เครื่องบัดกรีสายสัญญาณแบบอัตโนมัติ

Automatic Cable Welding Machine

ธนวัฒน์ พันธ์ชาติ , กุสินธ์ ออนมี , ธนัญ เรืองคง

สาขาวิชา วิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

39 หมู่ 1 ถนนรังสิต – นครนายก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

สถานที่ปฏิบัติสหกิจ : ฟูจิคูระ อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด นวนคร โรงงาน 1

บทคัดย่อ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรม และได้มีการนำเครื่องจักรแบบกึ่งอัตโนมัติมาใช้เป็นจำนวนมาก เครื่องบัดกรีสายสัญญาณก็เป็นหนึ่งในนั้น เครื่องบัดกรีสายสัญญาณแบบกึ่งอัตโนมัติจะทำงานโดยใช้พนักงานควบคุมและทำให้พนักงานที่ทำงานเป็นเวลานานๆ ได้รับสารตะกั่วเข้ามายังร่างกาย ทำให้เกิดปัญหาทางด้านสุขภาพของพนักงาน จึงได้ทำการพัฒนาเครื่องบัดกรีสายสัญญาณให้เป็นแบบอัตโนมัติ โดยใช้พีแอลซี (PLC) ในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรแทนพนักงาน โดยเมื่อมีชิ้นงานเข้ามาในระบบผ่านทางสายพานลำเลียง ชิ้นงานจะเคลื่อนที่ไปเจอกับตัวตรวจจับวัตถุ และจะมีกระบอกสูบเข้ามาดันชิ้นงานเข้าสู่เครื่องบัดกรีสายสัญญาณ และเริ่มบัดกรีสายสัญญาณจนเมื่อเครื่องทำงานเสร็จ ก็จะมีชุดกระบอกสูบเข้ามาจับชิ้นงานและส่งชิ้นงานออกจากเครื่องโดยอัตโนมัติ

คำหลัก เครื่องบัดกรีสายสัญญาณ อัตโนมัติ PLC

1. บทนำ

ความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำให้มีการพัฒนาคิดค้นสิ่งอำนวยความสะดวกสบายต่อการดำชีวิตเป็นอันมาก เทคโนโลยีได้เข้ามาเสริมปัจจัยพื้นฐานการดำรงชีวิตได้เป็นอย่างดีทำให้ประเทศไทยผลิตและส่งออกสินค้าอิเล็กทรอนิกส์เป็นจำนวนมาก และมีมูลค่าการส่งออกสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ในแต่ละปีมากกว่าหนึ่งล้านล้านบาท สายส่งสัญญาณก็เป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำให้โรงงานอุตสาหกรรมต้องใช้แรงงานคนในการผลิตเป็นจำนวนมาก และ เมื่อคนทำงานเป็นเวลานานๆ จะได้รับสารตะกั่วเข้ามายังร่างกาย ทำให้เป็นอันตรายต่อร่างกาย

เราสามารถรับสารตะกั่วได้ทั้งทางเดินอาหารจากการปนเปื้อนในอาหารและน้ำดื่ม ทางผิวหนัง การหายใจและยังสามารถถ่ายทอดจากแม่สู่ลูกในครรภ์ผ่านสายรก โดยหากสะสมในร่างกายจะก่อให้เกิดพิษเรื้อรัง และจะแสดงอาการออกมาทีละน้อย ทั้งเบื่ออาหาร คลื่นไส้อาเจียน ท้องผูก ปวดท้องรุนแรง กล้ามเนื้อแขนขาอ่อนแรงหากได้รับการสะสมเป็นเวลานาน จะทำให้เกิดอัมพาตที่กล้ามเนื้อ ในรายที่ได้รับพิษปริมาณสูงอย่างเฉียบพลันอาจถึงขั้นเสียชีวิต [1]

เครื่องบัดกรีสายสัญญาณแบบอัตโนมัติจึงเป็นเครื่องที่ได้ทำงานพัฒนาขึ้นมาใช้งานแทนแรงงานคน เพื่อป้องกันอันตรายจากสารตะกั่วที่เข้ามายังร่างกาย โดยใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติเข้ามาควบคุมเครื่องจักร ทำให้ได้ผลผลิตที่ถูกต้อง และรวดเร็ว และสามารถเก็บบันทึกข้อมูลการทำงานได้ตลอดเวลา ระบบควบคุมอัตโนมัติที่ใช้ควบคุมเครื่องบัดกรีสายสัญญาณแบบอัตโนมัติได้ใช้พีเอลซีมาการควบคุม และใช้กระบอกสูบเป็นตัวขับเคลื่อนระบบกลไกของเครื่องจักร

