การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบปิดฝาขวดผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแบบ Triple-Function

Design and Establish of Prototype Triple-Function Bottle Closure Machine for Liquid foodstuff.

อนันต์ วงศ์กระจ่าง* ไพฑูรย์ พูลสุขโข* นฤทธิ์ คชฤทธิ์*

บทคัดย่อ

การวิจัยออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบปิดฝาขวดผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแบบ Triple-Functions ขึ้นเพื่อใช้แทนเครื่องปิดฝาขวดแบบเดิมที่ใช้แรงคน และมีอัตราการปิดฝาขวดที่สูงกว่าเครื่องเดิม มีจุดมุ่งหมายที่จะให้เป็นเครื่องใหม่ในตลาดบรรจุภัณฑ์ที่สามารถใช้ปิดฝาขวดบรรจุของเหลวชนิดต่างๆ ได้หลากหลาย วิธีการวิจัยเริ่มต้นจาก การสำรวจความคิดเห็นจากกลุ่มตัวอย่างของผู้ผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่มีต่อแนวคิดในการสร้างเครื่องปิดฝาขวดผลิตภัณฑ์ดังกล่าว และผู้วิจัยได้สรุปความเห็นที่สำคัญมาดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องที่มีแกนอัดและอุปกรณ์ปิดฝาขวด 3 แบบในเครื่องเดียวกัน คือ ปิดด้วยจุกคอร์ก ฝาวงแหวนแมกซี่แค็ป และฝาจีบ ใช้แรงอัดจากกระบอกสูบของระบบนิวแมติกส์ ในการอัดปิดฝาขวด ทดสอบหาประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่อง และทดสอบใช้เครื่องกับกลุ่มตัวอย่างพนักงานในสถานประกอบการ ผลการวิจัยพบว่าเครื่องต้นแบบปิดฝาขวดผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแบบ Triple-Functions ที่สร้างขึ้น ทำงานได้ตามหน้าที่ที่ออกแบบ สามารถปิดฝาขวดได้อัตราสูงกว่าเครื่องเดิมที่ทำงานด้วยแรงคน (Manual) สามารถอัดจุกคอร์กได้ 7 ขวดต่อนาที ฝาจีบ 10 ขวดต่อนาที ฝาวงแหวนแมกซี่แค็ป 9 ขวดต่อนาที และ เครื่องมีประสิทธิภาพในการปิดอัด 0.96

คำสำคัญ : เครื่องปิดฝาขวด อาหารเหลว

Abstract

Triple – Function closure bottle machine for liquid foodstuff was created by the competence of experts of the industrial bottle area. We have been starting point for the creation of successful solution, which are the new references on the market of packaging. The wide rang of Triple-Function bottle closure machine for liquid products permits to satisfy the most different production needs of customers. Triple-Function bottle closure machine is suitable for handling different kind of liquid products. Modern solution, advance technology, great reliability and convenience in operation are essential and characterizing features of machine. The prototype of machine is consisting of triple-function for pressing axial for three closure area of cork, maxi crown, and maxi cap. This machine force source froms the cylinder pneumatics system and it operate by the operator. The researcher also survey for the machine operator and the working environment. The results of this study showed that the machine can works according to the functions of the machine, and higher production rate than existent machine.

