูแลบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพอยู่เสมอ

2.4 วิธีการลดความสูญเสียในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า [7]

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า

1. ติดตั้งคาปาร์ซิเตอร์เพื่อการปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้นและกำลังไฟฟ้ารวมลดลง แต่ไม่มีผลต่อกำลังไฟฟ้าจริงของระบบหลังจากการปรับปรุงแล้วค่า kVA รวมจะลดลง

2. การอนุรักษ์พลังงานในหม้อแปลงไฟฟ้า ปลดหม้อแปลงออกจากระบบเมื่อไม่ได้ใช้งานจัดโหลดหม้อแปลงให้สมดุลกันทุกเฟสใช้งานหม้อแปลงที่จุดซึ่งมีประสิทธิภาพสูงสุดกรณีโหลดค่อนข้างสม่ำเสมอ

3. ใช้หม้อแปลงแยกจ่ายโหลดในแต่ละช่วงเวลาตามของการใช้ ใช้หม้อแปลงใหญ่แทนหม้อแปลงเล็กหลายลูก ติดตั้งอุปกรณ์กรองฮาโมนิคส์ที่เหมาะสม

ประโยชน์ของเทคโนโลยีลดการสูญเสียของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า พลังงานสูญเสียสามารถเกิดได้ในทุกส่วนของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า ซึ่งถือเป็นส่วนหลักของระบบไฟฟ้า การหาวิธีการเพื่อลดพลังงานสูญเสียจะทำให้ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้ามีประสิทธิภาพสูงขึ้นระบบสามารถรองรับโหลดได้มากขึ้น เนื่องจากค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าสูงขึ้น ประโยชน์ของเทคโนโลยีลดการสูญเสียของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า ได้แก่ ลดปัญหาของแรงดันไฟฟ้าตก กำลังสูญเสียของระบบลดลง ลดค่าพลังงานไฟฟ้าและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

ข้อมูลจากหนังสือและงานวิจัยที่ศึกษาต่อไปนี้ เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำการพัฒนาวิธีการตรวจสอบเครื่องจักรเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับสายการผลิตโทรศัพท์มือถือ

หนังสือการใช้ไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างประหยัด,กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน [8] ให้คำแนะนำในเรื่อง อัตราคาไฟฟ้า การลดการใช้ไฟฟ้าอย่างสิ้นเปลือง ทำงาน การบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและการจ่ายโหลดที่เหมาะสมเพื่อให้การใช้ไฟฟ้าคุ้มค่าสูงสุด การประหยัดพลังงาน แบงเป็น 3 ประเภทหลัก คือ การดูแลรักษาและใช้งานอยางดี การบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมและการเปลี่ยนอุปกรณ์หรือระบบใหม่ การดูแลรักษาและใช้งานอย่างดี

อัมรินทร์ วงศ์เศรษฐี, จุมพล บำรุงวงศ์, 2561. การปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรในกระบวนการฉีดพลาสติก [9] กรณีศึกษาบรรจุภัณฑ์กล้วยไม้ ทำการสำรวจสภาพและวิเคราะห์สาเหตุปัญหาด้วยการวิเคราะห์ Why - Why คจากการศึกษาพบว่า สาเหตุของปัญหามาจากความเสียหายชิ้นส่วนในแหล่งจ่ายน้ำมันไฮดรอลิคที่เสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน

ผลจากการปรับปรุงสามารถเพิ่มค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรจาก 28.6 เปอร์เซ็นท์ เป็น 82.4% รวมทั้งสามารถลดความสูญเสียให้สถานประกอบการ 415,200 บาท/เดือน

กฤษณะ วิวัฒน์ ชีวิน, ศักดิ์ชาย รักการ, อัตถกร กลั่นความดี, ธนาคม สกุลไทย์, 2560 [10] การจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องสำอาง ศึกษาการ สำรวจและวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง ใช้มาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างรวมทั้งสิ้น 6 มาตรการ คือ

1. การใช้ Photo Switch ควบคุมการทำงานของหลอดไฟไล่แมลง
2. การใช้ Motion Sensor ควบคุมการทำงานของหลอดไฟในห้องแต่งตัว
3. การใช้ Motion Sensor ควบคุมการทำงานของหลอดไฟในห้องน้ำ
4. การลดจำนวนหลอดไฟที่ไม่จำเป็นและการปิดไฟบริเวณทางเดินในช่วงเวลาพัก
5. การติดตั้งแผ่นไฟเบอร์โปร่งแสงบริเวณหลังคาเพื่อใช้แสงธรรมชาติแทนการเปิดไฟแสงสว่าง
6. การลดความสูงของโคมไฟเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการส่องสว่าง ทางเศรษฐศาสตร์โดยทำการวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนการลงทุน พบว่าหากนำแนวทางทั้งหมดไปปฏิบัติครบทุกแนวทางจะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารลงได้

ฉัตรชัย ดิสสร, 2560. [11] การปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักร : กรณีศึกษาบริษัทก่อสร้าง พบว่า เกิดการชำรุดเสียหายของเครื่องจักรบ่อยครั้งทำให้การดำเนินการก่อสร้างของบริษัทล่าช้าไปจากแผนที่วางไว้ โดยผลการดำเนินงานที่ได้ ดำเนินการไปนั้นสามารถทำให้ระยะเวลาการทำงานเฉลี่ยของเครื่องจักรเพิ่มขึ้น โดยค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร เพิ่มจากเดิม 41.44% เป็น 72.54% หรือ เพิ่มขึ้น 31.1% นอกจากนี้ยังทำให้อัตราการเทคอนกรีตของโครงการตามแผนที่วางไว้มีอัตราที่มากขึ้นตามไปด้วย โดยอัตราการเทคอนกรีตเพิ่มจากเดิม 69.35% เป็น 95.04% หรือเพิ่มขึ้น 37.04%

กิตติศาสตร์ แจ่มเล็ก, 2559 [12] การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในบริษัทอิเล็กทรอนิกส์ ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในบริษัทอิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่ง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ พนักงานในสายการผลิต จำนวน 250 คน พบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการอนุรักษ์พลังงาน ได้แก่ ปัจจัยด้านตำแหน่งงาน ทำการหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสมและนำเสนอต่อผู้ดูแลเรื่องพลังงานของโรงงานและหัวหน้างานของหน่วยงานต่างๆในห้องประชุมที่จัดขึ้นสำหรับประชุมเรื่องพลังงาน

เษกสรร สิงห์ธนู, จักรพันธ์, ปิ่นทอง ไพฑูรย์ ขจรวุฒิ นันทชัยและนิติกร ทุมประสิทธิ์ การปรับปรุงประสิทธิภาพงานบำรุงรักษาเครื่องจักรสายการผลิตชิ้นสวน GEAR KICK SPINDLE รุ่น KZL กรณีศึกษา: อุตสาหกรรมผู้ผลิตชิ้นสวนยานยนต์,2558 [13] ศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรสายการผลิต GEAR KICK SPINDLE รุ่น KZL และจัดทำมาตรฐานการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยมีการสร้างเครื่องมือมาตรฐานเพื่อใช้ในการดำเนินงานที่ประกอบไปด้วยใบตรวจสอบเครื่องจักรประจำวัน ใบแผนงานบำรุงรักษาเครื่องจักร ใบแจ้งซ่อมเครื่องจักร ใบบันทึกการซ่อมเครื่องจักร เพื่อใช้ในการตรวจสอบสภาพเครื่องจักร ผลการวิจัยพบว่า อัตราการเดินเครื่องจักรหลังการปรับปรุงมีค่าอยู่ที่ร้อยละ 95 เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 8 ประสิทธิภาพการเดินเครื่องจักรหลังการปรับปรุงมีค่าร้อยละ 89 เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 10 อัตราคุณภาพหลังจากการปรับปรุงมีค่าร้อยละ 97 เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 2 และค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรหลังการปรับปรุงมีค่าเท่ากับร้อยละ 82 เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 17

นิพนธ์ ทักษิณ, 2558 [14] การวางแผนปฏิบัติการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบมีส่วนร่วมของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิตศึกษาสถานการณ์ของการใช้ไฟฟ้าของมหาวิยาลัยราชภัฏสวนดุสิตเพื่อกำหนดนโยบาย เป้าหมาย มาตรการและการมีส่วนร่วมวางแผนปฏิบัติการลดการใช้ไฟฟ้าโดยสำรวจและสอบถามกลุ่มตัวอย่างผู้มีส่วนกี่ยวข้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต 6 กลุ่ม จำนวน 991 คน พบว่า สถานการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ผันแปรตามจำนวนนักศึกษาที่เพิ่มขึ้นทำให้มีการใช้พลังงานมากขึ้น ผู้บริหารมหาวิทยาลัยจึงได้นำนโยบายอนุรักษ์พลังงานจากกระทรวงพลังงานมาใช้ โดยกำหนดมาตรการต่างๆออกมา ทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยต่างๆลดลง

ธีรพงษ์ ขันทอง, 2558 [15] การปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักร กรณีศึกษาสถานีบริการ ก๊าซธรรมชาติ นำเสนอการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักรในสถานีบริการก๊าซ ธรรมชาติแห่งหนึ่ง โดยใช้หลักการการบำรุงรักษาทวีผลโดยทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance : TPM) และแนวทางการควบคุมด้วยการมองเห็นมาใช้ในการแก้ปัญหา ใช้แผนภูมิพาเรโตในการลำดับความสำคัญของปัญหาและใช้การวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภูมิก้างปลา เพื่อค้นหาสาเหตุ จากนั้นคัดเลือกปัญหาจาก 2 สาเหตุหลักที่ทำให้เครื่องจักรหยุดเนื่องจากเกิดการขัดข้องมาทำการ ปรับปรุงแก้ไขก่อนการแก้ปัญหานั้น ได้แก่ การกำหนดแผนการบำรุงรักษาด้วยตนเอง การกำหนดมาตรฐานการตรวจเช็คเครื่องจักรประจำวัน ผลการดำเนินงานพบว่าเครื่องจักรมีค่าประสิทธิผลโดยรวม (Overall Equipment Effectiveness : OEE) เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 93.72 เป็น

ร้อยละ 99.56 ค่าอัตราการใช้งานของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 99.20 เป็นร้อยละ 99.63 และเวลาในการตรวจเช็คสภาวะพื้นฐานและทำความสะอาดเครื่องจักรประจำวันลดลงจาก 40 นาที เป็น 19.48 นาที หรือลดลงร้อยละ 51.30

ธนกฤต วิชัยวงษ์, 2557 [16] พฤติกรรมการมีส่วนร่วมในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของบุคลากรและนักศึกษา สังกัดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ ศึกษาระดับความรู้ของบุคลากรและนักศึกษาสังกัดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศในการมีส่วนร่วมในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าคณะ เทคโนโลยีสารสนเทศ กลุ่มเป้าหมายบุคลากรคณะเทคโนโลยีสารสนเทศจำนวน 200 คน สถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่า บุคลากรและนักศึกษาสังกัดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศส่วนมากมีระดับความรู้ความเข้าใจในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าอยู่ในระดับมากคิดเป็นร้อยละ 63.80 มีความรู้ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 27.15 และมีความรู้ความเข้าใจน้อยคิดเป็นร้อยละ 9.05

ยอดนภา เกษเมือง, เถลิง พลเจริญ, ศุภชัย แสงจันทร, กิตติพงษ วริศรากุล, 2557. การประชุมการเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร กรณีศึกษา หจก.สุจรรยาพาณิชย ศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรในกระบวนการฉีดพลาสติก [17] ได้นำหลักการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) มาใช้ในการบำรุงรักษาเครื่องจักร ส่งผลให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ค่าอัตราความพร้อม (Availability) เฉลี่ยกอนปรับปรุง 97.3 % หลังการปรับปรุง 99.68 % เพิ่มขึ้น 2.38 % อัตราการผลิต (Process Rate) เฉลี่ยก่อนปรับปรุง 90.3 % หลังการปรับปรุง 92.73 % เพิ่มขึ้น 2.43 % อัตราคุณภาพ (Quality Rate) เฉลี่ยก่อนปรับปรุง 92.9 % หลังปรับปรุง 93 % เพิ่มขึ้น 0.1 % ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) เฉลี่ยก่อนปรับปรุง 81.6 หลังปรับปรุง 85.65 เพิ่มขึ้น 4.02 % การเกิด Brake dawn ก่อนปรับปรุง 68 ครั้ง หลังปรับปรุงลดเหลือ 32 ครั้ง คิดเปน 52.94 % ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเฉลี่ยก่อนปรับปรุง 1,840.67 บาท หลังปรับปรุง 453.33 บาท ลดลง 75.37%

กนกอร สีแสง, [18] คู่มือการประหยัดพลังงานภายในสำนักงานนักตรวจสอบภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น ความสำคัญของการประหยัดพลังงานปัจจุบันประเทศไทยกำลังประสบปัญหาว่าพลังงานที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีจำนวนลดน้อยลง เพราะเกิดจากการที่มีประชากรเพิ่มมากขึ้นและมีเทคโนโลยีมากขึ้นทำให้ประชากรมีความต้องการในการใช้พลังงานมีมากขึ้น ส่งผลให้เกิดปัญหาการขาดแคลนพลังงานและการทำลายทรัพยากรก็มีเพิ่มมากขึ้น เพราะพลังงานต่างๆ ที่ใช้กันอยู่ต้องนำทรัพยากรต่างๆ มาผลิตจึงเป็นเหตุให้ทรัพยากรเหล่านี้ลงน้อยลง เพราะในการผลิตพลังงานแต่ละครั้ง

ทรัพยากรที่ใช้ผลิตเมื่อใช้ผลิตแล้วจะหมดไปบางตัวก็สามารถสร้างขึ้นมากทดแทนได้แต่ก็มีส่วนน้อยที่สามารถสร้างขึ้นมาทดแทนได้ประกอบกับสภาวะเศรษฐกิจในปัจจุบันของประเทศที่ตกต่ำ ประเทศไทยยังต้องเสียเงินจำนวนมากมายในการนำเข้าพลังงาน อาทิเช่น น้ำมันจากต่างประเทศ ซึ่งน้ำมันเป็นหนึ่งในทรัพยากรที่มีความจำเป็นต่อมนุษย์และการพัฒนาประเทศอาคารหรือสถานที่ทำงาน มีการใช้พลังงานหลายรูปแบบ เช่น ระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่างและการใช้อุปกรณ์ต่างๆ แต่จะใช้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะงานและผู้ใช้อาคารทุกคนควรจะร่วมมือกันประหยัดการใช้พลังงานและใช้อย่างมีประสิทธิภาพแนวทางการประหยัดพลังงานสถานที่ทำงานต่างๆ โดยมากจะตั้งอยู่ในอาคารขนาดใหญ่ ซึ่งจะติดตั้งระบบพลังงานต่างๆเพื่ออำนวยความสะดวกต่อการทำงาน เช่น ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและอุปกรณ์ต่างๆ ดังนั้นผู้บริหารผู้ดูแลอาคาร ผู้ปฏิบัติงานในอาคารตลอดจนผู้มาติดต่อกับอาคารจึงควรมีความรู้ความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานในระบบ

จารินี ม้าแก้ว, 2557 [19] การใช้พลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าและหาแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์แนวทางการอนุรักษ์พลังงานควรเน้นการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงานไปที่อาคารเรียนขนาดใหญ่ ระบบปรับอากาศที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากสุด และลดการใช้พลังงานพร้อมๆ กันในช่วงเวลาที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดคือช่วงเวลา 14.00 น.กำหนดมาตรการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศในช่วงเวลา 9.30 – 11.30 น. และ 13.00 – 15.30 น. เพื่อลดช่วงเวลาของการใช้พลังงานไฟฟ้าลง สำหรับอาคารที่มีการใช้งานเฉพาะแต่มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อพื้นที่สูง เน้นมาตรการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรประสิทธิภาพสูง การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ การติดตั้งอุปกรณ์ปรับค่าตัวประกอบกำลัง การเลือกใช้อุปกรณ์ชนิด 3 เฟสเพื่อรักษาสมดุลไฟฟ้า

สัญญา พรหมภาสิต, 2559 [20] การลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของโรงงานอุตสาหกรรม กรณีศึกษาบริษัทธรรมรัตน์คอนกรีต จำกัด นำเสนอมาตรการลดต้นทุนการผลิตสินค้าของบริษัทธรรมรัตน์คอนกรีตจำกัดมุ่งเน้นลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบการผลิตและในสำนักงาน ผลการวิจัยพบว่ามาตรการที่สามารถนำมาปฏิบัติได้จริงประกอบด้วย มาตรการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าจำนวน 4 มาตรการ มาตรการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังจำนวน 1 มาตรการ ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้ารวมของปี 2557 ใช้เงินลงทุนทั้งสิ้น 84,885 บาท ระยะเวลาคืนทุนไม่เกิน 1.95 ปี

เทอดไทย นาครักษ์, 2554 [21] การจัดการและปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ศึกษาการจัดการการใช้ไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต โดยใช้ดัชนีที่กำหนดโดยรัฐบาลเป็นเครื่องมือในการเปรียบเทียบหลังจากที่เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานระหว่างเดือนมีนาคมถึงตุลาคม ปี พ.ศ. 2551 พบว่า มีการจัดการพลังงานเพื่อลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ 4 วิธี

(1) ใช้หลอดฟลูออเรสเซนซ์ T5/28 วัตต์

(2) ติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิดประสิทธิภาพสูง

(3) ลดการทำงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 1 ชัวโมงต่อวัน

(4) ลดการทำงานของระบบปรับอากาศ 1 ชัวโมงต่อวัน โดยการใช้วิธีการทั้งหมดเพื่อการจัดการพลังงาน จากข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่บันทึกก่อนหน้านี้การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง 31,765,772.91 บาทต่อปีหรือประมาณร้อยละ 15.56

ชลวิทย์ เผือกผาสุข, 2554 [22] การจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารแบบบูรณาการ: กรณีศึกษาอาคารกรมการกงสุล ศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารกรมการกงสุล มีเวลาการทำงานจันทร์-ศุกร์ 08.00 17.00 น. มุ้งเน้นที่ระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่างรวบรวมรายละเอียดการติดตั้ง ชนิด ขนาด และชั่วโมงการใช้งานของเครื่องจักรเพื่อเป็นฐานข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อหาแนวทางการบริหารจัดการระบบไฟฟ้า ด้วยการวิเคราะห์หามาตรการในการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่างโดยเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุง

ประจวบ นำนาผล. 2554 [23] การปรับปรุงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร OEE บรรจุแป้ง ศึกษาเหตุผลที่ทำให้ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรต่ำ เพื่อปรับปรุ่งค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) เครื่องบรรจุแป้งในโรงงานผลิตแป้งเย็นให้เพิ่มขึ้นอย่างน้อย 10 % ใช้ผังก้างปลาและกราฟพาเรโตในการวิเคราะห์ข้อมูลก่อนปรับปรุง พบว่า ตัวแปรที่มีประสิทธิภาพต่ำคือ ค่าความพร้อมของเครื่องจักร หลังการปรับปรุงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องบรรจุแป้งสามารถเพิ่ม % (OEE) Line A = 14% Line B = 11% Line C = 13% line D =20% Line D =17%

ชนิกานต์ เฉลิมงาม, 2554 [24] การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรในกระบวนการขัดชิ้นงาน (OD Polishing) ของบริษัท ไซโก้ อินสทรูเม้นท์ (ประเทศไทย) ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักร เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรในกระบวนการขัดชิ้นงาน ผลลัพธ์ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตและลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงประกอบด้วย

1. ลดขั้นตอนการขัดจาก 2 ขั้นตอน เป็น 1 ขั้นตอน

2. เปลี่ยนหินขัดเป็นรหัส GC180 L7V5S

3. เพิ่มความเร็วรอบหมุนของหินขัดจาก 60 RPM เป็น 70 RPM

ต้นทุนการผลิตลดลงร้อยละ 51.18 จาก 0.0015 บาท ต่อชิ้น เป็น 0.00073 บาทต่อชิ้นและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมลดลง ร้อยละ 49.87

บุญญารัตน์ แสงปิยะ,จันทนาจันทโร,ไชยะ แช่มช้อย, 2554 [25] ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงงานควบคุม ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงงานควบคุม โดยทำการคัดเลือกปัจจัยที่คาดว่า มีผลต่อประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า ได้แก่ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน ปัจจัยด้านมาตรการอนุรักษ์พลังงาน ปัจจัยด้านความร่วมมือของบุคลากรในโรงงานควบคุมและปัจจัยอื่นๆ เช่น ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบสนับสนุนการผลิต เป็นต้น จากนั้นพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงงานควบคุมเพื่อคัดเลือกโรงงานควบคุมที่ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับมาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาเดียวกันและวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้ากับปัจจัยที่มีผลด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้ร้อยละของผลประหยัดที่ได้รับจริงจากมาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า คือ คุณสมบัติของผู้รับผิดชอบด้านพลังงานปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต ความสนใจของผู้บริหารและความร่วมมือของพนักงานเงินลงทุนในการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง

โอภาส สุขหวาน,อุปวิทย์ สุวคันธกุล, 2555 [26] การอนุรักษ์พลังงานในงานอุตสาหกรรมการอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

1.ออกแบบโรงงานให้ได้รับแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ได้อย่างเต็มที่

2.เลือกวิธีที่ให้แสงสว่างที่ตรงกับความต้องการเฉพาะตำแหน่ง ระดับการใช้สายตา ความสะดวกในการติดตั้งและการซ่อมบำรุง

