การออกแบบและพัฒนาเครื่องปิดฝากระป๋องกึ่งอัตโนมัติแบบใช้อุปกรณ์นิวแมติก

Design and Development of Pneumatic Semi-Automatic Seamer

ชาคริต ศรีทอง[1], อรวิกา แก้วเชื้อ[1] และ ศุภกิตต์ สายสุนทร[2]

Chacrit Sritong[1], Onwika Kaewchur[1] and Supakit Sayasoonthorn[2]

Abstract

This research aimed to design and develop the pneumatic semi-automatic seamer. The methodology consisted of designing, fabricating, testing, and evaluating. Its main components consisted of a electro-pneumatic controlling unit, a 50 x 100 mm (bore x stroke) of pneumatic cylinder which was used for lifting the can platform in vertical direction, 30 x 40 mm of pneumatic cylinder which were used for moving can-lid rollers, a valve for controlling pneumatic system, a motor and drive unit and a steel frame. Furthermore, the testing process consisted of the study of the external appearance of can after seaming, the testing of the seam thickness and length, the body and covers hook, and the overlap. Then, the 211 x 109 mm of two-pieces cans were tested. The leakage resistance testing of can following Thai International Standard (TIS) 90-2530. In addition, the result showed that no leakage, the external appearance of can after seaming had no any blemish or effect of roller and can supported bar. The overlap was 48.59-49.12%, which is greater than the recommended overlap of 45% for satisfactory seaming.

Key Words: Can, Seamer, Pneumatic

[1] คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์

[1] Faculty of Industrial Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University

[2] ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

[2] Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkhen

รับเรื่อง: มกราคม 2554

Corresponding author: agrspks@ku.ac.th

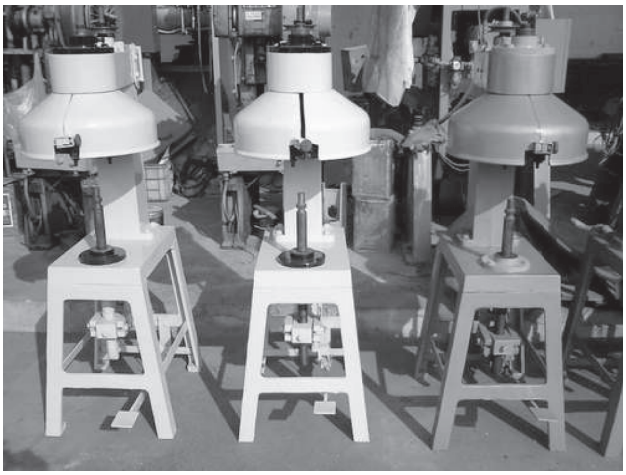
บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องปิดฝากระป๋องกึ่งอัตโนมัติแบบใช้อุปกรณ์นิวแมติก การดำเนินงานประกอบด้วย การออกแบบ สร้าง ทดสอบ และประเมินผล เครื่องปิดฝากระป๋องกึ่งอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นใช้ระบบนิวแมติกไฟฟ้าในการควบคุม มีชิ้นส่วนหลักประกอบด้วย ชุดควบคุมระบบนิวแมติกไฟฟ้า กระบอกสูบนิวแมติกขนาด 50 x 100 มม. (เส้นผ่าศูนย์กลาง x ความยาวช่วงชักกระบอกสูบ) สำหรับเลื่อนแท่นวางกระป๋องให้เคลื่อนที่ขึ้น-ลงในแนวดิ่ง กระบอกสูบนิวแมติก ขนาด 30 x 40 มม. สำหรับเลื่อนลูกรีดฝากระป๋อง วาล์วควบคุมระบบนิวแมติก มอเตอร์และชุดขับเคลื่อน และโครงเครื่อง วิธีการทดสอบประกอบด้วย การศึกษาลักษณะภายนอกของกระป๋องหลังปิดฝาแล้ว การทดสอบเพื่อหาความหนาตะเข็บ ความยาวตะเข็บ ขอตัว ขอฝา และส่วนที่เกยกัน (Overlap) โดยทดสอบกับกระป๋องขนาด 211 x 109 แบบ 2 ชิ้น และทดสอบความไม่รั่วซึมตาม มอก. 90-2530 ผลการทดสอบพบว่า กระป๋องไม่รั่วซึม ลักษณะภายนอกของกระป๋องหลังปิดฝาไม่มีรอยตำหนิ รอยกระทบที่เกิดจากลูกรีด และแท่นสวมฝากระป๋อง สำหรับส่วนที่เกยกัน มีค่าเท่ากับ 48.59-49.12% ซึ่งมากกว่า 45% ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้สำหรับการปิดฝากระป๋อง

