การออกแบบเครื่องประทับตราลูกสูบและตรวจสอบการประทับตราด้วยวิชันซิสเต็ม

นายวสันต์ ดีแก่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2561

DESIGN OF STAMPING MACHINE AND VISION INSPECTION SYSTEM

Wasan Deekae

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the

Degree of Master of Engineering in Mechatronics Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2018

การออกแบบเครื่องประทับตราลูกสูบและตรวจสอบการประทับตราด้วยวิชันซิสเต็ม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รศ. ดร.บัณฑิต กฤตาคม)
ประธานกรรมการ

(รศ. ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(อ. ดร.ธีทัต ดลวิชัย)
กรรมการ

(ศ. ดร.สันติ แม้นศิริ)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วสันต์ ดีแก่ : การออกแบบเครื่องประทับตราลูกสูบและตรวจสอบการประทับตราด้วยวิชันซิสเต็ม (DESIGN OF STAMPING MACHINE AND VISION INSPECTION SYSTEM) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล, 84 หน้า.

การประทับตราบนลูกสูบเป็นส่วนสำคัญอย่างมากของกระบวนการผลิตลูกสูบในโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งลูกสูบที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดมาตรฐาน ที่จำเป็นต้องประทับตราเพื่อช่วยในการคัดแยกชิ้นงาน ในปัจจุบันยังคงใช้แรงงานคนในการประทับตราและตรวจสอบตราประทับอยู่ พบว่าเกิดปัญหาพนักงานประทับตราได้ไม่ตรงตำแหน่งมีชิ้นงานเสียเฉลี่ยต่อวัน 27.80% ซึ่งส่งผลให้เกิดต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์คือ เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องประทับตราลูกสูบที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดมาตรฐาน ที่สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติทั้งการประทับตราและตรวจสอบการประทับตราลูกสูบ หน้าที่ของเครื่องจักรอัตโนมัติที่สำคัญคือสามารถลดงานเสียที่เกิดขึ้นให้น้อยกว่า 5% เครื่องประทับตรานี้ทำงานด้วยระบบนิวเมติกส์ควบคุมด้วยพีแอลซี (PLC) สามารถประทับตราด้วยหมึกและเป่าลมให้แห้งได้อย่างอัตโนมัติ การตรวจสอบใช้กล้องวิชันเซ็นเซอร์ในการประมวลผลภาพ และใช้หลอดไฟในการแสดงสถานะของเครื่องผลการทดสอบการใช้งานพบว่า เครื่องประทับตราลูกสูบสามารถผลิตงานและตรวจสอบชิ้นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดชิ้นงานเสียเฉลี่ยต่อวันเหลือ 0.06% ดังนั้นผลสำเร็จที่ได้จากการศึกษานี้มีโอกาสที่จะนำไปใช้เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตอื่น ๆ ได้ทดลอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนักศึกษา วสันต์ ดีแก่

ปีการศึกษา 2561 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

WASAN DEEKAE : DESIGN OF STAMPING MACHINE AND VISION INSPECTION SYSTEM. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. JIRAPHON SRISERTPOL, Ph.D., 84 PP.

STAMPING MACHINE/VISUAL INSPECTION MACHINE/PLC/IMAGE PROCESSING

Stamping on the piston is a very important part of the piston production processes in the industry. The oversize piston, especially, that needs to be stamped to identify the piston size. Currently, the workers of the industry have manually stamped and visually inspected the piston. It was found that the workers cannot stamp in the correct position. The average daily work pieces loss is 27%, which result in higher production costs. The goals of this work were to design and test the automatic oversize piston stamping and visual inspection machine. The important role of automated machine was to reduce the waste of the process less than 5%. This machine was designed with pneumatic systems and controlled by programmable logic controller (PLC). The machine can automatically stamp the piston with ink and blow air to dry that ink. The vision sensor was used to analyze image processing and lamps were used to indicate the status of this machine. Results showed that the stamping machine was able to produce and inspect work pieces efficiently. In addition, the average work pieces loss was dramatically decreased to 0.06%. The results of this research may be used to increase efficiency in other production processes.