3. ใช้หลอดไฟและอุปกรณ์ร่วมที่มีประสิทธิภาพสูง

4. เพิ่มประสิทธิภาพของแสงสว่าง

5.เฟอร์นิเจอร์ตกแต่งควรทาสีอ่อน

การอนุรักษ์พลังงานในระบบมอเตอร์

1. การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยเกิดความร้อนจากการทำงานน้อย อายุการใช้งานของฉนวนและลูกปืนยาวนาน การสันสะเทือนน้อย มีเสียงรบกวนน้อยและค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) ดีขึ้น

2. การจัดการทำงาน (Optimum Management) การจัดการอย่างเหมาะสม พิจารณาถึงระบบและการทำงานเพื่อให้ได้ผลที่ดีที่สุด จะช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานได้เป็นอย่าง ช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพและลดการสูญเสียจากการทำงานของมอเตอร์

3.ใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ทำให้ประหยัดพลังงานได้มาก

4. ความสัมพันธ์ของมอเตอร์กับโหลดควรหลีกเลียงการติดตั้งมอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่กว่าโหลดจนเกินไปประสิทธิภาพและตัวประกอบกำลังไฟฟ้าจะลดลง

การอนุรักษ์พลังงานในระบบอัดอากาศ

1. ลดอุณหภูมิอากาศเข้าเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำความเย็นของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

2. ปรับตั้งความดันลมของเครื่องอัดอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งานจะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและสามารถลดปริมาณการใช้อากาศอัดที่เกินความจำเป็นลง

3.ใช้เครื่องอัดอากาศและระบบที่มีประสิทธิภาพสูง

4. ป้องกันการรั่วของลมจากจุดต่างๆ ของระบบและจากตัวเครื่องอัดอากาศเอง

5. บริหารการใช้เครื่องอัดอากาศและระบบให้ใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

การอนุรักษพลังงานสำหรับอนุรักษพลังงานสำหรับมอเตอร์,2553 [27] คู่มือผูรับผิดชอบด้านพลังงงานมีผู้วิจัยและพัฒนาผลิตมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง สามารถลดการสูญเสียพลังงานไดประมาณ 25-30% ของการสูญเสียเดิมและยังประหยัดพลังงาน เกิดความรอนจากการงานน้อยกว่าอายุการใช้งานของฉนวนและลูกปืนยาวนานขึ้นการสั่นสะเทือนน้อยมีเสียงรบกวนน้อยกว่าคาเพาเวอร์แฟกเตอร์ดีขึ้น การติดตั้งเครื่องควบคุมความเร็วรอบในเครื่องปั๊มน้ำพัดลม เครื่องอัดอากาศ การลดความเร็วรอบของปั๊มน้ำลง 50 % จะทำให้อัตราการไหลลดลง 50 % ในขณะที่ความดันลดลง 75 % และแรงม้าของต้นกำลังลดลง มากถึง 87.5 % ตามทฤษฎีของ Affinity Laws สูญเสียและประสิทธิภาพการทำงาน ผลการวิจัยจะเป็นแนวทางในการป้องกันและปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานเพื่อให้สามารถใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดและประหยัดพลังงาน

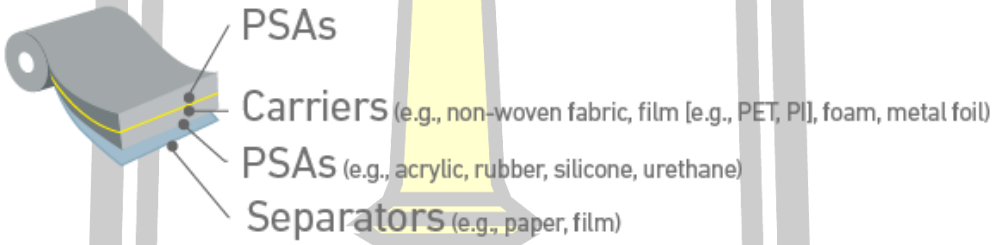
2.6 กาวซิลิโคน (Adhesive glue)

โครงสร้างของกาวซิลิโคน ที่ใช้เรียกชื่อสำหรับงานวิจัยเล่มนี้ หรือที่ทางบริษัทเรียก คือ Adhesive glue และมีชื่อเรียกทั่วไปว่า แทปกาวไวต่อแรงกด pressure sensitive adhesives (PSAs)

แทปกาวประกอบด้วย กาวที่มีความไวต่อแรงกด (PSA) และตัวแยก แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

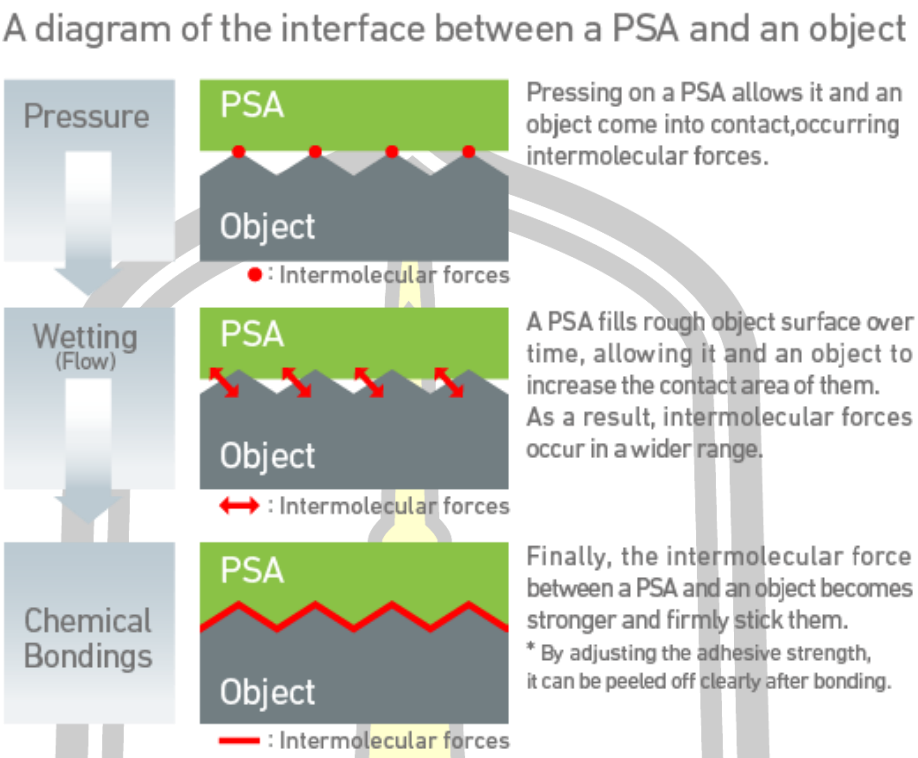
1. double-coated
2. single-coated

เทปกาวที่ใช้งานได้หลากหลายได้รับการพัฒนาโดยการเลือกวัสดุที่เป็นส่วนประกอบแสดงได้ดังภาพต่อไปนี้



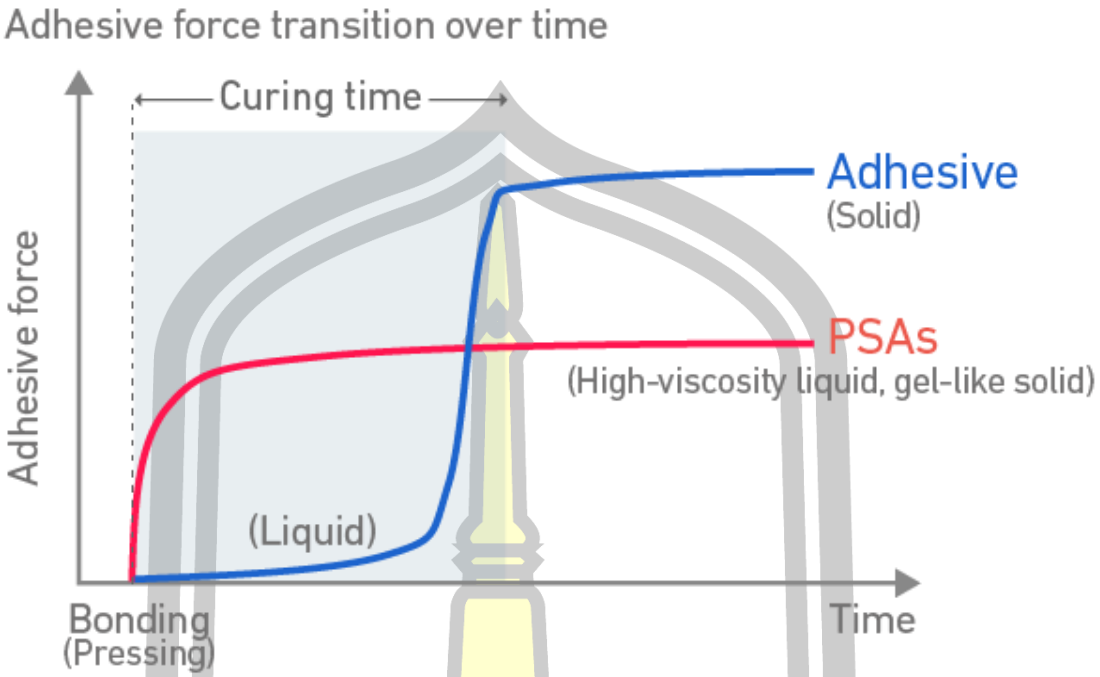
ภาพประกอบ 1 ส่วนประกอบของกาว pressure sensitive adhesives (PSAs) [28]

กลไกของการเกาะ หรือ ติดประสาน หนึ่งในกลไกการเกาะติดระหว่างเทปกาวและวัตถุคือ “ แรงระหว่างโมเลกุล” นี่คือปฏิสัมพันธ์ทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อโมเลกุลสองโมเลกุลเข้ามาใกล้กัน โดยทั่วไปวัตถุสองชิ้นจะไม่ติดกัน แต่จะอยู่ใกล้กัน เหตุผลก็คือ พื้นผิวของวัตถุขรุขระในระดับนาโน และโมเลกุลไม่สามารถเข้าหากันจนกว่าแรงระหว่างโมเลกุลจะทำงาน สำหรับการเติมความไม่สม่ำเสมอของพื้นผิวของวัตถุทั้งสองและอนุญาตให้ติดกันเราสามารถใช้ "PSA" ความลื่นไหลของ PSA จะเติมพื้นผิวของวัตถุที่ไม่สม่ำเสมอทำให้เกิดแรงระหว่างโมเลกุลที่เกิดขึ้นกับวัตถุ



ภาพประกอบ 2 แผนภาพของกาวซิลิโคน (Adhesive glue) [28]

ความแตกต่างระหว่าง“ กาว” และ“ PSA (กาวไวต่อแรงกด)” วัสดุที่ใช้กันมากที่สุดในการติดวัตถุรวมกันคือ“ กาว” จริงๆแล้ว PSA เป็นกาวชนิดหนึ่งซึ่งสามารถติดวัตถุได้เมื่อใช้แรงกด เมื่อเทียบกับกาวคุณสมบัติที่สำคัญของ PSA คือไม่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะก่อนหรือหลังการยึดติด (กด) กับวัตถุ เมื่อสถานะของสสารทั้งสามมีของแข็งของเหลวและก๊าซ PSA มีทั้งลักษณะของเหลวและของแข็งเสมอ ในทางกลับกันกาวกำลังเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็งผ่านกระบวนการบ่ม เมื่อเทียบกับกาวข้อดีของเทปกาวที่ใช้ PSA คือ“ การยึดติดทันที”“ สามารถแปลงเป็นรูปร่างใดก็ได้” และ“ ความหนาสม่ำเสมอ” เนื่องจากข้อดีเหล่านี้เทปกาวจึงมีความสะดวกสบายสูงและมีการใช้งานอย่างกว้างขวาง ในทางตรงกันข้ามข้อเสียอย่างหนึ่งคือแรงยึดเกาะที่อ่อนแอกว่ากาว



ภาพประกอบ 3 กราฟแสดงแรงยึดเกาะที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาของกาวซิลิโคน [28]

2.7 กาว (Adhesive)

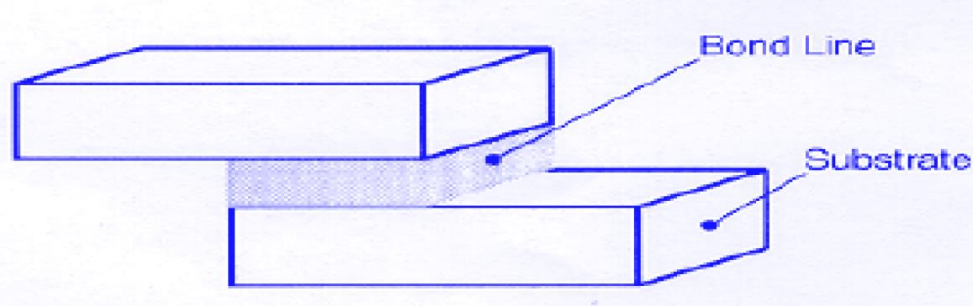
การติดประสาน (adhesion) เป็นกรรมวิธีที่ทำให้วัสดุที่เป็นของแข็งติดกันด้วยวัสดุเชื่อติด ซึ่งมักจะเป็นแผ่นบางต่อเนื่อง ในการติดกาวส่วนใหญ่ต้องเตรียมผิวให้สะอาดและขรุขระหรือเรียบเสมอกัน ความแข็งแรงของกาวนั้นอาจต้องใช้เวลา ความร้อน แรงกด หรือการแนบของวัสดุทั้งสองชิ้นเข้าด้วยกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของงานและชนิดของกาว การเชื่อมติดด้วยกาวมีทั้งแบบถาวร ซึ่งกาวจะใช้ได้ครั้งเดียวและจะเสียไปเมื่อถูกลอกหรือหักออก และแนบไม่ถาวรซึ่งใช้ซ้ำได้ วัสดุติดกาวหลุดออกจากกันได้ในสองลักษณะ คือ การหลุดจากวัสดุที่เชื่อมติด (adhesive failure) และเนื้อกาวแยกหลุดออกจากกัน (cohesive failure) [29]

กาว (Adhesive) เป็นวัสดุที่ใช้สำหรับยึดติดวัตถุตั้งแต่สองชิ้นเข้าด้วยกัน ส่วนใหญ่เป็นประเภทพอลิเมอร์ กาวที่ใช้กันมากในปัจจุบันเป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์ทั้งที่เป็นชนิดเทอร์โมพลาสติก (thermoplastic) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์แข็งมีการยึดติดที่ดีที่อุณหภูมิห้อง อ่อนตัวได้เมื่อโดนความร้อน และชนิดเทอร์โมเซตติง (thermosetting) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์แข็งที่มีความคงทนต่อความร้อนและไม่ละลายในตัวทำละลาย

ส่วนประกอบของการยึดประสานประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

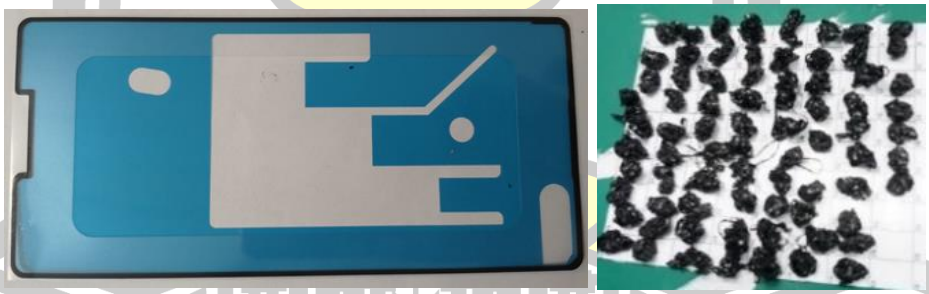
1. Bond Line เป็นช่องว่างระหว่างผิดวัสดุซึ่งบรรจุด้วยกาว ดังภาพ
2. Substrate เป็นวัสดุที่นำมายึดติดด้วยกาว ดังภาพ
3. Surface ผิวหน้าของวัสดุที่ใช้ทากาว

ภาพประกอบการยึดติดของกาวแสดงได้ดังภาพต่อไปนี้



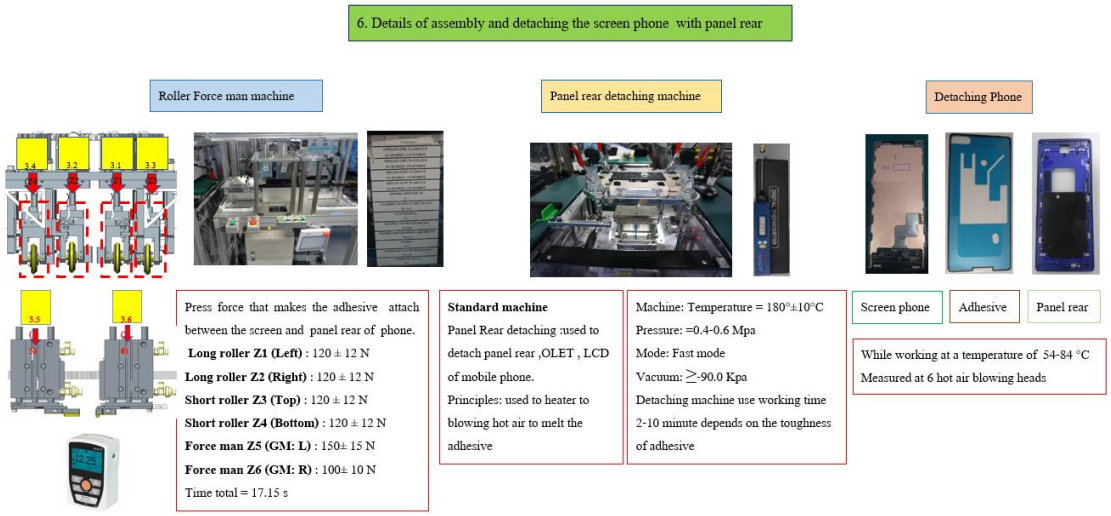
ภาพประกอบ 4 การยึดติดของกาว [29]

การประกอบหน้าจอกับฝาหลังของโทรศัพท์มือถือเข้าด้วยกันจะต้องมีการติดประสานระหว่างทั้งสองส่วนโดยใช้กาวซิลิโคน(Adhesive glue) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่อไปนี้นำเสนอข้อมูลของกาวซิลิโคน(Adhesive glue) ซึ่งใช้ในการประกอบโทรศัพท์มือถือ



ภาพประกอบ 5 กาวซิลิโคน (Adhesive glue) ก่อนและหลังการทดลอง [1]

2.8 ค่าแรงกดกาวซิลิโคนและอุณหภูมิของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ



ภาพประกอบ 6 ค่าแรงกดกาวซิลิโคนและอุณหภูมิของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ [1]

การประกอบหน้าจอกับฝาหลังของโทรศัพท์มือถือ โดยมีกาวซิลิโคน (Adhesive glue) เป็นตัวยึดประสาน ใช้แรงกดด้วยเครื่องจักร 120 นิวตัน และในการแยกทั้งสองส่วนออกจากกัน ใช้การเป่าลมร้อนของฮีทเตอร์ ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เกิดการสูญเสียความร้อนกระจายออกไปรอบนอก ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาวิธีการให้ความร้อนทางไฟฟ้าแบบต่างๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตาราง 7 ประเภทของการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าและวัตถุประสงค์การใช้งาน [30]

หลักการให้ความร้อน	การแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นความร้อน	ตัวอย่างการใช้งานหรืออุปกรณ์ที่สำคัญ	หลักการให้ความร้อน
	วิธีใช้พลังงาน	ชนิด	
ใช้ประโยชน์จากแหล่งความร้อนสูง (ตัว heating element การอาร์ก พลาสมา ฯลฯ) และความร้อนของ Joule โดยตรง	ให้ความร้อนด้วยความต้านทาง	การให้ความร้อนด้วยความต้านทานทางอ้อม (50/60 Hz)	เตาให้ความร้อนแบบต่างๆ ที่ใช้ heating element, heat treating furnace, sintering furnace, diffusion, เตาอบแห้ง-เผาแผงวงจร, sintering, furnace อุณหภูมิสูง เช่น HIP ฯลฯ, brazing furnace, salt bath furnace, fluidized bed heating, hot blast เป็นต้น
		การให้ความร้อนด้วยความต้านทานโดยตรง (50/60 Hz, Dc)	เตาให้ความร้อนโลหะแบบผ่านกระแสฟ้าโดยตรง, Graphitizing furnace, เตาหลอมแก้ว, เตา ESR เป็นต้น

ตาราง 8 ประเภทของการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าและวัตถุประสงค์การใช้งาน [30] (ต่อ)

หลักการให้ความร้อน	การแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นความร้อน	ตัวอย่างการใช้งานหรืออุปกรณ์ที่สำคัญ	หลักการให้ความร้อน
ใช้ประโยชน์จากแหล่งความร้อนสูง (ตัว heating element การอาร์ก พลาสมา ฯลฯ) และความร้อนของ Joule โดยตรง	วิธีใช้พลังงาน	ชนิด	
	ให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด	การให้ความร้อนด้วยรังสี near infrared (0.76-2 ไมโครมิลลิเมตร)	การอบแห้งพื้นผิวทาสี, การอบแห้งเวชภัณฑ์-วัตถุดิบผง, การฆ่าเชื้อ เป็นต้น
		การให้ความร้อนด้วยรังสี near infrared (2-4-1000 ไมโครมิลลิเมตร)	การอบแห้งผิวทาสี, การทำพลาสติกให้แข็งตัว, การหล่อพลาสติก, การรม-ย่างอาหาร, การอบแผงวงจร, การปรับอากาศร้อน, เซ็นเซอร์อุณหภูมิ เป็นต้น
	การให้ความร้อนด้วยการอาร์ก		เตาอาร์กสำหรับผลิตเหล็กกล้า การทำ ladle ให้บริสุทธิ์, การหลอมวัสดุทนไฟ, การถลุงแร่, เตาอาร์กสุญญากาศ, การอ๊อก เป็นต้น