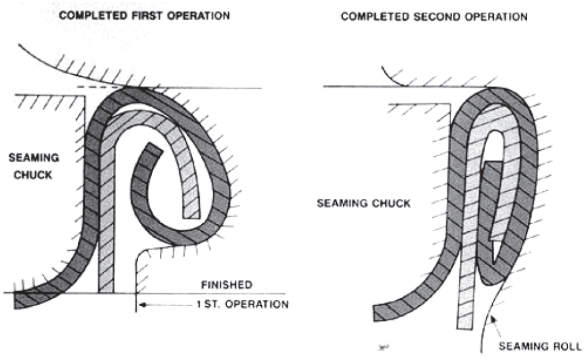
คำนำ

ปัจจุบันรัฐบาลได้สนับสนุนให้มีการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจในระดับชุมชน โดยมุ่งเน้นส่งเสริมให้มีการสร้างและพัฒนาผลิตภัณฑ์ของแต่ละชุมชนท้องถิ่น หรือที่รู้จักในนามหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (One Tumbol One Product, OTOP) ดังนั้นกลุ่มเกษตรกรทุกภาคส่วน จึงมีแนวความคิดในการเพิ่มคุณค่าของผลิตภัณฑ์ (Value added) เพื่อผลักดันให้สินค้าเป็นที่ยอมรับมากขึ้น ซึ่งหมายถึงโอกาสในการทำการตลาด การขาย และการส่งออก กลุ่มสตรีสหกรณ์เกษตรกรคลองสอง จ.ปทุมธานี ได้ตระหนักถึงความสำคัญดังกล่าว จึงได้ผลิตน้ำพริกบรรจุกระป๋อง ซึ่งวัตถุดิบส่วนใหญ่หาได้จากในท้องถิ่น และได้รับการยอมรับทางด้านรสชาติเป็นอย่างดี แต่ปัญหาที่พบคือ ปัญหาด้านกระบวนการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องปิดฝากระป๋อง เนื่องจากขาดทักษะที่จะปฏิบัติกับเครื่องจักร และขาดเครื่องจักรที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากเครื่องชนิดนี้ต้องใช้แรงงานในการปิดฝาประป๋อง โดยใช้เท้าเหยียบแป้นด้านล่าง เพื่อให้กระป๋องยกตัวขึ้น และต้องใช้มือในการโยกคันโยกเพื่อให้ลูกกลิ้งรีดปิดฝากระป๋อง เมื่อปฏิบัติงานเป็นระยะเวลานานทำให้เกิดความเมื่อยล้าและส่งผลต่อคุณภาพในการปิดฝากระป๋อง ทำให้เกิดความสูญเสียระหว่างกระบวนการผลิต

สำหรับการปิดฝาประป๋อง ส่วนที่สำคัญที่สุดคือตะเข็บกระป๋อง เนื่องจากกระป๋องจะต้องผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน ตะเข็บกระป๋องจึงต้องซ้อนทับกันมากพอและทนความดันที่เกิดขึ้นระหว่างการฆ่าเชื้อได้ หากปิดฝากระป๋องไม่สนิท มีรอยรั่ว รอยตะเข็บของกระป๋องมีตำหนิจากการปิดกระป๋องไม่ดี หลังจากการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน เมื่อกระป๋องเย็นตัวลง ความดันภายในกระป๋องจะลดลงต่ำกว่าภายนอก ดังนั้นความดันภายนอกจะดันน้ำที่ใช้ในการหล่อเย็นเข้ามาภายในกระป๋อง ทำให้จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำถูกดูดเข้าไปรวมกับอาหาร ส่งผลให้อาหารเน่าเสียได้ (Hersom and Hulland, 1980) ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าว จึงเกิดแนวคิดในการนำอุปกรณ์นิวแมติกมาติดตั้งร่วมกับเครื่องปิดฝากระป๋อง ทำให้ใช้งานได้ง่าย ทำงานได้รวดเร็ว เป็นมิตรกับผู้ใช้ เป็นการยกระดับกระบวนการผลิตโดยใช้เทคโนโลยีเข้าช่วย เพื่อให้กลุ่มสตรีสหกรณ์เกษตรกรคลองสอง มีศักยภาพในการแข่งขันในสภาวการณ์ปัจจุบันได้ต่อไป