2. ทฤษฎี

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับพีเอลซี (PLC)

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรล์เลอร์ (Programmable logic Control : PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่างๆ โดยภายในมีไมโครโปรเซสเซอร์เป็นมันสมองสั่งการที่สำคัญ พีเอลซีจะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไป

ใช้งานได้ทันที ตัวตรวจวัดหรือสวิทช์ต่างๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมายเราสามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปในพีเอลซี นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นเช่นเครื่องอ่านบาร์โค๊ด เครื่องพิมพ์ ซึ่งในปัจจุบันนอกจากเครื่องพีเอลซี จะใช้งานแบบเดี่ยว (Stand alone) แล้วยังสามารถต่อพีเอลซีหลายๆ ตัวเข้าด้วยกัน (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วยจะเห็นได้ว่าการใช้งานพีเอลซีมีความยืดหยุ่นมากดังนั้นในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ จึงเปลี่ยนมาใช้พีเอลซีมากขึ้น

รูปที่ 1 พีเอลซี

การใช้พีเอลซีสำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นจะต้องเดินสายไฟฟ้า (Hard- Wired) ฉะนั้นเมื่อมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิต หรือลำดับการทำงานใหม่ ก็ต้องเดินสายไฟฟ้าใหม่ ซึ่งเสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้พเอลซีแล้ว การเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่นั้นทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เท่านั้น นอกจากนี้แล้วพีเอลซียังใช้ระบบโซลิด – สเตท ซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิม การกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

ความสามารถของพีเอลซีสามารถควบคุมงานได้ 3 ลักษณะคือ

1. งานที่ทำตามลำดับก่อนหลัง (Sequence Control) ตัวอย่างเช่น
   - การทำงานของระบบรีเลย์
   - การทำงานของไทเมอร์ เคาน์เตอร์
   - การทำงานของบอร์ดวงจร P.C.B. Card
   - การทำงานในระบบกึ่งอัตโนมัติ ระบบอัตโนมัติ หรืองานที่เป็นกระบวนการทำงานของเครื่องจักรกลต่างๆ
2. งานควบคุมสมัยใหม่ (Sophisticated Control) ตัวอย่างเช่น
   - การทำงานทางคณิตศาสตร์ เช่น บวก ลบ คูณ หาร
   - ควบคุมแบบอนาล็อก (Analog Control) เช่น การควบคุมอุณหภูมิ(Temperature) การควบคุมความดัน (Pressure) เป็นต้น
   - การควบคุมแบบพีไอดี (Proportional-Intergral-Derivation)
   - การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ (Sevo-motor Control)
   - การควบคุม Stepper-motor Information Handling
   - การควบคุมเกี่ยวกับงานอำนวยการ (Supervisory Control)
   - งานสัญญาณเตือน (Alarm) และ Process Monitoring
   - Fault Diagnostic and Monitoring
   - งานต่อร่วมกับคอมพิวเตอร์ (RS-232C/RS422)
   - Printer/ASCII Interfacing
3. งานควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม (Factory Automation Networking)
   - LAN (Local Area Network)
   - WAN (Wide Area Network)
   - FA. , FMS., CIM. [2]

ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมให้กับพีเอลซี

พีเอลซีแต่ละยี่ห้อจะใช้ภาษาในการเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งให้พีเอลซี ทำงานตามความต้องการแตกต่างกัน ซึ่งตามมาตรฐาน IEC1131-3 ได้แบ่งมาตรฐานภาษาต่างๆออกเป็น 5 แบบคือ [3]

- ภาษาแลดเดอร์ (Ladder Diagram Language)
- ภาษาซีเคว้น (Sequential Flow Chart Language)
- ภาษาฟังก์ชั่นบล็อก (Function Block Diagram Language)
- ภาษาสเตจเม้น (Statement List Language)
- ภาษาสตรัคเจอร์ (Structure Text Language)