ตาราง 9 ประเภทของการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าและวัตถุประสงค์การใช้งาน [30] (ต่อ)

หลักการให้ความร้อน	การแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นความร้อน	ตัวอย่างการใช้งานหรืออุปกรณ์ที่สำคัญ	หลักการให้ความร้อน
	วิธีใช้พลังงาน	ชนิด	
ใช้ประโยชน์จากแหล่งความร้อนสูง (ตัว heating element การอาร์ก พลาสมา ฯลฯ) และความร้อนของ Joule โดยตรง	การให้ความร้อนด้วยพลาสมา (พลาสมาความร้อน)		การหลอมโลและผลิตเหล็กกล้า โลหะผสม high alloy และโลหะ/โลหะผสมที่มีจุดหลอมเหลวสูง, การถลุงเหล็กด้วยการรีดิวซ์โดยตรง, เตา ferroalloy, การผลิตผงความบริสุทธิ์สูง, การเชื่อม, การ thermal spraying, การประยุกต์ต่างๆ ของกระบวนการปฏิกิริยาเคมีความร้อนอุณหภูมิสูง

ตาราง 10 ประเภทของการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าและวัตถุประสงค์การใช้งาน [30] (ต่อ)

หลักการให้ความร้อน	การแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นความร้อน	ตัวอย่างการใช้งานหรืออุปกรณ์ที่สำคัญ	หลักการให้ความร้อน
	วิธีใช้พลังงาน	ชนิด	
ใช้การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า	การให้ความร้อนด้วยการเหนี่ยวนำ (การให้ความร้อนที่พื้นผิว)	การให้ความร้อนด้วยการเหนี่ยวนำ (50/60 Hz-1 MHz	การหลอมโลหะ-โลหะผสม, การให้ความร้อนสำหรับโลหะด้วยกรรมวิธีความร้อนของโลหะ, การทำ sintering อุณหภูมิสูง, การบัดกรีเชื่อม, การทำ nanocrystal pulling, การให้ความร้อน-เชื่อมท่อเหล็กกล้า
		การให้ความร้อนด้วยการเหนี่ยวนำความถี่ต่ำ (50/60 Hz)	การหลอมเล็กหล่อ, การหลอมโลหะ-โลหะผสม, การรักษา กับเพิ่มอุณหภูมิ และปรับส่วนผสมของโลหะหลอมเหลว เป็นต้น
	การให้ความร้อนด้วยการเหนี่ยวนำ (แบบ transverse flux) (50/60 Hz-10 kHz)		การให้ความร้อน-กรรมวีความร้อนแผ่นโลหะบาง เช่น โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก สเตเลส ฯลฯ, การให้ความร้อนที่ปลายแผ่นเหล็ก

ตาราง 11 ประเภทของการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าและวัตถุประสงค์การใช้งาน [30] (ต่อ)

หลักการให้ความร้อน	การแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นความร้อน	ตัวอย่างการใช้งานหรืออุปกรณ์ที่สำคัญ	หลักการให้ความร้อน
	วิธีใช้พลังงาน	ชนิด	
ใช้การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า	การให้ความร้อนด้วยการเหนี่ยวนำ (การให้ความร้อนด้วยการลัดงลจร)	การหลอมโลหะ (50/60 Hz)	Channel induction furnace (การหลอมโลหะที่ไม่ใช่เล็กและเหล็กหล่อ) การเพิ่มอุณหภูมิ รักษาอุณหภูมิ และปรับส่วนผสมของโลหะหลอมเหลว
		การให้ความร้อนโลหะ (50/60 Hz)	การทำ shrinkage fir ของชิ้นส่วนโลหะ เป็นต้น
	การให้ความร้อนด้วยการเหนี่ยวนำ (แบบ transverse flux) (50/60 Hz-10 kHz)		การให้ความร้อน-กรรมวีความร้อนแผ่นโลหะบาง เช่น โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก สเตเลส ฯลฯ, การให้ความร้อนที่ปลายแผ่นเหล็ก

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 12 ประเภทของการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าและวัตถุประสงค์การใช้งาน [30] (ต่อ)

หลักการให้ความร้อน	การแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นความร้อน	ตัวอย่างการใช้งานหรืออุปกรณ์ที่สำคัญ	หลักการให้ความร้อน
	วิธีใช้พลังงาน	ชนิด	
ใช้การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า	การให้ความร้อนด้วยการเหนี่ยวนำ (การให้ความร้อนด้วยการลัดงลจร)	การหลอมโลหะ (50/60 Hz)	Channel induction furnace (การหลอมโลหะที่ไม่ใช่เล็กและเหล็กหล่อ) การเพิ่มอุณหภูมิ รักษาอุณหภูมิ และปรับส่วนผสมของโลหะหลอมเหลว
		การให้ความร้อนโลหะ (50/60 Hz)	การทำ shrinkage fir ของชิ้นส่วนโลหะ เป็นต้น
ใชสนามไฟฟ้าความถี่สูง	การให้ความร้อนด้วยการเหนี่ยวนำ (1-300 MHz)		การเชื่อมติดขึ้นรูป แปรรูป และกรรมวิธีความร้อนของพลาสติก, การอบแห้งและติดกาววัสดุไม้, การอบแห้งเส้นใย, การละลายน้ำแข็งอาหาร, การอบแม่พิมพ์หล่อ, การประยุกต์ใช้กับพลาสมาอุณหภูมิต่ำ (การปล่อยไฟฟ้าความถี่สูง)

ตาราง 13 ประเภทของการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าและวัตถุประสงค์การใช้งาน [30] (ต่อ)

หลักการให้ความร้อน	การแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นความร้อน	ตัวอย่างการใช้งานหรืออุปกรณ์ที่สำคัญ	หลักการให้ความร้อน
	วิธีใช้พลังงาน	ชนิด	
ใช้ลำแสงอิเล็กตรอน	การให้ความร้อนด้วยลำแสงอิเล็กตรอน (DC)		การหลอมและถลุงโลหะที่มีจุดหลอมเหลวสูง, กรรมวิธีความร้อนของวัสดุโลหะ, การทำ vapor coating ด้วยโลหะ, การเชื่อม-ตัดโลหะโดยให้เกิดความบิดเบี้ยวต่ำ, การเจาะรู เป็นต้น
ใช้พลาสมาอุณหภูมิต่ำ	การใช้ประโยชน์จากปฏิกิริยาเคมีของพลาสมา (DC) (หลาย MHz-MHz-หลาย GHz)		การทำให้เกิดชั้นฟิล์มบาง, การปรับพื้นผิว-กรรมวิธีแปรรูป, etching, coating, ion implantation, กรรมวิธีพื้นผิวของโลหะ (ion carburization, nitro enation เป็นต้น), การสังเคราะห์สารทางเคมี เป็นต้นใช้

ตาราง 14 ประเภทของการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าและวัตถุประสงค์การใช้งาน [30] (ต่อ)

หลักการให้ความร้อน	การแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นความร้อน	ตัวอย่างการใช้งานหรืออุปกรณ์ที่สำคัญ	หลักการให้ความร้อน
	วิธีใช้พลังงาน	ชนิด	
ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	การให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ (300 MHz – 30 GHz)		เตาไมโครเวฟ, การอบแห้งให้ความร้อน และแปรรูปอาหาร, การละลายน้ำแข็งอาหารแช่แข็ง, การอบแห้งและให้ความร้อนเส้นใย, การเติมกำมะถันในยาง, การฆ่าเชื้ออาหาร, การหลอมแอสพัลต์ซีเมนต์, การประยุกต์ใช้กับพลาสมาอุณหภูมิต่ำ
	การให้ความร้อน-แปรรูปด้วยแสงเลเซอร์ (0.69-10.6 ไมโครมิลลิเมตร) ตัวอย่างในการให้ความร้อน		การเจาะรูวัสดุที่เจาะรูได้ยาก, การเชื่อม กรรมวิธีความร้อน และตัดวัสดุโลหะ, การเชื่อมและกรรมวิธีพื้นผิวของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์, การ marking, มีดเลเซอร์, การใช้ประโยชน์ในปฏิกิริยา Photochemistry อื่นๆ เป็นต้น

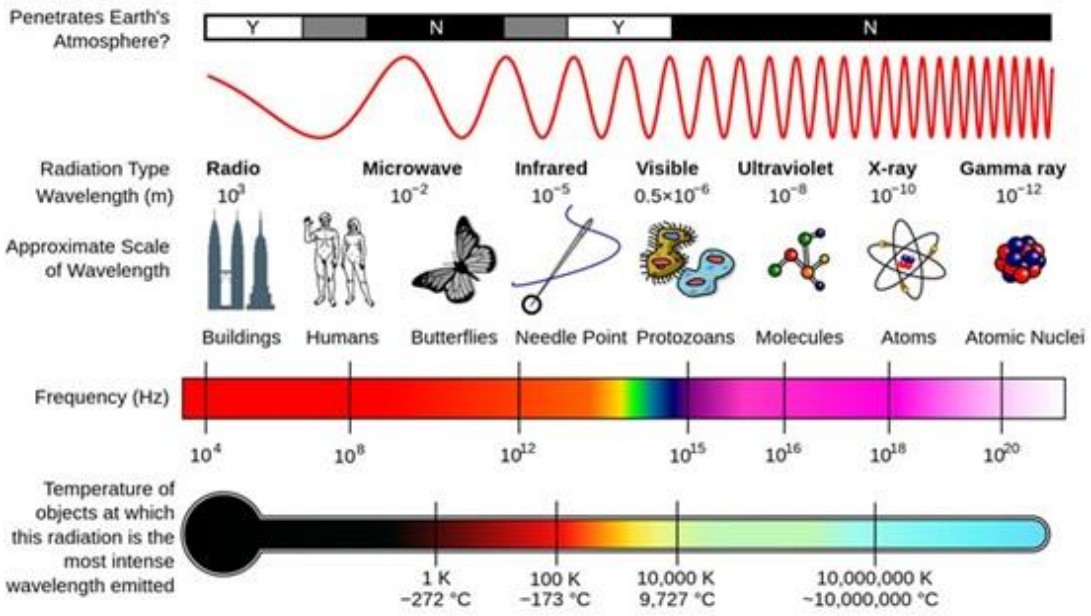
ตาราง 15 ประเภทของการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าและวัตถุประสงค์การใช้งาน [30]

หลักการให้ความร้อน	การแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นความร้อน	ตัวอย่างการใช้งานหรืออุปกรณ์ที่สำคัญ	หลักการให้ความร้อน
	วิธีใช้พลังงาน	ชนิด	
ใช้กำลังเชิงกลของมอเตอร์	วิธีใช้ปั๊มความร้อน (50/60 Hz-20-หลายสิบ Hz)	สำหรับครัวเรือน	การปรับอากาศร้อน-เย็น, การจ่ายน้ำร้อน, การปรับอากาศอาคาร เป็นต้น
		สำหรับอุตสาหกรรม	การอบแห้งอาหาร ไม้ เส้นใย หนังสัตว์ ฯลฯ การกลั่น-เคี่ยวอาหารและสารละลายเคมี, การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้เป็นต้น

ผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการปรับปรุงระบบให้ความร้อนจากเดิมที่ใช้ฮีตเตอร์เป่าลมร้อนมาเป็นการให้ความร้อนโดยใช้คลื่นไมโครเวฟแทน

2.9 คลื่นไมโครเวฟ

คลื่นไมโครเวฟ (Microwave) [31] เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูงชนิดหนึ่งที่สายตาไม่สามารถมองเห็นได้ แต่สามารถวัดได้โดยใช้เครื่องมือเฉพาะเท่านั้น คลื่นไมโครเวฟมีความยาวคลื่นในช่วง 1 mm ถึง 1 m มีความถี่ของช่วงคลื่นในช่วง 300 MHz ถึง 300 GHz ซึ่งมีความถี่คลื่นสูงสุดประมาณ 2,450 ล้านรอบ/วินาที โดยมีใช้ทางอุตสาหกรรมที่ความถี่ในช่วง 915 – 2,450 MHz เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเช่นเดียวกันคลื่นแสงอัลตราไวโอเลต คลื่นรังสีเอ็กซ์ และคลื่นรังสีแกมมา เป็นต้น แต่มีความถี่คลื่นน้อยกว่า



ภาพประกอบ 7 แสดงช่วงความยาว ความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า [31]

2.10 คุณสมบัติของคลื่นไมโครเวฟ

1. การสะท้อนกลับ (Reflection)

คลื่นไมโครเวฟเมื่อวิ่งกระทบกับวัสดุที่เป็นโลหะ คลื่นจะไม่สามารถวิ่งทะลุผ่านโลหะได้ จะสะท้อนกลับทั้งหมด

2. การส่งผ่าน (Transmission)

คลื่นไมโครเวฟเมื่อวิ่งกระทบกับวัสดุที่ไม่ใช่โลหะ เช่น แก้ว พลาสติก กระดาษ เซรามิก และไม้ เป็นต้น คลื่นจะสามารถทะลุผ่านได้

3. การดูดซับ (Adsorption)

คลื่นไมโครเวฟเมื่อวิ่งกระทบกับวัสดุที่มีน้ำหรือความชื้นภายใน คลื่นจะเกิดบางส่วนจะถูกดูดซับเอาไว้ ทำให้โมเลกุลของน้ำดูดซับพลังงานคลื่น และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนเอาไว้จนเกิดความร้อนตามมา รวมถึงการเคลื่อนที่ของโมเลกุลน้ำ ซึ่งทำให้เกิดความร้อนเช่นกัน คลื่นไมโครเวฟหลังถูกดูดซับจะสลายตัวทันที ไม่มีการตกค้างในอาหาร

2.11 ประโยชน์คลื่นไมโครเวฟ

1. ใช้ในอุปกรณ์หรือระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม

2. ใช้ในระบบตรวจจับวัตถุทางอากาศ การนำร่องทางการบิน การเดินเรือ และยุทโธปกณ์เคลื่อนที่เรดาร์

3. ใช้ในทางการแพทย์ สำหรับการฆ่าเชื้อ หรือการรักษาโดยการใช้ความร้อน โดยความมีช่วงความยาวคลื่นที่ยาวกว่าคลื่นไมโครเวฟที่ใช้ปรุงอาหารหรือมีความถี่คลื่นน้อยกว่านั่นเอง เพราะการรักษาอาการป่วยของมนุษย์จะต้องใช้ความร้อนในขนาดที่ร่างกายทนได้

4. ใช้เป็นแหล่งกระตุ้นให้เกิดความร้อนภายในอาหารหรือใช้ประกอบอาหารให้สุก หรือที่นิยมเรียกว่า เตาไมโครเวฟ รวมถึง ใช้เป็นแหล่งให้ความร้อนในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม โดยใช้คลื่นความถี่ในช่วง 915 – 2,450 MHz

ตัวอย่างการใช้เทคโนโลยีความกาวหน้าทางด้านต่างๆ ได้แก่

2.12 ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีรวมถึงในด้านอื่นๆ

1. ใช้เพื่อทำการพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurization) ได้แก่ ขนมปัง และนมเปรี้ยว
2. ใช้เพื่อฆ่าเชื้อในผลิตภัณฑ์ (Sterilization) ได้แก่ นม และการเตรียมอาหาร
3. ใช้ในการอบ (Baking) ได้แก่ ขนมปัง และนัท
4. ใช้ในการคั่ว (Roasting) ได้แก่ เมล็ดกาแฟ และเมล็ดโกโก้
5. ใช้ในการลวก (Blanching) ได้แก่ ข้าวโพด และผลไม้
6. ใช้ในการเจียว (Rendering) ได้แก่ น้ำมันหมู และไขมันวัว

2.13 คลื่นไมโครเวฟกับผลกระทบต่อร่างกายมนุษย์ [31]

หากร่างกายได้รับคลื่นไมโครเวฟที่มีระดับความเข้มมากๆ เช่น ได้ความความเข้มข้นที่ 100 มิลลิวัตต์/ตารางเซนติเมตร ในระยะเวลานานๆ จะทำให้เกิดการเสียดสีกันระหว่างโมเลกุลของน้ำ โปรตีน หรือไขมัน ขึ้นภายในเซลล์ร่างกาย จนเซลล์ร่างกายเกิดความร้อน และถูกดูดกลืนสะสมเอาไว้ภายในเซลล์หรืออวัยวะ และหากร่างกายไม่สามารถระบายหรือถ่ายเทความร้อนให้อยู่ในสภาวะปกติ

ได้ จะทำให้เซลล์หรืออวัยวะนั้นเกิดความเสียหาย และหากเกิดในระดับรุนแรงอาจทำให้เซลล์ตายได้ ความเสียหายของเซลล์หรือผลข้างเคียงที่มักเกิดขึ้น ได้แก่

1. ผลต่อเลนส์ตา ทำให้เลนส์ตาระบายความร้อนได้น้อย อาจเป็นต้อกระจก
2. ผลต่อเชื้ออสุจิ อาจทำให้เชื้ออสุจิตาย เชื้ออสุจิผิดปกติ และกลายเป็นหมันชั่วคราว
3. ผลต่อศีรษะ ทำให้มีอาการปวดศีรษะ มึนงง หรือเมื่อยล้า
4. ผลต่อหัวใจ ทำให้หัวใจเต้นเร็วหรือเต้นผิดจังหวะ
5. ผลต่อกระดูก ทำให้กระดูกผิดรูปร่าง โดยเฉพาะกระดูกที่กำลังเจริญพัฒนา

คลื่นไมโครเวฟยังมีผลรบกวนการทำงานของเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงให้ทำงานผิดปกติได้ โดยเฉพาะผู้ป่วยโรคหัวใจที่ใช้เครื่องช่วยการเต้นของหัวใจ cardiac pacemaker จะต้องระมัดระวังเป็นพิเศษเมื่อใกล้คลื่นไมโครเวฟ

2.14 การเกิดความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ [32]

การเคลื่อนที่ของโมเลกุลน้ำด้วยการหมุนตัววนไปมาอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะเกิดขึ้นประมาณ 915-2,450 ล้านครั้งต่อ 1 วินาที จากอัตราการหมุนตัวนี้ ส่งผลทำให้เกิดการเคลื่อนที่ และการเสียดสีระหว่างโมเลกุล จนส่งผลให้เกิดความร้อนขึ้น ดังนั้น อัตราการเคลื่อนที่ของโมเลกุลจึงเป็นส่วนสำคัญต่อปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้น ซึ่งความแตกต่างของความร้อนที่เกิดจากปัจจัยต่างๆนี้ เรียกว่า ความหลวม ค่าความหลวมจะแปรผันกับความถี่ อุณหภูมิ และชนิดของวัสดุ หากวัสดุมีความหลวมมาก แสดงว่าวัสดุนั้นสามารถดูดซับคลื่นไมโครเวฟได้มาก ซึ่งมักขึ้นกับความหนาแน่นของวัสดุ และปริมาณน้ำที่มีในวัสดุความร้อนที่เกิดขึ้นจะเกิดขึ้นภายในแล้วค่อยแพร่ความร้อนออกมาอย่างต่อเนื่องสู่ภายนอกจากผลการเดือดของน้ำและการนำพาความร้อนของน้ำ [31] ทฤษฎีการให้ความร้อนของคลื่นไมโครเวฟ ความร้อนที่วัสดุได้รับจากคลื่นไมโครเวฟจะเป็นความร้อนที่เกิดขึ้นเองภายในเนื้อวัสดุ ความร้อนภายในชิ้นวัสดุจะสูงกว่าที่ผิวนอก ความร้อนจะถ่ายเทจากภายในออกสู่ผิวนอก กลไกการการเกิดความร้อนภายใต้คลื่นไมโครเวฟ มี 2 กลไก คือ กระบวนการโพลาไรเซชัน หรือเกิดจากการนำฟ้าของวัสดุ กระบวนการโพลาไลเซชันนั้นเกี่ยวข้องกับการจัดเรียงตัวของประจุใหม่ การสั่นหรือการหมุนของไดโพล ภายใต้สนามไฟฟ้าหรือแม่เหล็ก ถือเป็นการเคลื่อนที่ของประจุในระยะสั้น

เมื่อเทียบการการเคลื่นที่ของประจุซึ่งเกิดจากกระบวนการนำไฟฟ้า

$$P_A = \frac{P}{v} = 2\Pi f \varepsilon_0 \varepsilon_r' \tan\delta |E_{rms}|^2 \quad (2.1)$$

$$D_P = \frac{\lambda_0}{2\Pi(2\varepsilon_r')^{\frac{1}{2}}}((1+(\tan\delta)^2)^{\frac{1}{2}} - 11)^{\frac{-1}{2}} \quad (2.2)$$

P_A = Power absorbed/volume

Dp = depth of penetration

f = frequency

ε_0 = permittivity of free space

ε_r' = relative dielectric constant

$\tan\delta$ = dielectric loss tangent

E_{rms} = root mean square internal electric field $\left(E_{rms} = E_0 / (2)^{\frac{1}{2}}\right)$

λ_0 = incident wavelength

จากสมการ (2.1) และ (2.2) ปริมาณพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟที่วัสดุได้รับ (PA) และระยะทางที่คลื่นไมโครเวฟทะลุผ่านเข้าไปในเนื้อวัสดุ (Dp) [32]