Keywords: Triple-Function type, Bottle Closure Machine

*ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

E-mail: anan_wongkra@hotmail.com

1.ความสำคัญและปัญหาของการวิจัย

ประเทศไทยมีผลิตผลทางอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมที่เป็นผลิตภัณฑ์และเป็นสินค้าจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปจากวัตถุดิบลักษณะต่างๆ มาเป็นผลิตภัณฑ์ของเหลวและนำมาบรรจุขวดเพื่อจำหน่ายนั้นมีมากมายหลากหลายชนิด อาทิ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม ยา น้ำ อาหาร เครื่องปรุงรสอาหาร สุรา ไวน์ เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเหล่านี้ได้ผ่านขั้นตอนการบรรจุและการปิดฝาขวด การอัดจุกด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน จากการสำรวจการผลิตผลิตภัณฑ์ดังกล่าวในสถานประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็ก (SMEs)และกลุ่มผู้ผลิตผลิตภัณฑ์หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) พบว่าส่วนมากจะใช้วิธีการปิดฝาขวดโดยใช้เครื่องปิดฝาที่ทำงานด้วยแรงงานคน (Manual) เนื่องจากจำนวนการผลิตไม่มากและเครื่องปิดฝาก็มีราคาไม่สูง แต่ข้อเสียของการปิดฝาแบบนี้คือคนทำงานต้องออกแรงในการปิดอัด เมื่อทำการปิดอัดต่อเนื่องเป็นเวลานานทำให้เมื่อยล้า ได้อัตราการผลิตต่ำ และ ในสถานประกอบการหลายแห่งผลิตผลิตภัณฑ์มากกว่าหนึ่งชนิดและเลือกฝาปิดมากกว่าหนึ่งแบบ เช่น ใช้ฝาจีบ ฝาแมกซี่ ฝาเกลียวพลาสติก และจุกคอร์ก เป็นต้น จึงทำให้ผู้ผลิตต้องใช้เครื่องปิดฝาในการปิดฝาขวดหลายชนิดเปลี่ยนกันไป ทำให้ไม่สะดวก และเสียเวลา

ผู้วิจัยจึงได้ทำการสำรวจความคิดเห็นของผู้ผลิตที่มีต่อการใช้เครื่องปิดฝาขวดแบบเดิมและแนวคิดต่อการคิดค้นพัฒนาออกแบบเครื่องแบบใหม่ขึ้นมา ผลการสำรวจพบว่า ผู้ผลิตส่วนใหญ่เห็นด้วยที่จะออกแบบเครื่องที่มีข้อได้เปรียบ สามารถปิดฝาได้ 3 แบบในเครื่องเดียวกัน แต่ต้องคำนึงถึงต้นทุนของเครื่องด้วย ด้วยเหตุผลข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบปิดฝาขวดแบบ Triple-Functions ให้สามารถปิดฝาขวดได้ 3 แบบ ในเครื่องเดียวกันขึ้นมาเพื่อทดลองใช้แทนเครื่องแบบเดิมที่ใช้อยู่เพื่อให้เป็นเครื่องที่ช่วยผ่อนแรงคนทำงานโดยใช้ระบบควบคุมการทำงานด้วยลมดัน (Pneumatic) ในการปิดฝาขวด ซึ่งจะทำงานสะดวก ได้อัตราการผลิตที่สูงและประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิตในระยะยาวขยายผลไปยังสถานประกอบการกลุ่ม SMEs และผู้ผลิตผลิตผลิตภัณฑ์หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) ทำให้ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์สามารถปรับปรุงการผลิตผลิตภัณฑ์ให้ได้คุณภาพยิ่งขึ้น สร้างโอกาสให้สามารถส่งออกสินค้าไปแข่งขันและจำหน่ายในตลาดต่างประเทศได้อีกด้วย

2.วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบปิดฝาขวดผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแบบ Triple–Function ใช้แทนเครื่องปิดฝาขวดแบบเดิม

2.เพื่อหาประสิทธิภาพและสมรรถนะ ในการทำงานของเครื่องที่สร้างขึ้น

3.เพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้ผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มและอาหารที่ต้องการพัฒนาการบรรจุภัณฑ์

3.ขอบเขตของการวิจัย

1. การออกแบบและสร้างเครื่อง จะทำการออกแบบตามขอบเขตที่ระบุดังต่อไปนี้

1.1 เครื่องสามารถปิดฝาขวดแก้ว ขนาดบรรจุ 220 ซีซี ถึง 750 ซีซี

1.2 เครื่องทำงานด้วยระบบลม (Pneumatic) ที่มีความดันไม่ต่ำกว่า 7 บาร์ร่วมกับคนควบคุม

1.3 เครื่องสามารถปิดฝาขวดได้ 3 แบบ คือ ปิดจุกคอร์ก ปิดฝาจีบ และปิดฝาแมกซี่ และการป้อนขวดเข้าตำแหน่งการอัดปิดฝาโดยการป้อนด้วยมือ

