เครื่องปิดผนึกซองพร้อมบรรจุก๊าซไนโตรเจน

Sealing Machine with Nitrogen Gas Contained

ผศ. ธนรัตน์ แต้วัฒนา

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 26120

โทร : 0-2664-1000 ต่อ 2040 E-mail : thanarat@swu.ac.th

บทคัดย่อ : การถนอมอาหารถือว่าเป็นเรื่องที่สำคัญ โดยทั่วไปแล้วการถนอมอาหารนั้นมีอยู่หลายวิธี โดยเฉพาะอาหารประเภทขนมอบกรอบ ฉะนั้นการใช้ก๊าซไนโตรเจนบรรจุลงในหีบห่อจึงเป็นอีกวิธีในการป้องกันการเน่าเสียและลดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นลง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผู้ผลิตต้องจัดหาเครื่องจักรที่ทำหน้าที่ปิดผนึกและบรรจุก๊าซไนโตรเจนในเวลาเดียวกัน แต่เครื่องประเภทนี้จะทำงานโดยระบบอัตโนมัติที่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและสร้างเครื่องปิดผนึกซองพร้อมบรรจุก๊าซไนโตรเจน โดยเครื่องที่สร้างมีขนาด 30x35x45 เซนติเมตร ทำงานด้วยระบบอัตโนมัติ ควบคุมการทำงานด้วยระบบนิวแมติกส์ประสมไฟฟ้า การปิดผนึกด้วยแท่งความร้อนโดยมีชุดควบคุมอุณหภูมิด้วยการตั้งเวลา และมีชุดควบคุมความดันของก๊าซไนโตรเจนที่บรรจุ โดยบรรจุภัณฑ์ที่ใช้กับเครื่องจะเป็นซองอลูมิเนียมฟอยล์สำเร็จรูปปิดผนึกมาแล้ว 3 ด้าน จากผลการทดลองพบว่าเครื่องที่สร้างนี้มีความสามารถในการปิดผนึกซองประมาณ 550 ซองต่อชั่วโมง(เดินต่อเนื่อง) ที่อุณหภูมิที่เหมาะสมการใช้งานที่ 120 องศาเซลเซียส และต้นทุนวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างประมาณ 32,000 บาท

ABSTRCT : The food preservation is essential. In general, there are many ways to preserve foods especially in biscuit products. Therefore, using nitrogen gas to contain in package is a way to prevent and reduce the oxidation. By this reason, a manufacturer considers a sealing machine with nitrogen gas contained. However this machine is operated by automation system and have to order from overseas. So, the main objective of this research is to study and create the sealing machine with nitrogen gas contained with dimension 30 x 35 x 45 cm., operated by automation system and controlled by electro-pnumatic system. The sealing temperature is controlled by time setting while nitrogen gas pressure is controlled by air regulator. The package used for this machine is an aluminum foil case with three-side closed. After run this machine, the result shows its capacity to seal the aluminum foil in 550 pieces per hour continuously. The best temperature for using the seal is about 120 ^{o}C with 32,000 baht for material cost.

KEYWORDS : Sealing machine, Hotseal, Nitrogen gas contained, Food preservation, Aluminum foil

1. บทนำ

การถนอมอาหารนั้นถือว่าเป็นเรื่องสำคัญที่ได้เข้ามามีบทบาทในการดำรงชีวิตของคนทั่วโลก เนื่องจากพฤติกรรมการบริโภคอาหาร มีการเปลี่ยนแปลงมากจากสมัยก่อน โดยคนส่วนใหญ่ต้องการความสะดวกรวดเร็วในการเตรียมอาหารแต่ละวัน ทำให้ความสำคัญด้านการถนอมอาหารเข้ามาสู่ความต้องการของผู้บริโภคมากขึ้น ทำให้จำเป็นต้องมีการเรียนรู้และศึกษาเกี่ยวกับการถนอมอาหาร โดยเฉพาะที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องแปรรูป การเกษตร เพื่อตอบสนองยุทธศาสตร์ครัวไทยสู่ครัวโลกของรัฐบาลไทย

จากข้อมูลของกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม พบว่า [1] มีอาหารไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ที่ต้องอาศัยบรรจุภัณฑ์ที่ช่วยในการถนอมอาหารเพื่อความกรอบ บรรจุภัณฑ์จึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการห่อหุ้มอาหาร ดังนั้นการใช้ก๊าซไนโตรเจนบรรจุลงไปภายในหีบห่อบรรจุภัณฑ์ จึงเป็นทางเลือกในการป้องกันการเน่าเสียและลดปฏิกิริยาออกซิเดชันของอาหารลง ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดออกแบบสร้างเครื่องปิดผนึกซองพร้อมบรรจุก๊าซไนโตรเจนลงในซองอะลูมิเนียมฟอยด์ โดยใช้หลักการระบบอัตโนมัติในการควบคุมการทำงาน และปิดผนึกด้วยแท่งความร้อน (Bar sealer) ที่มีหลักการคล้ายเตารีด ซึ่งแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อนเชื่อมบริเวณปากถุง ซึ่งจะทำให้ผลผลิตมีคุณภาพดีและเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการบรรจุอีกด้วย