เมื่อคลื่นไมโครเวฟผ่านเข้ามาในเนื้อวัสดุ คลื่นจะถูกดูดคลืน และจะไปเหนี่ยวนำให้เกิดสนามไฟฟ้าขึ้นภายใน และสนามไฟฟ้านี้จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของประจุต่างๆ ภายในวัสดุนั้น แรงต้านทานการเคลื่อนที่ แรงเฉื่อย แรงยืดหยุ่น และแรงเสียดทานจากการชนกันของประจุต่างๆ จะสงผลให้เกิดเป็นความร้อนขึ้น ที่เรียกว่า Losses ขึ้นในเนื้อวัสดุ ซึ่งเป็นความรร้อนที่เกิดทั่วทั้งชิ้นวัสดุ ทั้งนี้เนื่องจาก โมเลกุลของน้ำ ซึ่งไม่เป็นกลางทางฟฟ้า กลับตัวไปมาตามความถี่ของคลื่นไมโครเวฟที่ใช้ (2.45 จิกะเฮิรตซ์) เป็นจำนวน 2,450 ล้านรอบต่อวินาที ในหนึ่งรอบคลื่นจะมีทั้งคลื่นช่วงบวกและลบ ดั้งนั้นโมเลกุลจะหันขั่วบวกไปทางขั้วลบของสนามไฟฟ้า 2,450 ล้านครั้งต่อวินาที และจะหันขั่วลบไปทางโมเลกุลขั่วบวกของสนามไฟฟ้าอีก 2,450 ล้านครั้งต่อวินาที รวมแล้วโมเลกุลต้องกลับตัว 4,900 ล้านครั้งต่อวินาที ทำให้เกิดการชนเสียดสี เกิดเป็นความร้อนทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นในที่สุด

ประโยชน์จากกระบวนการผลิตวัสดุด้วยคลื่นไมโครเวฟ [32]

1. ประหยัดค่าใช้จ่าย ประหยัดเวลา และพื้นที่อุปกรณ์

2. ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอทั่วชิ้นวัสดุ

3. ควบคุมการให้ความร้อนได้ เนื่องจากสามารถเปิด ปิด เตาไมโครเวฟได้ และการส่งคลื่นจะหยุดทันที

4. สามารถเลือกให้ความร้อนเฉพาะกับวัสดุที่ต้องการเท่านั้น

5. วัสดุบางชนิดสามารถควบคุมให้หยุดรับพลังงานคลื่นไมโครเวฟได้ด้วยตัวเอง

6. ความร้อนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในเนื้อวัสดุเมื่อได้รับคลื่นไมโครเวฟ

7. ลดการปล่อยสารอันตรายต่างๆ

8. พลังงานสะอาด และไม่รบกวนสิ่งแวดล้อม

ตัวอย่างอุตสาหกรรมที่ผลิตวัสดุด้วยคลื่นไมโครเวฟ

1. โพลิเมอร์ การบ่มยาง (Rubber curing) และการวัลคาร์ไนเซชัน อุตสาหกรรมยานยนต์ ประโยชน์ที่ได้ คือ ความร้อนเกิดในชิ้นงานอย่างรวดเร็วและทั่วถึง

2. โพลิเมอร์ การบ่มยางสารยึดเกาะพื้นผิว (Curing adhesives) อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ประโยชน์ที่ได้ คือ ความสม่ำเสมอของความร้อนเฉพาะส่วนที่ต้องการ

3. โพลิเมอร์ การนำสารแอสฟัลต์กลับมาใช้ใหม่ อุตสาหกรรมการซ่อมบำรุงทางหลวง ประโยชน์ที่ได้ คือ ความร้อนทั่วถึง ลดค่าใช้จ่าย และไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

4. เซรามิกส์ การอบ และการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ อุตสาหกรรมงานก่อสร้าง กระเบื้อง วัสดุทนไฟ สุขภัณฑ์ และภาชนะบรรจุอาหาร ประโยชน์ที่ได้ คือ ความร้อนทั่วถึงทั้งชิ้นงาน ลดค่าใช้จ่าย และลดของเสีย (Scrap)

5. เซรามิกส์ การกัด (Etching) อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ ประโยชน์ที่ได้ คือ ได้พลาสมาที่มีความหนาแน่นสูง ใช้ความดันต่ำ และความเสียหายของตัวแผ่นรอง (Substrate)

6. อาหาร และยา กระบวนการผลิต การอุ่น การอบ การปรุง การทำลายพาสเจอร์ไรเซชัน อุตสาหกรรมอาหารและยา ประโยชน์ที่ได้ คือ ความร้อนที่ได้รับสม่ำเสมอและรวดเร็ว

7. ผลิตภัณฑ์จากไม้ กระบวนการผลิต การบ่มผลิตภัณฑ์จากไม้ อุตสาหกรรมก่อสร้าง ประโยชน์ที่ได้ คือ ชิ้นงานหนาและความร้อนที่เกิดขึ้นทั่วถึงลัรวดเร็ว

8. สารเคมี แร่ธาตุ กระบวนการผลิต การหาค่าความชื้น และการย่อยสลายของกรด อุตสาหกรรมการวิเคราะห์ทางเคมี ประโยชน์ที่ได้ คือ ช่วยประหยัดเวลา

9. คอมโพสิท กระบวนการ CVD (Chemical vapor deposition) การทำอุปกรณ์การตัดอิเล็กทรอนิกส์ ประโยชน์ คือ สามารถเพิ่มอัตราการสลายตัวของพลาสมา การจับตัวของสาร (Deposition) มีความบริสุทธ์สูง

10. คอมโพสิท กระบวนการทำลายแผงวงจรไฟฟ้า (Printed circuit board) และการนำโลหะมีค่ามาใช้ใหม่ (Recovery of precious metal) อุตสาหกรรมสิ่งแวดล้อม ประโยชน์ที่ได้รับ คือ ผลิตภัณหลังการเผาทำลายโดยไมโครเวฟโดยไม่เป็นอัตราย (Nonhazardous waste)

2.15 การถ่ายเทความร้อนของคลื่นไมโครเวฟ [33]

การถ่ายเทความร้อนของคลื่นไมโครเวฟ ตัวคลื่นไมโครเวฟเองไม่ได้เป็นตัวให้ความร้อน แต่ความร้อนที่เกิดขึ้นในวัสดุนั้นเกิดจากการดูดซับคลื่นไมโครเวฟแล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน โมเลกุลมีขั้วในผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งก็คือ น้ำ ส่วนที่เกิดปฏิสัมพันธ์กับคลื่นไมโครเวฟ (interaction) เมื่อน้ำอยู่ในสนามไฟฟ้าคลื่นไมโครเวฟ น้ำจะจัดเรียงตัวให้เป็นไปในทิศทางเดียวกับสนามไฟฟ้าคลื่นไมโครเวฟ เช่นเดียวกันกับเศษขี้เลื่อยเหล็กที่พยายามจัดเรียงตัวในสนามแม่เหล็ก แต่เนื่องจากทิศทางของขั้วสนามไฟฟ้าคลื่นไมโครเวฟเปลี่ยนสลับไปมาหลายล้านๆครั้งต่อวินาที โมเลกุลของน้ำซึ่งถูกจำกัดด้วยพื้นที่เล็กๆในอาหารก็จะเริ่มหมุนในทิศทางหนึ่ง เมื่อสนามไฟฟ้าสลับขั้วโมเลกุลน้ำก็จะหมุนในอีกทิศทางหนึ่งด้วยความถี่สูงเช่นกัน การหมุนสลับกันนี้ทำให้เกิดพลังงานจลน์สูงและเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนในที่สุด สมการที่นิยมใช้ในการคาดคะเนปริมาณความร้อนที่ได้จากการดูดซับคลื่นไมโครเวฟ สมการที่นิยมใช้ในการคาดคะเนปริมาณความร้อนที่ได้จากการดูดซับคลื่นไมโครเวฟ ดังแสดงด้านล่าง

$$P = 2\pi\varepsilon^0\varepsilon'' f E \qquad (2.3)$$

E = ค่าความเข้มของสนามไฟฟ้า

f = ค่าความถี่

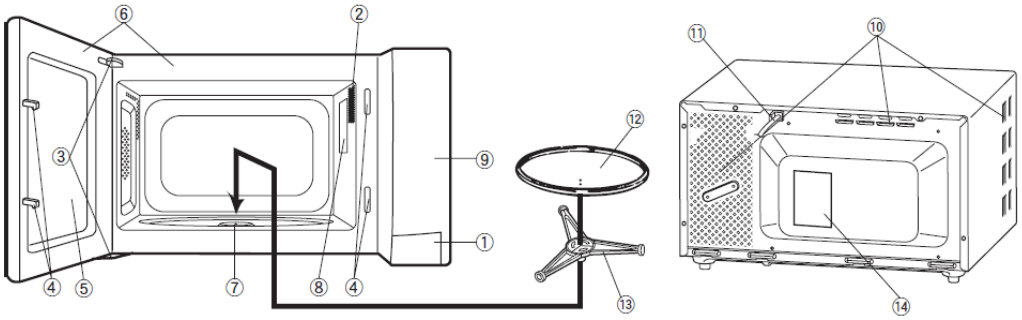
ε^0 = ค่าไดอิเล็กทริกเริ่มต้น

ε'' = ค่าไดอิเล็กทริกสูญเสีย

ในการใช้ไมโครเวฟกับอาหารจะเกิดความร้อนได้เมื่อกระทบกับคลื่นไมโครเวฟ ดังนั้น การที่คลื่นไมโครเวฟจะทะลุเข้าไปในชิ้นอาหารมากจะทำให้เกิดความร้อนอย่างทั่วถึงธรรมชาติของไมโครเวฟนั้น เมื่อกระทบกับสารประกอบไดอิเล็กทริกก็จะเกิดความร้อนขึ้นแล้ว พลังงานก็จะลดลงอย่างรวดเร็ว อาหารใดมีค่า loss factor สูงก็จะให้ความร้อนสูงตามด้วย ขณะเดียวกันพลังงานในการเจาะทะลุเข้าไปในชิ้นอาหารก็จะยิ่งลดลง จึงทำให้ผ่านทะลุเข้าไปได้ นอกจากนี้พบว่า คลื่นความถี่

ไมโครเวฟที่ต่างกันจะทะลุผ่านไปในชิ้นอาหารได้ระยะที่ต่างกันด้วย เช่น คลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่ 915 MHz จะทะลุผ่านเข้าไปในชิ้นอาหารได้ลึกกว่าคลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่ 2,450 MHz

2.16 ส่วนประกอบของเตาไมโครเวฟ รุ่น Sharp R220



ภาพประกอบ 8 ส่วนประกอบของเตาไมโครเวฟ [34]

ส่วนประกอบของเตาไมโครเวฟ รุ่น Sharp R220 [34] ที่ใช้ในการทำการทดลอง มีรายละเอียดดังนี้

1. ปุ่มเปิดประตูเตา ปุ่มเปิดประตูเตาทำจากพลาสติก มีสปริงเป็นตัวควบคุมการเปิดปิดเมื่อเรากดปุ่ม

2. หลอดไฟ หลอดไฟเป็นหลอดเป็นแบบขาเสียบ เพื่อช่วยในการส่องสว่างให้สามารถมองเห็นอาหารภายในเตาอบไมโครเวฟ

3. บานพับประตู บานพับประตูทำจากพลาสติก เป็นประตูบานพับด้านเดียว

4. สลักประตู ทำจากพลาสติก ช่วยสำหรับการยึดบานพับประตูกับตัวเครื่องไมโครเวฟ

5. ประตูเตา ประตูเตาจากพลาสติกและมีช่องกระจกเพื่อให้มองเห็นอาหารภายในเตาอบ

6. ฉนวนประตู ฉนวนประตูและผิวฉนวนทำจากพลาสติก เพื่อป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่วไหลออกภายนอก

7. เฟืองวางแท่งจานหมุน ทำจากพลาสติก ใช้สำหรับวางจานหมุน

8. ที่ปิดตัวนำคลื่น หรือแผ่นไมก้า ป้องกันไม่ให้สิ่งต่างๆกระเด็นไปโดนตัวปล่อยคลื่นไมโครเวฟโดยตรง โดยที่ตัวแผ่นจะยอมให้คลื่นไมโครเวฟผ่านได้

9. แผงหน้าปัด ประกอบด้วยปุ่มปรับระดับตั้งเวลาปรุงอาหาร มีห้าระดับ มีระดับ ไฟอ่อน ไฟอ่อนปานกลาง ไฟปานกลาง ไฟแรงปานกลาง ไฟแรง

10. ช่องระบายอากาศ อยู่ด้านบน และด้านข้างทั้งสองฝั่งของมโครเวฟ เพื่อระบายความร้อนภายในเตาอบ

11. สายไฟ สายไฟเป็นสายเชื่อมต่อวงจรภายในของเตาไมโครเวฟ

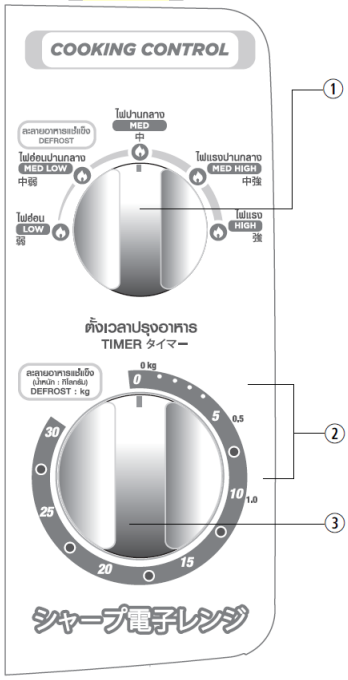
12. จานหมุน ทำจากแก้ว มีลักษณะเป็นจานหมุดกลมใช้สำหรับวางอาหาร

13. แท่นรองจานหมุน ทำจากพลาสติกใช้สำหรับรองจานหมุน

14. ฉลากแสดงข้อมูลจำเพาะ ฉลากแสดงข้อมูลจำเพาะของเตาอบไมโครเวฟ บอกประมาณที่สามารถบรรจุอาหารได้ บอกกำลังฟ้า ความถี่ที่ใช้สำเตาไมโครเวฟ

2.17 แผงหน้าปัด

แผงหน้าปัด มีปุ่มหมุนสำหรับปรับระดับไฟของเตาอบมโครเวฟ และปุ่มปรับตั้งเวลาการอบอาหาร ซึ่งมีรายละเอียดกังภาพต่อไปนี้



ภาพประกอบ 9 แผงหน้าปัดเตาไมโครเวฟ [34]

1. ปุ่มควบคุมการปรุงอาคารระดับต่างๆ
2. ปุ่มควบคุมการปรุงอาคารระดับต่างๆ
3. มีระดับความร้อนให้เลือก 5 ระดับ ระดับความร้อนโดยประมาณของเตาไมโครเวฟสำหรับ

   การตั้งค่าแต่ละระดับ ได้แก่ :

4. ไฟแรง 100% : 800 วัตต์
5. ไฟแรงปานกลาง 70% : 560 วัตต์
6. ไฟปานกลาง 50% : 400 วัตต์
7. ไฟอ่อนปานกลาง (ละลายอาหารแช่แข็ง) 30% : 240 วัตต์
8. ไฟอ่อน 10% : 80 วัตต์
9. ละลายเนื้อแช่แข็ง
10. ปุ่มตั้งเวลา 0 – 30 นาที (หมุนเพื่อตั้งเวลาในการปรุงอาหารหรือกำหนดน้ำหนักของอาหารแช่แข็ง)

2.18 ข้อมูลจำเพาะของเตาไมโครเวฟ Sharp รุ่น R-220

ภาพประกอบ 10 เตาไมโครเวฟ Sharp รุ่น R-220 [34]

พหุ ปณ ศโ ชีเว

แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ	: โปรดดูจากฉลากข้อมูลหลังเครื่อง
กำลังไฟฟ้าเข้า	: 1.25 กิโลวัตต์
กำลังไฟฟ้าออก	: 800 วัตต์* (ขั้นตอนการทดสอบของ IEC)
ความถี่คลื่น	: 2450 เมกะเฮิร์ตซ์ (Class B/Group 2)**
ขนาดภายนอก	: 460 มม.(ก) x 380 มม.(ล)

ขนาดภายใน	: 319 มม.(ก) x 336 มม.(ล)***
ความจุ	: 22 ลิตร***
ระบบปรุงอาหาร	: ระบบจานหมุน (ขนาดจานหมุน เส้นผ่านศูนย์กลาง 272 มิลลิเมตร)
น้ำหนัก	: ประมาณ 12 กิโลกรัม

* การวัดค่านี้อิงตามมาตรฐาน IEC (International Electro technical Commission หรือ คณะกรรมาธิการระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐานสาขาอิเล็กทรอนิกส์) สำหรับวัดค่ากำลังไฟออก

** เป็การแบ่งประเภทของอุปกรณ์คลื่นความถี่ ISM (Industrial, Scientific and Medical) ที่อธิบายไว้ใน International Standard CISPR11

*** ความจุภายในคำนวณจากการวัดค่าความกว้าง ความลึก และความสูงสุด ความจุสำหรับการใส่อาหารจะน้อยกว่านั้น

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ มีรายละเอียดดังนี้

2.19 งานวิจัยให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ

ธนากรณ์ อุ่นพินิจ, วรนิ รำไพ เศรษฐธ์ ณบุตร, ทนิกร คำแสน,พนมกร ขวาของ, อภชิาติ อาจนาเสียว การลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยคลื่นไมโครเวฟแบบอัตโนมัติ 2560 [35] งานวิจัยนี้ใช้คลื่นไมโครเวฟเพื่อลดความชื่นของข้าวเปลือกสายพันธุ์ต่างๆ จากการทดลองพบว่า กรรมวิธีการอบที่เหมาะสม คือ การติดตั้งโปรแกรมการอบอัตโนมัติด้วยคลื่นไมโครเวฟท่มีกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยในการอบเท่ากัน ที่ 240 วัตต์ โดยการเปิดคลื่น 3 วินาที และ ปิด 7 วินาที ข้าวเปลือกที่ผ่านการอบในสภาวะนี้เป็นเวลา 360 วินาที จะมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีเทียบเท่ากับข้าวเปลือกที่ผ่านการอบด้วยลมร้อน 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมงและข้าวเปลือกที่ผ่านการผึ่งแดดปกติเป็นเวลา 15 ชั่วโมง วิธีการอบด้วยคลื่นไมโครเวฟจะใช้ระยะเวลาสั้นกว่าและข้าวที่ผ่านการลดความชื้นมีคุณภาพที่ดีกว่า

รัฐศักดิ์ พรหมมาศ, ปิยะพงศ์ กี่สวัสดิ์คอน, กมล ตรีผอง, การเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการอบแห้งไม้ยางพาราด้วยพลังงานไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนและระบบลำเลียงอย่างต่อเนื่องด้วยการวิเคราะห์พลังงานและเอ็กเซอจี้ 2557 [36] เปรียบเทียบไม้ยาง 3 ส่วน คือ ส่วนปลาย

ส่วนกลางและส่วนโคนของลำต้น อาบสารเคมี 2 ประเภท คือ สารเคมีประเภทน้ำมันและสารเคมีประเภทละลายในน้ำมันโซล่า อัตราส่วน 50 : 50 อบไล่ความชื้นที่ 60 องศา และไล่ความชื้นด้วยพลังงานไมโครเวฟกำลังหวัด 100 วัตต์ ผลการทดลองการไล่ความชื้นด้วยพลังงานไมโครเวฟท่ายเทความชื้นจากภายนอกของเนื้อใช้เวลา 2-10 ชม. ซึ่งน้อยกว่าการอบด้วยลมร้อนที่ใช้เวลานาน 12-48 ชม.