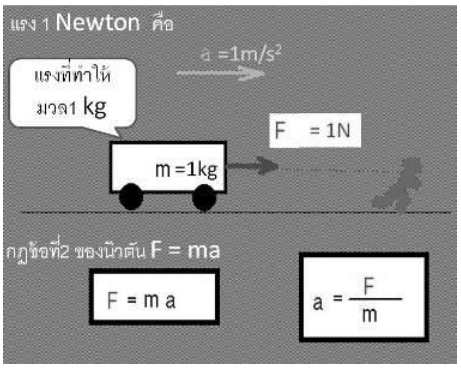
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับนิวเมติก

อุปกรณ์หลัก ๆ ในเครื่องจักรที่ใช้ของไหลเป็นตัวกลางในการทำงานคือ อุปกรณ์ในระบบไฮดรอลิก (Hydraulics) และอุปกรณ์ในระบบนิวเมติก (Pneumatics) ในอุปกรณ์ทั้งสองประเภทนี้มีความเหมือนกันในหลักการทำงาน ระบบการทำงาน ตลอดจนสัญลักษณ์ต่าง ๆ ในแบบ (Drawing) ของอุปกรณ์และวงจร แต่ต่างกันที่ระบบไฮดรอลิก (Hydraulics) จะใช้น้ำมันไฮดรอลิกเป็นตัวกลางในการทำงาน ส่วนในระบบนิวเมติก (Pneumatics) จะใช้ลมเป็นตัวกลางในการทำงาน และต่อไปจะกล่าวถึงความสำพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีความสำคัญและเราต้องนำไปใช้งานอยู่เป็นประจำของอุปกรณ์ตัวนี้

รูปที่ 2 กระบอกสูบลม

*** แรง (Force)** หมายถึงปริมาณที่กระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงจากสภาพเดิม แรงนี้อาจจะสัมผัสกับวัตถุหรือไม่สัมผัสกับวัตถุก็ได้ แรงดึง แรงผลัก และแรงยก แรงพวกนี้กระทำบนพื้นผิวของวัตถุ แต่มีแรงบางชนิด เช่น แรงแม่เหล็ก แรงทางไฟฟ้า และแรงโน้มถ่วงจะไม่กระทำบนผิวของวัตถุ แต่กระทำกับเนื้อของวัตถุทุกตำแหน่ง เช่น น้ำหนักของวัตถุ ก็คือ แรงดึงดูดของโลกที่กระทำกับวัตถุโดยไม่ต้องสัมผัสกับผิวของวัตถุเลย

แรงจัดเป็นปริมาณเวกเตอร์ เพราะมีทั้งขนาดและทิศทาง หน่วยของแรงในระบบ SI คือ นิวตัน (Newton, N) ถ้าจะพูดกันตามทฤษฎีที่ร่ำเรียนมาจากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน (Newton's Second Law) แรง 1 นิวตัน (N) ก็คือจำนวนแรงที่ทำให้มวล 1 กิโลกรัม (kg) เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง 1เมตร /วินาทียกกำลังสอง ($1m/s^2$) แต่แรงเราอาจเรียกเป็นหน่วยอื่น ๆ เช่น กิโลกรัมแรง (kgf) ก็ได้

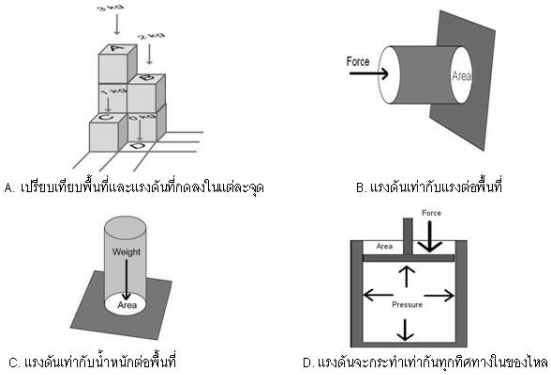


รูปที่ 3 คำนิยามของแรงตามกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน

*** พื้นที่ (Area, A)** คือพื้นที่ที่รับแรงดันของลมหรือน้ำมันไฮดรอลิก ในที่นี้คือพื้นที่หน้าตัดของกระบอกสูบของกระบอกลมหรือกระบอกไฮดรอลิก พื้นที่อาจมีหน่วยตารางหน่วย เช่น เป็นตารางมิลลิเมตร (mm^2) ตารางเซนติเมตร (cm^2) หรืออาจจะเป็นหน่วยอื่น ๆ ก็ได้แล้วแต่จะแปลงไปใช้หน่วยไหน

*** แรงดัน (Pressure, P)** คือค่าที่บอกถึงจำนวนแรง (Force, F) หรือน้ำหนัก (Weight, W) ที่กดลงในทิศทางที่ตั้งฉากกับพื้นที่มีหน่วยเป็น แรงต่อพื้นที่ เช่น นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2), กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (kg/cm^2), ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (Psi) เป็นต้น

ดังรูปที่ 4 A แสดงแผ่นเพลต (Plate) สี่เหลี่ยมจัตุรัส 1 แผ่น แบ่งเป็น 4 ส่วนสี่เหลี่ยมจัตุรัสเท่า ๆ กันคือพื้นที่ A, B, Cและ D ตามลำดับมีกล่องวางอยู่ข้างบนพื้นที่ต่าง ๆ ดังรูป ถ้าเราให้พื้นที่แต่ละส่วนเท่ากับ 1 ตารางเซนติเมตร (cm^2) และให้น้ำหนักของกล่องแต่ละกล่องเท่ากับ1กิโลกรัม ดังนั้นแรงดันของพื้นที่ A จะเท่ากับ 3 kg/cm^2, พื้นที่ B แรงดันจะเท่ากับ 2 kg/cm^2 และพื้นที่ C แรงดันจะเท่ากับ 1 kg/cm^2 ตามลำดับ



รูปที่ 4 คำนิยามของแรงดัน (Pressure)

ความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับแรงดัน (Pressure) ที่เราจะเห็นได้บ่อยมากในระบบไฮดรอลิก (Hydraulics) และระบบนิวเมติก (Pneumatics) เราจะเห็นได้ในอุปกรณ์ทำงานคือกระบอกสูบ (Cylinder) ซึ่งก็คือกระบอกลมและกระบอกไฮดรอลิก สิ่งที่เราต้องการจากกระบอกสูบเพื่อที่จะนำเอาไปใช้งานก็คือ แรงที่ออกมา และในรายละเอียดต่อไปนี้เราจะกล่าวถึงความสัมพันธ์ต่าง ๆ ของเจ้าอุปกรณ์ตัวนี้

จากสมการ

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{..... (1)}$$

เมื่อ P คือ แรงดันที่มาจากน้ำมันปั๊มไฮดรอลิก หรือแรงดันจากลมในระบบ

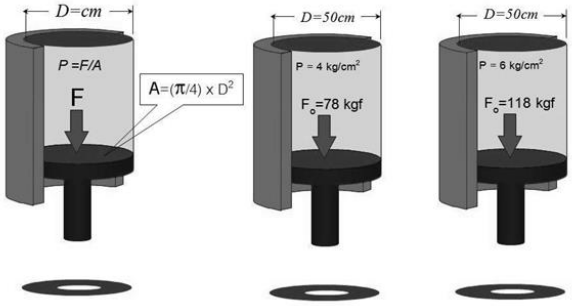
F คือ แรงที่ได้จากก้านสูบของกระบอกสูบ, และ

A คือ พื้นที่หน้าตัดของกระบอกสูบ

ถ้าเราต้องการให้ได้แรงจากกระบอกสูบมาก ๆ เราจะต้องปรับแรงดันลมให้มากหรือในระบบที่มีแรงดันเท่ากัน กระบอกสูบที่ใหญ่กว่าหรือมีพื้นที่หน้าตัดมากกว่า จะให้แรงออกมามากกว่า

ตัวอย่างที่ 1 (ให้ดูรูปที่ 4 และรูปที่ 6 ประกอบ) กระบอกลมลูกหนึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตรทำงานอยู่กับลมในระบบที่แรงดัน 4 kg/cm2 แรงที่ได้จะเป็นดังนี้

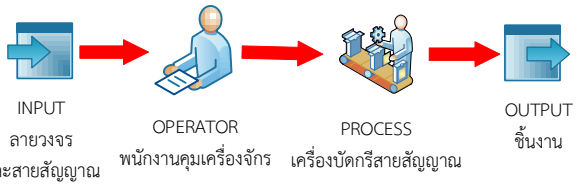
FO = PA = 4 kg/cm^2 x ($\frac{\pi}{4}$ x 5^2) cm^2 ซึ่งแรงที่ได้จะเท่ากับ 78 กิโลกรัมแรง (kgf) และถ้าเราเพิ่มแรงดันลมขึ้นไปเป็น 6 kg/cm^2 แรงที่ได้ก็จะเพิ่มเป็น 6 kg/cm^2 x ($\frac{\pi}{4}$x 5^2) cm^2 เท่ากับ 118 กิโลกรัมแรง (kgf) ในขณะที่ถ้าเราเปลี่ยนขนาดของกระบอกลมเป็นเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร เราจะได้แรง 314 กิโลกรัมแรง (kgf) ที่แรงดัน 4 kg/cm^2 และ 471 กิโลกรัมแรง (kgf) ที่แรงดัน 6 kg/cm^2 โดยใช้สูตรการคำนวณสูตรเดียวกัน[4]



รูปที่ 5 รูปประกอบตัวอย่างที่ 1

3.ขั้นตอนการทำงานของเครื่อง

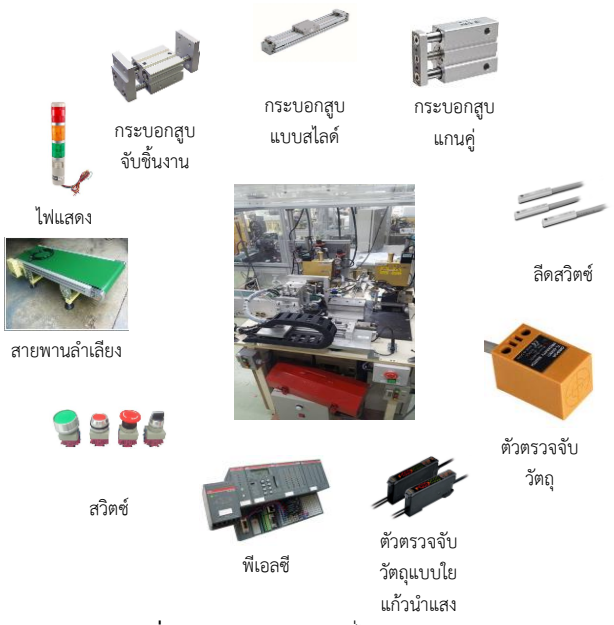
ขั้นตอนการทำงานของเครื่องเครื่องบัดกรีสายสัญญาณ(ระบบเดิม)



รูปที่ 6 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องเครื่องบัดกรีสายสัญญาณ(ระบบเดิม)

การทำงานของเครื่องบัดกรีสายสัญญาณ จะต้องใช้พนักงานในการนำลายวงจรและสายสัญญาณที่ต้องนำมาเชื่อมต่อกันไปวางบนอุปกรณ์ที่ใช้จับยึดและกำหนดตำแหน่งของชิ้นงาน(jig) และทำการดันอุปกรณ์ที่ใช้จับยึดและกำหนดตำแหน่งของชิ้นงานเข้าไปยังเครื่องบัดกรีสายสัญญาณ เครื่องก็จะทำการบัดกรีสายสัญญาณโดยจะทำการบัดกรีสายสัญญาณทั้งหมด 2 ด้าน ใช้แผ่นให้ความร้อนในการบัดกรี แผ่นให้ความร้อนจะถ่ายเทความร้อนไปยังตะกั่วที่ติดอยู่บนลายวงจร ทำให้สายสัญญาณกับลายวงจรติดกัน เครื่องจะทำงานเสร็จต่อเมื่อแผ่นให้ความร้อนมีอุณหภูมิเท่ากับค่าที่ตั้งไว้ เมื่อเครื่องทำงานเสร็จพนักงานก็จะดึงอุปกรณ์ที่ใช้จับยึดและกำหนดตำแหน่งของชิ้นงานออกจากเครื่องและนำชิ้นงานออกไปยังกระบวนการผลิตต่อไป

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องเครื่องบัดกรีสายสัญญาณแบบอัตโนมัติ (ระบบที่ได้ทำการพัฒนา)



รูปที่ 7 ภาพรวมของระบบที่ได้ทำการพัฒนา

รูปที่ 8 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องเครื่องบัดกรีสายสัญญาณแบบอัตโนมัติ