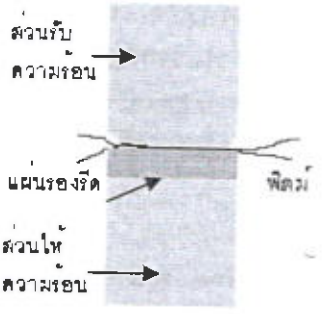
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องปิดผนึกซองพร้อมบรรจุก๊าซไนโตรเจน ตลอดจนเพื่อเป็นการลดการนำเข้าของเครื่องจักรที่สั่งซื้อจากต่างประเทศที่มีราคาสูง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การปิดผนึกร้อน [2]

เครื่องปิดผนึกแบ่งประเภทตามความซับซ้อน ของเครื่องจักรซึ่งแบ่งได้หลายประเภท ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ เลือกการทำงานของเครื่องปิดผนึกแบบแท่งความร้อน (Bar sealer) โดยมีหลักการทำงานคล้ายเตารีด ซึ่งแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อน หลักการของการปิดผนึกแบบนี้เป็นแบบที่นิยมใช้กันมากที่สุด โดยก่อนที่จะปิดผนึกจะต้องจับบริเวณปากถุงให้ตึงเรียบไร้รอยย่นจะได้รอยปิดผนึกที่สมบูรณ์

โดยแท่งความร้อนจะมีเพียงข้างเดียว ดังรูปที่ 1 แสดงการปิดผนึกแบบแท่งความร้อนจะอยู่ด้านบนด้วยการใช้แรงกดอย่างสม่ำเสมอ



รูปที่ 1 การปิดผนึกแบบแท่งความร้อน

2.2 ซองอะลูมิเนียมฟอยด์ (Aluminum foil) [3]

เป็นวัสดุประเภทหนึ่งสำหรับการทำภาชนะบรรจุ ซึ่งนิยมใช้กันมากกว่า 60 ปี โดยจะใช้อะลูมิเนียมที่มีความหนา 0.15 มิลลิเมตรหรือน้อยกว่า โดยมีคุณสมบัติจะต้องกันแสง และกันความชื้น เพื่อทำหน้าที่ในการเก็บรักษาคุณภาพของสินค้าให้นานยิ่งขึ้น [4] ซึ่งซองบรรจุแบ่งได้ 3 ลักษณะคือ

- แผ่นเปลวอะลูมิเนียมธรรมดา
- แผ่นเปลวอะลูมิเนียมที่มีการเคลือบด้วยสารที่ทำให้สามารถปิดผนึกได้ด้วยความร้อน
- แผ่นเปลวอะลูมิเนียมที่มีการเคลือบหรือประกบกับกระดาษหรือพลาสติก

รูปที่ 2 ตัวอย่างซองอะลูมิเนียมฟอยด์

2.3 ไนโตรเจน (N_2) [5]

สารประกอบและเคมีของสารประกอบไนโตรเจน มีมากมาย ครอบคลุมเนื้อหาอย่างกว้างขวางทั้งในสาขาอินทรีย์ และเคมีอินทรีย์ การใช้ประโยชน์ไนโตรเจนอย่าง

กว้างขวางในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ อาหาร ไฟฟ้า ถลุงเหล็ก เป็นต้น

ไนโตรเจนใช้ในอุตสาหกรรมอาหารในการป้องกันการเน่าเสีย ลดปฏิกิริยาออกซิเดชัน การเกิดรา และยังใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องเย็น (Freeze dry) การศึกษาปฏิกิริยาอุณหภูมิต่ำในวงการแพทย์ เช่น ใช้เก็บรักษาโลหิต เนื้อเยื่อ ไขกระดูกและการผ่าตัด ณ อุณหภูมิต่ำ เป็นต้น

2.4 แท่งความร้อน [6]

เป็นคาร์ทริดฮีทเตอร์อุณหภูมิสูง ประกอบด้วยเหล็กสแตนเลส (AISI 321) แกนพันขดลวดทำจากแมกนีเซียมออกไซด์ อัดขึ้นรูปเป็นแท่งขดลวดความร้อน Ni-Cr ถูกกั้นด้วยฉนวนแมกนีเซียมออกไซด์ อัดแน่นอยู่รอบนอกอีกที ฮีทเตอร์กับตัวปลอกวางห่างกันเล็กน้อย ช่วยในการส่งผ่านความร้อนนำได้ดี และยังช่วยให้อายุการใช้งานของฮีทเตอร์ยาวนาน คุณสมบัติทั่วไปของแท่งความร้อน คือ

- กำลังวัตต์ที่ผิดพลาดได้ : -10 + 5%
- ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง : -0.1 + 0 มม.
- ความยาวที่ผิดพลาดได้ : + 2%

2.5 การนำความร้อน (Heat conduction) [7]