นพวรรณ ดูงาม,ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช,วารุณี กลิ่นไกล, การอุ่นยางธรมชาติด้วยคลื่นไมโครเวฟโดยใช้ระบบไมโครเวฟชนิดท่อนำคลื่นรูปทรงสี่เหลี่ยม (MODE: TE10).2550 [37] นำเสนอการนำพลังงานไมโครเวฟมาประยุกต์ให้ความร้อนกับยางธรรมชาติคอมพาวด์ ที่ปริมาณกำมะถันต่างกัน นำยางธรรมชาติมาอุ่นด้วยไมโครเวฟ ที่ความถี่ 2.45 GHz พบว่า ไมโครเวฟสามารถอุ่นยางธรรมชาติคอมพาวด์ให้ร้อนก่อนกระบวนการคงรูปที่หนามากๆได้ ปริมาณกำมะถันที่ต่างกันไม่ส่งผลมากนักต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของยางธรรมชาติคอมพาวด์

จิรพัฒน์ ธนอารักษ์, ประทีป หาเรือนศรี, จักรพงษ์ ศุภนคร แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนและมวลสารในกระบวนการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 2546 [38] ศึกษาการถ่ายเทความร้อนและมวลสารของขนมปัง(โด) ส่วนแรกอบขนมปังที่มีสารละลายเกลือต่างกันด้วยไมโครเวฟกำลัง 300, 450 และ 600 วัตต์ บันทึกมวลและอุรภูมิของขนมปัง ส่วนสองวิเคราะห์แบบจำลองทางไนต์เอลิเมนต์ใช้โปรแกรม COMSOL 4.3a พบว่า กำลังคลื่นไมโครเวฟที่สูงและสารละลายเกลือความเข้มข้นสูงมีผลต่อการอบแห้ง

ปริญญา ฉกาจนโรดม,การให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟและการประยุกต์ใช้ไมโครเวฟในการแปรรูปวัสดุ, 2557 [39] บทความนี้อธิบายกลไกที่เกี่ยวข้องในการเกิดความร้อนขึ้นในวัสดุยกตัวอย่างการใช้งานไมโครเวฟในการแปรรูปวัสดุสรุปข้อดีของการใช้ไมโครเวฟในการให้ความร้อนได้แก่ ความร้อนที่เกิดขึ้นการให้ความร้อนที่มีอัตราสูงช่วยลดเวลาและพลังงานในกระบวนการแปรรูปวัสดุและสามารถผลิตชิ้นงานที่มีโครงสร้างจุลภาคที่ละเอียด

สมศักดิ์ วงษ์ประดับไชย, ผดุงศักดิ์ รัตเดโช, ดวงเดือน อาจองค์ การอบแห้งไม้ด้วยคลื่นไมโครเวฟโดยใช้เตาไมโครเวฟชนิดสายพานลำเลียงอย่างต่อเนื่อง 2550 [40] ศึกษาด้านการทดลองเกี่ยวกับการอบแห้งไม้โดยใช้ระบบเตาไมโครเวฟชนิดสายพานลำเลียงอย่างต่อเนื่อง ภายในระบบประกอบด้วยแมกนีตรอนที่ใช้กำเนิดคลื่น จำนวน 14 ตัว ติดตั้งไว้บริเวณรอบๆอุโมงค์เตาไมโครเวฟ มีความถี่ 2.45 GHz (กำลังขนาด 800 วัตต์ต่อแมกนีตรอน 1 ตัว) ตัวแปรที่ศึกษาคือ กำลังที่ป้อนเข้าไปและระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของไม้ เปรียบเทียบสมบัติของไม้ที่อบด้วย

ระบบเตาไมโครเวฟชนิดสายพานลำเลียงอย่างต่อเนื่องกับวิธีอบโดยใช้เตาอบแบบธรรมดาทั่วไป พบว่า การใช้คลื่นไมโครเวฟเป็นแหล่งพลังงานนั้น จะสามารถช่วยลดระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการได้ 15 เท่าเมื่อเทียบกับการใช้เตาอบแบบธรรมดาทั่วไป

ปิยะ ประสงค์จันทร์, เสนอ สะอาด, ไชยยะ ธนพัฒน์ศิริ, ธนัสถ์ นนทพุทธ เครื่องอบยางแผ่นด้วยคลื่นไมโครเวฟ 2557 [41] นำเสนอเครื่องอบยางพาราแผ่นด้วยคลื่นความถี่ไมโครเวฟ ชนิดสายพานลำเลียงอย่างต่อเนื่อง ใช้อบยางพาราแผ่นแทนการตาก ออกแบบด้วยความถี่ 2453 เมกกะเฮิร์ตซ์ อรับกำลังได้ 90 – 800 วัตต์ สามารถปรับระดับความเร็วของสายพานได้ ผลการทดสอบพบว่า ที่กำลังไฟฟ้า 90 วัตว์ อบในระยะเวลา 60 วินาที สามารถลดเปอร์เซนต์ความชื้นของยางพารให้อยู่ในระดับ 3-7 เปอร์เซ็น

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 3
วิธีดำเนินการศึกษา

การดำเนินการวิจัยเรื่องเทคนิคการประหยัดพลังงานสำหรับการแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือด้วยการปรับปรุงระบบให้ความร้อน มีขั้นตอนเริ่มจากการศึกษาการวางระบบของสายการผลิตในบริษัทพบว่า มีการสิ้นเปลืองพลังงานในเครื่องจักรใดมากที่สุด รวบรวมโหลดทั้งหมดของเครื่องจักรในสายการผลิตโทรศัพท์มือถือ ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 การลดพลังงานแบบต่างๆ จำแนกวิธีการประหยัดพลังงานโดยใช้แผนภาพก้างปลา แล้วนำมาสร้างแผนภาพการตรวจสอบเครื่องจักร ใช้ตรวจสอบกับเครื่องจักรในสายการผลิต พบปัญหาว่า เครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ (Panel Rear Detaching) เป็นเครื่องที่ใช้พลังงานมากสุดในสายการผลิต เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยในบทนี้จะนำเสนอวิธีการดำเนินการศึกษาโยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การกำหนดแผนการทดลอง

1. ศึกษาและสืบค้นข้อมูลจาก บทความ วารสาร งานวิจัย และแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาและสืบค้นข้อมูลการออกแบบสายการผลิตเดิมจากบริษัท
3. ใช้แผนภาพการตรวจสอบเครื่องจักรกับเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ (Panel Rear Detaching)
4. ออกแบบการทดลองวิธีการแก้ไขปัญหาการสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ โดยใช้แผนภาพวิธีการตรวจสอบตามแผนภาพที่สร้างขึ้น

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

3.2 แผนภาพแสดงขั้นตอนวิธีการตรวจสอบเครื่องจักร

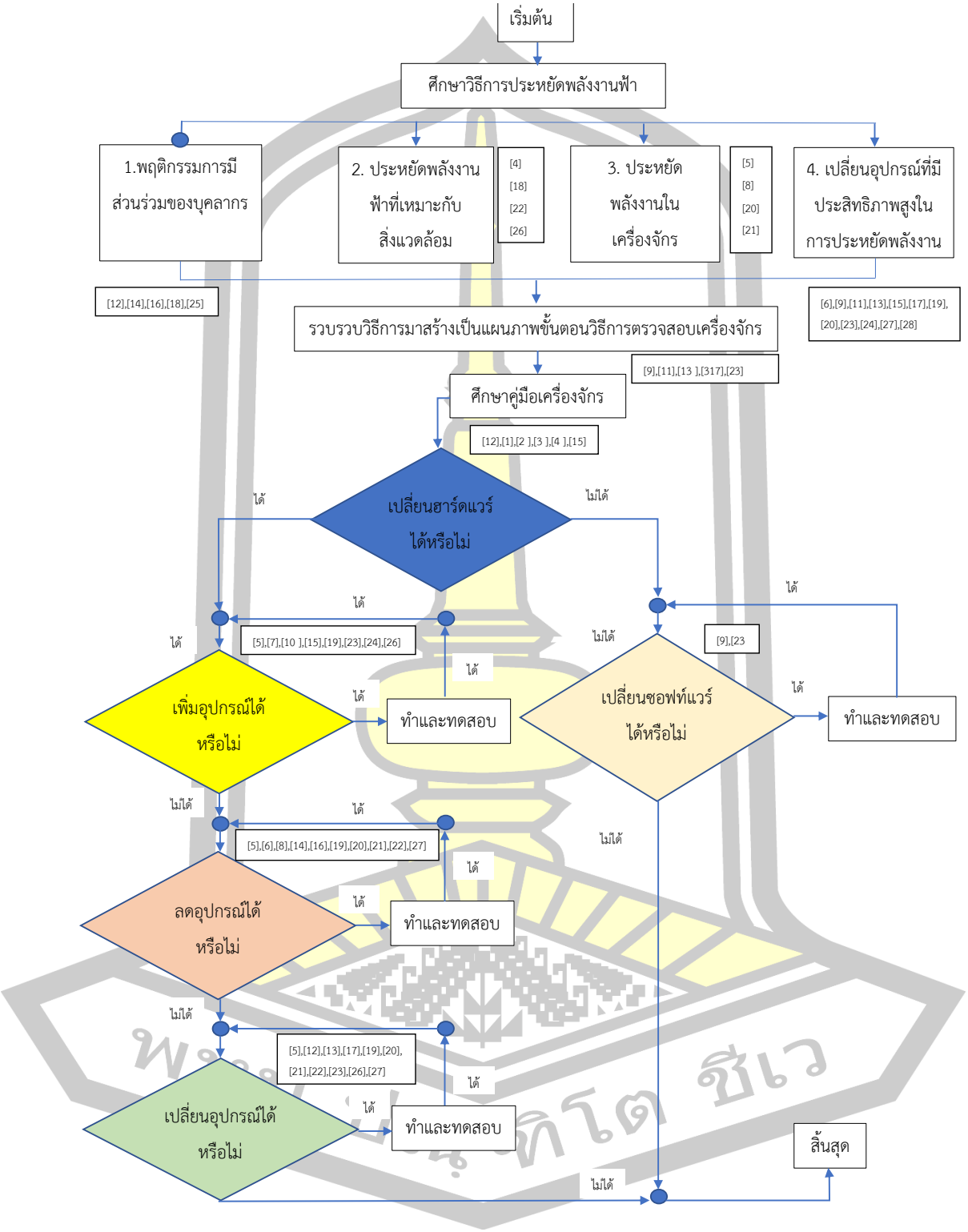
แผนภาพต่อไปนี้ เป็นการรวบรวมวิธีการประหยัดพลังงานไฟฟ้าแบบต่างๆ โดยแบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ

1. พฤติกรรมการมีส่วนร่วมของบุคลากร
2. ประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่เหมาะกับสิ่งแวดล้อม
3. ประหยัดพลังงานไฟฟ้าในเครื่องจักร
4. เปลี่ยนอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

ผู้วิจัยนำวิธีการที่ได้ศึกษามานี้ มารวบรวมสร้างเป็นแผนภาพขั้นตอน วิธีการตรวจสอบเครื่องจักร แสดงดังแผนภาพต่อไปนี้

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

3.3 แผนภาพแสดงขั้นตอนวิธีการตรวจสอบเครื่องจักร



ภาพประกอบ 11 แผนภาพแสดงขั้นตอนวิธีการตรวจสอบเครื่องจักร

3.4 อธิบายขั้นตอนแผนภาพแสดงขั้นตอนวิธีการตรวจสอบเครื่องจักร

เริ่มต้นการตรวจสอบเครื่องจักรเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ต้องศึกษาวิธีการประหยัดพลังงานแบบต่างๆตามเอกสารอ้างอิงตามแผนภาพ ได้แก่

1. พฤติกรรมการมีส่วนรวมของบุคลากร
2. ประหยัดพลังงานที่เหมาะกับวิ่งแวดล้อม
3. ประหยัดพลังงานในเครื่องจักร
4. เปลี่ยนอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

จากนั้นศึกษาคู่มือของเครื่องจักร สำรวจอุปกรณ์ของเครื่องจักรว่า สามารถเปลี่ยนฮาร์ดแวร์ได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้ ให้สำรวจในส่วนของซอฟร์แวร์ ถ้าแก้ไขซอฟร์แวร์ได้ ให้ทำและทดสอบ และสำรวจอีกครั้งว่าสามารถแก้ไขอีกได้หรือไม่ ถ้าแก้ไขซอร์แวร์ไม่ได้ ให้สิ้นสุดการตรวจสอบ หากสามารถเปลี่ยนฮาร์ดแวร์ได้ ให้สำรวจว่า สามารถ ลด เพิ่ม หรือ เปลี่ยน อุปกรณ์ภายในเครื่องจักรเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้หรือไม่ ถ้าได้ ให้ทำและทดสอบ หากไม่ได้ให้ให้สิ้นสุดการตรวจสอบ

ขั้นตอนแรกของการตรวจสอบเครื่องจักรต้องศึกษาคู่มือของเครื่องจักร [9], [11], [13], [17], [23] จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำมารวบรวมวิธีการขั้นตอนการตรวจสอบเครื่องจักรเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า มีรายละเอียดดังนี้ วิธีการเพิ่มอุปกรณ์ วิธีการลดอุปกรณ์ และวิธีการเปลี่ยนอุปกรณ์

3.5 วิธีการตรวสสอบเครื่องจักร

3.5.1 ตรวจสอบซอร์ฟแวร์ของเครื่องจักร

จากการศึกษางานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง [9], [23]ได้นำมาเป็นแนวทางในการดูในส่วนของซอร์ฟแวร์ ศึกษาข้อมูลขั้นตอนการทดสอบของเครื่องจักรและเก็บเวลาการตรวจสอบงานของเครื่องจักร นำมาวิเคราะห์ว่าจะสามารเปลี่ยนขั้นตอนการทำงานที่ทำให้ลดระยะเวลา ลดวัตต์ของเครื่องจักรลงได้หรือไม่ ตรวจสอบความสูญเสียที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องจักร ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ ความสูญเสีย 8 ประการที่เป็นอุปสรรค์ต่อประสิทธิภาพของเครื่องจักร

1. ความสูญเสียจากการชำรุด จะส่งผลให้เสียเวลา ผลผลิตลดลง และระบบเกิดความล่าช้า
2. ความสูญเสียจากการเตรียมงาน เป็นความสูญเสียด้านเวลาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งต้องมีการเปลี่ยนรายการตรวจสอบของโปรแกรมในระบบ
3. ความสูญเสียจากการเปลี่ยน Size ของเครื่องจักร เป็นความสูญเสียเนื่องจาก อะไล่เสียหาย อะไล่ที่ใช้อาจไม่เหมาะสมกับเครื่องจักร หรือโปรแกรมในระบบโดยเฉาะ
4. ความสูญเสียจากการเริ่มเดินเครื่อง เป็นความสูญเสียทางด้านเวลาของเครื่องจักร ต้องตรวจสอบทั้งส่วนของฮาร์ดแวร์ และซอฟแวร์ ของเครื่อง ก่อนการใช้งาน
5. ความสูญเสียจากการหยุดชะงัก การเดินเครื่องเปล่า เป็นการหยุดชั่วคราวเนื้อจากอาจมีปัญหาของระบบขัดข้อง หรือชิ้นงานไปติดที่เครื่องจักร
6. ความสูญเสียจากความเร็วลดลง เป็นความสูญเสียทางด้านคุณภาพของเครื่อจักรลดต่ำลง ต้องตรวจสอบสภาพของระบบอย่างต่อเนื่ออยู่เสมอ
7. ความสูญเสียจากของเสียและของซ่อม เป็นการสูญเสียในการซ่อมให้ของเสียกลายเป็นของดี
8. ความสูญเสียจาการหยุดเครื่อง เป็นการสูญเสียในการหยุดเครื่องเพื่อทำการบำรุงรักษาตามแผน เพื่อตรวจสอบระบบต่างๆทั้งซอร์แวร์ และอาร์ดแวร์ของเครื่องจักร

ความสูญเสีย 5 ประการที่เป็นอุปสรรค์ต่อคน

1. ความสูญเสียจากการบริหารจัดการ เสียเวลาการรอชิ้นงาน และการรอคำสั่ง หรอรอการซ่อมเครื่องจักร
2. ความสูญเสียจากการเคลื่อนไหว ไม่มีทักษะในการทำงาน การวางผังที่ไม่เหมาะสม
3. ความสูญเสียจากการจักวางตำแหน่ง ความสูญเสียจากการรอชิ้นงานที่เกิดจากกระบวนการรับผิดชอบต่างๆ
4. ความสูญเสียจากการขาดระบบอัตโนมัติ เป็นความสูญเสียที่บางกระบวนการผลิต อาจไม่ต้องใช้คน ซึ่งสามารถใช้ระบบอัติโนมัสแทนได้
5. ความสูญเสียจากการตรวจวัดและการปรับแต่ง เป็นความสูญเสียที่เกิดจากการปรับแต่ง ทั้งตัวชิ้นงานเอง หรือระบบตรวจสอบ เพื่อป้องกันไม่ให้งานเสียหลุดลอดออกไปได้

ศึกษารายละเอียดคู่มือการทำงานของโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องจักร เช่น ระบบทางไฟฟ้า ระบบนิวเมตริกส์ ว่ามีหลังการทำงานอย่างไร ในส่วนของคำสั่งการทำงานตามกระบวนการของเครื่องจักร

3.5.2 วิธีการเพิ่มอุปกรณ์

จากการศึกษางานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง [5] [7] [10] [15] [19] [23] [24] [26] ได้นำมาเป็นแนวทางในการเพิ่มอุปกรณ์ เพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า สำรวจส่วนต่างๆของเครื่องจักรว่าสามารถเพิ่มอุปกรณ์เข้าไปได้หรือไม่ ที่จะช่วยให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการผลิต ตรวจสอบลักษณะปัญหาทั้ง 3 ประการ คือ คน วิธีการปฏิบัติงาน และเครื่องจักร

1. ตรวจดูลักษณะปัญหาเนื่องจากคน

1.1 ขาดความรู้พื้นฐาน ผู้ปฏิบัติงานต้องศึกษาวิธีการปฏิบัติงาน และความรู้เบื่องต้นของการใช้เครื่องจักรนั้นๆ

1.2 ขาดความระมัดระวังในการทำงาน ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความใส่ใจในการทำงาน

1.3 ความไม่เหมาะสมในการใช้คนให้เหมาะสมกับงาน ผู้ปฏิบัติงานต้องเป็นคนที่ได้รับการฝึกสอนให้ทำงานในกระบวนการผลิตนั้นๆอยู่แล้ว

1.4 การสื่อสารระหว่างผู้ปฏิบัติงานด้วยกัน ผู้ปฏิบัติงานจะต้องเข้าใจกระบวนการผลิตของผู้ปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานของตนเอง เพื่อการสื่อสารที่เข้าใจกันในการทำงาน

1.5 ความล้าช้าในการทำงาน หลังจากที่ได้รับมอบหมายงาน ผู้ปฏิบัติงานต้องเข้าใจและลงมือปฏิบัติงานทันทีหลังจากได้รับมอบหมายหน้าที่ในงานนั้นๆ

1.6 ผู้บังคับบัญชาไม่มีความเด็ดขาดในการลงโทษ หัวหน้างานต้องมีความหนักแน่นในหน้าที่การทำงาน ให้คำแนะนำ และสอนงานให้ผู้ปฏิบัติงาน และมีการลงโทษ เมื่อผู้ปฏิบัติงานทำผิดกฎระเบียบงาน

1.7 นิสัยส่วนตัวของแต่ละคน ผู้ปฏิบัติงานทุกคนจะต้องมีความตั้งใจในการทำงานและมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อเพื่อนร่วมงานด้วย ซึ่งจะเป็นผลดีในกระบวนการทำงาน จากนั้นหาสาเหตุของปัญหา และแนวทางการแก้ไขปัญหา

2. ตรวจดูลักษณะปัญหาเนื่องจากวิธีการทำงาน

2.1 ขาดการวางแผนงานบำรุงรักษาเครื่องจักร ต้องจัดทำขั้นตอน และเงื่นไขการใช้เครื่องจักร

2.2 ขาดการเก็บข้อมูลสติถิติของงานซ่อมเครื่องจักร เก็บรวบรวมข้อมูลการตรวจสอบ การซ่อม การเพิ่ม ลด เปลี่ยน อุปกรณ์ของเครื่องจักร

2.3 ความล่าช้าในการประสานงานระหว่างแผนกที่เกี่ยวข้อง ต้องมีการจัดระเบียบการปฏิบัติงานให้ดูกต้อง

2.4 ไม่มีการติดตามผลงานหลังซ่อมเครื่องจักรไปแล้ว ต้องมีการตรวจสอบหลังการปรับปรุง จากนั้นหาสาเหตุของปัญหา และแนวทางการแก้ไขปัญหา

3. ตรวจดูลักษณะปัญหาเนื่องจากเครื่องจักร

3.1 การเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน จัดทำข้อมูลเครื่องจักรอุปกรณ์ การจัดทำคู่มือ

3.2 การบำรุงรักษา การทำความสะอาด การตรวจปรับสภาพเครื่องจักร

3.3 การเสื่อมสภาพก่อนอายุการใช้งาน ต้องมีการตรวจสอบชิ้นส่วน อุปกรณ์ รูปแบบกลไก และความสมดุลการทำงานชองเครื่องจักร

3.4 ขาดการบำรุงรักษา ต้องตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องจักรอย่างต่อเนื่อง ทั้งการตรวจสอบประจำวัน ประจำสัปดาห์ ประจำเดือน และประจำปี

3.5 ขาดการเตรียมอุปกรณ์เพื่อเปลี่ยนชิ้นส่วน ต้องจัดเตรียมอุปกรณ์ เตรียมระบบต่างๆ เช่น แสดงสว่าง ระบบลม ระบบทำความร้อน ระบบทำความเย็น และอื่นๆให้พร้อม

3.6 อะไหล่ไม่ได้มาตรฐาน ตรวจสอบการเพิ่ม ลด เปลี่ยน ชิ้นส่วนของเครื่องจักร จากนั้นหาสาเหตุของปัญหา และแนวทางการแก้ไขปัญหา

3.5.3 วิธีการลดอุปกรณ์

จากการศึกษางานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง [5] [6] [8] [14] [16] [19] [20] [21] [22] [27] ได้นำมาเป็นแนวทางในการลดอุปกรณ์ เพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ตรวจสอบเครื่องจักรว่าสามารถลดอุปกรณ์ในเครื่องจักรได้หรือไม่ ตรวจดูอุปกรณ์ในเครื่องจักรที่ไม่สำคัญที่สามารถเอาออกจากเครื่องได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการผลิต

การประหยัดพลังงานไฟฟ้าสามารถทำได้ 2 วิธีคือ

1. ใช้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กลง หรือนำอุปกรณ์ที่ไม่จำเป็นออก หรือเลือกซื้อเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีขนาดเหมาะสม เช่น ใช้หลอดไฟขนาด 18 วัตต์ แทนขนาด 36 วัตต์

2. ลดระยะเวลาการใช้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าลง หรือเมื่อไม่จำเป็นต้องใช้ก็ปิด เช่น การปิดหลอดไฟ ปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเลิกใช้งานประมาณ 30 นาที และที่จำเป็นอีกอย่าง คือ ค่าไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยเพื่อที่จะมาคำนวณหาเงินที่เสียไปกับการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าโดยคำนวณจากการนำค่าไฟมาหารจำนวนหน่วยที่ใช้