School of Mechanical Engineering

Academic year 2018

Student's Signature WASAN DEEKAE

Advisor's Signature Sirtpol J.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ทุกประการ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคคลต่าง ๆ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ และช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ทุนการศึกษาสำหรับผู้มีศักยภาพเข้าศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา และทุนอุดหนุนโครงการวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้ความรู้และคำปรึกษาในการทำงานวิจัย รวมทั้งให้คำแนะนำในการดำเนินชีวิตด้วยความเมตตาเสมอตลอดจนเป็นแบบอย่างที่ดีแก่ผู้วิจัย ในด้านการดำเนินชีวิต และการอุทิศตนต่อคนรุ่นหลังโดยไม่เห็นแก่ความเหน็ดเหนื่อยส่วนตน ซึ่งผู้วิจัยจะจดจำช่วงเวลาดังกล่าวไว้เป็นคติสอนใจที่ดีงามตลอดไป

คณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้ทำวิจัยด้วยความเมตตากรุณาทั้งในอดีตจนถึงปัจจุบัน

คุณมอนจิโร่ อิการะชิ คุณสมนึก ปลอดกระโทก คุณอภิชาติ สงวนรักฎ์ คุณวีระศักดิ์ พรหมขัติแก้ว คุณวุฒิจักร พลพิทักษ์ คุณวิไลรัตน์ จันเตื่อย คุณอรพรรณ ด่านกระโทก และพนักงานบริษัท ฮอนด้าเฟาดรี(เอเชียน) จำกัด ทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมืออุปกรณ์และการทดสอบเครื่องจักร ตลอดจนให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

คุณสุนทร โอษฐงาม คุณนที ฐานมั่น คุณกรินทร์ โกสิยานุรักษ์ ซึ่งเป็นพี่น้องบัณฑิตที่ค่อยให้คำปรึกษาในส่วนวิชาความรู้เกี่ยวกับงานวิจัย และการดำเนินชีวิต

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสมบัติ ดีแก่ และคุณแม่สุพร ดีแก่ รวมถึงครอบครัวที่ให้การอบรมเลี้ยงดู และให้โอกาสทางด้านการศึกษาเป็นอย่างดีมาโดยตลอดจนทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิตเรื่อยมา

วสันต์ ดีแก่

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญรูป ..... ซ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 ระบบนิวเมติกส์ 5

2.1.1 อุปกรณ์นิวเมติกส์ 6

2.1.2 การเลือกขนาดกระบอกสูบ 13

2.2 วาล์วควบคุมในระบบนิวเมติกส์ 16

2.2.1 วาล์วควบคุมทิศทาง (Directional control valves) 17

2.3 กล้องวิชันซิสเต็ม 20

2.3.1 อุปกรณ์วิชันซิสเต็ม 21

2.4 ปริทัศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 24

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3 วิธีดำเนินการวิจัย 26
3.1 การประทับตราลูกสูบของพนักงาน 26
3.2 การออกแบบเครื่องจักร 27
3.2.1 ครีบแลกเปลี่ยนความร้อน 25
3.2.2 สมบัติของน้ำมันเกียร์ 28
3.3 หลักการทำงานของระบบ เครื่องประทับตราลูกสูบ 35
3.4 การเลือกกระบอกสูบ 37
3.5 ไดอะแกรมวงจรการทำงานของนิวเมติกส์ 37
3.6 สัญลักษณ์และหลักการทำงานของระบบนิวเมติกส์ 38
4 ผลการดำเนินการวิจัย 39
4.1 วัตถุประสงค์ของการทดลอง 39
4.2 วิธีการทดลองตรวจสอบชิ้นงานด้วยวิชันซิสเต็ม 39
4.2.1 การตั้งค่าภาพต้นแบบ (การเรียนรู้ภาพ) 40
4.2.2 การทดลองตรวจสอบชิ้นงานด้วยวิชันซิสเต็ม 40
4.3 การทดสอบเครื่องประทับตราชิ้นงานและตรวจสอบชิ้นงานด้วยวิชันซิสเต็ม 46
4.4 การทดสอบเครื่องประทับตราสภาพผลิตงานในกระบวนการผลิตจริง 47
4.4.1 ปัญหาที่พบในการผลิตงานจริง 48
4.4.1.1 ชิ้นงานเสียตัวที่หนึ่ง ชิ้นงานตัวเลขไม่ชัด 48
4.4.1.2 ชิ้ชิ้นงานเสียตัวที่สอง ใส่ชิ้นงานกลับด้านประทับตรา 50
4.5 สรุปผลการวิจัย 52
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 54
5.1 สรุปผลการวิจัย 54
5.2 ข้อเสนอแนะ 54
รายการอ้างอิง 55