ภาพที่ 1 เครื่องปิดฝากระป๋องกึ่งอัตโนมัติแบบใช้แรงงานคน

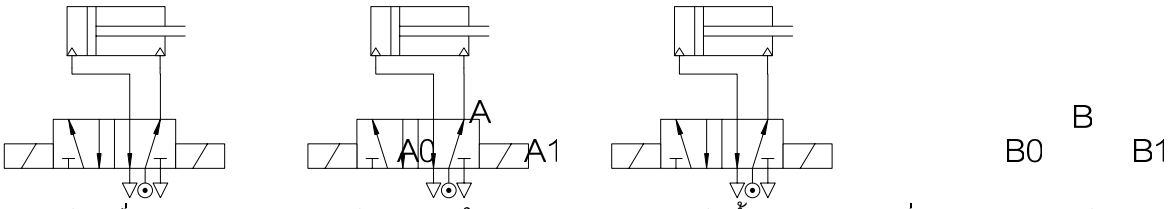


ภาพที่ 2 ขั้นตอนการปิดฝากระป๋อง

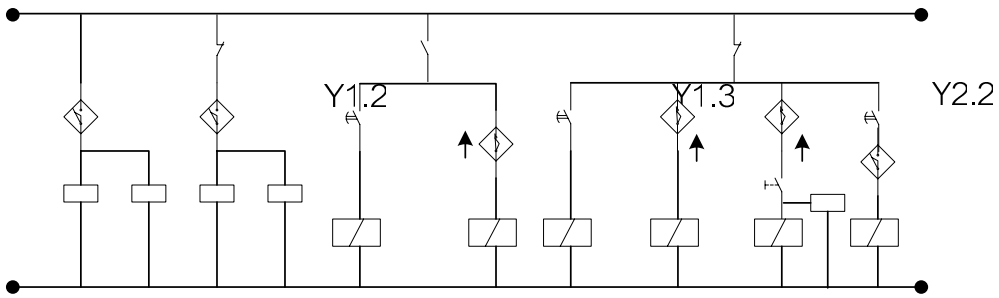
อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องปิดฝากระป๋องกึ่งอัตโนมัติแบบใช้แรงงานคน(ภาพที่ 1) ได้ถูกนำมาเป็นต้นแบบในการพัฒนา เนื่องจากเครื่องปิดฝากระป๋องชนิดนี้ มีหลักการทำงานไม่ซับซ้อน ราคาไม่แพงเหมาะสำหรับอุตสาหกรรมในครัวเรือน Berk (2009) อธิบายวิธีปิดฝากระป๋องของเครื่องชนิดนี้ว่ามีการทำงานอยู่ 2 ขั้นตอนด้วยกัน คือ ขั้นตอนแรก ม้วนให้ขอฝา (Cover hook) พับเข้าด้านในของขอตัว (Body hook) (โดยใช้ลูกรีดที่ 1) และขั้นตอนที่ 2 บีบให้ขอฝาและขอตัว อัดตัวติดแน่นเข้าด้วยกัน (โดยใช้ลูกรีดที่ 2) (ภาพที่ 2)

การออกแบบการทำงานของเครื่องปิดฝากระป๋องกึ่งอัตโนมัติแบบใช้อุปกรณ์นิวแมติก ใช้กระบอกสูบนิวแมติกจำนวน 3 กระบอกสูบ เป็นอุปกรณ์ทำงาน โดยกระบอกสูบที่ 1 ทำหน้าที่ควบคุมให้แท่นวางกระป๋องยกตัวขึ้น กระบอกสูบที่ 2 และ 3 ทำหน้าที่ควบคุมให้ลูกรีดที่ 1 และ 2 ทำงานตามลำดับ ใช้การออกแบบวงจรแบบสัญญาณซ้อนทับ (Overlap Signal) และใช้เทคนิคการลดกลุ่มงาน วงจรกำลังและวงจรควบคุมด้วยระบบไฟฟ้าของเครื่องปิดฝากระป๋องที่ออกแบบ แสดงในภาพที่ 3