3.5.4 วิธีการเปลี่ยนอุปกรณ์

จากการศึกษางานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง [5] [12] [13] [17] [19] [20] [21] [22] [23] [26] [27] ได้นำมาเป็นแนวทางในการเปลี่ยนอุปกรณ์ เพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ตรวจสอบเครื่องจักรว่าสามารถเปลี่ยนอุปกรณ์ในเครื่องจักรได้หรือไม่ สร้างเครื่องมือตรวจสอบเครื่องจักร ใบตรวจสอบ ใบแจ้งซ่อม แบบบันทึกการแจ้งซ่อม การวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลประวัติเครื่องจักร วิเคราะห์ข้อมูลประวัติเครื่องจักร การเก็บรวบรวมข้อมูลการซ่อมเครื่องจักรก่อนการปรับปรุง จะเป็นข้อมูลจากการแจ้งซ่อมเครื่องจักร และขั้นตอนการปฏิบัติงานรูปแบบเดิมที่ปฏิบัติอยู่ จากนั้นนำข้อมูลการซ่อมและขั้นตอนการปฏิบัติงานมาเพื่อทำการวิเคราะห์และหาแนวทางปรับปรุง

2. วิเคราะห์ข้อมูลการบำรุงรักษาประจำวัน การจัดทำรายละเอียดและมาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร กำหนดอยู่ในแผนการ บำรุงรักษาประจำวันและประจำเดือน

3. วิเคราะห์ข้อมูลการแจ้งซ่อมเครื่องจักร การตรวจสอบสภาพเครื่องจักร อุปกรณ์ และการปรับปรุงสภาพเครื่องจักรให้พร้อมใช้งาน ใบแจ้งซ่อมเครื่องจักร ใบบันทึกการซ่อมเครื่องจักร

4. วิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

OEE = อัตราการเดินเครื่อง x อัตราสมรรถนะเครื่อง x อัตราคุณภาพ

วิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness) หรือ (OEE) [42] เป็นวิธีการที่ดีวิธีหนึ่งที่นอกจากทำให้รู้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรแล้วยังรู้ถึงสาเหตุของความ สูญเสียที่เกิดขึ้นทั้งในภาพใหญ่ คือ สามารถแยกประเภท การสูญเสียและรายละเอียดของสาเหตุนั้น ทำให้สามารถที่จะปรับปรุงเพื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง มีค่าที่เกี่ยวข้องในการคำนวณ ดังนี้

การหาอัตราการเดินเครื่องจักร (Availability: A)

อัตราการเดินเครื่องจักร (A) = เวลาเดินเครื่อง/เวลารับภาระงาน

การหาประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance Efficiency: P)

(P) =จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้จริง/จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ตามเวลามาตรฐาน

จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได6ตามเวลามาตรฐาน = เวลาเดินเครื่อง/เวลามาตรฐานต่อชิ้น

การหาอัตราคุณภาพ (Quality Rate: Q)

(Q) = จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ – จำนวนชิ้นงานที่เสียและซ่อม/จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้

สายการผลิตในส่วนของกระบวนการแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ เป็นกระบวนการถอดชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือออกจากกันเพื่อการนำชิ้นส่วนที่ยังมีสภาพการใช้งานดี มาเป็นไว้เพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป ในส่วนนี้จะกล่าวถึงส่วนประกอบของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

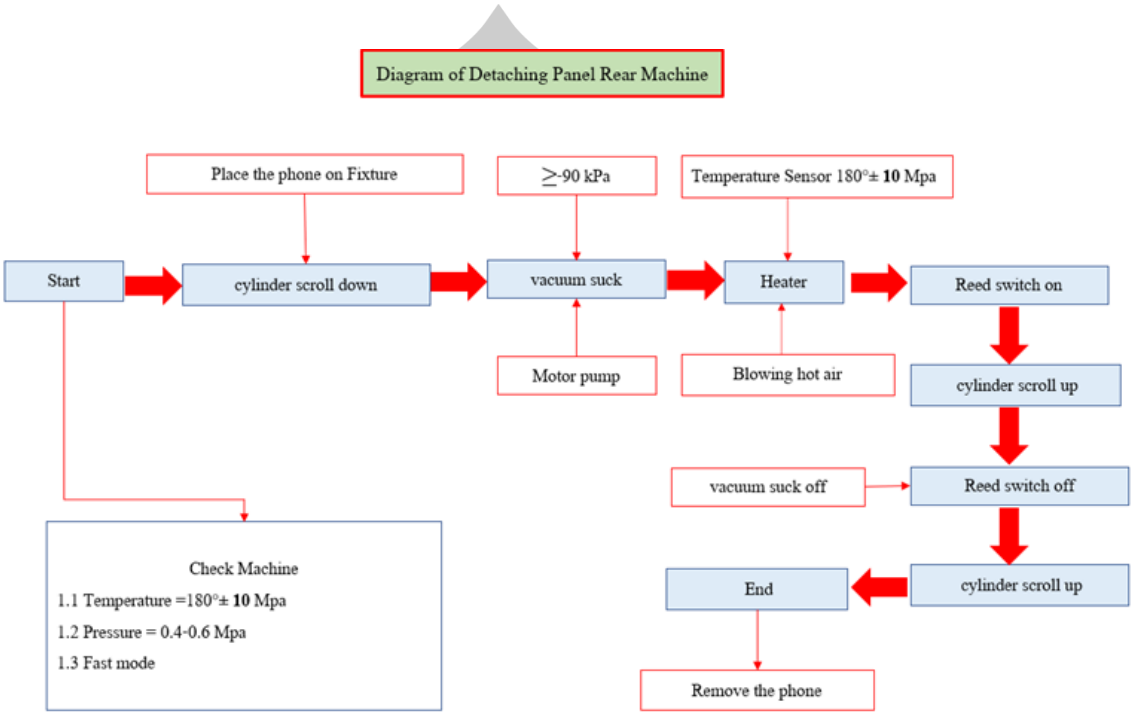
3.6 ส่วนประกอบของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ

ส่วนประกอบของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ มีรายละเอียดดังนี้

1. Fixture เป็นอุปกรณ์จับยึดและอุปกรณ์กำหนดตำแหน่งของชิ้นงานให้คงที่ เที่ยงตรง
2. Air blow เป็นหัวเป่าลมร้อน เพื่อให้ความร้อนทำให้กาวซิลิโคน (Adhesive glue) อ่อนตัว
3. PLC box เป็นวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ
4. Heater ฮีตเตอร์ เป็นอุปกรณ์ทำอุณหภูมิให้ได้ความร้อน เพื่อใช้ให้ความร้อนในการถอดชิ้นงาน
5. Heater box เป็นจุดรวมที่ใช้เชื่อมสายไฟฟ้าภายในวงจรของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ
6. Pump ปั๊มลม เป็นปั๊มที่สร้างลมดูดหน้าจอโทรศัพท์มือถือให้ติดอยู่กับตัวอุปกรณ์จับยึด (Fixture)

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

3.7 แผนภาพการทำงานของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ

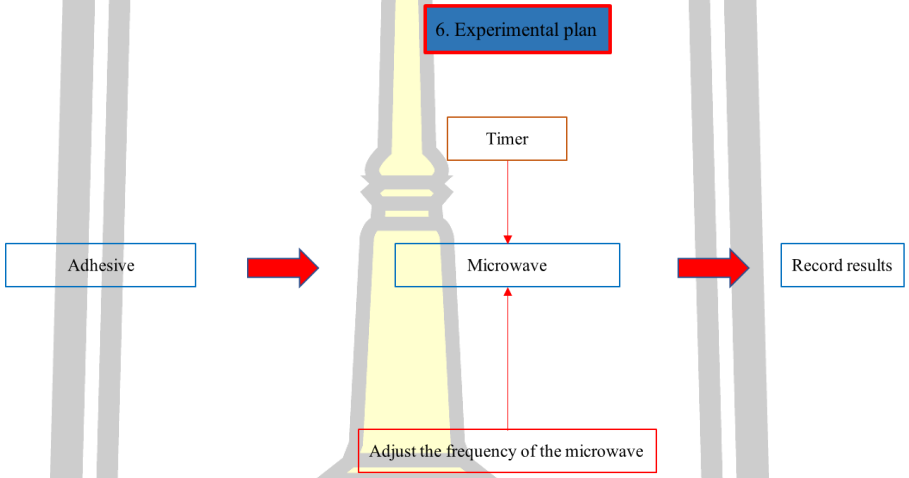


ภาพประกอบ 12 แผนผังการทำงานของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ

จากภาพประกอบที่ 12 สามารถอธิบายการทำงานของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือได้ดังนี้ เริ่มต้นเปิดเครื่อง รอให้เครื่องทำความร้อนให้ได้อุณหภูมิที่ 180 องศาเซลเซียส สังเกตแรงดันเครื่องต้องอยู่ที่ 0.4 - 0.6 เมกะพาสคา ปรับปุ่มเครื่องไปที่ปุ่มความเร็วสูงสุด (Fast mode) จากนั้นวางโทรศัพท์มือถือลงบนตัวจับยึด (Fixture) ไซเลนเดอร์จะเลื่อนลง เพื่อให้โทรศัพท์มือถือยึดติดกับตัวจับยึด จากนั้นลมดูด (vacuum) จะดูดหน้าจอโทรศัพท์มือถือ สังเกตลมดูดต้องมากกว่าหรือเท่ากับ ลบ 90 กิโลพาสคา ฮีตเตอร์จะเป่าลมร้อนออกมากระจายรอบตัวโทรศัพท์มือถือ ขณะเดียวกัน ไซเลนเดอร์จะยกฝาหลังขึ้น และเมื่อไฟสีแดงที่ไซเลนเดอร์ติด ไซเลนเดอร์จะยกตัวโทรศัพท์ขึ้น สัญญาณไฟสีเขียวจะติด แสดงสถานะสิ้นสุดการทำงาน

3.8 ออกแบบการทดลองใช้เตาไมโครเวฟให้ความร้อนเพื่อทำให้กาวซิลิโคนอ่อนตัว

ทำการทดลองโดยใช้เตาไมโครเวฟให้ความร้อนเพื่อทำให้ อ่อนตัว โดยการนำกาวซิลิโคนปั่นเป็นก้อนกลม เข้าเตาไมโครเวฟ ปรับระดับไฟของเตาต่างกัน คือ ระดับไฟอ่อน ไฟอ่อนปานกลาง ไฟปานกลาง ไฟแรงปานกลาง ไฟแรง สังเกตการณ์อ่อนตัวทุกๆ 1-10 น. สามารถอธิบายตามแผนภาพดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 13 แผนภาพการทดลองด้วยเตาไมโครเวฟ

3.9 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

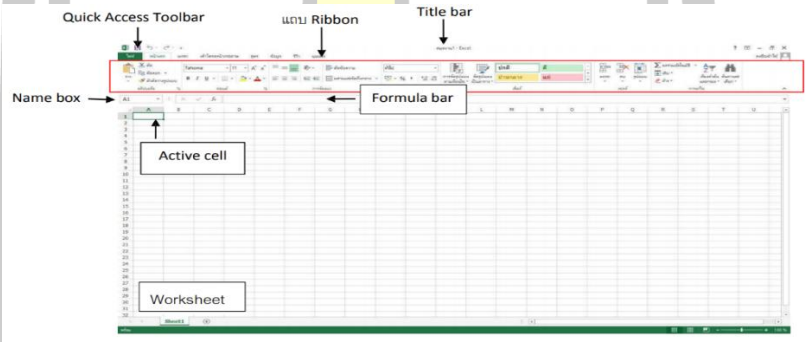
3.9.1 โปรแกรม Excel

โปรแกรม Microsoft Office Excel [43] เป็นโปรแกรมช่วยในการคำนวณทางธุรกิจ ซึ่งจะช่วยลดขั้นตอนความยุ่งยากและลดเวลาการคานวณ และยังสามารถสรุปและวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบต่างๆ เพื่อช่วยในการตัดสินใจ ผู้วิจัยนำมาใช้คำนวณหากำลังไฟฟ้าของเครื่องจักรในสายการผลิตโทรศัพท์มือถือ

ภาพประกอบ 14 โปรแกรม Excel

ส่วนประกอบของหน้าจอโปรแกรม

ก่อนที่จะทำงานกับโปรแกรม Microsoft Office Excel จะต้องรู้จักกับส่วนประกอบของหน้าจอโปรแกรมก่อน เพื่อจะได้เข้าใจถึงส่วนต่างๆ ที่จะกล่าวอ้างถึงได้ง่ายขึ้น



ภาพประกอบ 15 ประกอบของหน้าจอโปรแกรม [43]

Quick Access Tool bar เป็นแถบเครื่องมือให้คุณเรียกใช้งานได้อย่างรวดเร็ว ผู้ใช้สามารถเพิ่มปุ่มคำสั่งที่ใช้งานบ่อยๆ ไว้ในแถบเครื่องมือได้

Title bar แถบแสดงชื่อโปรแกรมและชื่อไฟล์ปัจจุบันที่คุณเปิดใช้งาน

แถบ Ribbon เป็นแถบรวบรวมคำสั่งต่างๆของเมนูหรือ Tools bar เพื่อให้ ผู้ใช้สามารถเลือกใช้งานง่ายขึ้น

Name box แสดงตำแหน่งเซลล์ปัจจุบัน

Formula bar แถบแสดงสูตรค านวณหรอข้อมูลที่คุณพิมพ์

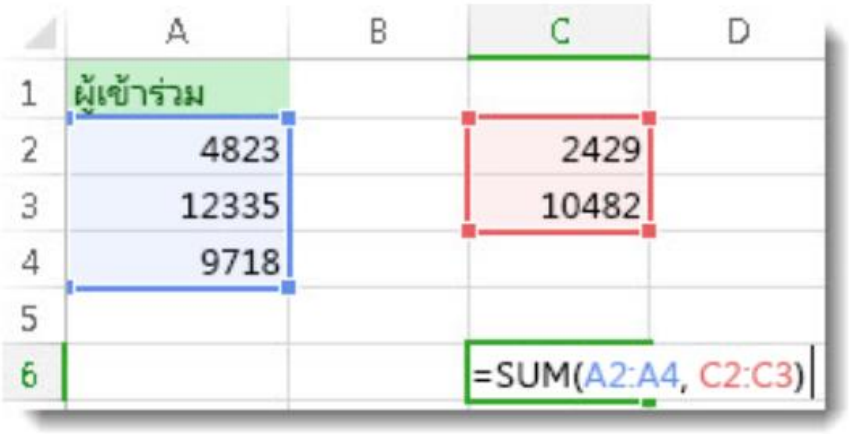
Active cell เซลล์ปัจจุบันที่กำลังทำงานอยู่

Worksheet พื้นที่ใช้งานของโปรแกรม

ใช้โปรแกรม Microsoft Office Excel เพื่อการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรในสายการผลิตโทรศัพท์มือถือ โดยใช้ฟังก์ชัน SUM เพื่อรวมตัวเลขในช่วง

ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชังชัน SUM

ตัวอย่างเช่น = SUM (A2: A6) มีแนวโน้มน้อยกว่าที่จะมีการพิมพ์ข้อผิดพลาดกว่า = A2 + A3 + A4 + A5 + A6



ภาพประกอบ 16 ส่วนประกอบของหน้าจอโปรแกรม

ต่อไปนี้เป็นสูตรที่ใช้ช่วงของเซลล์สองช่วง: = SUM (A2: A4, C2: C3) ผลรวมตัวเลขในช่วง A2: A4 และ C2: C3 คุณต้องกด Enter เพื่อรับผลรวมของ๓๙๗๘๗ เมื่อต้องการสร้างสูตรให้ทำดังนี้ พิมพ์= SUMในเซลล์ตามด้วยวงเล็บเปิด เมื่อต้องการใส่ช่วงสูตรแรกซึ่งเรียกว่าอาร์กิวเมนต์ (ส่วนของข้อมูลที่สูตรจำเป็นต้องใช้งาน) ให้พิมพ์A2: A4 (หรือเลือกเซลล์ a2 แล้วลากผ่านเซลล์ A6)พิมพ์เครื่องหมายจุลภาค (,) เพื่อแยกอาร์กิวเมนต์แรกจากถัดไปพิมพ์อาร์กิวเมนต์ที่สองC2: C3 แล้วกด Enter แต่ละอาร์กิวเมนต์อาจเป็นช่วงตัวเลขหรือการอ้างอิงเซลล์เดียวที่ถูกคั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค

= SUM (A2: A4, 2414, 10482)

= SUM (4823, A3: A4, C2: C3)

= SUM (4823, 12335, 9718, C2: C3)

= SUM (A2, A3, A4, 2414, 10482)

3.9.2 แคลมป์ติมิเตอร์

อุปกรณ์ที่ใช้วัดค่ากระแสไฟฟ้า ใช้สำหรับคล้องสายไฟฟ้าสามารถอ่านค่ากระแสไฟฟ้าได้เลย

ภาพประกอบ 17 รูปแคลมป์มิเตอร์ [44]

FLUKE 373 แคลมป์มิเตอร์ True-RMS Model: 373 [44]

แคลมป์มิเตอร์ True RMS, AC/DC Voltage 600V

ฟังก์ชั่นการวัด AC Current, Resistance, Capacitance, Continuity

Maximum conductor Ø32mm, หน้าจอ LCD พร้อม Backlight

มาตรฐาน CAT IV 300V, CAT III 600V

ยี่ห้อ Fluke, USA

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

3.9.3 เครื่องวัดอุณหภูมิ

ใช้วัดอุณหภูมิภายในตัวเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ (Panel Rear detaching)

ภาพประกอบ 18 เครื่องวัดอุณหภูมิ [1]

เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล TASCO, Japan Tasco TNA-110 Series [45]

ใช้งานร่วมกับ Thermocouple Type K (หัวต่อแบบ Special connection) เซนเซอร์แยกจำหน่าย ตอบสนองผลการวัด 3 ครั้ง/ วินาที มีขนาดเล็กกะทัดรัด พกพาง่าย มีเซนเซอร์ให้เลือกใช้งานหลายรูปแบบ ตัวเครื่องมีฟังก์ชั่น Hold, Max/ Min, AVG.

ยี่ห้อ TASCO, Japan Tasco TNA-110 Series เครื่องวัดอุณหภูมิดิจิตอล

หน้าจอแสดงผล -99.99 ถึง 1200°C (ช่วงการวัดขึ้นอยู่กับเซนเซอร์)

หน้าจอ LCD ขนาดใหญ่อ่านค่าง่าย

ความละเอียด 0.1 ° C (-99.9 ถึง 199.9 ° C) ถึง 1 ° C (200 ถึง 1200 ° C)

ความแม่นยำ± 0.5% ของการอ่าน ± 1digit (-99.9 ถึง 199.9 ° C) ± 0.3%

ของค่าอ่าน± 1digit (200 ถึง 1200 ° C)

ความต้องการพลังงานแบตเตอรี่ 9V (อายุการใช้งาน 100 ชั่วโมง)

ขนาด / น้ำหนัก 42 x 187 x 24 มม. (170 กรัม)

3.9.4 เตาไมโครเวฟรุ่น SharpR-220 R-222

ใช้ทำการทดลองเพื่อให้ความร้อนทำให้กาวซิลิโคน (Adhesive glue) อ่อนตัว

ภาพประกอบ 19 เตาไมโครเวฟรุ่น SharpR-220 R-222 [34]

แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ	: โปรดดูจากฉลากข้อมูลหลังเครื่อง
กำลังไฟฟ้าเข้า	: 1.25 กิโลวัตต์
กำลังไฟฟ้าออก	: 800 วัตต์* (ขั้นตอนการทดสอบของ IEC)
ความถี่คลื่น	: 2450 เมกะเฮิร์ตซ์ (Class B/Group 2)**
ขนาดภายนอก	: 460 มม.(ก) x 380 มม.(ล)
ขนาดภายใน	: 319 มม.(ก) x 336 มม.(ล)***
ความจุ	: 22 ลิตร***
น้ำหนัก	: ประมาณ 12 กิโลกรัม

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

3.9.5 เครื่องชั่งน้ำหนัก

ใช้ชั่งน้ำหนักของกาวซิลิโคนก่อนและหลังการทำลอง

ภาพประกอบ 20 เครื่องชั่งน้ำหนักกาว [1]

Sartorius BSA224S-CW เครื่องชั่งดิจิตอล

เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล ช่วงการวัด 220g

Resolution 0.0001g

Accuracy ±0.0002g

Repeatability 0.0001g

Response time ความเร็วในการตอบสนอง 2.5 วินาที

หน้าจอ LCD พร้อม Backlight

Pan size Ø90mm

Built-in calibration weight

RS232C Interface ยี่ห้อ Sartorius, Germany

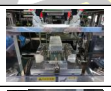
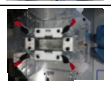
บทที่ 4

ผลการทดลอง

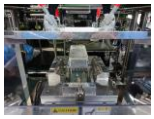
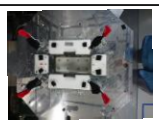
งานวิจัยเทคนิคการประหยัดพลังงานสำหรับการแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือด้วยการปรับปรุงระบบให้ความร้อนนี้ ทำการตรวจสอบเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์ตามแผนภาพการตรวจสอบเครื่องจักรเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า บันทึกเวลาการทำงานของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ และทำการทดลองให้ความร้อนโดยใช้เตาไมโครเวฟในการทำให้กาวซิลิโคน (Adhesive glue)