2. ตัวอย่างประชากรที่ใช้ในการทดลองคือพนักงานในสถานประกอบการขนาดเล็กและกลุ่มผู้ผลิตผลิตภัณฑ์หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเครื่องดื่มน้ำผลไม้

4. สมมติฐานการวิจัย

เครื่องต้นแบบปิดฝาขวดแบบ Triple – Function ที่สร้างขึ้นมีอัตราการปิดฝาขวดสูงกว่าเครื่องปิดฝาขวดที่มีอยู่เดิมแบบใช้แรงคน

5. ตัวแปรที่ทำการศึกษา

1.ตัวแปรที่ทำการศึกษาเป็นตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการปิดฝาขวดโดยใช้เครื่องปิดฝาที่สร้างขึ้น ได้แก่

1.1 วิธีปิดฝา ในการวิจัยนี้ วิธีที่ 1 ทดลองโดยใช้เครื่องที่มีอยู่เดิม และวิธีที่ 2 จะใช้เครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น

1.2 เพศของพนักงานที่ใช้เครื่อง

1.3 สิ่งแวดล้อมในการทำงาน ในการวิจัยนี้จะใช้อุณหภูมิของบริเวณการทำงานที่ต่างกัน

2. ตัวแปรตาม คืออัตราการผลิต เป็นจำนวนขวดต่อนาที

6.ทฤษฎีที่ใช้

เพื่อให้การออกแบบเครื่องต้นแบบเป็นไปอย่างสมบูรณ์ จึงได้นำทฤษฎีที่จำเป็นมาใช้ดังนี้

6.1 ทฤษฎีในการออกแบบเครื่องจักรกล การออกแบบเครื่องจักรกลจะต้องพิจารณาถึงลักษณะที่สำคัญของเครื่องจักร ซึ่งประกอบด้วย เครื่องจักรต้องทำงานได้ตามหน้าที่ เครื่องจักรสามารถควบคุมชิ้นส่วนกลไกที่เคลื่อนไหวได้และต้องควบคุมการเคลื่อนที่ได้แน่นอนและเที่ยงตรง การออกแบบชิ้นส่วนที่ใช้ขับเคลื่อนหรือส่งกำลังให้เครื่องสามารถทำงานได้การออกแบบกลไก (mechanism) และโครงสร้างของเครื่อง (Frame) ที่จะต้องให้สามารถรองรับชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องจักรและรับภาระจากภายนอกที่มากระทำได้

6.2 ทฤษฎีพื้นฐานทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมเรื่องการวิเคราะห์แรงการส่งกำลังการสั่นสะเทือน การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (machine elements)

6.3 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นส่วนที่ออกแบบและความเค้นชนิดต่างๆ ที่เกิดขึ้น เพื่อได้ชิ้นส่วนมีความแข็งแรงสามารถใช้งานได้โดยไม่เสียหาย ในการออกแบบเครื่องต้นแบบนี้อาศัยทฤษฎีที่สำคัญสำหรับคำนวณหาขนาดแรงใช้งาน หาขนาดของชิ้นส่วน และการตรวจสอบความแข็งแรง ดังนี้

1) การวัดแรงโดยใช้อุปกรณ์วัดแรง โหลดเซลล์ (Load cell) ที่มีอยู่ 2 ชนิดคือ ไฮดรอลิกโหลดเซลล์ (Hydrualic Load cell) และสเตรนเกลโหลดเซลล์ (strain gauge load cell) ซึ่งอุปกรณ์ทั้ง 2 ชนิดนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวตรวจรู้แรง (Force Sensor) ในชิ้นส่วนที่อยู่ภายใต้แรง

2) การหาขนาดของชิ้นส่วนต่างๆ ที่สำคัญใช้สมการดังต่อไปนี้

หาขนาดของ dia. เสาประคองของเครื่อง (Columns)

$$d = \left[\frac{32\, n_y F_{vc}}{\pi S_y}\right]^{\frac{1}{3}} \qquad (1)$$

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{\sigma_b}{2}\right)^2 + (\tau_1)^2} \qquad (2)$$

หาขนาด dia ของแกนอัด (Pressing axials)

$$d = \left[\frac{4\, n_y F_e}{\pi S_y}\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (3)$$