การถ่ายเทความร้อนโดยการนำหรือการนำความร้อน คือวิธีการที่ความร้อนเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำในตัวกลางเดียวกัน หรือเป็นการเคลื่อนที่ของความร้อนระหว่างตัวกลางที่ติดกัน แต่มีอุณหภูมิต่างกัน ความร้อนเคลื่อนที่ผ่านโมเลกุลของสารโดยไม่เคลื่อนที่ (อยู่นิ่ง) การนำความร้อนจะเกิดขึ้นได้ดีมากในตัวกลางที่เป็นของแข็ง ซึ่งอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$Q = kA\frac{(T_1 - T_2)}{X} \qquad (1)$$

เมื่อ Q = ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทต่อ 1 วินาที, w

k = สภาพการนำความร้อน, W/m.K (ดังตารางที่ 1)

A = พื้นที่หน้าตัดที่ความร้อนไหลผ่าน, m^2

T_1, T_2 = อุณหภูมิที่สูงและต่ำที่ผิวแต่ละด้าน, K

X = ความหนาของแผ่นราบ, m

ตารางที่ 1 สภาพการนำความร้อนของวัสดุบางชนิด

ชนิดของวัสดุ	สภาพการนำความร้อน (k)
ทองแดง	386
ทองเหลือง	111
อะลูมิเนียม	204
เหล็กคาร์บอน	54
หินอ่อน	2.1-0.8
พลาสติกใส	0.2-0.3
อากาศ	0.02

2.6 ถังบรรจุก๊าซไนโตรเจน [8]

ลักษณะถังบรรจุก๊าซทำจากเหล็ก เป็นภาชนะทรงกระบอกคล้ายท่อขนาดใหญ่ ไม่มีตะเข็บ ก้นถังบรรจุมีทั้งลักษณะก้นแบนและโค้งเล็กน้อย ส่วนหัวจะเรียวเป็นคอของถัง ซึ่งจะสวมวาล์วทองเหลืองเป็นสิ่นปิดเปิดก๊าซ และสำหรับต่อเครื่องวัดและควบคุมความดันในถังบรรจุก๊าซ และความดันไปใช้งานซึ่งความดันสูงสุดที่บรรจุลงในถังประมาณ 150 บาร์ (2200 psi.) และมีปริมาตรประมาณ 40 ลิตร การใช้ไปของก๊าซที่อยู่ในถังสามารถคำนวณหาได้จากสูตรเช่นเดียวกับออกซิเจน [9] ดังนี้

$$\Delta V = \frac{V_1(P_1 - P_2)}{P_{amb}} \qquad (2)$$

เมื่อ ΔV = ปริมาณการใช้ไปของก๊าซ

V_1 = ปริมาณก๊าซเต็มถัง

P_1 = ความดันก่อนใช้งาน

P_2 = ความดันหลังใช้งาน

P_{amb} = ความดันปกติ

2.7 การออกแบบวงจรนิวแมติกส์ [10]

การออกแบบวงจรนิวแมติกส์ มีหลักการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เลือกชนิดของกระบอกสูบให้เหมาะสมกับการใช้งานที่มีจัดจำหน่ายทั่วไป

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดขนาดกระบอกสูบและระยะชัก

ขั้นตอนที่ 3 เลือกชนิดของเมนวาล์ว และขนาดของวาล์ว ให้เหมาะสมกับขนาดของกระบอกสูบ

ขั้นตอนที่ 4 เลือกอุปกรณ์ควบคุมความเร็วของก้านสูบและชนิดของการควบคุมความเร็ว

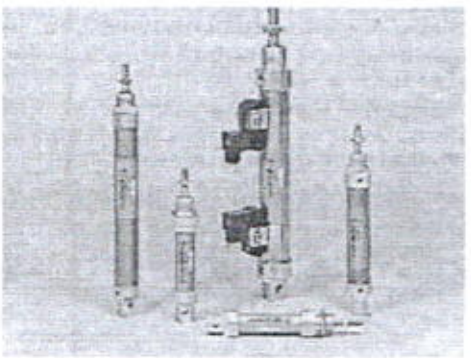
ขั้นตอนที่ 5 กำหนดขั้นตอนการทำงาน และกำหนดตำแหน่งของวาล์วควบคุม โดยเริ่มจากการเขียนไดอะแกรมลำดับการทำงาน (Alphabetic diagram)

ขั้นตอนที่ 6 เขียนไดอะแกรม การไหลลำดับการทำงาน (Alphabetic with signal flow diagram) และไดอะแกรมขั้นตอนการทำงาน (Motion-step diagram)

ขั้นตอนที่ 7 เขียนวงจรควบคุมการทำงาน โดยดูจาก Motion-step diagram

ขั้นตอนที่ 8 เพิ่มเติมเงื่อนไขพิเศษ ลงในวงจรเพื่อให้วงจรสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