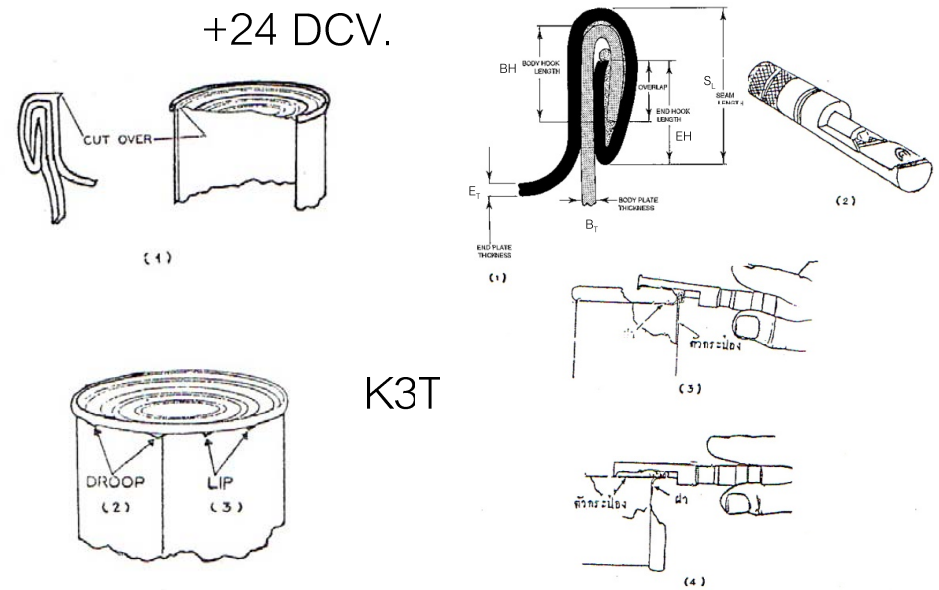


ก) วงจรกำลัง เมื่อกระบอกสูบ A สำหรับควบคุมให้แท่นวางกระป๋องยกตัวขึ้น กระบอกสูบที่ B และ C สำหรับควบคุมให้ลูกรีดที่ 1 และ 2 ทำงานตามลำดับ



ข) วงจรควบคุม

ภาพที่ 3 วงวรนิวแมติกไฟฟ้าสำหรับเครื่องปิดฝากระป๋องกึ่งอัตโนมัติแบบใช้อุปกรณ์นิวแมติก



ภาพที่ 4 ลักษณะความผิดปกติของตะเข็บ 1) สันคม 2) ย้วย 3) ขอฝาพับไม่เข้า

ภาพที่ 5 การวัดขนาดตะเข็บกระป๋อง 1) ส่วนประกอบของตะเข็บ 2) ไมโครมิเตอร์ 3) การวัดความหนา 4) การวัดความยาวของตะเข็บ

B-

C+

หลังจากพัฒนาเครื่องแล้ว ทำการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง และทำการทดสอบปิดฝา กับกระป๋องขนาด 211 x 109 แบบ 2 ชิ้น (30 กระป๋อง/การทดสอบ) กระป๋องที่ผ่านการปิดฝาแล้วจะถูก:

1) ตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ และลักษณะภายนอกของกระป๋อง ได้แก่ การตรวจสภาพภายนอก ตะเข็บ สันคม ย้วย ขอฝาพับไม่เข้า (ภาพที่ 4) ขอไม่เกี่ยวกัน ตะเข็บไม่สมบูรณ์ รอยกระทบ และรอยตำหนิที่เกิดจากลูกกลิ้งและแท่นสวมฝากระป๋อง

2) วัดขนาดของตะเข็บกระป๋อง (ภาพที่ 5) โดยใช้ไมโครมิเตอร์ เพื่อหาความหนาตะเข็บ (Seam thickness) ความยาวตะเข็บ (Seam length) ส่วนที่เกยกันของขอตัวขอฝา และคำนวนหาส่วนที่เกยกัน (Overlap) ดังสมการที่ 1 (Jitjaroen, 1996) โดยตรวจสอบ 3 จุด/กระป๋อง แต่ละจุดทำมุมห่างกัน 120 องศา

ค่าของส่วนที่เกยกัน (%)= (1)