การคำนวณสำหรับ Eecntric Loading

$$\frac{F}{(\sigma_a)_{allow}} + \frac{Mc}{(\sigma_b)_{allow}\ r^2} \leq A \qquad (4)$$

การตรวจสอบการแอ่นตัวของเสาที่เกิดจาก Bending moment

$$y_{max} = \frac{PL^3}{3EI} \qquad (5)$$

6.4 ทฤษฎีระบบนิวแมติกส์ (Pneumaties System) คือ ระบบการส่งกำลังจากต้นทางไปยังปลายทางโดยอาศัยลมเป็นตัวกลางในการส่งกำลังและควบคุมการทำงานด้วยระบบลม นำมาใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานในการทำงานของเครื่องปิดฝาขวด การออกแบบจะใช้หลักการจากระบบนิวแมติกส์ การเลือกใช้อุปกรณ์ต่างๆ เช่น กระบอกสูบ วาล์ว สวิทช์ อุปกรณ์ควบคุมความดัน และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ และการออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของลูกสูบเพื่อให้ได้การเคลื่อนที่ของลูกสูบตามที่ต้องการ

ความสัมพันธ์ของแรงอัดและความดัน ใช้สมการ

$$P = \frac{F}{A} \qquad (6)$$

7. วิธีดำเนินการ

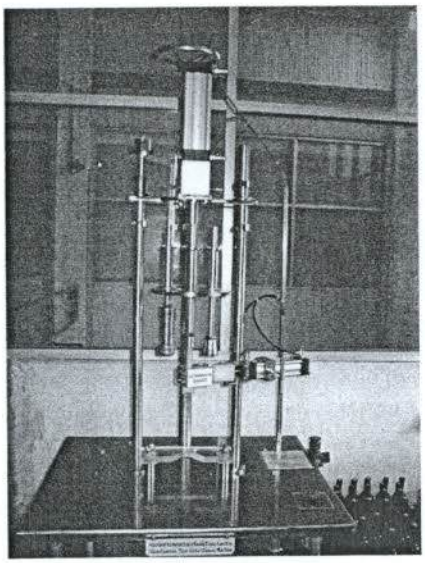
7.1 สำรวจความเห็นจากกลุ่มตัวอย่าง

สำรวจความเห็นต่อแนวคิดในการออกแบบโดยวิธีการสัมภาษณ์ จากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผลิตภัณฑ์อาหารในเขตภาคกลางโดยวิธีสุ่มแบบเจาะจงจำนวน 20 ตัวอย่าง ในสถานประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็ก และผู้ผลิตผลิตภัณฑ์หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีต่อแนวคิดในการสร้างเครื่องปิดฝาขวดผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแบบ Triple – Function คือ ปิดฝาด้วยฝาจีบ ฝาแมกซี่ ฝาเกลียว และจุกคอร์ก สรุปข้อมูลจากการสำรวจ

7.2 การออกแบบเครื่อง

เมื่อผู้ผลิตผลิตภัณฑ์เห็นด้วยกับแนวคิดดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบเครื่องตามแนวคิดที่มีแกนอัดและอุปกรณ์ปิดฝาขวด 3 แบบในเครื่องเดียวกับที่สถานประกอบการนิยมใช้กันมากคือ ปิดฝาด้วยฝาจีบ ฝาแมกซี่และจุกคอร์ก การอัดปิดฝาใช้แรงอัดจากกระบอกสูบของระบบนิวแมติกส์โดยบังคับด้วยคน การป้อนขวดเข้าสู่ตำแหน่งอัดด้วยมือ ออกแบบส่วนประกอบของเครื่องได้แก่ โครงสร้างชิ้นส่วนและกลไกเลือกใช้วัสดุเหล็กไร้สนิมเกรดอาหาร คำนวณหาแรงอัดที่ใช้อัดปิดฝาและความแข็งแรงของชิ้นส่วน ทำแบบประกอบและแบบแยกชิ้นนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินให้ความเห็นและข้อเสนอแนะของการออกแบบ