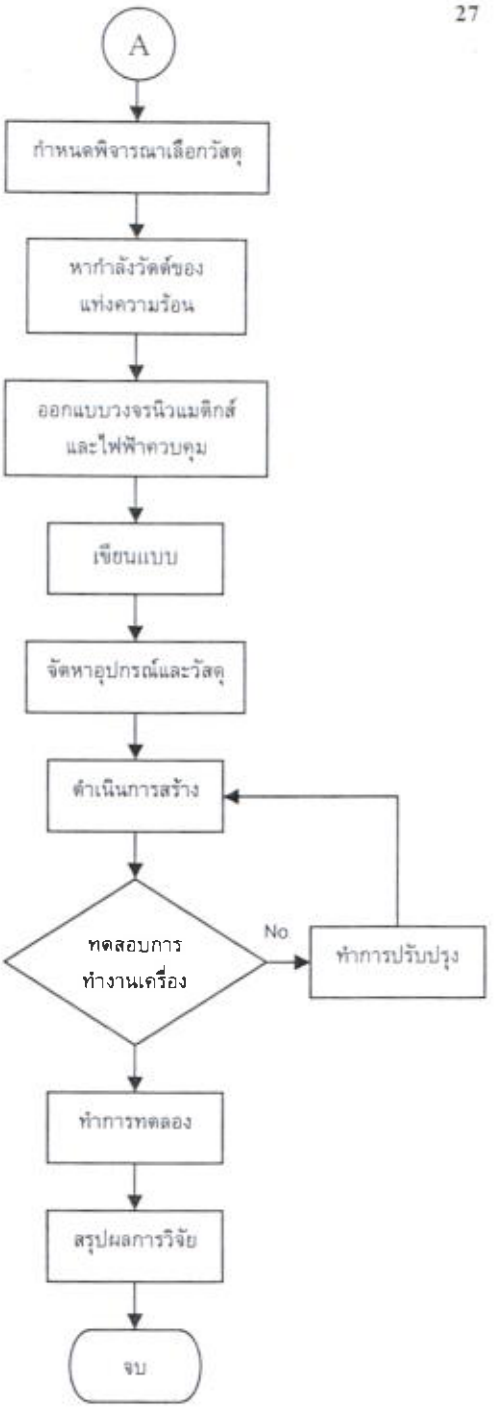
ขั้นตอนที่ 9 ตรวจสอบการทำงานของวงจรที่ออกแบบ และต่อวงจรทดลองกับอุปกรณ์จริง



รูปที่ 3 กระบอกสูบนิวแมติกส์และรีดสวิทช์ (Reed switch)

3. วิธีการทำวิจัย

3.1 ขั้นตอนในการออกแบบและทดลอง มีดังนี้



3.2 ศึกษาแนวคิดและขอบเขตการทำงาน

ในการออกแบบสร้างเครื่องจักรนี้ มีเป้าหมายจะนำไปใช้กับกลุ่มเกษตรกรแปรรูป ศูนย์พัฒนาชุมชนแม่บ้านหอกลอง ต.ด่านจาก อ.โนนไทย จ.นครราชสีมา โดยมีผลิตภัณฑ์ข้าวตังหน้าหมูหยอง บรรจุอยู่ในซองอะลูมิเนียมฟอยด์ มีน้ำหนักสุทธิ 40 กรัม ใช้ซองสำเร็จรูปปิดผนึก 3 ด้าน มีขนาดกว้าง 130 มิลลิเมตร ยาว 190 มิลลิเมตร ความต้องการในการผลิต 4000 กิโลกรัมต่อเดือน หรือ 417 ซองต่อชั่วโมง หรือความเร็วในการทำงานต้องไม่เกิน 8.6 วินาทีต่อซอง

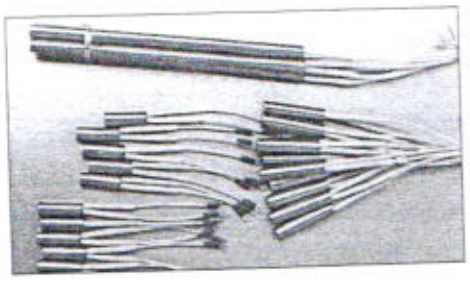
3.3 กำหนดรายละเอียดของการออกแบบ

ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดการออกแบบเบื้องต้น

ส่วนประกอบหลัก	รายละเอียด	เหตุผลหรือประโยชน์
1. โครงสร้าง	- ขนาด 30x35x45 cm - โครงสร้างทำจากโลหะ - รูปทรงสี่เหลี่ยม - ตัวถังเป็นสแตนเลสแผ่น - มีฝาเปิด-ปิดด้านหลัง	- เป็นแบบตั้งโต๊ะขนย้ายสะดวก - เพื่อความแข็งแรง - สะดวกในการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ - ไม่เป็นสนิมและสวยงาม - ใช้ในการซ่อมบำรุง
2. ตัวให้ความร้อน	- กำหนดเป็นการนำความร้อน แท่งผ่านทองเหลืองโดยใช้แท่งความร้อนเพื่อให้ได้อุณหภูมิ 120 °C	- ให้ความร้อนเร็วและนำความร้อนได้ดี
3. กลไกการเคลื่อนที่	- เลือกใช้กระบอกสูบนิวแมติกส์ ชนิดทำงานสองทาง แบบมีแม่เหล็กพร้อมรีดสวิทช์ (Reed switch)	- หาซื้อง่ายสะดวกต่อการติดตั้ง - ง่ายต่อการบำรุงรักษา - ควบคุมการทำงานได้ง่าย
4. การควบคุมอุณหภูมิ	- ปรับตั้งอุณหภูมิโดยผู้ปฏิบัติงาน - ควบคุมด้วยชุดเทอร์โมสตัท	- สะดวกปรับตั้งเองได้ - มีความแม่นยำ
5. การควบคุมความดันของก๊าซไนโตรเจน	- ปรับตั้งด้วยชุดปรับความดัน โดยผู้ปฏิบัติงาน - ปิดและเปิดการจ่ายก๊าซด้วยการตั้งเวลาด้วยชุดตั้งเวลาโดยผู้ปฏิบัติงาน	- สะดวกปรับตัวเองได้ - มีความแม่นยำและปรับได้ตามขนาดของซองที่ใช้