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ข้อมูลทางเทคนิคของ MITSUBISHI FX1N-60MR-ES/UL 57

ภาคผนวก ข. ขั้นตอนการตั้งค่าภาพต้นแบบของวิชันซิสเต็ม 59

ภาคผนวก ค. บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา 74

ประวัติผู้เขียน 84

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 ข้อมูลปัญหาที่เกิดจากการประทับตราที่ไม่ต่อเนื่องของพนักงาน 3 คน 27

4.1 ข้อมูลจำนวนงานที่ใช้ในการทดลอง 40

4.2 ผลการทดลองตรวจสอบชิ้นงานด้วยวิชันซิสเต็ม 41

4.3 ผลการทดลองด้วยเครื่องประทับตราชิ้นงานและตรวจสอบชิ้นงานด้วยวิชันซิสเต็ม 46

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1.1 ตัวอย่างชิ้นงานประทับตราไม่ชัด 1
1.2 ตัวอย่างชิ้นงานประทับตราไม่ตรงตำแหน่งหรือเอียง 2
1.3 ตัวอย่างชิ้นงานประทับตรากลับด้าน 2
2.1 อุปกรณ์เบื้องต้นของนิวเมติกส์ 6
2.2 เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ 7
2.3 เครื่องระบายความร้อนแบบใช้พัดลมเป่า (After cooler) 7
2.4 เครื่องระบายความร้อนแบบใช้น้ำหล่อเย็น (After cooler) 8
2.5 ถังพักลม 8
2.6 เครื่องกรองในท่อหลัก (Main line air filter) 9
2.7 เครื่องทำลมแห้งด้วยความเย็น (Refrigerated air dryer) 10
2.8 ตัวกรองลมอัด (Air filter) 10
2.9 วาล์วควบคุมความดัน (Air regulator) 11
2.10 ตัวเติมน้ำมันหล่อลื่น (Air lubricator) 11
2.11 ตัวเก็บเสียง (Air silencer) 12
2.12 วาล์วควบคุมทิศทางการไหลของลมอัด (Directional control valve) 12
2.13 วาล์วควบคุมความเร็ว (Speed control valve) 13
2.14 กระบอกสูบ (Air cylinder) 13
2.15 ปริมาตรของก๊าซภายในถังเปลี่ยนแปลงตามความดัน 14
2.16 ความหมายของสัญลักษณ์ตำแหน่งทำงาน (Position) 17
2.17 ความหมายของสัญลักษณ์ของช่องต่อท่อลม (Port) 17
2.18 สัญลักษณ์เส้นทางการไหลผ่าน 18
2.19 จำนวนช่องต่อท่อลม (Ports) ต่อหนึ่งวาล์วและประเภทการใช้งาน 18
2.20 อุปกรณ์เบื้องต้นของระบบวิชันซิสเต็ม 21
2.21 ส่วนประกอบของระบบตรวจสอบชิ้นส่วนด้วยภาพ 22
3.1 การปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตลูกสูบ 26