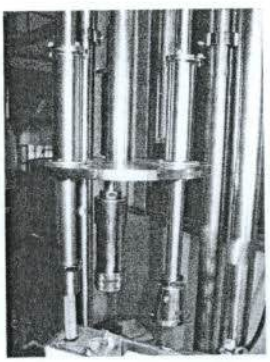
7.3 การสร้างเครื่องดำเนินการผลิตชิ้นส่วนที่เป็นส่วนประกอบของเครื่อง กลไก โครงสร้าง ระบบควบคุม นำชิ้นส่วนที่ผลิตขึ้นมาประกอบเป็นโครงสร้างส่วนประกอบและกลไกต่างๆ ของเครื่อง ตามรายละเอียดในแบบที่ได้ออกแบบไว้ ติดตั้งอุปกรณ์ระบบควบคุม และส่วนประกอบอื่นๆ ตรวจสอบความถูกต้องและความเที่ยงตรงในการประกอบและการติดตั้ง นำเครื่องปั๊มลม ขนาด 10 บาร์ กำลังไฟฟ้า 0.75 kw มาใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานลมให้กับระบบนิวแมติกส์



รูปที่ 1 เครื่องปิดฝาขวดเครื่องดื่มแบบ Triple – Function

7.4 ทดสอบการทำงานและปรับปรุง

ทดสอบการทำงานของเครื่องในทุกหน้าที่เพื่อปรับปรุงแก้ไขให้เป็นไปตามจุดประสงค์และขอบเขตที่กำหนดไว้ในการออกแบบเครื่องได้แก่ การหมุนปรับการเคลื่อนขึ้นลงของส่วนประกอบชุดอัดปิดฝาขวด การหมุนจานเพื่อเปลี่ยนแกนอัด การเคลื่อนเข้าออกของลูกสูบสำหรับกดอัดฝาในแนวตั้ง การเคลื่อนเข้าออกของลูกสูบในแนวนอนสำหรับบีบจุกคอร์ก และการทำหน้าที่ของกลไกอื่นๆ



รูปที่ 2 แกนอัดปิดฝา 3 แบบ

รูปที่ 3 ฝาขวดที่ได้จากการปิดด้วยเครื่องต้นแบบ

7.5 การทดสอบหาประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่อง

1) การทดสอบหาค่าแรงอัดของเครื่อง ทำการทดสอบค่าแรงที่แกนอัด (pressing axial) แนวตั้งและแนวนอนที่เกิดแรงดันของก้านสูบ ทดสอบ 5 ครั้งที่ค่าความดันเข้า 6 บาร์ 7 บาร์ และ 8 บาร์ โดยใช้ Load cell Strain gauge เป็นเครื่องมือวัดค่าเฉลี่ยของแรง ค่าแรงแสดงไว้ดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยแรงอัดที่แกนอัดเป็น N ที่ค่าความดันป้อนเข้าต่างๆ

แกนอัด	ความดัน 6 บาร์	ความดัน 7 บาร์	ความดัน 8 บาร์
แนวตั้ง	1622	1902	2198
แนวนอน	1635	1928	2193

2) ประสิทธิภาพในการอัดของเครื่อง

คำนวณจาก ความดันป้อนเข้าระบบและความดันออกที่แกนอัด จากการวัดค่าแรงอัดที่ใช้ค่าความดันต่าง ๆ พบว่าแรงอัดที่ให้ความดันออกต่ำสุดเมื่อเทียบกับความดันป้อนเข้า = 1622 N

จากสมการ

$$\eta = \frac{Output\ \mathrm{Pr}essure}{Input\ \mathrm{Pr}essure} \qquad (7)$$

พื้นที่หน้าตัดในกระบอกสูบที่อยู่ภายใต้ความดัน = 2800 mm^2 ความดันที่ทำให้เกิดแรง 1622 N คือ $^{1662}/_{2008}$ = 5.79 บาร์