3.4 การคำนวณหากำลังวัตต์แห่งความร้อน

ความร้อนที่ต้องการคือ 120 องศาเซลเซียส ได้จากจุดหลอมละลายของพลาสติกที่เคลือบอยู่บนผิวอะลูมิเนียมฟอยด์ จากสมการที่ 2.1 คำนวณเลือกแท่งความร้อนได้กำลังวัตต์สูงสุดที่มีจำหน่ายคือ 720 วัตต์ โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแท่ง 10 มิลลิเมตร และยาว 155 มิลลิเมตร

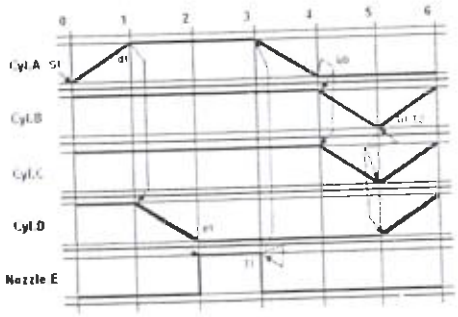


รูปที่ 4 ลักษณะตัวอย่างแท่งความร้อนที่ใช้

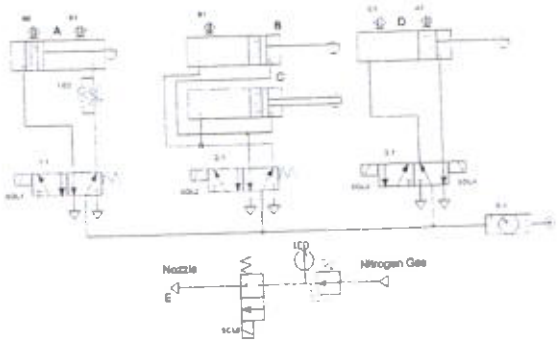
3.5 การออกแบบวงจรนิวแมติกส์และไฟฟ้าควบคุม

กำหนดให้กลไกการทำงานของเครื่องปิดผนึกทำงานด้วยอุปกรณ์ตัวทำงานดังต่อไปนี้

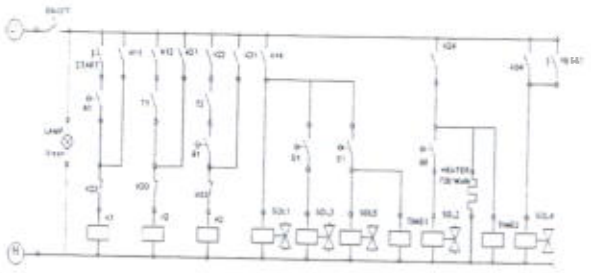
- Cyl.A = ทำหน้าที่นำหัวบรรจุก๊าซเลื่อนขึ้นลง
- Cyl.B&C = ทำหน้าที่นำแท่งความร้อนหนีบซองปิดผนึกด้วยความร้อน
- Cyl.D = ทำหน้าที่หนีบซองเพื่อบรรจุก๊าซ
- Nozzle E = เป็นวาล์วปิด-เปิดก๊าซไนโตรเจน