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.2 ลักษณะของเครื่องจักรที่ทำการออกแบบ 28
3.3 ลักษณะของ Swing clamp cylinder 29
3.4 ลักษณะของ Cylinder guide 29
3.5 ลักษณะของ Relay 30
3.6 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) 31
3.7 เซนเซอร์ถ่ายภาพเพื่อประเมินของเครื่องมือตรวจจับ 32
3.8 รูปภาพวิชันเซนเซอร์ IV-H-Series 32
3.9 กระบวนการทำงานของการปรับแต่งเครื่องมือแบบอัตโนมัติ 33
3.10 จอมอนิเตอร์ 34
3.11 Omron relay S82K-01524 24V DC 100-240V AC 34
3.12 ไฟส่งสัญญาณเตือนแสดงสถานะเขียวเหลืองแดง 35
3.13 แผนผังการทำงานของเครื่องจักร 33
3.14 Signal flow diagram 37
3.15 Motion step diagram 37
3.16 วงจรการควบคุมนิวเมติกส์ไฟฟ้าเครื่องประทับตราชิ้นงาน 38
4.1 ตัวอย่างการตั้งค่าภาพต้อนแบบ 40
4.2 ตัวอย่างผลการตรวจสอบประทับตราชิ้นงานกลับด้านตรวจสอบจากเค้าโครง 49% ตัดสินเป็นงานเสีย 42
4.3 ตัวอย่างผลการตรวจสอบประทับตราชิ้นงานกลับด้านตรวจสอบจากพื้นที่ 100% ตัดสินเป็นงานดี 42
4.4 ตัวอย่างผลการตรวจสอบประทับตราชิ้นงานกลับด้านตรวจสอบเค้าโครงและพื้นที่หมึก ตัดสินเป็นงานเสียไม่ได้มาตรฐาน 43
4.5 ตัวอย่างผลการตรวจสอบประทับตราชิ้นงานไม่ตรงตำแหน่งตรวจสอบจากเค้าโครง 79% ตัดสินเป็นงานดี 43
4.6 ตัวอย่างผลการตรวจสอบประทับตราชิ้นงานไม่ตรงตำแหน่งตรวจสอบจากพื้นที่ 63% ตัดสินเป็นงานเสีย 44

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.7 ตัวอย่างผลการตรวจสอบประทับตราชิ้นงานไม่ตรงตำแหน่งตรวจสอบเค้าโครงและพื้นที่หมึกตัดสินเป็นงานเสียไม่ได้มาตรฐาน 44

4.8 ตัวอย่างผลการตรวจสอบประทับตราชิ้นงานไม่ชัดตรวจสอบจากเค้าโครง 72% ตัดสินเป็นงานเสีย 45

4.9 ตัวอย่างผลการตรวจสอบประทับตราชิ้นงานไม่ชัดตรวจสอบจากพื้นที่ 62% ตัดสินเป็นงานเสีย 45

4.10 ตัวอย่างผลการตรวจสอบประทับตราชิ้นงานไม่ชัดตรวจสอบเค้าโครงและพื้นที่หมึกตัดสินเป็นงานเสียไม่ได้มาตรฐาน 46

4.11 ชิ้นงานที่ผลิตในกระบวนการผลิตจริง 47

4.12 กระบวนการผลิตชิ้นงานจริง 47

4.13 การตรวจสอบชิ้นงานซ้ำหลังจากการประทับตราชิ้นงาน 48

4.14 ตัวอย่างงานเสียที่พบในเวลากลางคืนประทับตราไม่ชัด 48

4.15 ตัวอย่างงานเสียที่พบในเวลากลางคืนเค้าโครงชิ้นงานมีความเหมือน 81% ตัดสินผ่าน 49

4.16 ตัวอย่างงานเสียที่พบในเวลากลางคืนพื้นที่หมึกมีความเหมือน 45% ตัดสินไม่ผ่าน 49

4.17 ตัวอย่างงานเสียที่พบในเวลากลางคืนเค้าโครงและพื้นที่หมึกมีไม่สมบูรณ์ตัดสินไม่ผ่าน 50

4.18 ตัวอย่างงานเสียที่พบในเวลากลางคืนประทับตราชิ้นงานกลับด้าน 50

4.19 ตัวอย่างงานเสียที่พบในเวลากลางคืนเค้าโครงชิ้นงานมีความเหมือน 73% ตัดสินไม่ผ่าน 50

4.20 ตัวอย่างงานเสียที่พบในเวลากลางคืนพื้นที่หมึกมีความเหมือน 100% ตัดสินผ่าน 51

4.21 ตัวอย่างงานเสียที่พบในเวลากลางคืนเมื่อนำการประเมินทั้งเค้าโครงและพื้นที่หมึกมารวมกันภาพจึงเกิดความไม่สมบูรณ์ไม่สมบูรณ์ตัดสินไม่ผ่าน 52