$$\therefore\ \eta = \frac{5.79}{6.00} = 0.96$$

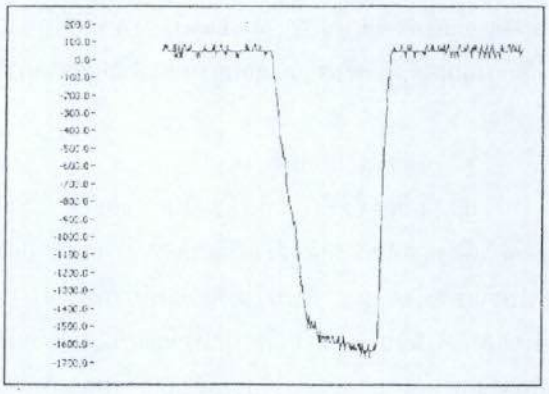
3) การทดสอบแรงอัดปิดฝาขวด

ติดตั้ง Load cell ที่ตำแหน่งวางขวดเพื่อวัดค่าแรงจากการอัดปิดฝาขวดแต่ละแบบ ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยของแรงอัดดังในตารางที่2

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยของแรงอัดปิดฝาขวดทั้ง 3 แบบ

แบบของการปิดฝา	ค่าเฉลี่ยแรงอัด
ฝาจุกคอร์ก	1960 N
ฝาจีบ	1759 N
ฝาวงแหวนแมกซี่	1648 N

และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัดด้วยเวลาดังในรูปที่ 4



รูปที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัดกับเวลาของการปิดฝาจีบที่ความดัน 6 บาร์

4) การทดสอบความแม่นยำและความสมบูรณ์ในการอัดฝาขวด

ได้ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการโดยทีมผู้วิจัย การทดสอบการปิดฝาแต่ละแบบทดสอบแบบละ 20 ขวด ได้ผลการทดสอบดังนี้

1) ทดสอบปิดฝาด้วยจุกคอร์ก เกณฑ์ที่กำหนดฝาจุกคอร์กต้องเสมอกับปากขวดพอดีเมื่อผ่านการอัดแล้ว โดยยอมให้ระยะต่ำกว่า (h_1) ได้ไม่เกิน 0.5 mm. ผลการทดสอบได้ค่าเฉลี่ยของ h_1 = 0.49 mm. ซึ่งอยู่เกณฑ์ที่กำหนดและทดสอบความสมบูรณ์ของการปิดฝาจุกคอร์ก ฝาจุกคอร์กถูกปิดได้ตามเกณฑ์และไม่มีน้ำรั่วซึม

2) ทดสอบปิดฝาขวดด้วยฝาจีบและฝาวงแหวนแมกซี่แค็ป ผลการทดสอบขวดถูกปิดฝาเรียบร้อยสมบูรณ์และไม่มีการรั่วซึมทั้ง 2 แบบ

7.6 การทดสอบภาคสนาม

การทดสอบภาคสนามนำเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นไปทดสอบในสถานประกอบการจริง 2 แห่ง เลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นพนักงานชาย 6 คน และหญิง 6 คน เพื่อทดสอบและหาอัตราปิดฝาขวด

วิธีการทดสอบกลุ่มตัวอย่างทุกคนทดสอบปิดฝาขวดทั้ง 3 แบบแบบละ 20 ขวด วิธีที่ 1 ทดสอบด้วยเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น และวิธีที่ 2 ทดสอบด้วยเครื่องปิดฝาแบบเดิมที่ใช้แรงคนผลการทดสอบดังแสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยอัตราการอัดปิดฝาเป็นขวดต่อนาที

วิธี	แบบของฝา	$\overline{X}_{G1}$	$\overline{X}_{G2}$
M1	K	5.03	4.97
	C.C	9.22	9.11
	M.C	7.97	8.12
M2	K	7.00	6.94
	C.C	10.17	10.17
	M.C	9.96	9.9

K : จุกคอร์ก C.C : ฝาจีบ

M.C : ฝาวงแหวนแมกซี่แค็ป

$\overline{X}_{G1}$: ค่าเฉลี่ยอัตราการปิดฝาขวดของพนักงานชาย

$\overline{X}_{G2}$: ค่าเฉลี่ยอัตราการปิดฝาขวดของพนักงานหญิง

M1 : วิธีปิดฝาด้วยเครื่องแบบเดิมที่ใช้แรงคน

M2 : วิธีปิดฝาด้วยเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น

8. สถิติที่ใช้ทดสอบ

ใช้ค่าสถิติ t – test จากสูตร

$$t = \frac{\overline{X} - \mu_o}{S/\sqrt{n}} \qquad (8)$$

และ $$t = \frac{(\overline{X}_1 - \overline{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \qquad (9)$$