รูปที่ 5 Motion-step diagram ของตัวทำงานเครื่องปิดผนึก

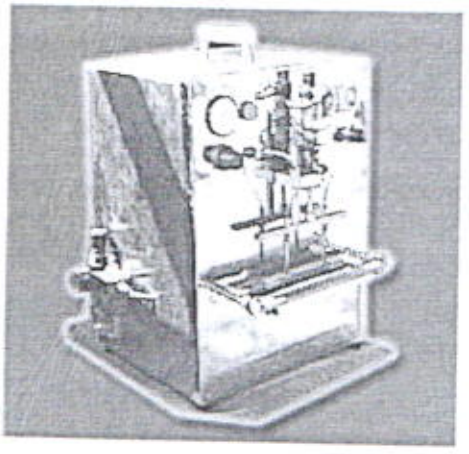


รูปที่ 6 วงจรระบบนิวแมติกส์ของเครื่องปิดผนึก

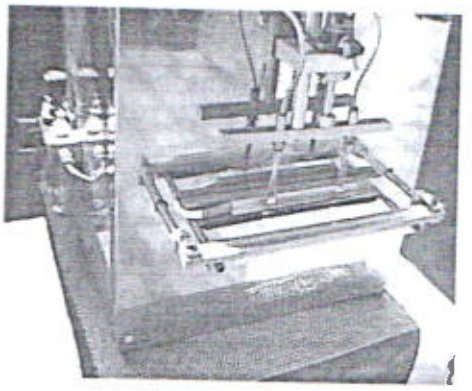


รูปที่ 7 วงจรไฟฟ้าควบคุมการทำงานของเครื่องปิดผนึก

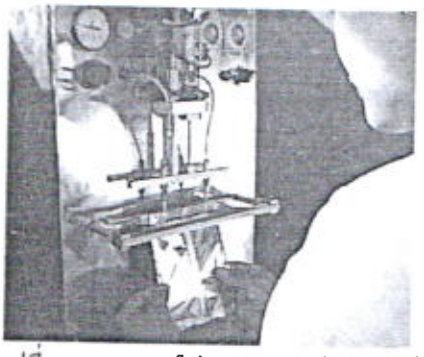
จากรูปที่ 5 ถึง 7 จะแสดงถึงแนวคิดการออกแบบการควบคุมการทำงานของเครื่อง โดยเริ่มจากเมื่อใส่ซองเข้าที่หัวบรรจุก๊าซ ผู้ใช้จะทำการเหยียบสวิทช์ที่เท้า(s1) หัวบรรจุก๊าซเลื่อนลง(Cyl.A) ชุดหนีบซอง(Cyl.D)จะเลื่อนเข้าหนีบซอง(ผู้ใช้ปล่อยมือเพื่อเตรียมซองใหม่)จากนั้นวาล์ว(Nozzle.E)จะเปิดก๊าซไนโตรเจนตามเวลา(T1)ที่ตั้งไว้ เสร็จแล้วหัวบรรจุก๊าซ(Cyl.A) เลื่อนขึ้นพร้อมปิดวาล์วก๊าซ ชุดแท่งความร้อน(Cyl.B&C) เลื่อนเข้ามาเพื่อผนึกซองด้วยความร้อนตามเวลา(T2) จากนั้นชุดแท่งความร้อนและชุดหนีบซองเลื่อนออกทำให้ซองที่ปิดผนึกเสร็จแล้วออกจากเครื่อง เพื่อเตรียมบรรจุซองใหม่ต่อไป



รูปที่ 8 เครื่องปิดผนึกซองพร้อมบรรจุก๊าซไนโตรเจน



รูปที่ 9 ชุดปิดผนึกแท่งนำความร้อนและหัวบรรจุก๊าซ



รูปที่ 10 แสดงการใส่ซองอะลูมิเนียมฟอยด์

4. ผลการวิจัย

4.1 ข้อกำหนดในการทดลอง

การทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องจักรที่สร้าง ซึ่งการปิดผนึกซองอะลูมิเนียมฟอยด์จะมีตัวแปร 3 ตัวแปรหลักที่มีผลต่อคุณภาพของการปิดผนึก ได้แก่ ชนิดของพลาสติกที่เคลือบ เวลาที่ใช้ในการปิดผนึก และอุณหภูมิของแท่งความร้อน แต่การทดลองได้ถูกกำหนดซองที่กลุ่มเกษตรกรกำหนด ซึ่งต้องใช้อุณหภูมิในการปิดผนึก 120 $^{\circ}$C ฉะนั้นจึงเหลือตัวแปรเดียวในการทดลองคือ เวลาที่ใช้ในการปิดผนึก

4.2 วิธีทดลอง

การทดลองจะแบ่งเป็น 3 ชุดการทดลองดังนี้

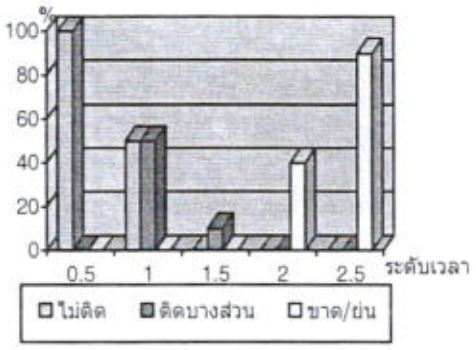
- ทดลองปรับเวลาในการปิดผนึก 5 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 วินาที และทำการตรวจสอบลักษณะของรอยปิดผนึก
- ทดลองการรั่วซึมของการปิดผนึกตามลักษณะของรอยปิดผนึกที่ได้จากการปรับเวลาในแต่ละระดับโดยการกดซองลงในอ่างเพื่อดูฟองอากาศจากการรั่วซึม

● ทดลองหาเวลามาตรฐานของเครื่องโดยการปรับเวลาการปิดผนึกที่ดีที่สุดจากการทดลองข้างต้น จำนวน 100 ครั้ง แล้วมาหาค่าเฉลี่ยของเวลาที่ได้

4.3 ผลการทดลอง

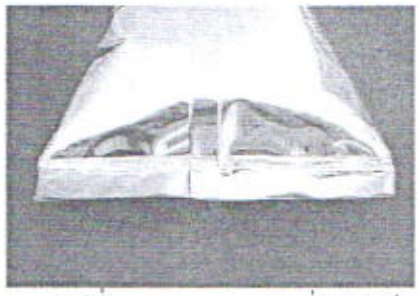
ตารางที่ 3 แสดงผลของรอยการปิดผนึกที่เวลาต่างๆ

ระดับเวลาที่ใช้	% ของเสีย				% ของซองที่สมบูรณ์
	ไม่ติดกัน	ติดบางส่วน	ขาด/ย่น	รวม	
0.5	100	-	-	100	-
1.0	50	50	-	100	-
1.5	-	10	-	10	90
2.0	-	-	40	40	60
2.5	-	-	90	90	10

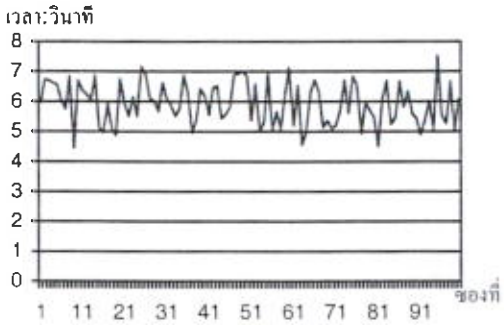


รูปที่ 11 กราฟ % ของเสียที่ระดับเวลาต่างๆ

ผลการทดลองที่ได้พบว่า ระดับเวลาที่ใช้ 0.5-1.0 วินาที นั้นมีของเสีย 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเวลาในการให้ความร้อนที่ถ่ายลงสู่ซองอลูมิเนียมฟอยด์น้อย จึงทำให้อุณหภูมิที่จะหลอมให้ซองผนึกติดกันนั้นต่ำ และมีการรั่วทุกซอง ระดับเวลาที่ 1.5 วินาที เป็นเวลาที่รอยปิดผนึกของซองสวยงามและสมบูรณ์ไม่รั่ว ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ แต่ที่พบติดบางส่วน 10 เปอร์เซ็นต์นั้นจากการสังเกตุ จะเกิดช่วงต้นของการเปิดเครื่องซึ่งอาจมาจากการถ่ายเทความร้อนของแท่งความร้อนอาจยังไม่ทั่วถึง ส่วนระดับเวลาที่ 2.0-2.5 ความสมบูรณ์ของรอยผนึกจะมีน้อยกว่าคือมีการขาด/ย่น แต่การทดสอบรอยรั่วนั้นไม่พบว่ามีรอยรั่ว ซึ่งสาเหตุของการขาดและย่นนั้นมาจากการให้ความร้อนเป็นเวลานานเกินที่ซองอลูมิเนียมฟอยด์จะรับได้ ดังนั้นเวลาที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองจะอยู่ที่ระดับของการตั้งเวลาในการผนึกร้อนที่ 1.5 วินาที



รูปที่ 12 รอยการปิดผนึกที่สมบูรณ์



รูปที่ 13 เวลาที่ได้จากการทดลองเฉลี่ย 5.93 วินาที

จากการบันทึกเวลาของการปิดผนึกซอง ในระดับเวลาที่ปิดผนึกร้อน 1.5 วินาที การทำงานตั้งแต่การหยิบซองจนถึงการบรรจุเสร็จในสภาวะทำงานที่ปกติ จำนวน 100 ครั้ง ได้เวลาเฉลี่ย 5.93 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ 0.71 นำมาหาเวลามาตรฐานของเครื่องโดยให้เวลาเผื่อ 10 % ของเวลาปกติของการทำงาน ได้เวลามาตรฐานการทำงาน

= 5.93 + (5.93x10%)

= 6.523 วินาทีต่อซอง

จากเวลามาตรฐานสามารถหากำลังการผลิตของเครื่อง

= 3600(วินาที) / 6.523(วินาที/ซอง)

= 551.89 ซอง

กำลังการผลิตเครื่องปิดผนึกนี้ เท่ากับ 550 ซองต่อชั่วโมง

4.4 วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองใช้งานเครื่องปิดผนึกฯ พบว่าการใช้งานไม่ยุ่งยากมากนัก โดยมีจุดที่ตั้งปรับตั้งเครื่องก่อนการใช้งาน 2 จุดซึ่งจะเป็นการตั้งเวลาของการเปิด-ปิดก๊าซ และการตั้งเวลาของการปิดผนึกชุดแท่งความร้อน ซึ่งในการใช้งานจริงผู้ใช้จะปรับตั้งเวลาตามขนาดและความหนาของซองที่บรรจุ ส่วนความดันของลมที่ใช้ตั้งอยู่ในค่าใช้งานที่ 6 บาร์ เครื่องปิดผนึกที่สร้างขึ้นมานี้มีต้นทุนวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างไม่รวมค่าแรงงานและค่า

ดำเนินการประมาณ 32,000 บาท ซึ่งถ้ารวมค่าแรงและค่าดำเนินการอีก 100 เปอร์เซ็นต์แล้วเปรียบเทียบกับการนำเข้าจากต่างประเทศที่ขายราคาประมาณ 120,000 บาท ก็ยังถูกกว่าประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ในการจับเวลาในการทดลองเพื่อหาเวลาเฉลี่ยจะมีค่าเบี่ยงเบนมาก เนื่องจากการใช้งานเครื่องฯอาจจะยังไม่ชำนาญ

5. สรุปผลการวิจัย

5.1 ผลการทดลอง

- การปรับตั้งเวลาของการซีลปิดผนึกที่เหมาะสม คือ 1.5 วินาที จะทำให้ซองที่ปิดแล้วมีคุณภาพ รอยปิดที่ได้สวยงาม และนำไปทดสอบรอยรั่วซึมของก๊าซไนโตรเจนที่บรรจุในซอง ไม่มีการรั่วซึม เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาอื่นๆ
- เครื่องปิดผนึกซองที่สร้างขึ้นนี้ มีเวลาเฉลี่ย 5.93 วินาที และค่าเบี่ยงเบนอยู่ที่ 0.71 เวลามาตรฐานที่ได้จากเวลาเฉลี่ยของเครื่องจะบวกเวลาเผื่ออีก 10% ดังนั้นเวลามาตรฐานคือ 6.52 วินาที โดยคิดเป็นกำลังการผลิตปกติที่เครื่องจักรนี้ทำได้ 550 ซองต่อชั่วโมง ซึ่งทำได้เกินจากความต้องการ

5.2 ปัญหาการทำวิจัย

- ชุดควบคุมอุณหภูมิที่ใช้มีช่วงของค่าความผิดพลาดกว้าง (Thermostats) ทำให้กรณีที่เปิดเครื่องทิ้งไว้ไม่ได้ใช้นานๆ อุณหภูมิอาจจะเย็นลงหรือร้อนเกินไป
- ยางที่ทำหน้าที่ปิดปากซองในการทดลองนี้ใช้ยางทั่วไป เมื่ออยู่ใกล้ความร้อนตลอดเวลา จะขาดง่ายทำให้อายุสั้น
- ในการสอดซองเพื่อทำการปิดผนึก สำหรับผู้ปฏิบัติงานที่ยังไม่ชำนาญ อาจจะทำให้เสียเวลาเพราะต้องดึงรีดปากซองให้เรียบก่อนใส่

5.3 ข้อเสนอแนะ

- ชุดควบคุมอุณหภูมิควรเปลี่ยนชนิดที่มีความละเอียดมากกว่านี้ ซึ่งจะเป็นแบบดิจิตอล จะทำให้ควบคุมอุณหภูมิได้แม่นยำ
- ยางที่ใช้รีดซองถุงควรเปลี่ยนเป็นยางที่ทนความร้อน เช่น Viton หรือ ซิลิโคลน จะทำให้ยืดหยุ่นดีและอายุใช้งานนาน
- ระยะห่างของแท่งความร้อนกับชุดรีดปากซองควรเพิ่มระยะให้ห่างกว่านี้ เพื่อความสะดวกในการสอดใส่ซองก่อนปิดผนึก แต่จะมีผลที่ตามมาก็คือต้องเพิ่มระยะชักของชุดกระบอกสูบตาม

6. กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์พัฒนาชุมชนแม่บ้านหอกลอง ตำบลค่ายจาก อำเภอโนนไทย จังหวัดนครราชสีมา ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนสมาชิกทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม.*บรรจุภัณฑ์อนอมอาหาร*[Online]แหล่งที่มา : http://www.deqp.go.th[2547,พ.ย.17]

[2] ปุ่นและสมพร คงเจริญเกียรติ, 2541. *บรรจุภัณฑ์อาหาร* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ยี่เฮง, 2541.

[3] มยุรา ปรารถนาเปลี่ยน. *บรรจุภัณฑ์แบ่งย่อย* [Online] แหล่งที่มา:http://www.nfi.or.th/food-technology-new/print/print_eng.htm [2547,พ.ย.18]

[4] จิตราบรรจุภัณฑ์,*ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แท้*[Online] แหล่งที่มา:http://www.gitapack.com[2547,พ.ย.,17]

[5] ชัยวัฒน์ เจนวานิชย์. *สารานุกรมธาตุ* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : O.S. Printing house Ltd., 2525.

[6] Tempco Electric Heater Corporation. *Cartridge Heaters* [Online] Available from: http:// www.tempco.com[2004,November 17]

[7] สุนันท์ ศรัณนิตย์. *การถ่ายเทความร้อน*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรม เครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2538.

[8] วิชัยและศศิวิมล มาแสง. *การเชื่อมโลหะเบื้องต้น* กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์เจริญธรรม, 2537.

[9] บรรเลง ศรนิล. *ตารางงานโลหะ*. กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2524

[10] ธนะรัตน์ แต้วัฒนา. *นิวแมติกส์อุตสาหกรรม* กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2541