4.1 ผลการตรวจสอบเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ

ตาราง 16 แสดงการตรวจสอบเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ [1]

Machine Power Consumption of Panel Rear Detaching												
Item	Machine /Equipment		Specification		Watt	Q'ty	Usage each line	line	TTL (Watt)	TTL (K/watt)	Electrical	Non Electrical
			V	A								
1	Heppa Filter		220VAC 50Hz.	1.14	250.8	6	1504.8	7	10,533.60	10.53	/	
3	Detaching (Heater)		220VAC 50Hz.	7	1540	6	9240	7	64,680.00	64.68	/	
4	Moniter + PC		220VAC 50Hz.		70.4	6	422.4	7	2,956.80	2.96		/
5	Air Blow Blocks					6	0	7	-	-		/
6	fixture					6	0	7	-	-		/
7	Pump		220VAC 50Hz.	1.7	374	6	2244	7	15,708.00	15.71	/	/
8	Over head lamp		100~220VAC 50Hz	0.08	17.6	6	105.6	7	739.20	0.74	/	

ตาราง 17 แสดงการตรวจสอบเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ [1] (ต่อ)

Machine Power Consumption of Panel Rear Detaching			Method			
Item	Machine /Equipment		Software	Add equipment	Reduce equipment	Change equipment
1	Heppa Filter		x	x	x	/
3	Detaching (Heater)		/	/	/	/
4	Moniter + PC		x	x	x	/
5	Air Blow Blocks		x	/	x	/
6	fixture		x	x	x	/
7	Pump		x	x	x	/
8	Over head lamp		x	x	/	/

จากการตรวจเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ (Panel Rear Detaching) พบว่า ส่วนที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดคือส่วนของฮีตเตอร์ (Heater) ซึ่งเครื่องใช้พลังงาน 1540 วัตต์ สามารถดูรายละเอียดข้อมูลต่างๆได้ที่ภาพประกอบภาคผนวก

4.2 บันทึกเวลาการทำงานของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ

บันทึกเวลาการทำงานของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ ในการแยกหน้าจอ กับฝาหลังของโทรศัพท์มือถือ เพื่อให้ทราบเวลาในการแยกชิ้นส่วนในแต่ละครั้ง แล้วบันทึกผลตามตารางต่อไปนี้

การทดลองที่ 1 บันทึกผลทำงานของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ (Panel Rear Detaching) ข้อมูลดังตารางนี้

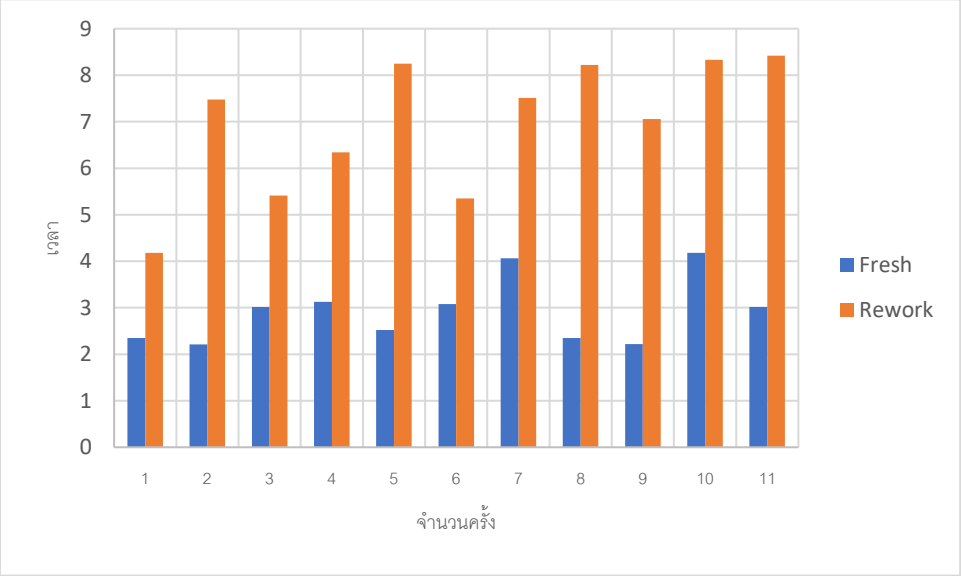
4.2.1 ผลการทดลองที่ 1

ตาราง 18 ข้อมูลการใช้ความร้อนของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ

เครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ (Panel Rear Detaching)

ปริมาตรก่อนทดลอง (กรัม)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ครั้งที่	เวลาการทำงานของเครื่อง (นาที)	
			Fresh	Rework
0.1049	180	1	2.35	4.18
		2	2.21	7.48
		3	3.02	5.41
		4	3.13	6.34
		5	2.52	8.25
		6	3.08	5.35
		7	4.06	7.51
		8	2.35	8.22
		9	2.22	7.06
		10	4.18	8.33
		11	3.02	8.42

จากการบันทึกเวลา การทำงานของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพทมือถือ ในการให้ความร้อนในการทำให้กาวซิลิโคน (Adhesive glue) อ่อนตัว ด้วยระบบของฮีตเตอร์ แสดงในกราฟ ตามภาพประกอบ 21 ได้ดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 21 กราฟเวลาของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือที่พลังงาน 1540 วัตต์

ข้อมูล Work instruction [1] **หมายเหตุ** : เวลาที่ใช้ในการถอดโทรศัพท์ประมาณ 2-10 นาที ขึ้นอยู่กับความเหนียวของกาวซิลิโคน

Fresh หมายถึง งานที่ประกอบใหม่ โทรศัพท์ที่ประกอบเครื่องเสร็จแล้วนำมาถอดการประกอบทันที

Rework หมายถึง งานที่เก็บไว้นาน โทรศัพท์ที่ประกอบเครื่องเสร็จแล้วแต่เก็บไว้ 3-12 เดือน แล้วนำมาถอดประกอบใหม่

การทดลองที่ 2 ทดลองปั้นกาวซิลิโคนเป็นก้อนกลมนำเข้าเตาไมโครเวฟ ตั้งเวลา 1-10 น. และปรับระดับความร้อนของเตา จาก 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ สังเกตการเปลี่ยนแปลงของกาวซิลิโคนทุกๆ 1-10 น. จำนวน 30 ชิ้นต่อ 1 ระดับความร้อน

O = อ่อนตัว

X = ไม่อ่อนตัว

4.2.2 ผลการทดลองที่ 2

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 1 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 19 บันทึกผลการทดลองที่ 2

ปริมาตรก่อนทดลอง	เวลา (นาที)	ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 2 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 20 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	**เวลา (นาที)**	**ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง**				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 3 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 21 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	**เวลา (นาที)**	**ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง**				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	x	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 4 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 22 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	เวลา (นาที)	ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 5 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 23 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	**เวลา (นาที)**	**ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง**				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 6 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 24 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	**เวลา (นาที)**	**ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง**				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 7 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 25 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	**เวลา (นาที)**	**ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง**				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 8 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 26 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	**เวลา (นาที)**	**ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง**				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 9 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 27 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	เวลา (นาที)	ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 10 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 28 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	เวลา (นาที)	ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 11 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 29 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	**เวลา (นาที)**	**ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง**				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 12 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 30 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	**เวลา (นาที)**	**ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง**				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 13 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 31 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	เวลา (นาที)	ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 14 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 32 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	เวลา (นาที)	ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 15 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 33 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	เวลา (นาที)	ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 16 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 34 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	**เวลา (นาที)**	**ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง**				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 17 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 35 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	**เวลา (นาที)**	**ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง**				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	x	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 18 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 36 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	**เวลา (นาที)**	**ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง**				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	x	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 19 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 37 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	เวลา (นาที)	ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 20 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 38 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	เวลา (นาที)	ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 21 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 39 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	เวลา (นาที)	ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 22 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 40 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	**เวลา (นาที)**	**ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง**				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 23 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 41 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	**เวลา (นาที)**	**ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง**				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	o	o	O
	5	x	x	x	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 24 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 42 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	เวลา (นาที)	ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 25 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 43 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	เวลา (นาที)	ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 26 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 44 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	เวลา (นาที)	ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 27 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 45 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	**เวลา (นาที)**	**ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง**				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	o	o	O
	5	x	x	x	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 28 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 46 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	เวลา (นาที)	ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 29 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 47 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

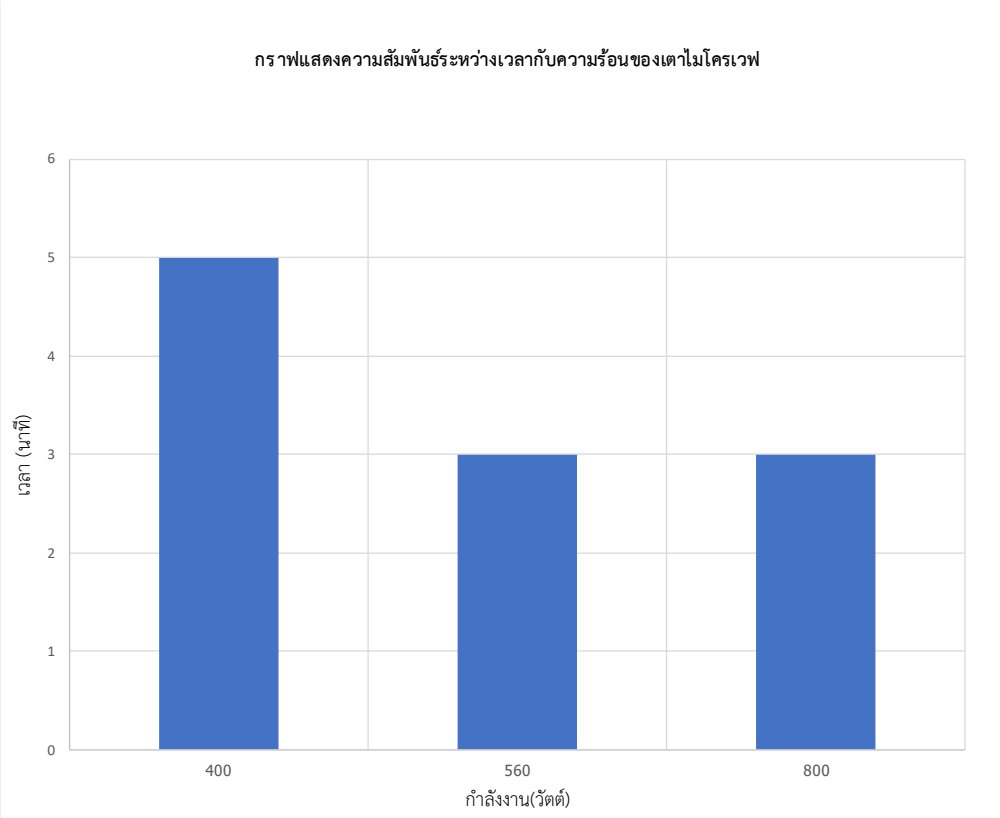
ปริมาตรก่อนทดลอง	เวลา (นาที)	ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

ทดลองให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟกับกาวซิลิโคน ครั้งที่ 30 ระดับความร้อนที่ 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์ 5 ชิ้น

ตาราง 48 บันทึกผลการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ปริมาตรก่อนทดลอง	เวลา (นาที)	ทดลองที่ระดับความร้อน/การเปลี่ยนแปลง				
0.1049		ไฟอ่อน (80) วัตต์	ไฟอ่อนปานกลาง (240) วัตต์	ไฟปานกลาง (400) วัตต์	ไฟแรงปานกลาง (560) วัตต์	ไฟแรง (800) วัตต์
	1	x	x	x	x	X
	2	x	x	x	x	X
	3	x	x	x	o	O
	4	x	x	x	o	O
	5	x	x	o	o	O
	6	x	x	o	o	O
	7	x	x	o	o	O
	8	x	x	o	o	O
	9	x	x	o	o	O
	10	x	x	o	o	O

จากการบันทึกเวลาในการให้ความร้อนในการทำให้กาวซิลิโคน (Adhesive glue) อ่อนตัวด้วยเตาไมโครเวฟ ซึ่งระดับพลังงานที่สามารถทำให้กาวซิลิโคนเริ่มอ่อนตัว ในช่วงเวลา 1 – 10 น. อยู่ในช่วง 400 – 800 วัตต์-ชั่วโมง ตามที่ทำการทดลอง แสดงในกราฟ ตามภาพประกอบ 22 ได้ดังต่อไปนี้



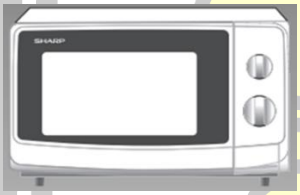
ภาพประกอบ 22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของเวลา กับ ระดับความร้อนชองเตาไมโคเวฟ

จากการทดลองที่ 2 ตารางที่ 19-48 ทดลองปั้นกาวซิลิโคนเป็นก้อนกลมนำเข้าเตาไมโครเวฟ ตั้งเวลา 1-10 น. และปรับระดับความร้อนของเตา จาก 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์-ชั่วโมง สังเกตการเปลี่ยนแปลงของกาวซิลิโคน (Adhesive Glue) ทุกๆ 1-10 น. จำนวน 30 ชิ้นต่อ 1 ระดับความร้อน รวมใช้กาวซิลิโคนจำนวน 150 ชิ้น สำหรับการทดลอง ผลการสังเกต พบว่า การอ่อนตัวของกาวซิลิโคน ที่ระดับพลังงาน 80 กับ 240 วัตต์-ชั่วโมง ที่เวลา 1- 10 น. กาวซิลิโคนไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ที่ระดับพลังงาน 400 วัตต์-ชั่วโมง เวลา 1-10 น. กาวซิลิโคนเริ่มอ่อนตัวที่เวลา 4 - 5 น. และที่ระดับพลังงาน 560 วัตต์-ชั่วโมง เวลา 1-10 น. กาวซิลิโคนเริ่มอ่อนตัวที่เวลา 3 – 4 น. และระดับพลังงาน 800 วัตต์-ชั่วโมง เวลา 1-10 น. กาวซิลิโคนเริ่มอ่อนตัวที่เวลา 3 นาที

4.3 การประเมินมูลค่างานวิจัย

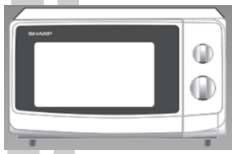
เปรียบเทียบค่าพลังงานและค่าไฟฟ้าที่ใช้ระหว่างระบบเดิมใช้ ฮีตเตอร์เป่าลมร้อนของ เครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ กับระบบใหม่ โดยใช้คลื่นไมโครเวฟจากเตาไมโครเวฟ แสดงข้อมูลได้ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 49 เปรียบเทียบค่าพลังงานและค่าไฟฟ้า

Power of Machine					
Item	Machine/Equipment	W-hr	Time	Total W-hr	% W-hr Panel rear Detaching/ Microwave
Panel rear Detaching		1540	2 – 10 min 2.21 8.42	 56.72 216.11	
Microwave		 400 560 800	3 – 5 min 5 3 3	 33.33 28.00 40.00	 41.24 50.64 29.48

จากตาราง 49 จะเห็นได้ว่า เครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ ใช้กำลังไฟฟ้า 1540 วัตต์-ชั่วโมง ใช้เวลาการทำงานต่ำสุด คือ 2.21 น. และใช้เวลาการทำงานสูงสุด คือ 8.42 น. ซึ่งอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 2 – 10 น. ใช้พลังงานไฟฟ้า ประมาณ 56.72 – 216.11 วัตต์-ชั่วโมง ส่วนไมโครเวฟ ที่ระดับพลังงานไฟฟ้า 400, 560, และ 800 วัตต์-ชั่วโมง ใช้เวลาอยู่ในช่วง 3 – 5 น. พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 33.33, 28, และ 40 วัตต์ - ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละประมาณ 41.24, 50.64 และ 29.48 ของระบบเดิม ตามลำดับ

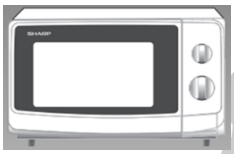
ตาราง 50 เปรียบเทียบค่าพลังงานและค่าไฟฟ้า (ต่อ)

Save cost						
Item	Machine/Equipment	Baht/ Unit	Unit/Day	Unit/month	Unit/year	Baht/year
Panel rear Detaching		3.2484	509.335	1528.65	185914.575	603924.9054
Microwave		3.2484	264.6	7938	96579	313727.2236
					Save cost	290197.6818

จากตาราง 50 เมื่อเปรียบเทียบค่าไฟฟ้า หน่วยละ 3.2484 บาท ใน 1 ปี เครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ จะใช้ค่าไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณ 603,924 บาท ส่วนระบบแบบใช้การให้ความร้อนโดยไมโครเวฟ จะใช้ค่าไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณ 313,727 บาท เมื่อเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานฟ้าแล้วจะสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าใน 1 ปี อยู่ที่ ประมาณ 290,197 บาท

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 51 แสดงความแตกต่างเวลาของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือเทียบกับไมโครเวฟ

Item	Machine/Equipment	time	Time/set
Detaching		2-10 min	
		max	8.42
		min	2.21
Microwave		3-5	
		max	5
		min	3
Different time	max		3.42
	min		-0.79
Reduce time			4.21

จากตาราง 51 เวลาการทำงานของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ ประมาณ 2 -10 น. ส่วน เวลาทำงานของระบบการให้ความร้อนโดยใช้คลื่นไมโครเวฟจากเตาไมโครเวฟ อยู่ที่ประมาณ 3 – 5 น. ซึ่งสามารถลดเวลาการแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือหนึ่งเครื่อง อยู่ที่เวลาประมาณ 4.21 น.

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลและอภิปราย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาวิธีการตรวจสอบเครื่องจักรเพื่อการปรับปรุงการประหยัดพลังงานของเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ และนำวิธีการลดกำลังฟ้าที่ดีที่สุดที่ได้จากวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 มาปรับปรุงเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ ขั้นตอนแรกตรวจสอบเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ (Panel Rear Detaching) ตามการสำรวจ พบว่า ส่วนของฮีตเตอร์เป็นส่วนที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด

จากผลการศึกษาการทดลองที่ 1 เมื่อตรวจสอบตามแผนภาพการตรวจสอบเครื่องจักรเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ออกแบบขึ้นแล้ว พบว่า เครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ เป็นเครื่องที่ใช้แยกหน้าจอออกจากฝาหลังของโทรศัพท์ซึ่งมีการติดประสานกันของกาวซิลิโคน (Adhesive glue) โดยใช้การเป่าลมร้อนจากฮีตเตอร์ มีทั้งหมด 27 เครื่อง มี ความต่างศักดิ์ไฟฟ้า 220 VAC 50 HZ กระแสไฟฟ้า 7 แอมแปร์ กำลังฟ้าของเครื่องต่อ 1 เครื่อง เท่ากับ 1540 วัตต์-ชั่วโมง กำลังไฟฟ้ารวมทั้ง 27 เครื่องเท่ากับ 41,580 วัตต์-ชั่วโมง กำลังไฟฟ้าต่อวัน 997.92 วัตต์-ชั่วโมง กำลังฟ้าต่อระยะเวลาการทำงาน 509.355 วัตต์-ชั่วโมง เครื่องต้องเปิดไว้ตลอดเพื่อให้ได้อุณหภูมิพร้อมใช้งานอยู่เสมอ อุณหภูมของตัวเครื่องถูกตั้งไว้ที่ 180 องศาเซลเซียส เครื่องจึงจะสามารถทำงานได้ และเวลาที่ใช้ในการแยกจอกับฝาหลังของโทรศัพท์ประมาณ 2-10 นาที ขึ้นอยู่กับความเหนียวของกาวซิลิโคน เมื่อนำเครื่องวัดอุณหภูมิไปวัดที่หัวเป่าลมร้อนของเครื่อง อุณหภูมิที่ใช้ในการทำให้กาวซิลิโคนอ่อนตัวอยู่ที่ 54-80 องศาเซลเซียส เพียงเท่านั้น ซึ่งเกิดการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าแบบสูญเปล่าในขณะที่ไม่ใช้งานเครื่อง ความร้อนจากฮีตเตอร์เป่าลมร้อนยังส่งผลให้เกิดการแพร่กระจายความร้อนไปรอบๆ ตัวเครื่อง ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้และจากการหาค่าพลังงานใน 1 ชั่วโมง ตามเวลาต่ำสุด 2.21 นาที พลังงานเท่ากับ 56.72 วัตต์-ชั่วโมง และเวลาสูงสุด 8.42 นาที พลังงานเท่ากับ 216.11 วัตต์-ชั่วโมง

จากผลการทดลองที่ 2 ทดลองปั้นกาวซิลิโคนเป็นก้อนกลมนำเข้าเตาไมโครเวฟ ตั้งเวลา 1-10 น. และปรับระดับความร้อนของเตา จาก 80, 240, 400, 560, 800 วัตต์-ชั่วโมง สัมผัสและสังเกตการเปลี่ยนแปลงของกาวซิลิโคน ทดสอบไปจนครบเวลา 10 นาที ปริมาตร กาวซิลิโคนที่ใช้ทดลอง 0.1049 กรัม การเริ่มอ่อนตัวที่ระดับพลังงาน 80, 240 วัตต์-ชัวโมง กาวซิลิโคน ไม่อ่อนตัวเลย ปริมาตรหลังทดลองเท่าเดิมคือ 0.1049 กรัม ที่ระดับพลังงาน 400 วัตต์-ชัวโมง กาวซิลิโคนเริ่มอ่อนตัวที่เวลา 4 - 5 นาที ปริมาตรหลังทดลองประมาณ 0.1024 กรัม ซึ่งพลังงานที่ใช้ 400 วัตต์-ชั่วโมง ที่ระดับพลังงาน 560, 800 วัตต์-ชั่วโมง กาวซิลิโคน เริ่มอ่อนตัวที่เวลา 3 - 4 นาที ปริมาตรหลังทดลองประมาณ 0.1021 และ 0.1015 กรัม เตาไมโครเวฟที่ใช้ทำการทดลอง ซึ่งการใช้ไมโครเวฟ (ใช้ในการทดลอง รุ่น Sharp R220 แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 VAC กำลังไฟฟ้าเข้า 1.25 กิโลวัตต์-ชั่วโมง กำลังไฟฟ้าออก 800 วัตต์-ชั่วโมง