เมื่อ EH = ความยาวขอฝา μm
BH = ความยาวขอตัว μm
E_T = ความหนาของฝา μm
S_L = ความยาวตะเข็บ μm
B_T = ความหนาของตัวกระป๋องμm

กระป๋องที่ดีควรมีค่าของส่วนที่เกยกันมากกว่า 45% (Jitjaroen, 1996)

3) ทดสอบความไม่รั่วซึมตาม มอก. 90-2530 (กระป๋องโลหะสำหรับบรรจุอาหาร) โดยนำกระป๋องที่ต้องการทดสอบจุ่มลงใต้น้ำ แล้วอัดอากาศเข้าไปในกระป๋องจนอ่านค่าความดันอากาศที่มาตรวัดได้ 35 kPa เป็นเวลา 15 นาที แล้วสังเกตุฟองอากาศ

ผลการทดลอง

เครื่องปิดฝากระป๋องกึ่งอัตโนมัติแบบใช้อุปกรณ์นิวแมติก

เครื่องปิดฝากระป๋องกึ่งอัตโนมัติแบบใช้อุปกรณ์นิวแมติก ได้ถูกออกแบบเพื่อแก้ข้อจำกัดของเครื่องปิดฝากึ่งอัตโนมัติแบบใช้แรงงานคน โดยการติดตั้งกระบอกสูบนิวแมติกและอุปกรณ์ตั้งเวลา (Timer) สำหรับการควบคุมให้แท่นวางกระป๋องยกตัวขึ้น และควบคุมให้ลูกรีดทั้ง 2 ลูกทำงานเพื่อปิดฝากระป๋องแทนการปฏิบัติโดยใช้แรงงานคน เครื่องปิดฝากระป๋องที่พัฒนาขึ้น (ภาพที่ 6ก และ ข) ประกอบด้วย 1) ชุดควบคุม 2) กระบอกสูบสำหรับเลื่อนแท่นวางกระป๋อง 3) ชุดกระบอกสูบเลื่อนลูกรีด 4) ชุดวาล์วควบคุมระบบนิวแมติก 5) มอเตอร์และชุดขับเคลื่อน และ 6) โครงเครื่อง

เครื่องปิดฝากระป๋องกึ่งอัตโนมัติแบบใช้อุปกรณ์นิวแมติก มีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

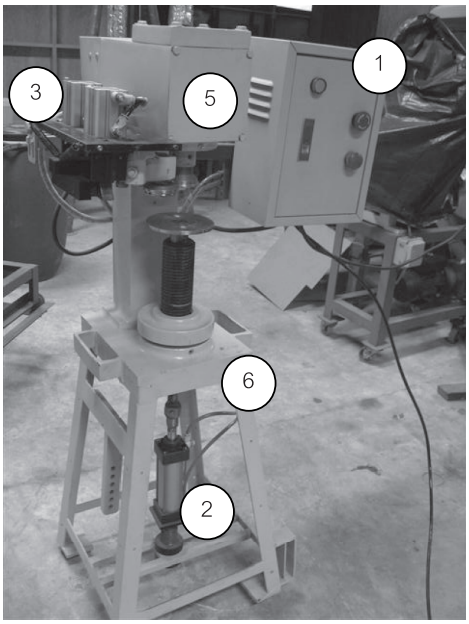
1) ต่อลมเข้าสู่ชุดอุปกรณ์ควบคุมระบบนิวแมติก โดยปรับค่าแรงดันลมที่ 6 bar

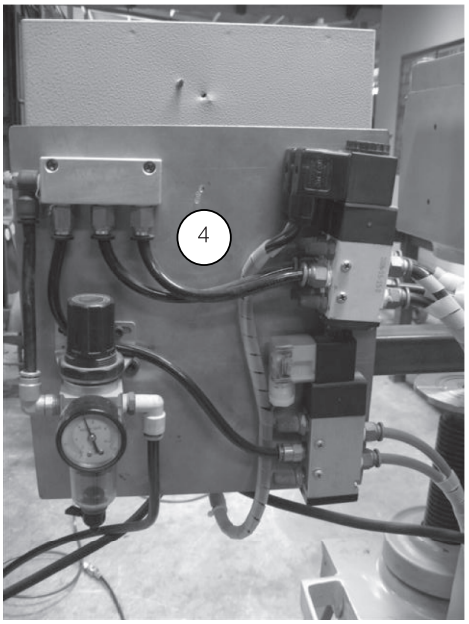
2) วางกระป๋องพร้อมฝาที่ต้องการปิด ไว้บนแท่นวางกระป๋อง