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากสูตร

$$S = \sqrt{\frac{N\left(\sum X^2\right) - \left(\sum X\right)^2}{N(N-1)}} \qquad (10)$$

9. การทดสอบสมมติฐานและความสัมพันธ์ของตัวแปร

9.1 การทดสอบสมมติฐานใช้สถิติ t – test แบบ One – tailed test สำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอัตราการปิดฝาขวดโดยใช้เครื่องแบบเดิมกับเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น ผลการทดสอบพบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการปิดฝาขวดโดยใช้เครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นสูงกว่าค่าเฉลี่ยอัตราการปิดฝาขวดทั้ง 3 แบบ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

9.2 ทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปร

9.2.1 เพศ ใช้สถิติ t – test แบบ two-tailed test ทดสอบค่าเฉลี่ยอัตราของการปิดฝาขวดที่ใช้เครื่องต้นแบบระหว่างพนักงานชายกับพนักงานหญิง ผลการทดสอบพบว่า เพศไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการปิดฝาขวด

9.2.2 สิ่งแวดล้อม เลือกสถานที่และช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิต่างกันคือช่วงเวลาเช้าและช่วงเวลาบ่ายซึ่งมีอุณหภูมิต่างกัน ใช้สถิติ t – test แบบ two – tailed test ทดสอบผลการทดสอบ พบว่าสิ่งแวดล้อมอุณหภูมิไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการปิดฝาขวดทั้ง 3 แบบ

10. สรุปผลการวิจัย

จากวิธีการวิจัยที่ศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องทำการทดสอบเครื่องและใช้หลักการทางสถิติมาทดสอบสมมติฐานได้ผลการวิจัยคือเครื่องต้นแบบปิดฝาขวดเครื่องดื่มและอาหารมีความสามารถดังต่อไปนี้

10.1 เครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นสามารถปิดฝาขวดเครื่องดื่มและอาหารได้ 3 แบบในเครื่องเดียวกัน คือปิดฝาขวดด้วยจุกคอร์ก ฝาจีบและฝาวงแหวนแมกซี่ที่มีประสิทธิภาพการอัด 0.96

10.2 เครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นสามารถปิดฝาขวดได้อัตราการปิดฝาขวดต่อนาทีสูงกว่าเครื่องปิดฝาขวดแบบเดิมที่ใช้แรงคน โดยสามารถปิดจุกคอร์กได้ 7 ขวดฝาจีบได้ 10 ขวดและฝาแมกซี่ได้ 10 ขวด

10.3 เครื่องต้นแบบปิดฝาขวดเป็นแบบกึ่งอัตโนมัติ ควบคุมการทำงานด้วยระบบ Pneumatics ร่วมกับคน สามารถช่วยลดแรงและความเมื่อยล้าของผู้ใช้เครื่องได้มาก และมีค่าใช้จ่ายต่ำ

11. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปี 2549 จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ ขอขอบคุณผู้ช่วยนักวิจัยทุกคนและคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ได้ให้การสนับสนุนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

12. เอกสารอ้างอิง

[1] มัลลิกา บุนนาค และคณะ.[2540]. **สถิติ** พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[2] อนันต์ วงศ์กระจ่าง [2533]. **ออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

[3] อนุชา หิรัญวัฒน์ [2548] **ระบบนิวแมติกกับการควบคุมอัตโนมัติในระบบอุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ : เอช.เอ็น.กรุ๊ป.

[4] Arthur G. Erdman.,George .Sandor.,and Sridhar Kota [2001]. **Mechanism Design. Analysis and Synthesis. Volume 1**. New Jersey: Prentice – Hall, Ince.

[5] Bhandari, VB [2001]. **Introduction to Machine Design**. New Delhi: Tata McGraw-Hill.

[6] Hibbeler,R.C. [2000]**Mechanies of Materials**.Fourth Edition.New Jersey:Prentice-Hall,Ince

[7] Sigley, Joseph Edward. [2004] **Mechanical Engineering Design**. Singapore: Singapore National Printers.