ข.1 การเลือกภาษาอังกฤษไว้เป็นค่าเริ่มต้น 60

ข.2 การตั้งวันที่และเวลาปัจจุบัน 60

ข.3 การตั้งค่าเชื่อมโยงการต่อโดยตรง 61

ข.4 จอมอนิเตอร์จะเริ่มทำงานใหม่ แล้วเชื่อมต่อกับเซนเซอร์ 61

ข.5 เลือก Polarity (ขั้ว) NPN ของเซนเซอร์ 62

ข.6 หน้าจอ Sensor setup menu 62

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ข.7 หน้าจอเริ่มต้นของ Sensor setup 63
ข.8 หน้าจอหน้าจอ Settings Navigator 63
ข.9 หน้าจอหน้าจอ Navi Guide 64
ข.10 หน้าจอ Image Optimization 64
ข.11 สัญญาณการทริกเกอร์ภายใน 65
ข.12 สัญญาณการทริกเกอร์ภายนอก 65
ข.13 หน้าจอ Trigger Options 66
ข.14 หน้าจอปรับความสว่างอัตโนมัติ 66
ข.15 หน้าจอ Brightness Adjustment Completed 67
ข.16 หน้าจอ Navi Guide Focus Adjustment 67
ข.17 หน้าจอปรับ Focus อัตโนมัติ 68
ข.18 หน้าจอตำแหน่ง Focus สุดท้าย 68
ข.19 หน้าจอข้อความ Setup Imaging Condition 69
ข.20 หน้าจอ Master Register 69
ข.21 หน้าจอ Trig เพื่อถ่ายภาพ 70
ข.22 บันทึกภาพ 70
ข.23 ข้อความนำไปยังการตั้งค่าเครื่องมือ 71
ข.24 เครื่องมือตรวจสอบเค้าโครง 71
ข.25 Edit Window 72
ข.26 ปรับเกณฑ์การตรวจจับความผิดปกติ 72
ข.27 กำหนดรายการเอาต์พุตให้กับสายเอาต์พุต 73

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

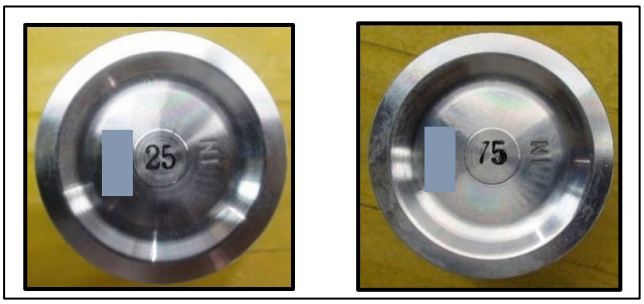
F	=	แรงที่กระบอกสูบกระทำ
P	=	ความดันที่เข้าไปในกระบอกสูบ
A	=	พื้นที่ของลูกสูบ
Q	=	อัตราการสิ้นเปลืองลม มีหน่วยเป็น ลิตรต่อนาที
S	=	ความยาวช่วงชัก มีหน่วยเป็น เซนติเมตร
A	=	พื้นที่หน้าตัดลูกสูบ มีหน่วยเป็น ตารางเซนติเมตร
P_1	=	ความดันสัมบูรณ์เมื่อเริ่มต้น มีหน่วยเป็น บาร์
P_2	=	ความดันสัมบูรณ์ครั้งสุดท้าย มีหน่วยเป็น บาร์
V_1	=	ปริมาตรของก๊าซภายในถังเมื่อเริ่มต้น มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร
V_2	=	ปริมาตรของก๊าซภายในถังครั้งสุดท้ายมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

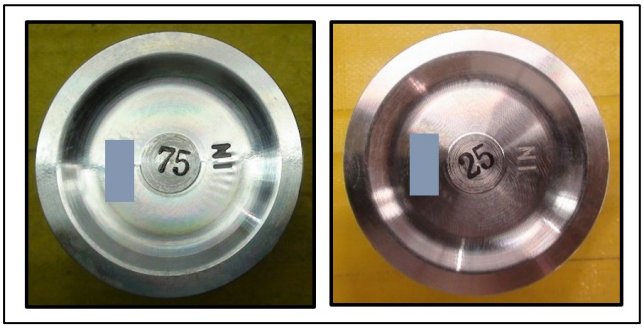
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย

เนื่องจากกระบวนการผลิตในปัจจุบันนี้มีการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่พัฒนากระบวนการผลิตอย่างรวดเร็วทั้งในภาคการศึกษา และโรงงานอุตสาหกรรม สามารถแข่งขันกับคู่แข่งหรือตอบสนองความต้องการของลูกค้า เพื่อให้ได้ผลประกอบการที่มากและมีกำไร จึงทำให้มีความต้องการนำเครื่องมือมาใช้งานเพิ่มขึ้น เพื่อการผลิตที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพที่ ประกอบด้วยระบบการทำงานด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติ เป็นเครื่องจักรกลที่การควบคุมการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์ในระบบทำให้สามารถจัดการกับข้อมูลที่ป้อนเข้าในระบบและประมวลข้อมูล เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปควบคุมการทำงานของเครื่องจักร บทบาทของเครื่องจักรอัตโนมัติที่สำคัญคือการเพิ่มมาตรฐานของชิ้นงานและเป็นการลดต้นทุนการผลิต ปัญหาแรงงาน บริษัท ฮอนด้า เฟาดรี่ (เอเซียน) จำกัด ประกอบกิจการประเภท ผลิตผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับอุตสาหกรรมยานยนต์ ทางบริษัทจึงมีแนวคิดที่จะลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิต ในส่วนของการประทับตราชิ้นงาน (ลูกสูบ) ที่มีขนาดใหญ่กว่าลูกสูบขนาดมาตรฐาน ซึ่งปัจจุบันใช้คนในการประทับตราชิ้นงานพบปัญหาพนักงานประทับตราชิ้นงานไม่ชัด ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ประทับตราชิ้นงานตรงตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 1.2 ประทับตราชิ้นงานกลับด้าน ดังแสดงในรูปที่ 1.3 และพนักงานต้องใช้สายตาในการเล็งตำแหน่งที่จะทำการประทับตราชิ้นงาน ทำให้ประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานลดลงและจะมีต้นทุนในการ Rework เพิ่มเข้ามาในกระบวนการผลิต เมื่อเทียบกับงานเสียที่เกิดขึ้นต้นทุนในการ Rework ชิ้นงานค่อนข้างสูงได้



รูปที่ 1.1 ตัวอย่างชิ้นงานประทับตราไม่ชัด



รูปที่ 1.2 ตัวอย่างชิ้นงานประทับตราไม่ตรงตำแหน่ง หรือเอียง

รูปที่ 1.3 ตัวอย่างชิ้นงานประทับตรากลับด้าน

ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบเครื่องประทับตราลูกสูบขนาดใหญ่กว่าลูกสูบขนาดมาตรฐานที่มีความเหมาะสมกับการใช้งาน เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน และไม่เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อออกแบบและทดสอบเครื่องประทับตราลูกสูบขนาดใหญ่กว่าลูกสูบขนาดมาตรฐาน

1.2.2 ลดงานเสียที่เกิดจากการประทับตราหมายเลขลูกสูบไม่ตรงตำแหน่งให้น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 เพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของพนักงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.3.2 ลดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นออกจากกระบวนการการผลิตลูกสูบ

1.3.3 ลดงานเสียที่เกิดจากการประทับตราหมายเลขลูกสูบไม่ตรงตำแหน่งให้น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์

1.3.4 สามารถตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานได้

1.3.5 ออกแบบโครงสร้างของเครื่องประทับตราลูกสูบที่มีความเหมาะสมกับการปฏิบัติงานได้

1.3.6 ทดลองผลิตชิ้นงานจริงโดยเครื่องประทับตราอัตโนมัติ

1.3.7 สรุปรายงานขั้นสุดท้าย

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยในส่วนของงานวิจัยนี้จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ระเบียบวิธีการวิจัย สถานที่ทำการวิจัย และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.4.1 ระเบียบวิธีการวิจัย แบ่งเป็นลำดับขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาองค์ความรู้ ทฤษฎี และเอกสารที่เกี่ยวข้องสำหรับงานวิจัย
2. ออกแบบโครงสร้างของเครื่องประทับตราชิ้นงาน
3. จัดหาวัสดุและอุปกรณ์ในการจัดสร้าง
4. สร้างอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องประทับตราชิ้นงาน
5. ทดสอบการทำงานของเครื่องประทับตราชิ้นงาน
6. วิเคราะห์และสรุปผลงานวิจัย
7. จัดทำเอกสาร และรายงานวิจัย