การให้ความร้อนในการทำให้กาวซิลิโคนอ่อนตัว ด้วยวิธีการปรับปรุงระบบการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่สูง คลื่นไมโครเวฟจากเตาไมโครเวฟ สามารถทำให้กาวซิลิโคนเริ่มอ่อนตัวได้เพียงแค่กำลังไฟฟ้า 400 - 800 วัตต์-ชั่วโมง ใช้เวลา 3 - 5 นาที ซึ่งพลังงานที่ใช้ น้อยกว่าเครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ ที่ใช้กำลังฟ้า 1540 วัตต์-ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าของระบบเดิมใช้ 56.72 -216.11 วัตต์-ชั่วโมง ส่วนระบบใหม่ใช้พลังงาน 28.00 – 40.00 วัตต์-ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละประมาณ 29.48 – 56.64 ของระบบเดิม การให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟทำให้การแพร่กระจายความร้อนทั่วทั้งเนื้อวัสดุโดยไม่สูญเสียความร้อนเหมือนการใช้ฮีตเตอร์เป่าลมร้อนและยังสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าอีกด้วย จากผลการประเมินมูลค่างานวิจัยนี้ เครื่องแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ แบบใช้ฮีตเตอร์เป่าลมร้อน จะใช้ค่าไฟฟ้า 603,924.9054 บาทต่อปี หากใช้ระบบให้ความร้อนโดยคลื่นไมโครเวฟ จะใช้ค่าไฟฟ้า 313,727.2236 บาทต่อปี ซึ่งจะสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าให้กับบริษัทได้ 290,197.6818 บาทต่อปี

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

5.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยเล่มนี้ พัฒนาวิธีการตรวจสอบเครื่องจักรเพื่อการปรับปรุงการประหยัดพลังงานไฟฟ้า และนำเสนอ วิธีการปรับปรุงระบบให้ความร้อน โดยใช้คลื่นไมโครเวฟ เพื่อปรับปรุงระบบให้ความร้อนจากฮีตเตอร์เป่าลมร้อน

ข้อเสนอแนะในการตรวจสอบเครื่องจักรเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

1. การศึกษากระบวนการผลิตและปัญหาที่เกิดขึ้นกับสายการผลิต ศึกษาการผลิตของบริษัท ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเครื่องจักร ควรมีการศึกษาปัจจัยด้านอื่นๆ เช่น วัสดุต่างๆที่ใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องจักร เพื่อให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์และเป็นแนวทางในปรับปรุงต่อไป

2. ควรมีการติดตามข้อมูลการเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักร หลังจากที่ได้นำวิธีการที่ปรับปรุงขึ้นมานี้ไปประยุกต์ให้ในการตรวจสอบเครื่องจักรในสายการผลิต เพื่อความมีประสิทธิภาพของการปรับปรุงระบบของเครื่องจักรให้ประหยัดพลังงานมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงระบบให้ความร้อนโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ

จากการทำการทดลองให้ความร้อนในการทำให้กาวซิลิโคน (Adhesive glue) อ่อนตัว ควรศึกษาการให้ความร้อนทางไฟฟ้าแบบอื่นเพิ่ม และควรศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการละลายกาวซิลิคน เช่น

1. ศึกษาช่วงระดับความถี่ ที่สามารถใช้ทำให้กาวซิลิโคน (Adhesive glue) อ่อนตัวลงได้อย่างรวดร็ว

2. ศึกษาโครงสร้างและส่วนประกอบของวัสดุต่างๆ ที่จะนำมาแยกชิ้นส่วนออกจากกันด้วยคลื่นไมโครเวฟ สำหรับงานวิจัยนี้ เป็นการทดลอง แล้วทำให้ทราบว่า คลื่นไมโครเวฟสามารถทำกาวให้ซิลิโคน (Adhesive glue) อ่อนตัวลงได้ ซึ่งหากจะให้การให้ความร้อนโดยคลื่นไมโครเวฟแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ ต้องมีการศึกษาปัจจัยด้านอื่นๆเพิ่มเติม ทั้งการออกแบบเครื่องจักร การออกแบบท่อนำคลื่นไมโครเวฟ การศึกษาวัสดุของตัวโทรศัพท์ ที่จะไม่ส่งผลกระทบต่อหน้าจอโทรศัพท์และสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

[1] บริษัท อิเล็กทรอนิกส์, “เครื่องจักรในสายการผลิตโทรศัพท์มือถือ,” ปทุมธานี.

[2] “แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน.” [Online]. Available: https://sites.google.com/site/tikamporn44647/green-energy/naewthang-kar-xnuraks-phlangngan.

[3] ชาญชัย ทองประสิทธิ์, *การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม*. 2551.

[4] กระทรวงพลังงาน, “สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม,” .

[5] กระทรวงอุตสาหกรรม, *แนวทางปฏิบัติเพื่อประหัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม*. 2556.

[6] บริษัทคอมโพแม็ก, “การลดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า.” [Online]. Available: http://www.compomax.co.th/product/การลดค่าความต้องการพลั/.

[7] กระทรวงพลังงาน, *การอนุรักษ์พลังงานสำหรับสำนักงาน*. 2547.

[8] กระทรวงพลังงาน, *การใช้ไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างประหยัด*. 2535.

[9] อัมรินทร์ วงศ์เศรษฐี, “การปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรในกระบวนการฉีดพลาสติกกรณีศึกษาบรรจุภัณฑ์กล้วยไม้,” 2561.

[10] กฤษณะ วิวัฒน์ ชีวิน, ศักดิ์ชาย รักการ, อัตถกร กลั่นความดี, “การจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องสำอาง,” vol. 7, no. 2, pp. 14–28, 2560.

[11] ฉัตรชัย ดิสสร, “การปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักร : กรณีศึกษาบริษัทก่อสร้าง.” 2560.

[12] กิตติศาสตร์ แจ่มเล็ก, “การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในบริษัทอิเล็กทรอนิกส์.” 2559.

[13] เษกสรร สิงห์ธนู, จักรพันธิ์ ปิ่นทอง, ไพฑูรย์ ขจรวุฒินันทชัย, “การปรับปรุงประสิทธิภาพงานบำรุงรักษาเครื่องจักรสายการผลิตชิ้นส่วน GEAR KICK SPINDLE,” *วิชาการคณพเทคโนโลยีอีตสาหกรรมซเทพสตรี I-TECH*, 2558.

[14] นิพนธ์ ทักษิณ, “การวางแผนปฏิบัติการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบมีส่วนร่วมของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิตศึกษาสถานการณ์ของการใช้ไฟฟ้าของมหาวิยาลัยราชภัฏสวนดุสิต,” vol. 11, no. 3, pp. 65–82, 2015.

[15] ธีรพงษ์ ขันทอง, “การปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักร กรณีศึกษาสถานีบริการ ก๊าซธรรมชาติ.” 2558.

[16] ธนกฤต วิชัยวงษ์, “พฤติกรรมการมีส่วนร่วมในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของบุคลากรและนักศึกษา สังกัดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ,” *วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมคณะเทคโนโลยีสารสนเทศมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, vol. 1, no. 2, 2557.

[17] ยอดนภา เกษเมือง,เถลิง พลเจริญ,ศุภชัย แสงจันทร์, “การเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร กรณีศึกษา หจก.สุจรรยาพาณิชย,” 2552.

[18] กนกอร สีแสง, *คู่มือประหยัดพลังงานภายในสำนักงาน*.

[19] ผู้ช่วยศาสตร์จารินี ม้าแก้ว, “การใช้พลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์,” 2557.

[20] สัญญา พรหมภาสิต, “การลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของโรงงานอุตสาหกรรมกรณีศึกษาบริษัทธรรมรัตน์คอนกรีต จำกัด,” 2559.

[21] เทอดไทย นาครักษ์, “การจัดการและปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต,” มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2554.

[22] ชลวิทย์ เผือกผาสุข, “การจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารแบบบูรณาการ: กรณีศึกษาอาคารกรมการกงสุล,” มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, 2554.

[23] ประจวบ นำนาผล, “การปรับปรุงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร OEE บรรจุแป้ง,” มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, 2555.

[24] ชนิกานต์ เฉลิมงาม, “การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรในกระบวนการขัดชิ้นงาน (OD Polishing) ของบริษัท ไซโก้ อินสทรูเม้นท์ (ประเทศไทย),” สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, 2554.

[25] บุญญารัตน์ แสงปิยะ, จันทนาจันทโร, “ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงงานควบคุม,” *วารสารวิจัยพลังงาน*, pp. 20–34, 2554.

[26] โอภาส สุขหวาน, “การอนุรักษ์พลังงานในงานอุตสาหกรรม,” *วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา*, vol. 6, no. 1, pp. 30–35, 2555.

[27] *การอนุรักษ์พลังงานสำหรับอนุรักษ์พลังงานสำหรับมอเตอร์*. 2553.

[28] “Adhesive.” [Online]. Available: http://www.dic-global.com/en/products/adhesive_tapes/know_adhesive/.

[29] สิริธร แก้วกล่ำ, “กาว(adhesive).” 2553.

[30] กรมพัฒนาพลังงานทแทนและอนุรักษ์พลังงาน, “ประเภทของการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าและวัตถุประสงค์การใช้งาน.” [Online]. Available: https://ienergyguru.com/2015/11/the-heat-resistance/

[31] “คลื่นไมโครเวฟ คุณสมบัติ และประโยชน์คลื่นไมโครเวฟ.” [Online]. Available: https://www.siamchemi.com/คลื่นไมโครเวฟ/.

[32] ดร.ดวงเดือน อาจองค์, “วัสดุจากคลื่นไมโครเวฟ,” 2546.

[33] ศาสตราจารย์ ดร. วิชิต ศรีตระกูล, “เตาอบไมโครเวฟ,” 2562. [Online]. Available: http://thep-center.org/src2/views/daily-life.php?article_id=16.

[34] SHARP CORPOPATION, *คู่มือการใช้ OPERATION MANUAL รุ่น R-220*. 2556.

[35] ธนากรณ์ อุ่นพินิจ, วรินรำไพ เศรษฐ์ธณบุตร, ทินกร คำแสน, “การลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยคลื่นไมโครเวฟแบบอัตโนมัติ,” *วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*, vol. 7, no. 1, pp. 124–139, 2560.

[36] รัฐศักดิ์ พรหมมาศ, ปิยะพงศ์ กี่สวัสดิ์คอน, “การเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการอบแห้งไม้ยางพาราด้วยพลังงานไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนและระบบลำเลียงอย่างต่อเนื่องด้วยการวิเคราะห์พลังงานและเอ็กเซอจี่,” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์, 2557.

[37] นพวรรณ ดูงาม, ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช, “การอุ่นยางธรรมชาติด้วยคลื่นไมโครเวฟ โดยใช้ระบบไมโครเวฟชนิดท่อนำคลื่นรูปทรงสี่เหลี่ยม (MODE: TE10),” มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2550.

[38] จิรพัฒน์ ธนอารักษ์, ประทีป หาเรือนศรี, “แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนและมวลสารในกระบวนการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ,” มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (กำแพงแสน), 2546.

[39] ปริญญา ฉกาจนโรดม, “การให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟและการประยุกต์ใช้ไมโครเวฟในการแปรรูปวัสดุ,” *วิศวกรรมศารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*, vol. 27, no. 87, 2557.

[40] สมศักดิ์ วงษ์ประดับไชย, ผดุงศักดิ์ รัตเดโช, “การอบแห้งไม้ด้วยคลื่นไมโครเวฟโดยใช้เตาไมโครเวฟชนิดสายพานลำเลียงอย่างต่อเนื่อง,” *วิศวกรรมสาร ฉบับวิจัยและพัฒนา*, vol. 18, no. 1, pp. 8–14, 2012.

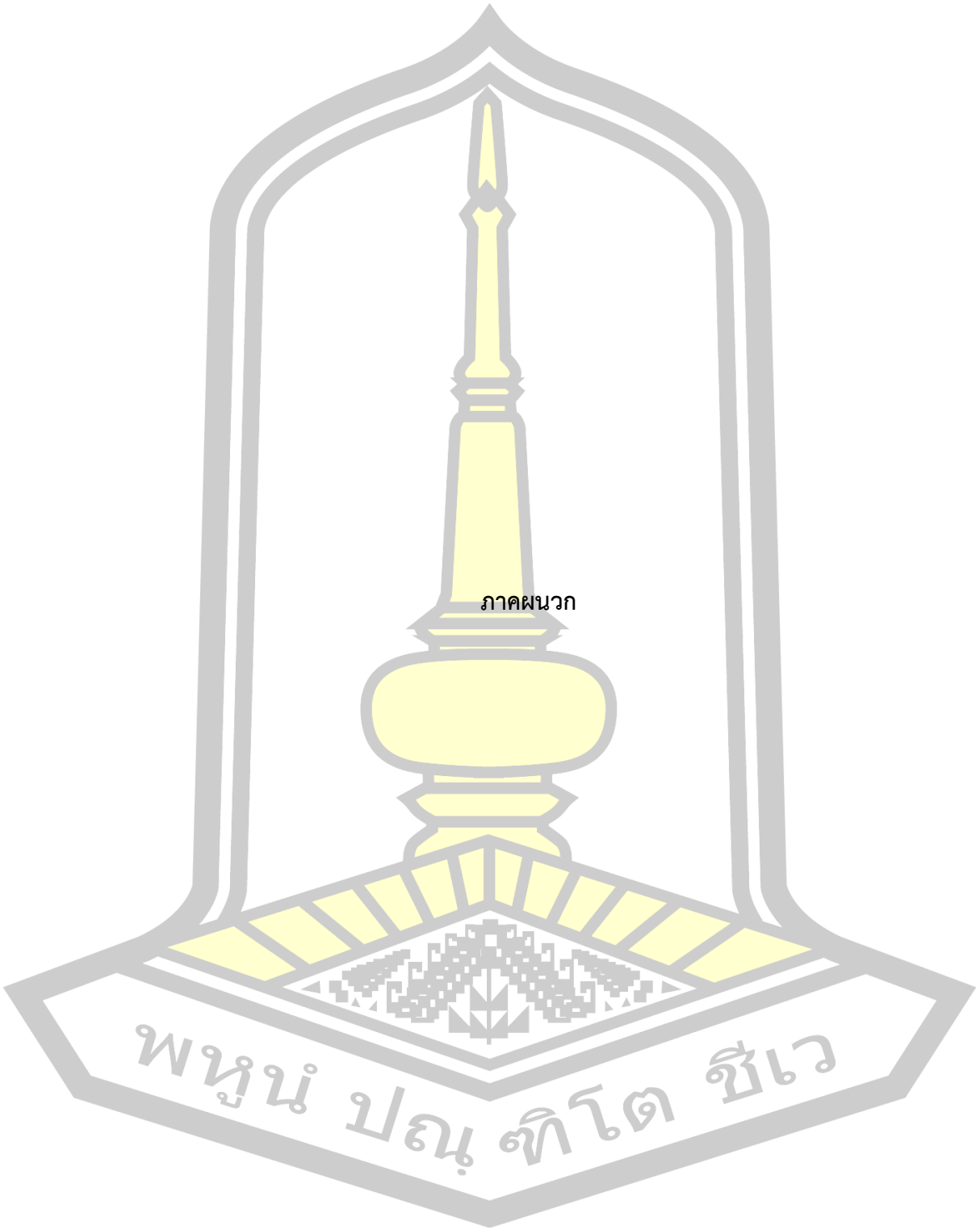
[41] ปิยะ ประสงค์จันทร์, เสนอ สะอาด, ไชยยะ ธนพัฒน์ศิริ, “การอบยางพาราแผ่นด้วยคลื่นไมโครเวฟ,” 2557.

[42] “ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรอุปกรณ์.” [Online]. Available: https://www.rmuti.ac.th/faculty/production/ie/html/Oee.htm.

[43] รพร. สระแก้ว, “IT SCPH รพร. สระแก้ว เอกสารประกอบการอบรมไมโครซอฟท์ออฟฟิสเบื้องต้น.”

[44] “FLUKE 373 แคลมป์มิเตอร์ True-RMS Model: 373.” [Online]. Available: https://www.sangchaimeter.com/product_page/

[45] บริษัท เลกะ คอร์ปอเรชั่น จำกัด, “เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล Tasco TNA-110 Series.” [Online]. Available: https://legatool.com/en/tna-110-series-digital-thermometer.



ภาคผนวก

ลักษณะปัญหา	สาเหตุของปัญหา	แนวทางการแก้ไขปัญหา	หมายเหตุ
-ขาดความรู้พื้นฐาน -ขาดความระมัดระวังในการทำงาน - ความไม่เหมาะสมในการใช้คนให?เหมาะสมกับงาน - การสื่อสารระหว่างผู้ปฏิบัติงานด้วยกัน - ความล่าช้าในการทำงานหลังจากที่ได้รับมอบหมายงาน - หัวหน้าาไม่มี ความเด็ดขาดในการลงโทษ - นิสัยส่วนตัวของผู่ปฏิบัติงาน	ไม่มีประสบการณ์ความชำนาญในการทำงาน - ไม่มีความพร้อมในการทำงาน -สภาพแวดล้อม ในสถาน ที่ปฏิบัติงานไม่เหมาะสม	-ทำความเข้าใจในงานบำรุงรักษา และฝึกอบรมความรู้ในเครื่องจักรที่ดูแลนั้นๆ ให้ละเอียด	-นำข้อมูลนี้มาทำแบบแผนในการควบคุมผู้ปฏิบัติงาน ให้เปิด - ปิด เครื่องจักรตามช่วงเวลาการใช้งานและไม่ใช้งาน

ภาคผนวก ก ตารางการตรวจสอบลักษณะปัญหาเนื่องจากคน

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ลักษณะปัญหา	สาเหตุปัญหา	แนวทางการแก้ไขปัญหา	หมายเหตุ
-ขาดการวางแผนงานบำรุงเครื่องจักร -ขาดการเก็บข้อมูลการแจ้งซ่อมเครื่องจักร -ความล่าช้าในการประสานงาน -ไม่มีการติดตามงานหลังการซ่อมเครื่องจักรไปแล้ว	-ไม่มีลำดับขั้นตอนที่เป็นระเบียบในการซ่อมเครื่องจักร	-กำหนดแบบแผนมาตรฐานในการซ่อมเครื่องจักร	-นำข้อมูลมาวิเคราะห์ตามหลักและขั้นตอนการทำงาน เพื่อการปรับปรุงเครื่องจักรให้เหมาะสมต่อขั้นตอนการทำงาน ว่าส่วนประกอบใดสามารถ เพิ่ม ลด หรือเปลี่ยนอุปกรณ์ของเครื่องจักร ที่จะช่วยให้การทำงานสะดวก และประหยัดพลังงานลงได้ด้วย

ภาคผนวก ข ตารางการตรวจสอบลักษณะปัญหาเนื่องจากวิธีการทำงาน

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ลักบณะปัญหา	สาเหตุปัญหา	แนวทางการแก้ไขปัญหา	หมายเหตุ
-อุปกรณ์เสื่อมสภาพ -ไม่มีการเตรียมอุปกรณ์ไว้ -อะไหลไม่ได้มาตรฐาน	-ไม่มีการตรวจสอบชิ้นส่วนของอุปกรณ์ในเครื่องจักร	-ศึกษาคู่มือ และอุปกรณ์ หลักการทำงาน ของซอร์ฟแว้และฮาร์ดแวร์ของเครื่องจักรอย่างละเอียด	-นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ หาอุปกรณ์ หรือชิ้นส่วนที่ทำให้เครื่องจักรขัดข้องซึ่งจะสามารถ เพิ่ม ลด หรือเปลี่ยนอุปกรณ์ส่วนไหนได้บ้างเพื่อปรับปรุงเครื่องจักรให้มีสภาพใช้งานที่ดี และประหยัดพลังงานยิ่งขึ้น

ภาคผนวก ค ตารางการตรวจสอบลักษณะปัญหาเนื่องจากเครื่องจักร

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาววิลาวัลย์ ทองนรินทร์
วันเกิด	2 มกราคม พ.ศ. 2538
สถานที่เกิด	อำเภอนาแก จังหวัดนครพนม
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 142 หมู่ 14 ตำบลพระซอง อำเภอนาแก จังหวัดนครพนม รหัสไปรษณีย์ 48130
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	วิศวกร, ครูพี่เลี้ยง
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัทสมาร์ท (2015) เซอร์วิสเซล จำกัด ที่ตั้ง อาคารวังเด็ก 1A ห้อง 2B เลขที่ 21 ซอยยาสูบ 1 ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงจอมพล เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2557 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเรณูนครวิทยานุกูล จังหวัดนครพนม พ.ศ.2561 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.)สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ.2563 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ทุนวิจัย	ทุนการศึกษาโครงการ WiL (Work-integrated Learning) โดยสำนักงานนโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์วิจัย และนวัตกรรมแห่งชาติ (สวอช)

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว