การพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ

ธนภูมิ เฟื่องเพียร

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ดำเนินการสำเร็จลุล่วงด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบคุณหลักสูตรเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ที่ได้กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ในการปฏิบัติการทดลองการวิจัยเป็นอย่างดียิ่งทั้งในด้านวิชาการและการดำเนินงานวิจัย รวมทั้งนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีไฟฟ้าที่เก็บข้อมูลสำหรับทำการวิจัยของโครงการวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี สุดท้ายนี้ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ที่ได้สนับสนุนงบประมาณสำหรับโครงการวิจัยนี้ผ่านสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ธนภูมิ เฟื่องเพียร

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตภายในประเทศไทย และต่างประเทศมีการนำถุงพลาสติกไปบรรจุภัณฑ์สินค้าเพื่อส่งออก โดยวิธีการปิดผนึกหรือปิดปากถุงพลาสติกหรือที่เรียกว่า การปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ แต่การปิดผนึกบรรจุภัณฑ์มักจะประสบปัญหา เช่น การปิดผนึกไม่สนิทก่อนที่ถึงมือลูกค้า ซึ่งเกิดการหลุดร่วงของบรรจุภัณฑ์พลาสติกได้ หรืออาจมีสิ่งปนเปื้อนเจือปนในผลิตภัณฑ์ เกิดการเน่าเสียของสินค้าได้ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมประเภทอาหารและโภชนาการอาจก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ ตามมาอาทิเช่น โรคมะเร็งที่พบมากที่สุดในปัจจุบัน รวมทั้งเมื่อตรวจสอบพบของเสียจะต้องนำกลับไปแก้ไขโดยการปิดผนึกปากถุงซ้ำใหม่อีกครั้ง ซึ่งทำให้สูญเสียเวลาในการทำงานสุดท้ายเมื่อฝ่ายควบคุมคุณภาพ (Quality Control) ตรวจพบผลิตภัณฑ์ที่มีจุดบกพร่องเจ้าหน้าที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพจะต้องตักเตือนพนักงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการปิดผนึกผลิตภัณฑ์เหล่านั้น เมื่อมีการตักเตือนบ่อยครั้งส่งผลให้พนักงานสูญเสียความมั่นใจ และขวัญกำลังใจในการทำงานขององค์กรไปด้วย

จากการสรุปผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการสามารถปิดผนึกได้อุณหภูมิที่ 160 องศาเซลเซียส ใช้กำลังไฟฟ้า 185.457 วัตต์ ใช้เวลาทำงาน 6 ชั่วโมงต่อวัน คิดเป็นรายเดือนทั้งหมด 30 วัน และอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีค่าเท่ากับ 4.3093 บาทต่อหน่วยไฟฟ้า การพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการจะเสียค่าไฟฟ้า 143.50 บาทต่อเดือน ซึ่งเมื่อเทียบกับการลดแรงงานคน 1 คน คิดค่าแรงวันละ 300 บาท ทำงาน 30 วัน คิดเป็นเงิน 9,000 บาทต่อเดือน สรุปได้ว่าการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการสามารถลดต้นทุนการผลิตกระบวนการในทางอุตสาหกรรมได้ถึง 8,856.50 บาทต่อเดือนหรือ 106,278 ต่อปี

Abstract

At present, the domestic and foreign manufacturing industry produces plastic bags for export by means of plastic bag sealing or sealing or packaging sealing. For example, if the seal is not completely sealed before reaching the customer, the plastic package may be peeled off or may be contaminated with the product. Can lead to product spoilage, especially in the food and nutrition industry that may cause diseases such as the most common diseases nowadays, including when the waste is detected, it must be resolved by Repeated sealing of the bag repeatedly ensures time-consuming quality checks. (Quality Control) inspect the products that are in the picture, must warn the employees responsible for sealing those products when frequent warnings cause employees to lose confidence. And morale in the organization as well

From the conclusion of the research, it is found that the development of the plastic packaging sealer with the participation process of the disabled establishment is affected at a temperature of 160.457 degrees Celsius, working time 6 hours per day. Calculated monthly. 30 days. And the average electricity tariff of the Provincial Electricity Authority is equal to 4.3093. Baht per electrical unit. Development of plastic packaging sealer The participatory process of the establishment will incur an electricity cost of 143.50 baht per month compared to reducing human labor 1. People charge 300 baht per day, work 30 days, charge 9,000 baht per month. Conclusion that the development of plastic packaging With the participation process of the establishment, can reduce the production cost in the industrial industry by 8,856.50 baht per month or 106,278 per year.

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

จุดมุ่งหมายของการวิจัย 1

ความสำคัญของการวิจัย 2

ขอบเขตของการวิจัย 2

นิยามศัพท์เฉพาะ 2

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพลาสติก 3

คุณสมบัติของพลาสติก 4

ชนิดของพลาสติก 5

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับฮีตเตอร์ 7

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

เทคโนโลยีการปิดผนึก 14

บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา

ศึกษาการทำงานเครื่องเดิม ณ สถานประกอบการ 15

ตรวจสอบปัญหาเครื่องเดิมและหาแนวทางการแก้ไขและพัฒนา 15

การออกแบบโครงสร้างและหลักการดำเนินการในการพัฒนา 16

ขั้นตอนการทำงานของวงจรไฟฟ้า 16

ขั้นตอนการทำงานวงจรนิวเมติกส์ 17

โครงสร้างการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ 17

ขั้นตอนการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ 19

ขั้นตอนการทำงานการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ 23

คู่มือการใช้งานเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ 25

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการศึกษา และอภิปรายผล

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ 27

ลำดับขั้นตอนการทดสอบ 27

วัดประสิทธิภาพการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ 28

การหาประสิทธิภาพของการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ 31

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา 32

บรรณานุกรม 34

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
4.1	แสดงตารางการทดสอบประสิทธิภาพการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ	28
4.2	แสดงตารางการใช้พลังงานไฟฟ้าของการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ	31

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
2.1	พลาสติกชนิดที่ 1 (PETE)	5
2.2	พลาสติกชนิดที่ 2 (HDPE)	5
2.3	พลาสติกชนิดที่ 3 (PVC)	6
2.4	พลาสติกชนิดที่ 4 (LDPE)	6
2.5	พลาสติกชนิดที่ 5 (PP)	6
2.6	พลาสติกชนิดที่ 6 (PS)	7
2.7	พลาสติกชนิดที่ 7 (OTHER)	7
2.8	ฮีตเตอร์แท่ง (Cartridge Heater)	8
2.9	ฮีตเตอร์ครีบ (Finned Heater)	8
2.10	ฮีตเตอร์จุ่ม (Immersion Heater)	9
2.11	ฮีตเตอร์รัดท่อ (Band Heater)	9
2.12	ฮีตเตอร์แผ่น (Strip Heater)	10
2.13	ฮีตเตอร์อินฟราเรด (Infrared Heater)	10
2.14	ฮีตเตอร์บ้อบบิน (Bobbin Heater)	11
2.15	เครื่องปิดผนึกด้วยมือ (Impulse Hand Sealer)	14
2.16	เครื่องปิดผนึกเท้าเหยียบ (Impulse Foot Sealer)	14
3.1	แสดงภาพการทำงานวงจรไฟฟ้าและระบบนิวเมติกส์	16
3.2	แสดงภาพการทำงานของระบบนิวเมติกส์	17
3.3	ขนาดโครงสร้างการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ	18
3.4	แสดงภาพโครงสร้างด้านบนการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ	18
3.5	แสดงภาพการขึ้นโครงสร้างการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ	19
3.6	แสดงภาพการนำชุดปิดผนึกถุงพลาสติกมาทำการยึดติดกับโครงสร้างให้แน่นหนา	20
3.7	แสดงภาพทำการเชื่อมคานยึดแขนชุดปิดผนึกกับกระบอกสูบลมนิวเมติกส์	20
3.8	แสดงภาพทำการเจาะช่องเพื่อทำการยึดแขนปิดผนึก	21

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
3.9	แสดงภาพทำการยึดกระบอกสูบกระบอกสูบลมนิวเมติกส์	21
3.10	แสดงภาพทำการยึดแขนปิดผนึกถุงพลาสติกให้แน่น	22
3.11	แสดงภาพติดตั้งระบบวงจรไฟฟ้าและนิวเมติกส์	22
3.12	แสดงภาพโครงสร้างจริงของการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ	23
3.13	แสดงภาพขั้นตอนการดำเนินงาน	24
3.14	แสดงภาพคู่มือการใช้งาน	25

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 1

บทนำ

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตในประเทศไทยและต่างประเทศทุกแห่ง มีการนำถุงพลาสติกไปบรรจุภัณฑ์สินค้าที่ต้องการขายหรือส่งออก โดยใช้วิธีการปิดผนึกเพื่อปิดปากถุงพลาสติกหรือที่เรียกว่า “การซีล (Seal)” แต่การปิดผนึกมักจะประสบปัญหาที่ว่าคุณภาพเส้นปิดผนึกไม่สนิทตลอดทั้งช่วงซึ่งมีผลทำให้สินค้าที่ถึงมือลูกค้า เมื่อนำไปใช้เกิดการหลุดล่วงของผลิตภัณฑ์พลาสติกได้หรืออาจมีสิ่งปนเปื้อนเจือปนในผลิตภัณฑ์ได้ง่ายโดยเฉพาะอุตสาหกรรมประเภทอาหารและโภชนาการก่อให้เกิดโรคต่างๆตามมา อาทิ โรคมะเร็งที่พบมากที่สุดในปัจจุบัน รวมทั้งเมื่อตรวจพบของเสียจะต้องนำกลับไปแก้ไขโดยการปิดผนึกปากถุงซ้ำใหม่อีกครั้งซึ่งทำให้สูญเสียเวลาในการทำงาน สุดท้ายเมื่อฝ่ายควบคุมคุณภาพ (Quality Control) ตรวจพบผลิตภัณฑ์ที่มีจุดบกพร่องเจ้าหน้าที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพจะต้องตักเตือนพนักงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการปิดผนึกผลิตภัณฑ์เหล่านั้น เมื่อมีการตักเตือนบ่อยครั้งส่งผลทำให้พนักงานสูญเสียความมั่นใจในการทำงานขององค์กรไปด้วย

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงตระหนักถึงความสำคัญของคุณภาพการปิดผนึกผลิตภัณฑ์ของพนักงานผู้รับผิดชอบ ทำให้เกิดแนวคิดถ่ายทอดเทคโนโลยีต้นแบบเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกสำหรับอุตสาหกรรมการผลิต โดยเป็นการพัฒนาอุปกรณ์เครื่องช่วยในการปิดผนึกปากถุงพลาสติกของผลิตภัณฑ์ที่ช่วยลดต้นทุน, ลดเวลาและมีความสะดวกรวดเร็วในการทำงาน รวมทั้งลดความผิดพลาดของการผิดผนึกโดยเน้นการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการอุตสาหกรรมการผลิตเป็นสำคัญเพื่อเพิ่มโอกาสในการแข่งขันในระดับต่างประเทศต่อไป

2. จุดมุ่งหมายของการวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ

2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการเปรียบเทียบกับแรงงานคน

2.3 เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการให้กลุ่มเป้าหมาย

3. ความสำคัญของการวิจัย

3.1 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ

3.2 ทราบถึงประสิทธิภาพเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ

4. ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ พื้นที่ในการดำเนินการวิจัย คือ กลุ่มผู้ใช้บรรจุภัณฑ์ประเภทพลาสติก อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ ระยะเวลาในการดำเนินการโครงการวิจัยเริ่มตามปีงบประมาณ พ.ศ.2562

5. นิยามศัพท์เฉพาะ

5.1 ถ่ายทอดเทคโนโลยี หมายถึง กระบวนการในการนำเทคโนโลยีที่มีอยู่แล้วหรือสร้างขึ้นมาใหม่ เพื่อวัตถุประสงค์เดียวกันหรือแตกต่างกันออกไป โดยการถ่ายทอดเทคโนโลยีนั้นจะต้องประกอบไปด้วยประสบการณ์หรือองค์ความรู้ การมีความชำนาญในองค์ความรู้อย่างแท้จริงและการนำองค์ความรู้มาใช้ประโยชน์ให้เป็น

5.2 ปิดผนึก หมายถึง การนำวัสดุหรือบรรจุภัณฑ์ที่ผ่านการทดสอบคุณภาพแล้วนำมาติดให้แน่นบริเวณปากของวัสดุหรือบรรจุภัณฑ์ให้เรียบร้อย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพลาสติก

ในปี ค.ศ. 1868 ช่างพิมพ์(Printer) ชาวอเมริกันชื่อ John Wesley Hyatt ได้ค้นพบพลาสติกชนิดแรกของโลก ชื่อ เซลลูลอยด์ (Celluloid หรือ Cellulose Nitrate) โดยการนำเอาไพรอกซิลีน (Pyroxylin) ซึ่งทำจากกรด ไนตริกผสมการบูร (Solid Camphor) ทำเป็นลูกบิลเลียดแทนการใช้งาข้าง ซึ่งเกิดขาดแคลนมากในระยะนั้นขณะเดียวกันที่อังกฤษได้นำไพรอกซีนไปทำเป็นแลคเกอร์วัสดุเคลือบ ผิว (Coating Materials) ต่อมาได้มีผู้นำเอาเซลลูลอยด์ดัดแปลงไปใช้ทำเหงือกฟันปลอม (สีชมพู) แทนการใช้ยางแข็ง หลังจากนั้นได้นำเอาไปใช้ทำกระจกรถยนต์ ค.ศ. 1882 บริษัท Eastman ได้ประดิษฐ์ทำเป็นฟิล์มภาพยนตร์ การคิดค้นพลาสติกได้หยุดชะจักไปชั่วระยะเวลาหนึ่ง ในปี ค.ศ. 1909 Dr. Leo Hendrink Baekeland ได้ค้นพบพลาสติกชื่อ ฟันอล- ฟอร์มาลีไฮด์ (Phenol - Formalde - hyde) โดยการ ผสม ฟีนอลกับฟอร์มาลดีไฮด์เข้าด้วยกัน พลาสติกชนิดนี้เรารู้จักกันดีในชื่อ Bakelite ซึ่งใช้ทำด้าม กระทะ หูหม้อ และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ

สมาคมวิศวกรพลาสติก (SPE) และสมาคมอุตสาหกรรมพลาสติก (SPI) แห่งสหรัฐอเมริกาได้จำกัดความของพลาสติกไว้ คือ วัสดุที่ประกอบด้วยสารหลายอย่างมีน้ำหนักโมเลกุลสูงลักษณะอ่อนตัวขณะทำการผลิต ซึ่งโดยมากใช้กรรมวิธีการผลิตด้วยความร้อน หรือแรงอัดหรือทั้งสองอย่าง

แหล่งกำเนิดของพลาสติก แบ่งออกเป็นแหล่งใหญ่ได้ 5 แหล่ง คือ

1. แหล่งผลิตผลทางเกษตร เช่น เซลลูโรดไนเตรด (Cellulose Nitrate) เซลลูโรสอะซีเตต (Cellulose Acetate) เซลลูโรสอะซีเตตบรูไทเรท (Cellulose Acetate Butyrate) เอธีทเซลลูโรสเคซีน (Ethyl Cellulose Casein)

2. แหล่งผลิตผลทางเกษตรและน้ำมัน มีน้อยมาก

3. แหล่งน้ำมันและถ่านหิน เป็นแหล่งที่ใช้ผลิตพลาสติกชนิดต่าง ๆได้มากที่สุด เช่น โปลีสไตรีน (Polystyrene), อีพอกซี่ (Epoxy), ฟีนอลฟอมาลดีไฮด์ (Phenol-Formaldehyde), เมลานีน-ฟอมาลดีไฮด์ (MelamineFormaldehyde), โปลีเอทซีรีน (Polyethylene), ยูเรีย- ฟอมาลดีไฮด์ (Urea - Formaldehyde), ไนลอน (Nylon), โปลีเอสเตอร์ (Polyester) และ อะครีริค (Acrylic)

4. แหล่งน้ำมันและสินแร่ เช่น โปลีไวนิลบรูไทราล (Polyvinyl Butyral) โปลีไวนิลคาร์บาซอล (Polyvinycarbazole) โปลีไวนิลอะซีเตท, โปลีไวนิล แอกอฮอล์ (Polyvinyl Alcohol) ซิลีโคน (Silicone) โปลีไวนิลอะซิเตทดรอไรด์ (Polyvinyl Acetate - chloride) โปลีไวนิลครอไรด์ (Polyvinyl Chloride)

5. สินแร่ มีน้อย เช่น แคลเซียม (Calcium) อลูมิเนียมซิลีเคต (Aluminium Silicate)

2. คุณสมบัติของพลาสติก

พลาสติกนับว่าเป็นวัสดุที่มีบทบาทและสำคัญมากในยุคปัจจุบันนี้และเป็นคู่แข่งของเหล็กซึ่งนับวันได้ถูกใช้อย่างมากมายจนเหลือน้อยทำให้พลาสติกได้ถูกนำมาใช้แทนอย่างมาก เพราะพลาสติกมีคุณสมบัติ พิเศษดีเด่นกว่าวัสดุอื่นที่ใช้กันมาก่อนอย่างมากมาย เพราะสามารถใช้แทนวัสดุอื่นได้เกือบทั้งหมด โดยแบ่งคุณสมบัติของพลาสติกได้ 3 คุณสมบัติ ดังนี้

1. คุณสมบัติทางกายภาพ มีความแข็งแรง เหนียว ยืดหยุ่น
2. คุณสมบัติทางไฟฟ้าเป็นฉนวนไฟฟ้า
3. คุณสมบัติทางเคมี ทนกรด ด่าง และสารเคมีอื่นๆ

เมื่อนำไปเปรียบเทียบคุณสมบัติกับเหล็กแล้วสามารถจำแนกข้อดีและข้อเสียของพลาสติกออกมาได้ดังนี้

ข้อดีของพลาสติก

- น้ำหนักเบา สามารถขนย้ายได้ง่าย
- ทนต่อกรดและด่างได้ดี ทำให้ไม่เกิดสนิม
- กรรมวิธีผลิตชิ้นงานทำได้ง่ายและครั้งละหลายชิ้น
- เป็นฉนวนกับกระแสไฟฟ้าได้ดี
- สามารถเชื่อม กลึง ใส เจาะ ประกอบได้ง่าย
- ราคามีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ เพราะกรรมวิธีการผลิตทันสมัยและปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้น
- ผสมสีเข้ากันได้ดี ขึ้นงานจึงสามารถจะย้อมสีอะไรก็จะทำได้ง่ายและคงทน

ข้อเสียของพลาสติก

- ความมั่นคงแข็งแรงน้อยกว่าเหล็ก
- ทนความร้อนได้น้อย ทำให้อ่อนตัวได้ง่าย
- ระยะเวลาการใช้งานสั้นกว่า
- เมื่อชำรุดแล้วซ่อมแซมได้ยาก

3. ชนิดของพลาสติก

พลาสติกที่ผลิตกันทุกวันนี้ แบ่งออกได้ 7 ชนิดด้วยกัน แต่ละชนิดจะระบุเป็นตัวเลข 1-7 ภายใน เครื่องหมายลูกศรสามเหลี่ยมให้คนสามารถดูได้ เช่น หากเป็นขวดหรือน้ำดื่มก็จะอยู่ด้านล่างสุดของขวด

ชนิดที่ 1 เป็น พีอีทีอี (PETE)

ชื่อเต็ม คือ polyethylene terephthalate ethylene เป็นพลาสติกใสใช่บรรจุน้ำดื่ม น้ำอัดลม เครื่องดื่ม น้ำผลไม้ น้ำยาซักผ้า น้ำยาทำความสะอาด และ อาหารบางชนิด ดังภาพ 2.1

ภาพ 2.1 พลาสติกชนิดที่ 1 (PETE)

ชนิดที่ 2 เป็น เอชดีพีอี (HDPE)

ชื่อเต็มคือ high density polyethylene เป็นพลาสติกสีทึบ ใช่บรรจุนมสด น้ำดื่ม น้ำยาฟอกขาว น้ำยาซักผ้า แชมพู ขวดยา และถุงพลาสติก ดังภาพ 2.2

ภาพ 2.2 พลาสติกชนิดที่ 2 (HDPE)

ชนิดที่ 3 เป็นพีวีซี (PVC)

PVC เป็นชื่อย่อของ polyvinyl chloride ใช่เป็นพลาสติกสำหรับห่อหุ้ม เชือกพลาสติกเป็นขวดบรรจุชนิดบีบ มักจะใช่บรรจุน้ำมันพืช น้ำยาซักผ้า น้ำยาเช็ดกระจก ที่ใช่กันมากคือถุงหิ้วที่ใช่ใส่ของกัน ตามร้านค้า ซุปเปอร์มาเก็ต ร้านสะดวกซื้อ ดังภาพ 2.3

ภาพ 2.3 พลาสติกชนิดที่ 3 (PVC)

ชนิดที่ 4 เป็นแอลดีพีอี (LDPE)

ชื่อเต็มเป็น low density polyethylene ใช่เป็นถุงหิ้ว ใช่ห่อหุ้ม ขวดพลาสติกบางชนิดและที่ใช่กันมากที่สุดก็คือ ถุงเย็นใส่อาหาร ขนม กาแฟเย็น ชาเย็น ดังภาพ 2.4

ภาพ 2.4 พลาสติกชนิดที่ 4 (LDPE)

ชนิดที่ 5 เป็นพีพี (PP)

ชื่อเต็มคือ polypropylene ใช้เป็นยางลบ ใช้ บรรจุภาชนะไซรัปโยเกิร์ต หลอดดูดขวด นมเด็ก ถุงร้อนใช้สำหรับบรรจุอาหารร้อน เช่น ก๋วยเตี๋ยว กาแฟร้อน เป็นถ้วยกาแฟ ชา ชนิดใช้แล้วทิ้ง ดังภาพ 2.5

ภาพ 2.5 พลาสติกชนิดที่ 5 (PP)

ชนิดที่ 6 เป็นพอลีสไตรีน (Polystyrene : PS)

เป็นพลาสติกที่ใช้เรียกทั่วไปว่าโฟม ใช้บรรจุรองรับการกระแทกพวกอุปกรณ์ ตู้เย็น วิทยุ วิทยุ โทรทัศน์ฯลฯ ในกล่องกระดาษอีกที ใช้ทำกล่องสำหรับบรรจุอาหารที่เรียกว่า ข้าวกล่อง ที่ใส่ไข่ ถ้วยที่ ใช้แล้วทิ้ง ช้อน ล้อม มีดพลาสติกที่ใช้แล้วทิ้ง ดังภาพ 2.6

ภาพ 2.6 พลาสติกชนิดที่ 6 (PS)

ชนิดที่ 7 เป็นชนิดอื่นๆ เช่น พอลีคาร์บอนเนต (polycarbonate)

ทำเป็นขวดน้ำ เหยือกน้ำ ขวดนม ขวดน้ำบรรจุ 5 ลิตร ขวดน้ำนักกีฬาใช้แทนกระป๋องโลหะ สำหรับใส่อาหารเป็นถ้วยใส ช้อนล้อม มีดชนิดใส ดังภาพ 2.7

ภาพ 2.7 พลาสติกชนิดที่ 7 (OTHER)

4. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับฮีตเตอร์

ฮีตเตอร์ เป็นอุปกรณ์ทำความร้อนในอุตสาหกรรมที่มีหลักการพื้นฐานคือเมื่อมีกระแสไหลผ่านลวดตัวนำที่มีค่าความต้านทานสูง ลวดตัวนำจะร้อนดังนั้นลวดตัวนำที่ใช้ผลิตฮีตเตอร์จะต้องมีคุณสมบัติเหนียวและทนอุณหภูมิได้สูง สำหรับลวดฮีตเตอร์เป็นนิกเกิ้ลผสมกับโครเมียม ทนอุณหภูมิได้ถึง 1250 องศาเซลเซียส โดยฮีตเตอร์สามารถแบ่งออกเป็นประเภทตามการใช้งานที่แตกต่างกันได้ดังนี้ ฮีตเตอร์แท่ง (Cartridge Heater)

ลักษณะการใช้งานทั่วไปของฮีตเตอร์แท่ง (Cartridge Heater) คือ ใส่ไวในช้องบนวัตถุความร้อนจะถูกส่งผ่านจาก ฮีตเตอร์ไปยังวัตถุที่ต้องการให้ความร้อน ตัวอย่างเช่น ให้ความร้อนแม่พิมพ์ของเครื่องบรรจุหีบห่อ เป็นต้น ดังภาพ 2.8

ภาพ 2.8 ฮีตเตอร์แท่ง (Cartridge Heater)

ฮีตเตอร์ครีบ (Finned Heater)

ฮีตเตอร์ครีบหรือฮีตเตอร์ท่อกลมใช้กับงานต่อไปนี้ใช้ในเตาอบ, ใช้ในท่อจ่ายลมร้อนใช้กับเครื่องปรับอากาศในประเทศเขตหนาว การติดตั้งสามารถทำได้ 2 วิธี คือ ติดตั้งแบบให้ความร้อนโดยตรงและแบบส่งผ่านความร้อนจากห้องเผาไปยังห้องอบโดยใช้ลมร้อนเป็นฮีตเตอร์ที่ใช้กับอากาศไม่ควรใช้กับของเหลวเนื่องจากจะเกิดตะกอนจับที่ครีบของฮีตเตอร์ทำให้ความร้อนไม่สามารถถ่ายเทได้ในกรณีที่ให้ความร้อนกับอากาศที่ไม่หมุนเวียนควรเลือกวัสดุที่ใช้ทำฮีตเตอร์เป็นอินโคลอยเนื่องจากมีคุณสมบัติถ่ายเทความร้อนได้ดีและทนอุณหภูมิได้กว่าฮีตเตอร์ชนิดอื่นๆ ดังภาพ 2.9

ภาพ 2.9 ฮีตเตอร์ครีบ (Finned Heater)

ฮีตเตอร์จุ่ม (Immersion Heater)

ทำจากฮีตเตอร์ท่อกลม (Tubular Heater) ที่ดัดเป็นรูปตัวยูและเชื่อมติดกับ ขนาดของเกลียวจะขึ้นอยู่กับจำนวนเส้นของฮีตเตอร์ ตามความเหมาะสมของกำลังวัตต์และความยาวขอฮีตเตอร์แบบจุ่มเหมาะสำหรับใช้กับของเหลว เช่น ต้มน้ำหรืออุ่นน้ำมัน การติดตั้งสามารถทำได้โดยเชื่อมเกลียวตัวเมียติดกับถังแล้วใส่ฮีตเตอร์แบบเกลียว เข้าไป โดยตัวฮีตเตอร์ขนานกับพื้นถัง ควรระวังไม่ให้ส่วนของฮีตเตอรีโผล่พ้นของเหลวเนื่องจากจะทำให้ส่วนที่อยู่เหนือของเหลวร้อนจัด เกินไปทำให้อายุการใช้งานสั้นและเพื่อให้ความร้อนกระจายทั่วถึง รวมทั้งควรติดตั้งใบพัดกวนของเหลวด้วย ดังภาพ 2.10

ภาพ 2.10 ฮีตเตอร์จุ่ม (Immersion Heater)

ฮีตเตอร์รัดท่อ (Band Heater)

เป็นฮีตเตอร์ที่ได้รับการออกแบบสำหรับรัดท่อ หรือ ถังรูปทรงกระบอก ฉนวนของฮีตเตอร์ทำจากแผ่นไมก้า (Mica) และลวดฮีทเตอร์เป็นแบบแบน (Ribbon Wire Heating Element) จึงทำให้ฮีทเตอร์ชนิดนี้มีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กขนาด 25 มิลลิเมตร หรืออาจใหญ่ถึง 600 มิลลิเมตร ส่วนความกว้างอยู่ระหว่าง 20-300 มิลลิเมตร ตัวถังด้านนอกเป็นแผ่นเหล็กหรือสแตนเลส จึงเหมาะสำหรับให้ความร้อนกับอุตสาหกรรมการผลิตที่ไม่สามารถให้ความร้อน หรือไม่เหมาะที่จะให้ความร้อนกับวัตถุโดยตรงโดยใช้หลักการนำความร้อน ให้ความร้อนคงที่สม่ำเสมอเครื่องฉีดพลาสติก ให้ความร้อนที่ท่อส่งเม็ดพลาสติกเพื่อทำละลาย ดังภาพ 2.11

ภาพ 2.11 ฮีตเตอร์รัดท่อ (Band Heater)

ฮีตเตอร์แผ่น (Strip Heater)

โครงสร้างจะเป็นฮีตเตอร์แบบเดียวกับฮีตเตอร์รัดท่อแต่รูปทรงเป็นแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าเหมาะสมสำหรับให้ความร้อนกับแม่พิมพ์ ดังภาพ 2.12

ภาพ 2.12 ฮีตเตอร์แผ่น (Strip Heater)

ฮีตเตอร์อินฟราเรด (Infrared Heater)

ลักษณะการท่างานของฮีตเตอร์อินฟราเรด (Infrared Heater) เป็นการส่งผ่านความร้อนแบบแผ่รังสีจึงมีประสิทธิภาพสูง ความสูญเสียต่ำประหยัดไฟได้ 30- 50 % สามารถให้ความร้อนวัตถุได้ถึงเนื้อใน จึงทำให้ประหยัดเวลาได้ 1 - 10 เท่า (การให้ความร้อนแบบพาและการนำความร้อนจะทำาให้วัตถุร้อนเฉพาะที่ผิว แล้วค่อยๆซึมเข้าๆปเนื้อในจึงใช้เวลามาก) มีขนาดเล็กกว่าฮีตเตอร์แบบทั่วๆไป ทำาให้ประหยัดเนื้อที่ การติดตั้งและการถอดเปลี่ยนเพื่อซ่อมบำรุงง่ายมีความปลอดภัยสูงเนื่องจากไม่มีเปลวไฟ ตัวเรือนมีความเป็นฉนวนสูงไฟไม่รั่ว ดังภาพ 2.13

ภาพ 2.13 ฮีตเตอร์อินฟราเรด (Infrared Heater)

ฮีตเตอร์บ้อบบิน (Bobbin Heater)

เป็นฮีตเตอร์แบบจุ่มอีกชนิดหนึ่งถูกออกแบบสำหรับให้ความร้อนกับของเหลว สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย ฮีตเตอร์สามารถเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งานมีให้เลือกทั้งสแตนเลส 304, สแตนเลส 316 และควอทซ์ โดยแบบสแตนเลสมีข้อดีคือเมื่อฮีตเตอร์เสียสามารถซ่อมได้ ส่วนแบบควอกซ์ใช้สำหรับงานชุบโดยใช้ไฟฟ้า, แช่ในกรดหรือสารละลาย ดังภาพ 2.14

ภาพ 2.14 ฮีตเตอร์บ้อบบิน (Bobbin Heater)

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ได้ศึกษาเครื่องปิดผนึกซองพร้อมบรรจุก๊าซไนโตเจน (ธนรัตน์ แต้วัฒนา, 2549) ได้ทำการวิจัยนี้เพื่อมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและสร้างเครื่องปิดผนึกซองพร้อมบรรจุไนโตรเจน โดยเครื่องที่สร้างขนาด 30 x35 x45 เซนติเมตร ทำงานด้วยระบบ อัตโนมัติควบคุมอุณหภูมิด้วยการตั้งเวลาและมีชุดควบคุมความดันของก๊าซไนโตรเจนที่บรรจุ โดยบรรจุภัณฑ์ที่ใช้กับเครื่องนี้จะเป็นอลูมิเนียมฟอยด์สำเร็จรูปปิดผนึกมาแล้ว 3 ด้าน จากผลการทดลองพบว่า เครื่องที่สร้างนี้สามารถในการปิดผนึกซองประมาณ 550 ซองต่อชั่วโมง (เดินต่อเนื่อง) มีอุณหภูมิที่เหมาะสมการใช้งานที่ 120 องศาเซลเซียส และด้นทุนวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างประมาณ 32,000 บาท

2. ได้ศึกษาการปิดผนึกความร้อนของฟิล์มพอลิโพรพิลีนที่ใช้ในบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนนำฟิล์มที่ใช้ในการบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อน (นาตยา เอื้อพิทักษ์สกุล, 2539) ที่ประกอบด้วยฟิล์มพอลิโพรพิลีนเป็นหลัก จำนวน 5 ประเภท จากโรงงานอุตสาหกรรมคือ OPP/PE/LLDPE OPP/PE OPP/PP OPP/CPP และ OPP/MCPP มาปิดผนึกด้วยความร้อน เพื่อใช้ศึกษาปัจจัยที่มีต่อความสมบูรณ์ของรอยผนึก โดยพิจารณาทั้งเครื่องปิดผนึกและฟิล์มที่ใช้ โดยการวัดค่าความแข็งแรงของรอยผนึกและดูรูปแบบของการขาด หลังจากนั้นจะศึกษาหาวิธีการปิดผนึกด้วยความร้อนที่สอดคล้องต่อรอยผนึก โดยการวัดค่าความแข็งแรงรอยผนึก ความทนต่อการลอก และความแข็งแรงของรอยผนึกขณะร้อน การปิดผนึกด้วยความร้อนจะใช้เครื่องปิดผนึกด้วยความร้อนแบบเทอร์มอล (thermal heat sealing) ที่มีการให้ความร้อนอย่างต่อเนื่อง และนำรอยปิดผนึกออกในขณะที่ยังร้อนอยู่ การเพิ่มอุณหภูมิแท่งปิดผนึกและเวลาในการปิดผนึก จะมีผลทำให้ความแข็งแรงของรอยผนึกสูงขึ้นในระยะหนึ่ง จนกระทั่งถึงอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมต่อการปิดผนึก หรือถึงจุดที่มีการเปลี่ยนรูปแบบของการขาด แล้วจึงจะทำให้ค่าความแข็งแรงของรอยผนึกเริ่มคงที่ ส่วนความดันในการปิดผนึก จะมีผลต่อความแข็งแรงของรอยผนึกน้อยมาก หากฟิล์มที่มีสารปิดผนึกหนา จะให้ความแข็งแรงของรอยผนึกสูงกว่าฟิล์มที่มีสาร

ปิดผนึกบาง แต่ฟิล์มจากวัสดุหลักที่หนา จะให้ค่าความแข็งแรงของรอยผนึกต่ำกว่าฟิล์มจากวัสดุหลักที่บาง วิธีการปิดผนึกด้วยความร้อนที่เหมาะสมควรใช้อุณหภูมิแท่งปิดผนึก ที่สูงกว่าจุดหลอมเหลวของสารปิดผนึกเล็กน้อย โดยให้มีความร้อนเพียงพอเฉพาะต่อการหลอมสารปิดผนึกเท่านั้น โดยมีเวลาในการปิดผนึกที่เพียงพอที่จะให้สารปิดผนึกมีอุณหภูมิถึงจุดหลอมเหลว และเกิดพันธะที่ผิวสัมผัสได้ ส่วนความดันในการปิดผนึกควรใช้ค่าความดันต่ำเพื่อป้องกันการบิดเบี้ยวของรอยผนึก

3. ได้ศึกษาการลดความสูญเสียในกระบวนการตัดและปิดผนึกถุงพลาสติก โดยวิธีออกแบบการทดลอง กรณีศึกษา โรงงานผลิตถุงพลาสติกบรรจุภัณฑ์ (กรวิชญ์ จุฬะวนะพันธุ์, 2557) มีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานจากกระบวนการตัดและปิดผนึกถุงพลาสติกบรรจุภัณฑ์ โดยทำการศึกษาข้อมูลภายในโรงงาน พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มาจากเม็ดพลาสติกประเภทโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำมียอดการผลิตสูงที่สุด และปัญหารอยปิดผนึกก้นถุงยืด เป็นปัญหาที่พบมากที่สุดในกระบวนการผลิต ซึ่งคิดเป็น 78.2 เปอร์เซ็นต์ ของการเกิดของเสียที่กระบวนการตัดและปิดผนึกถุงพลาสติก งานวิจัยนี้เริ่มต้นจากการกำหนดขอบเขตของปัญหาและทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหารอยปิดผนึกก้นถุงยืด โดยใช้แผนภาพแสดงเหตุและผล และสรุปปัจจัยจากการระดมสมองผู้ชำนาญการที่เกี่ยวข้อง พบว่าปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้องกับการเกิดของเสียประเภทดังกล่าว ได้แก่ ความเร็วในการป้อนแผ่นพลาสติก และอุณหภูมิของบาร์กด จึงนำทั้ง 2 ปัจจัย มาทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล แบบ 3 ระดับ (3k Factorial Design) เพื่อยืนยันผล ผลจากการศึกษาพบว่าระดับของปัจจัยที่เหมาะสมคือ ความเร็วในการป้อนแผ่นพลาสติกอยู่ที่ระดับ 35 ชิ้นต่อนาที และอุณหภูมิของบาร์กดเท่ากับ 255 องศาฟาเรนไฮต์ สามารถลดของเสียลักษณะก้นถุงยืด จากทั้งหมด 6 เปอร์เซ็นต์ เหลือเพียง 3.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคิดเป็นเงินที่สามารถลดของเสียลงได้เป็นมูลค่าประมาณ 38,900 บาทต่อเดือน

4. ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องปิดผนึกแบบอิมพัลส์ (ประทวน พุกเจริญ, 2556) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา หาคุณภาพเครื่องปิดผนึกแบบริมพัลส์ และหาคุณภาพ รอยปิดผนึกของเครื่องปิดผนึกแบบริมพัลส์ กลุ่มตัวอย่าง คือ พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) ที่ใช้ในการผลิตแผ่นคลุมผ่าตัดชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย เครื่องปิดผนึกแบบริมพัลส์ที่พัฒนาขึ้น แบบประเมินคุณภาพ 5 ด้าน คือ ด้านหน้าที่ใช้สอย ด้านความ ปลอดภัย ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน ด้านความสวยงามน่าใช้ ด้านการซ่อมบำรุง และแบบ ประเมินคุณภาพรอยปิดผนึก ส่วนสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และค่า เบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า คุณภาพของเครื่องปิดผนึกแบบริมพัลส์ที่ได้จากการประเมิน คุณภาพของผู้ทรงคุณวุฒิมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับดี($\bar{X}$ =4.43, S.D.=0.30) และผลการหาคุณภาพ รอยปิดผนึกของเครื่องปิดผนึกแบบริมพัลส์ได้คะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ =4.99, S.D.=0.07)ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

5. ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องปิดผนึกสุญญากาศข้าวสารถุง (สุนทร โล่นพันธ์ และ นิติกร หลีชัย, 2559) ได้ทำการพัฒนาและสร้างเครื่องปิดผนึกสุญญากาศ กระบวนการทำงานมีส่วนหลัก 2 ส่วน คือ การดูดสุญญากาศ และการปิดผนึก โดยการทำงานเริ่มจากการนำข้าวสารใส่ถุงสุญญากาศแล้วจึงดูดอากาศออกจากถุงโดยใช้เครื่องดูดสุญญากาศ จากนั้นเครื่องจะทำการปิดผนึกปากถุงให้สนิทโดยการใช้ลวดความร้อน ในการทดลองได้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การทดลองที่ 1 กระบวนการปิดผนึกสุญญากาศข้าวสาร 1 กิโลกรัม โดยใช้ถุงสุญญากาศขนาด 7 × 11 นิ้ว ใช้เวลาเฉลี่ยในการดูดสุญญากาศ 26.99 วินาที ที่ความดัน 36 cmHg และเวลาในการปิดผนึก 23.98 วินาที ซึ่งกระบวนทั้งหมดใช้เวลาเฉลี่ยรวมเท่ากับ 50.97 วินาที และการทดลองที่ 2 การทดสอบรอยรั่ว โดยการนำถุงบรรจุภัณฑ์ที่ปิดผนึกมาตรวจสอบ จำนวน 60 ถุง มีจำนวนถุงที่ไม่มีรอยรั่วทั้งหมด 60 ถุง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์

6. ได้ศึกษาการปรับปรุงกระบวนการซีลบรรจุภัณฑ์ถุงพลาสติก (วาทิต ภูสุวรรณและอัญชลี กลางอรัญ, 2555) ได้เสนอวิธีการแก้ไขปัญหาโดยการออกแบบและประกอบเครื่องซีลกึ่งอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยนิวเมติกส์ซึ่งผลหลังจากการแก้ไขและทำการทดลองจึงสามารถสรุปได้ว่าเครื่องซีลกึ่งอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยนิวเมติกส์มีประสทธิภาพในการทำงานที่ดี ได้แรงกดคงที่และสามารถทันต่ออัตราการผลิต ไม่ก่อให้เกิดของเสีย แต่ต้องฝึกหัดผู้ปฏิบัติงานให้มีความชำนาญ

7. ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง “Design of Numerically Controlled Cutting and Sealing Machine for Plastic Cup-type Lead” (Weilu Zhu and Huiqiong Deng, 2010) เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการตัดส่วนปลายของถุงพลาสติก นอกจากนี้ผู้เขียนให้วงจรควบคุมไฟฟ้าที่แสดงให้เห็นว่าระบบตัดอัตโนมัติที่มีประสิทธิภาพสูงที่มีข้อผิดพลาดที่มีน้อยและสามารถบันทึกจำนวนถุงพลาสติกที่ตัดไปแล้ว รวมทั้งช่วยลดกำลังคนในกระบวนการผลิตได้

6. เทคโนโลยีการปิดผนึก

1. เครื่องปิดผนึกด้วยมือ (Impulse Hand Sealer) เป็นเครื่องปิดผนึกที่ใช้แรงงานคนเป็นหลัก มีระบบและกลไกที่ไม่ซับซ้อนเริ่มจากอุ่นแถบเหล็กด้วยฮีตเตอร์ด้วยการประมาณค่าความร้อน ซึ่งต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการใช้เครื่องปิดผนึกด้วยมือส่งผลให้ผลิตภัณฑ์อาจหลอมละลายเมื่อความร้อนสูงเกินไปและไม่ปิดผนึกกันเมื่อความร้อนต่ำเกินไป ดังภาพ 2.15

ภาพ 2.15 เครื่องปิดผนึกด้วยมือ (Impulse Hand Sealer)

2. เครื่องปิดผนึกเท้าเหยียบ (Impulse Foot Sealer) เป็นเครื่องปิดผนึกที่ควบคุมได้ไม่ซับซ้อน โดยเมื่อต้องการปิดผนึกสามารถใช้เท้าเหยียบกดแผ่นเหล็กที่ทำให้ร้อนด้วยฮีตเตอร์เช่นเดียวกับเครื่องปิดผนึกด้วยมือ ดังนั้นยังต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญที่มีความชำนาญในการใช้เครื่องปิดผนึกเท้าเหยียบ (Impulse Foot Sealer) หากแผ่นเหล็กร้อนเกินไปจะทำให้ถุงพลาสติกละลายและถ้าแผ่นเหล็กเย็นเกินไปจะทำให้ถุงพลาสติกไม่หลอมละลายติดกัน ดังภาพ 2.16

ภาพ 2.16 เครื่องปิดผนึกเท้าเหยียบ (Impulse Foot Sealer)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

งานวิจัยนี้ประกอบด้วยเนื้องานที่สำคัญสองส่วน คือ ส่วนของการสร้างการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ และส่วนของการนำการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการไปทดสอบหาความพึงพอใจของผู้ใช้ ซึ่งพนักงานในโรงงานอุตสาหกรรมได้ศึกษาการใช้งานอย่างถูกต้องเพื่อศึกษาข้อมูลและพัฒนาชิ้นงานที่ได้จากการวิจัยจนนำไปสู่การนำไปใช้ ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์ได้จริง ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนวางแผนการดำเนินงานวิจัย การออกแบบและสร้างวงจรสำหรับควบคุม รวมไปถึงการออกแบบหน้าตาของเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการซึ่งในระบบไฟฟ้าจะมีการควบคุมหลักการทำงานอย่างเป็นระบบในการทำงานอธิบายเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ศึกษาการทำงานเครื่องเดิม ณ สถานประกอบการ

เปิดสวิตช์ที่กล่องควบคุม แล้วปรับระดับการหน่วงเวลาความร้อนตัวเครื่องปิดผนึกแบบเท้าเหยียบ สามารถปรับหน่วงเวลาการปิดผนึกได้ 1-10 ระดับ โดยทั่วไปถ้าเป็นถุงบาง 2 ชั้น ให้ปรับระดับเลข 3 ถ้าหากเป็นถุงแก้ว หรือถุงพับจีบข้าง ให้ปรับระดับเลข 4 หรือระดับเลข 5 แต่แนะนำว่าให้เริ่มจากระดับน้อย ๆ ก่อนถ้าปิดผนึกถุงไม่ติด หรือติดไม่แน่นจึงเพิ่มระดับการหน่วงเวลานำถุงวางบนที่ปิดผนึก ดึงปากถุงให้เรียบและตึง แล้วใช้เท้าเหยียบลงที่แป้นเหยียบจนสุด จะมีไฟ LED สีเขียวขึ้น ใช้เวลาประมาณ 1-4 วินาที (ขึ้นอยู่กับการตั้งหน่วงเวลา) พอไฟสีเขียวดับให้เหยียบค้างไว้อีก 2 วินาที (รอให้ลวดฮีตเตอร์เย็น) จึงยกแป้นเหยียบขึ้นและนำถุงออกได้เลยรอยปิดผนึกถุงจะติดแน่นไม่หลุดออกง่าย

2. ตรวจสอบปัญหาเครื่องเดิมและหาแนวทางการแก้ไขและพัฒนา

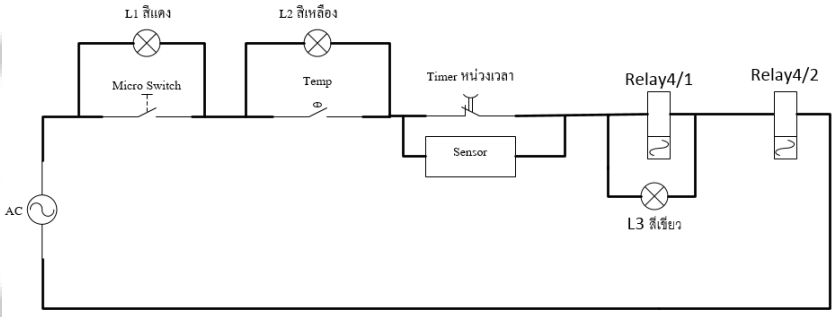
ปัญหาที่พบ คือ การปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ไม่ติด เป็นการตรวจพบโดยเจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพ ซึ่งปัญหาดังกล่าวเป็นผลทำให้เสียเวลาในการนำผลิตภัณฑ์ไปปิดผนึกใหม่ นอกจากนั้นแล้วเจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพจะต้องตักเตือนพนักงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการปิดผนึกบรรจุภัณฑ์นั้น เมื่อมีการตักเตือนบ่อย ๆ มีผลทำให้พนักงานมีความรู้สึกสูญเสียความมั่นใจและขวัญกำลังใจในการทำงานตามไปด้วย ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาฮีตเตอร์ที่เกี่ยวข้องและสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาและ

นำไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาดังกล่าว เพื่อลดจำนวนผลิตภัณฑ์ของเสียที่ไม่ผ่านข้อกำหนดการตรวจสอบในกระบวนการผลิตและเพื่อหามาตรฐานการปฏิบัติงานให้แก่พนักงานอีกด้วย

3. การออกแบบโครงสร้างและหลักการดำเนินการในการพัฒนา

เนื่องจากเครื่องปิดผนึกแบบใช้มอเตอร์ที่ได้ออกแบบไปนั้นมีปัญหาของการติดตั้งอุปกรณ์ให้เที่ยงตรงและแรงกดขณะปิดผนึกไม่สม่ำเสมอทั้งแนว จึงได้มีการเสนอแนวคิดที่จะใช้เครื่องที่ควบคุมด้วยระบบนิวเมติกส์ในการทำงานเพื่อให้ได้แรงกดในการปิดผนึกเท่ากันตลอดทั้งแนวปิดผนึกและเครื่องปิดผนึกแบบใช้นิวเมติกส์นี้สามารถติดตั้งได้ง่ายกว่า

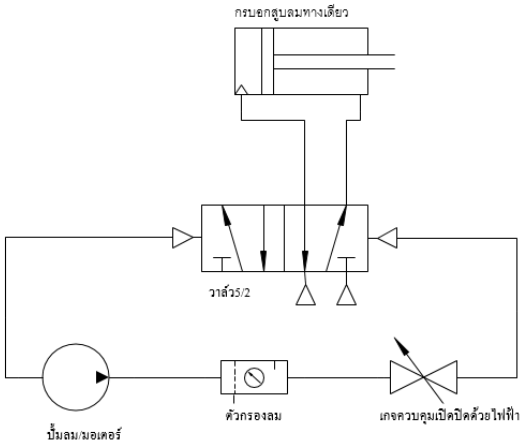
4. ขั้นตอนการทำงานของวงจรไฟฟ้า



ภาพที่ 3.1 แสดงภาพการทำงานวงจรไฟฟ้าและระบบนิวเมติกส์

เมื่อจ่ายไฟฟ้า 220โวลต์ เข้าสวิตช์ไปหาปุ่มปรับอุณหภูมิให้ได้เหมาะสมอยู่ที่ 160 องศาเซลเซียส แล้วนำถุงผ่านเซนเซอร์ตรวจจับหน่วงเวลา 1 วินาที แล้วสั่งให้โซลินอยวาล์วทำการดึงกระบอกสูบลงเพื่อหลอมละลายถุงพลาสติกประมาณ 4 วินาที ก็จะตัดดันขึ้น

5. ขั้นตอนการทำงานวงจรนิวเมติกส์

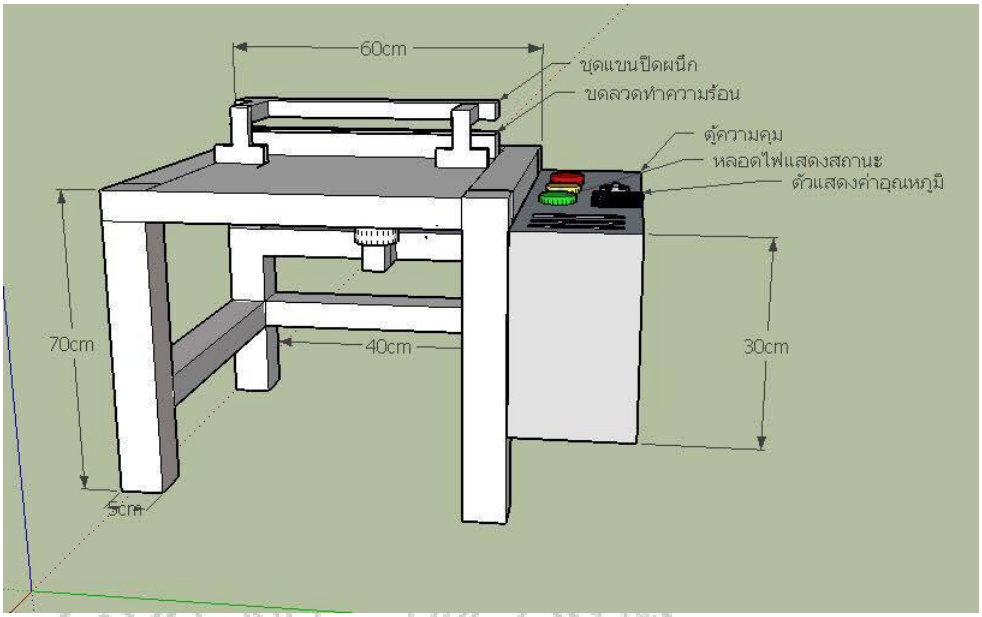


ภาพ 3.2 แสดงภาพการทำงานของระบบนิวเมติกส์

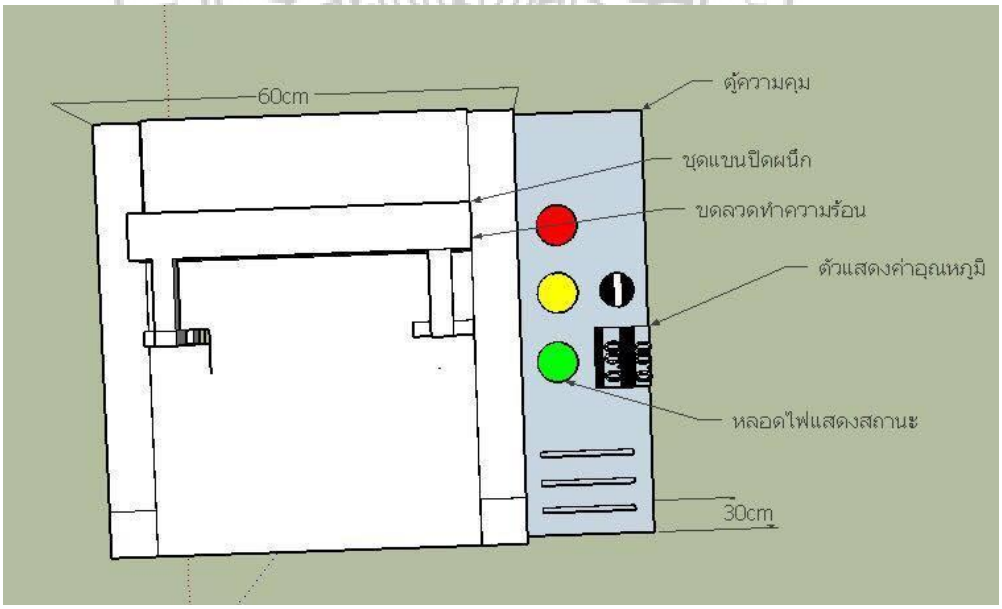
หลักการทำงานการทำงานของระบบนิวเมติกส์ ปั้มลมชนิดมอเตอร์ทำงานจะส่งแรงดันลมไปที่ตัวกรองลมเพื่อแยกเอาไอน้ำออกจากลมจากนั้นส่งต่อไปที่เกจควบคุมเปิดปิดด้วยไฟฟ้า แล้วต่อไปที่โซลินอวาล์ว 5/2 เพื่อให้แรงลมไปอัดเข้าที่กระบอกลูกสูบลมให้ทำงานดันออก จากนั้นกระแสลมจะกลับไปที่ตัวโซลินอยวาล์ว 5/2 แล้วกลับเข้าไปยังปั้มลมชนิดมอเตอร์ครบวงจร

6. โครงสร้างการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ

โดยได้รับการสนับสนุนอุปกรณ์ในการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ อาทิ ถุงพลาสติกในการทำการทดลองและเครื่องสร้างพื้นฐานต่างๆ ซึ่งขนาดโครงสร้างการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกดังภาพ 3.3



ภาพ 3.3 ขนาดโครงสร้างการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ



ภาพ 3.4 แสดงภาพโครงสร้างด้านบนการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ

รายละเอียดโครงสร้างแต่ละส่วน

1. ความยาวโต๊ะ 60 เซนติเมตร
2. ตู้คอนโทรลกว่า 30 เซนติเมตร
3. หลอดไฟแสดงสถานะในการทำงานต่าง ๆ
4. ตัวแสดงค่าอุณหภูมิความร้อนของฮีตเตอร์
5. ความกว้างของขาโต๊ะ 5 เซนติเมตร
6. โต๊ะสูงขนาด 70 เซนติเมตร
7. แขนค้ำรับน้ำหนักกระบอกสูบนิวเมติกส์ 40 เซนติเมตร

7. ขั้นตอนการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ มีขั้นตอน ดังนี้

ภาพ 3.5 แสดงภาพการขึ้นโครงสร้างการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ

ภาพ 3.6 แสดงภาพการนำชุดปิดผนึกถุงพลาสติกมาทำการยึดติดกับโครงสร้างให้แน่นหนา

ภาพ 3.7 แสดงภาพทำการเชื่อมคานยึดแขนชุดปิดผนึกกับกระบอกสูบลมนิวเมติกส์

ภาพ 3.8 แสดงภาพทำการเจาะช่องเพื่อทำการยึดแขนปิดผนึก

ภาพ 3.9 แสดงภาพทำการยึดกระบอกสูบกระบอกสูบลมนิวเมติกส์

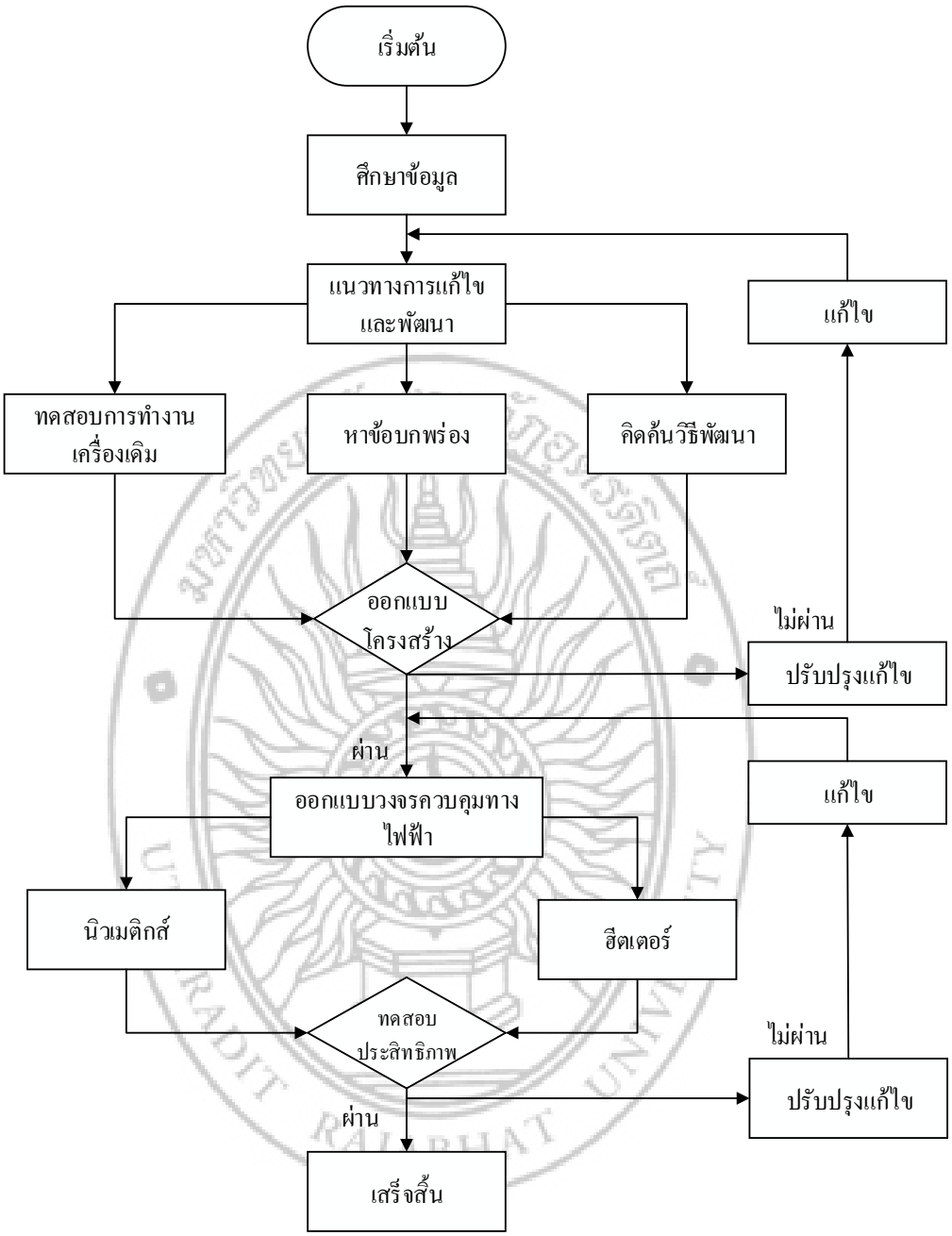
ภาพ 3.10 แสดงภาพทำการยึดแขนปิดผนึกถุงพลาสติกให้แน่น

ภาพ 3.11 แสดงภาพติดตั้งระบบวงจรไฟฟ้าและนิวเมติกส์

ภาพ 3.12 แสดงภาพโครงสร้างจริงของการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ

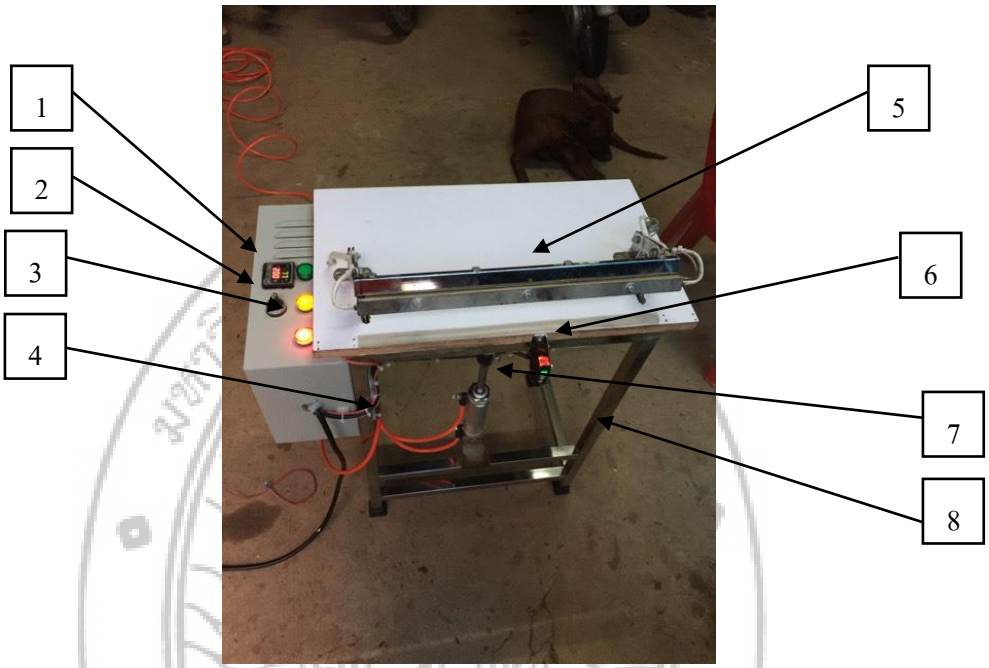
8. ขั้นตอนการทำงานการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ

เป็นความต้องการของสถานประกอบที่ได้มีการพูดคุยกัน เพราะการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการมีค่าความร้อนแสดงให้ทราบเมื่อความร้อนของแผ่นเหล็กได้ตามที่ตั้งค่าไว้ก็จะทำการปิดผนึกเองแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยขั้นตอนการทำงาน ดังภาพ 3.13



ภาพที่ 3.13 แสดงภาพขั้นตอนการดำเนินงาน

9. คู่มือการใช้งานเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ ดังภาพ 3.14



ภาพที่ 3.14 แสดงภาพคู่มือการใช้งาน

ส่วนประกอบของเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกควบคุมด้วยระบบนิวเมติกส์

1. ปุ่มตั้งอุณหภูมิ
2. สวิตช์ปิด/เปิด
3. ไฟโชว์สถานะ
4. สายลม
5. แขนชุดปิดผนึก
6. เซนเซอร์ตรวจจับพลาสติก
7. กระบอกสูบลมนิวเมติกส์
8. โต๊ะสแตนเลส

วิธีการใช้งาน

1. เปิดปั้มลมเพื่อเข้าสู่ระบบนิวเมติกส์
2. เปิดสวิตช์ให้พร้อมสำหรับการใช้งาน
3. ตั้งอุณหภูมิให้เหมาะสมสำหรับถุงพลาสติก
4. เตรียมถุงพลาสติกเพื่อผ่านเซนเซอร์ตรวจจับพลาสติก แล้วระบบนิวเมติกส์จะทำงาน

ข้อควรระวัง

1. ควรตรวจเช็คอุปกรณ์ของเครื่องปิดผนึก และส่วนประกอบของเครื่องปิดผนึกทุกครั้งก่อนใช้งาน
2. กรณีที่เครื่องมีปัญหาให้ปิดสวิตช์เครื่องทันที
3. ไม่ควรเอามือไปจับฮิตเตอร์ทำความร้อนขณะเครื่องทำงาน
4. ควรหลีกเลี่ยงการทำความสะอาด เพราะอาจทำให้อุปกรณ์วงจรควบคุมในเครื่องปิดผนึกเกิดการเสียหาย

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 4

ผลการศึกษา และอภิปรายผล

การประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าเพื่อพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ โดยทำการศึกษาและวิเคราะห์ผลการทดลอง รวมทั้งถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกให้กลุ่มเป้าหมาย คือ กลุ่มผู้ใช้บรรจุภัณฑ์ประเภทพลาสติกในอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

4.1.1 ทามเมอร์ตั้งเวลา	1	อัน
4.1.2 ตัวปรับแรงดันไฟฟ้า	1	อัน
4.1.3 ฮีตเตอร์ชนิดแผ่น	1	เส้น
4.1.4 ตัวแรงดันหาค่าโวลต์	1	เครื่อง
4.1.5 ปั้มลม	1	เครื่อง
4.1.6 ตัวปรับแรงดันลม	1	เครื่อง
4.1.7 เกจวัดแรงดันลม	1	อัน

4.2 ลำดับขั้นตอนการทดสอบ

4.2.1 เตรียมเครื่องปิดผนึกถุงถุงพลาสติกทั้งสองแบบ คือ เครื่องปิดผนึกถุงพลาสติกแบบใช้เท้าเหยียบและเครื่องปิดผนึกถุงพลาสติกพลาสติกควบคุมด้วยระบบนิวเมติกส์ โดยเตรียมแรงดันลมให้พร้อมใช้สำหรับในการปิดถุงถุงพลาสติก

4.2.2 เตรียมสถานที่ใช้สำหรับปั้มลมหรือถังลมใช้สำหรับระบบนิวเมติกส์

4.2.3 เตรียมอุปกรณ์จับเวลาในการทดสอบและตรวจสอบประสิทธิภาพในการหลอมละลายถุงพลาสติกทั้งสองชนิด

4.2.4 สังเกตการณ์ตรวจสอบประสิทธิภาพและบันทึกผลการทดลอง

4.3 วัดประสิทธิภาพการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ

ตารางที่ 4.1 แสดงตารางการทดสอบประสิทธิภาพการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ

ครั้งที่	อุณหภูมิ (องศา)	ภาพการปิดผนึกถุงพลาสติก	ผลการปิดผนึกถุงพลาสติก (ผ่าน/ไม่ผ่าน)
1	90		✘
2	100		✓

ตารางที่ 4.1 แสดงตารางการทดสอบประสิทธิภาพการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ (ต่อ)

ครั้งที่	อุณหภูมิ (องศา)	ภาพการปิดผนึกถุงพลาสติก	ผลการปิดผนึกถุงพลาสติก (ผ่าน/ไม่ผ่าน)
3	110		✓
4	120		✘
5	130		✓
6	140		✓

ตารางที่ 4.1 แสดงตารางการทดสอบประสิทธิภาพการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ (ต่อ)

ครั้งที่	อุณหภูมิ (องศา)	ภาพการปิดผนึกถุงพลาสติก	ผลการปิดผนึกถุงพลาสติก (ผ่าน/ไม่ผ่าน)
7	150		✓
8	160		✓
9	170		✓
10	180		✘

4.2 การหาประสิทธิภาพของการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ

ตารางที่ 4.2 แสดงตารางการใช้พลังงานไฟฟ้าของการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ

จำนวนครั้ง	กระแสไฟฟ้า (A)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กำลังไฟฟ้า (W)	ระยะเวลาทำงาน (h)
1	0.8	233.1	186.48	6
2	0.9	233.3	188.973	6
3	0.9	233.5	210.15	6
4	0.9	233.2	209.88	6
5	0.8	233.4	186.56	6
6	0.9	233.1	210.24	6
7	0.9	233.3	210.33	6
8	0.8	233.2	186.48	6
9	0.9	233.6	186.56	6
10	0.9	233.7	186.8	6
Max	0.9	233.7	210.33	6
Min	0.8	233.1	186.48	6
Average	0.88	233.3	196.25	6

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

การหาประสิทธิภาพการพัฒนาเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกควบคุมด้วยระบบนิวเมติกส์ ทั้งหมด 15 ครั้ง สรุปผลการทดลอง ดังนี้ การทดลองครั้งที่ 1 ทำการวัดกระแสไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 0.8 แอมป์ ต่อมาทำการวัดแรงดันไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 233.1 โวลต์ คิดเป็นกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 186.48 วัตต์ การทดลองครั้งที่ 2 ทำการวัดกระแสไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 0.9 แอมป์ ต่อมาทำการวัดแรงดันไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 233.3 โวลต์ คิดเป็นกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 188.973 วัตต์ การทดลองครั้งที่ 3 ทำการวัดกระแสไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 0.9 แอมป์ ต่อมาทำการวัดแรงดันไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 233.5 โวลต์ คิดเป็นกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 210.15 วัตต์ การทดลองครั้งที่ 4 ทำการวัดกระแสไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 0.9 แอมป์ ต่อมาทำการวัดแรงดันไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 233.2 โวลต์ คิดเป็นกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 209.88 วัตต์ การทดลองครั้งที่ 5 ทำการวัดกระแสไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 0.8 แอมป์ ต่อมาทำการวัดแรงดันไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 233.4 โวลต์ คิดเป็นกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 186.56 วัตต์ การทดลองครั้งที่ 6 ทำการวัดกระแสไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 0.9 แอมป์ ต่อมาทำการวัดแรงดันไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 233.4 โวลต์ คิดเป็นกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 186.56 วัตต์ การทดลองครั้งที่ 7 ทำการวัดกระแสไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 0.9 แอมป์ ต่อมาทำการวัดแรงดันไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 233.1 โวลต์ คิดเป็นกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 210.24 วัตต์ การทดลองครั้งที่ 8 ทำการวัดกระแสไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 0.8 แอมป์ ต่อมาทำการวัดแรงดันไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 233.2 โวลต์ คิดเป็นกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 186.48 วัตต์ การทดลองครั้งที่ 9 ทำการวัดกระแสไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 0.9 แอมป์ ต่อมาทำการวัดแรงดันไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 233.6 โวลต์ คิดเป็นกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 186.56 วัตต์ การทดลองครั้งที่ 10 ทำการวัดกระแสไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 0.9 แอมป์ ต่อมาทำการวัดแรงดันไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 233.7 โวลต์ คิดเป็นกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 186.8 วัตต์ การโดยคิดระยะเวลาการทำงานของเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกควบคุมด้วยระบบนิวเมติกส์เท่ากับ 6 ชั่วโมง ซึ่งเท่ากันทุกครั้งที่ทำการหาประสิทธิภาพ

จากการสรุปผลการวิจัยพบว่า เครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกควบคุมด้วยระบบนิวเมติกส์ สามารถปิดผนึกได้อุณหภูมิที่ 160 องศาเซลเซียส ใช้กำลังไฟฟ้า 185.457 วัตต์ ใช้เวลาทำงาน 6 ชั่วโมงต่อวัน คิดเป็นรายเดือนทั้งหมด 30 วัน และอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค มีค่าเท่ากับ 4.3093 บาทต่อหน่วยไฟฟ้า เครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกควบคุมด้วยระบบนิวเมติกส์ จะเสียค่าไฟฟ้า 143.50 บาทต่อเดือน ซึ่งเมื่อเทียบกับการลดแรงงานคน 1 คน

คิดค่าแรงวันละ 300 บาท ทำงาน 30 วัน คิดเป็นเงิน 9,000 บาทต่อเดือน สรุปได้ว่าเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์พลาสติกควบคุมด้วยระบบนิวเมติกส์ สามารถลดต้นทุนการผลิตกระบวนการในทางอุตสาหกรรมได้ถึง 8,856.50 บาทต่อเดือน หรือ 106,278 ต่อปี

บรรณานุกรม

ธนรัตน์ แต้วัฒนา (2549). **เครื่องปิดผนึกซองพร้อมบรรจุก๊าซไนโตเจน** วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีที่ : 1 ฉบับที่ : 1 เลขหน้า : 24-31 ปีพ.ศ. : 2549

นาตยา เอื้อพิทักษ์สกุล (2539). **การปิดผนึกความร้อนของฟิล์มพอลิโพรพิลีนที่ใช้ในบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนนำฟิล์มที่ใช้ในการบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อน** วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวัสดุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กรวิชญ์ จุฬะวนะพันธุ์ (2557) **การลดความสูญเสียในกระบวนการตัดและปิดผนึกถุงพลาสติก โดยวิธีออกแบบการทดลอง กรณีศึกษา โรงงานผลิตถุงพลาสติกบรรจุภัณฑ์** วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ประทวน พุกเจริญ, (2556) **การพัฒนาเครื่องปิดผนึกแบบอิมพัลส์** ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สุนทร โล่นพันธ์ และ นิติกร หลีชัย, (2559) **การพัฒนาเครื่องปิดผนึกสุญญากาศข้าวสารถุง** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก

วาทิต ภูสุวรรณ และ อัญชลี กลางอรัญ, (2555) **การปรับปรุงกระบวนการซีลบรรจุภัณฑ์ถุงพลาสติก** วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

Weilu Zhu and Huiqiong Deng, (2010) **Design of Numerically Controlled Cutting and Sealing Machine for Plastic Cup-type Lead.** Electrical and Control Engineering (ICECE), 2010.