3) กดสวิทซ์ที่ตู้ควบคุม เพื่อสั่งการให้กระบอกสูบนิวแมติกทำงาน แท่นวางกระป๋องจะถูกกระบอกสูบดันให้ยกตัวขึ้น (ภาพที่ 7) (ระยะการเลื่อนขึ้น-ลงสามารถปรับตั้งให้เหมาะสมกับกระป๋องได้โดยหมุนปรับเกลียวแป้นวางกระป๋อง) กระป๋องและฝาปิดจะเลื่อนขึ้นจนชนกับที่กดกระป๋องซึ่งถูกมอเตอร์ขับให้หมุนอยู่ทางด้านบน

4) ในขณะที่แท่นวางกระป๋องยกตัวขึ้นนี้อุปกรณ์ตั้งเวลา จะจับเวลา จนเมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้ จะมีสัญญาณลมสั่งให้ชุดกระบอกสูบเลื่อนลูกรีดทำงาน โดยที่ปลายกระบอกสูบแต่ละกระบอกจะติดตั้งแท่งโลหะที่มีลักษณะคล้ายลิ่ม (ภาพที่ 8) แท่งโลหะดังกล่าวนี้จะไปดันให้ชุดบังคับลูกรีด (ภาพที่ 9) ที่ 1 และ 2 เข้าไปปิดฝากระป๋องตามลำดับ

5) เมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้กระบอกสูบเลื่อนลูกรีดจะเคลื่อนที่กลับ จากนั้นกระบอกสูบสำหรับเลื่อนแท่นวางกระป๋องจะเคลื่อนที่ลง

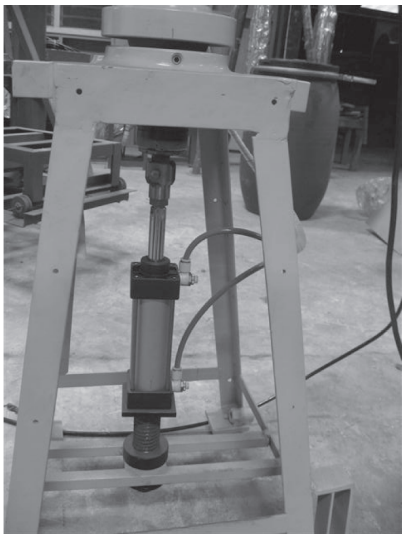


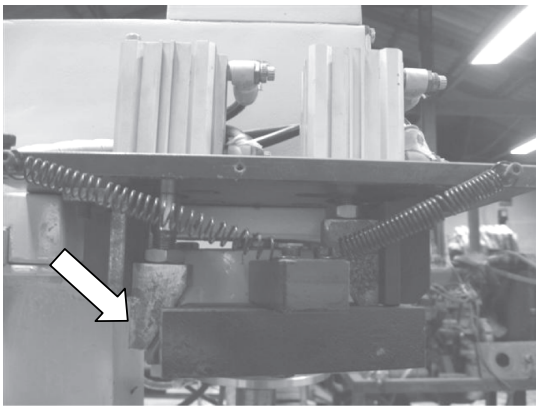


ก) ส่วนประกอบของเครื่องปิดฝากระป๋อง ข) ชุดควบคุมระบบนิวแมติก

กึ่งอัตโนมัติแบบใช้อุปกรณ์นิวแมติก

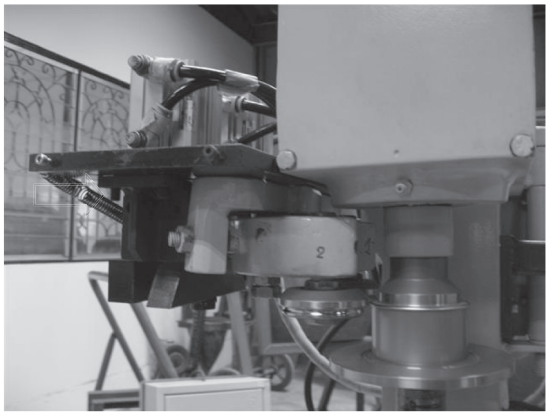
ภาพที่ 6 เครื่องปิดฝากระป๋องกึ่งอัตโนมัติแบบใช้อุปกรณ์นิวแมติก