การทำงานของเครื่องบัดกรีสายสัญญาณแบบอัตโนมัติ จะทำงานเมื่อมีลายวงจรและสายสัญญาณผ่านมาทางสายพานลำเลียง และตัวตรวจจับวัตถุ(sensor)ทำการตรวจพบชิ้นงาน กระบอกสูบจะทำการจับชิ้นงานไปวางบนอุปกรณ์ที่ใช้จับยึดและกำหนดตำแหน่งของชิ้นงาน และทำการตรวจชิ้นงานว่าอยู่ตรงตำแหน่งหรือไม่ ซึ่งถ้าวางไม่ตรงตำแหน่ง จะมีสัญญาณแจ้งเตือน เพื่อทำการแก้ไขต่อไป และถ้าชิ้นงานอยู่ตรงตำแหน่ง กระบอกสูบจะทำการดันอุปกรณ์ที่ใช้จับยึดและกำหนดตำแหน่งของชิ้นงานเข้าไปภายในเครื่องและทำการบัดกรีสายสัญญาณทั้งหมด 2 ด้าน โดยใช้แผ่นให้ความร้อนในการบัดกรี โดยการถ่ายเทความร้อนไปยังตะกั่วที่ติดอยู่บนลายวงจร ทำให้สายสัญญาณกับลายวงจรติดกัน และกระบอกสูบจะดันอุปกรณ์ที่ใช้จับยึดและกำหนดตำแหน่งของชิ้นงาน ออกเมื่อทำการบัดกรีเรียบร้อย

4.ผลการทดลอง

จากการทดลองเครื่องบัดกรีสายสัญญาณระบบเดิมที่ใช้พนักงานในการควบคุมเครื่องจักรพบว่าเวลาที่ใช้ในการบัดกรีสายสัญญาณเท่ากัน 20 วินาที/ชิ้น ใช้พนักงานในการทำงาน 1 คน/เครื่อง ดังนั้นใน 1 วันสามารถผลิตชิ้นงานได้ทั้งหมด 3420 ชิ้น

เครื่องบัดกรีสายสัญญาณระบบอัตโนมัติที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นมาใหม่จะใช้พีเอลซีในการควบคุมเครื่องจักรแทนพนักงาน โดยพบว่าเวลาที่ใช้ในการบัดกรีสายสัญญาณเท่ากับ 13.5 วินาที/ชิ้น ดังนั้นใน 1 วันสามารถผลิตชิ้นงานได้ทั้งหมด 5066 ชิ้น ตามตารางที่ 1

	Before	After
Cycle time (Sec)	20	13.5
Operator (Pcs)	1	0
Output /Day	3420	5066
PRODUCTIVITY(PCS/MH)	180	266
PRODUCTIVITY UP	47.8%	
SAVE / MC / Day	3168.39 Bath	
SAVE / MC / Year	1156462.35 Bath	
Deface	30%	5%
Return of investment	41 Day	

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบการผลิต

5.สรุป

จากการพัฒนาเครื่องจักรสรุปผลได้ว่า เมื่อใช้พีเอลซีในการควบคุมเครื่องจักรสามารถผลิตชิ้นงานได้เพิ่มขึ้น 1646 ชิ้น/วัน คิดเป็น 47.8 % ทำให้อัตราการผลิตต่อวันสูงขึ้นและลดต้นทุนการผลิต เนื่องจากไม่ต้องใช้พนักงานในการควบคุมเครื่องจักร และในกระบวนการผลิตที่ใช้พนักงานควบคุมเครื่องจักร จะมีความสูญเสียที่เกิดขึ้นประมาณ 30% แต่เมื่อทำการเปลี่ยนมาใช้พีเอลซีในการควบคุมเครื่องจักร จะมีการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเพียง 5% ทำให้ลดต้นทุนในการผลิตและเพิ่มกำไรให้บริษัทมากยิ่งขึ้น ดังตารางที่ 1

6.เอกสารอ้างอิง

[1] สมาคมส่งเสริมความปลอดภัยและอนามัยในการทำงาน (ประเทศไทย).๒๕๕๘ (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.shawpat.or.th/

[2]บริษัท ที.จี.คอนโทรล จำกัด ๒๕๕๘ (ออนไลน์). แหล่งที่มา :http://www.tgcontrol.com/?p=3313

[3] บจก. นิวเมติก ดอทคอม (ประเทศไทย) ๒๕๕๘ (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://xn--12c3bl6a3a1fd7g.com/plc-programing/

[4] อาจหาญ ณ นรงค์ ๒๕๕๘ (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://thailandindustry.com/guru/view.php?id=16174&section=9