ภาพที่ 7 กระบอกสูบสำหรับเลื่อนแท่นวางกระป๋อง ขณะทำงาน

ภาพที่ 8 กระบอกสูบเลื่อนลูกรีด ในขณะทำงาน



ภาพที่ 9 ชุดบังคับลูกรีดที่ 1 และ 2 ขณะปิดฝากระป๋อง

ตารางที่ 1 ขนาดของตะเข็บประป๋อง

ขนาดของตะเข็บกระป๋อง	ค่าจากเครื่องปิดฝากระป๋อง (µm)	ค่ามาตรฐานตาม Jitjaroen (1996) (µm)
ความหนาตะเข็บ	125-127	116-127
ความยาวตะเข็บ	288-295	289-315
ส่วนที่เกยกันของขอตัว	207-215	190-215
ส่วนที่เกยกันของขอฝา	182-183	182-208
ส่วนที่เกยกัน	48.59-49.12%	มากกว่า 45%

ผลการทดสอบปิดฝากระป๋อง

1) เวลาที่ใช้ในการปิดฝากระป๋องของเครื่องปิดฝากระป๋องกึ่งอัตโนมัติแบบใช้แรงงานคน มีค่าเฉลี่ย 32 วินาที/กระป๋อง และมีอัตราการผลิตเท่ากับ 80 กระป๋อง/ชั่วโมง สำหรับเวลาที่ใช้ในการปิดฝากระป๋องของเครื่องที่พัฒนาขึ้น มีค่าเฉลี่ย 35 วินาที/กระป๋อง และมีอัตราการผลิตเท่ากับ 90 กระป๋อง/ชั่วโมง

2) ผลการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ และลักษณะภายนอกของกระป๋อง ไม่พบความเสียหายจากสันคม ย้วย ตะเข็บไม่สมบูรณ์ ขอไม่เกี่ยวกัน ขอฝาพับไม่เข้า รอยกระทบและรอยตำหนิที่เกิดจากลูกกลิ้งและแท่นสวมฝากระป๋อง

3)ผลการวัดขนาดของตะเข็บกระป๋องเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานตาม Jitjaroen (1996) ซึ่งดัดแปลงจาก American Can Company (1957) แสดงในตารางที่ 1 พบว่า ความหนาตะเข็บ มีค่า 125-127 µm ความยาวตะเข็บ มีค่า 288-295 µm ขอตัว มีค่า 207-215 µm ขอฝา มีค่า 182-183 µm ซึ่งทุกค่าอยู่ในช่วงมาตรฐาน และส่วนที่เกยกัน มีค่าเท่ากับ 48.59-49.12% ซึ่งมากกว่า 45% ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้สำหรับการปิดฝากระป๋อง

4) ผลการทดสอบความไม่รั่วซึมตาม มอก. 90-2530 โดยกรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พบว่า ผ่านการทดสอบ

วิจารณ์

การทำงานของกระบอกสูบนิวแมติกสำหรับการควบคุมให้แท่นวางกระป๋องยกตัวขึ้น และควบคุมให้ลูกรีดทำงานเป็นแบบควบคุมโดยใช้เวลา โดยเป็นการควบคุมให้ลูกสูบไปถึงตำแหน่งที่กำหนด (อาจเคลื่อนที่จนสุดระยะชักหรือไม่ก็ได้) ในเวลาที่ต้องการ ซึ่งสอดคล้องกับ Wang et al (1999) ที่รายงานว่า การควบคุมสำหรับกระบอกสูบ

นิวแมติกมีสองแบบได้แก่ การควบคุมโดยใช้เวลา และการควบคุมโดยใช้ตำแหน่ง นอกจากนี้แล้วเมื่อติดตั้งกระบอกสูบนิวแมติกเพิ่มเข้ากับเครื่องปิดฝากระป๋อง ทำให้การฝากระป๋องที่ปิดมีค่าส่วนที่เกยกันเท่ากับ 48.59-49.12% สอดคล้องกับ Salian and Wadayar (1976) ที่รายงานว่าส่วนที่เกยกัน ควรมีค่ามากกว่า 45% ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้สำหรับการปิดฝากระป๋อง

เมื่อเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ ในการปิดฝากระป๋องของเครื่องที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องปิดฝากระป๋องกึ่งอัตโนมัติแบบใช้แรงงานคน พบว่า เครื่องที่พัฒนาขึ้นใช้เวลาเฉลี่ยมากกว่าเครื่องแบบใช้แรงงานคน 3 วินาที/กระป๋อง แต่เมื่อพิจารณาอัตราการผลิต พบว่า เครื่องที่พัฒนาขึ้นมีอัตราการผลิตมากกว่าเครื่องแบบใช้แรงงานคน 10 กระป๋อง/ชั่วโมง ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากการปฏิบัติกับเครื่องแบบใช้แรงงานคน ต้องใช้เท้าเหยียบแป้นเหยียบด้านล่างเพื่อให้กระป๋องยกตัวขึ้นตลอดระยะเวลาปิดฝากระป๋อง และต้องใช้มือในการโยกคานสำหรับการรีดปิดฝากระป๋อง เมื่อปฏิบัติงานต่อเนื่องเป็นเวลานานทำให้เกิดความเมื่อยล้า ทำให้ปฏิบัติงานได้ช้าลง ส่งผลให้อัตราการผลิตลดลง

อุปกรณ์นิวแมติก และอุปกรณ์ควบคุมอื่นๆ ที่ติดตั้งเพิ่มขึ้นจากเครื่องปิดฝากระป๋องกึ่งอัตโนมัติแบบใช้แรงงานคนมีมูลค่ารวมประมาณ 10,000 บาท (ไม่รวมมูลค่าปั๊มลม) ซึ่งเป็นราคาที่ยอมรับได้สำหรับกลุ่มสตรีสหกรณ์เกษตรกรคลองสอง เพื่อแลกกับความความสะดวกและลดความเมื่อยล้าในขณะปฏิบัติงาน

สรุป

งานวิจัยนี้เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องปิดฝากระป๋องแบบกึ่งอัตโนมัติแบบใช้อุปกรณ์นิวแมติก สำหรับกระป๋องขนาด 211 x 109 แบบ 2 ชิ้น เครื่องปิดฝากระป๋องที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 1) ชุดควบคุม 2) กระบอกสูบนิวแมติกขนาด 50 x 100 มม. จำนวน 1 กระบอก 3) กระบอกสูบนิวแมติก ขนาด 30 x 40 มม. จำนวน 2 กระบอก 4) วาล์วควบคุมระบบนิวแมติก 5) มอเตอร์และชุดขับเคลื่อน และ 6) โครงเครื่อง ผลการทดสอบพบว่า เวลาที่ใช้ในการปิดฝากระป๋อง มีค่าเฉลี่ย 35 วินาที/กระป๋อง ลักษณะภายนอกของกระป๋องหลังปิดฝาไม่มีรอยตำหนิจากรอยกระทบที่เกิดจากลูกรีดและแท่นวางกระป๋อง ความหนาตะเข็บ มีค่า 125-127 µm ความยาวตะเข็บ มีค่า 288-295 µm ขอตัว มีค่า 207-215 µm ขอฝา มีค่า 182-183 µm ส่วนที่เกยกัน มีค่าเท่ากับ 48.59-49.12% และกระป๋องไม่พบการรั่วซึม

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย บริษัท Royal Can Industries จำกัด และกลุ่มสตรีสหกรณ์เกษตรกรคลองสอง จ. ปทุมธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างและให้ความร่วมมือในการทดสอบ อาจารย์หรรษา เวียงวะลัย ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สำหรับคำแนะนำที่เป็นประโยชน์

เอกสารอ้างอิง

Berk, Z. 2009. Food Process Engineering and Technology. Elsevier Inc, New York, 586 p.

Hersom, A.C. and E.D. Hulland. 1980. Canned foods: Thermal processing and microbiology 7th edition. Churchill Livingstone,Edinburgh,380 p.

Jitjaroen, W. 1996. Principle of analysis and food quality control 2nd edition. n.p.,150 p. (in Thai)

Salian, P. K. and Wadayar, M. G. 1976. Development of an adaptor for oval can seamer for seaming quarter dingly cans. Mysore Journal of Agricultural Sciences 8 (4) : 614-618

Wang Jihong, Junsheng Pu and Philip Moore. 1999. Accurate position control of servo pneumatic actuator systems: an application to food packaging. Control Engineering Practice. 7(1999): 699-706