1.4.2 สถานที่ทำการวิจัย

บริษัท ฮอนด้าเฟาดรี่ (เอเซียน) จำกัด 353 หมู่ 6 ถนนราชสีมา-โชคชัย ตำบลหนองระเวียง อำเภอเมือง จังหวัด นครราชสีมา 30000

1.4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. คอมพิวเตอร์
2. โปรแกรม SolidWorks
3. อุปกรณ์ และฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ จากบริษัท ฮอนด้าเฟาดรี่ (เอเซียน) จำกัด
4. โปรแกรม GX Work2 & GX Developer

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และลดเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิตลูกสูบ

1.5.2 ลดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นออกจากกระบวนการการผลิตลูกสูบ

1.5.3 เพื่อสนองนโยบายบริษัทด้านปรับปรุงต้นทุนในการผลิตชิ้นงาน

1.5.4 ลดงานเสียที่เกิดจากการประทับตราหมายเลขลูกสูบไม่ตรงตำแหน่งให้น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์

1.5.5 สามารถตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

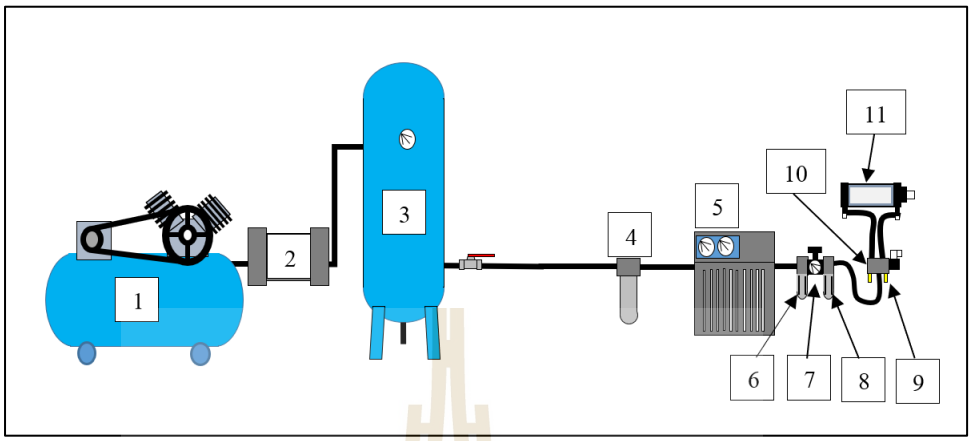
บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประทับตรา คือ ในทางไปรษณีย์ หมายถึงการทำเครื่องหมายต่าง ๆ ลงบนซองจดหมาย หรือสิ่งอื่นที่ส่งทางไปรษณีย์ มีหลายประเภท มีทั้งตราที่ใช้ในงานไปรษณีย์ และตราสำหรับประทับเป็นที่ระลึกในการสะสมแสตมป์ เมื่อวิวัฒนาการของโลกได้เปลี่ยนแปลงไป การประทับตราไม่ได้ประทับตราอยู่แค่บนเอกสารเพียงอย่างเดียว แต่ประทับตราสำหรับสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ การใช้ในกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม เช่น การทำเครื่องหมายต่าง ๆ ลงบนตัวชิ้นงานสำหรับคัดแยกชิ้นงาน เป็นต้น โดยสมัยอดีตนั้นยังไม่มีเครื่องประทับตาชิ้นงานที่ทันสมัย การประทับตราชิ้นงานจึงต้องใช้แรงงานมนุษย์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งในอุตสาหกรรมบางอุตสาหกรรมต้องใช้ความเร็วและความแม่นยำในการประทับตราชิ้นงาน จึงจำเป็นต้องนำเครื่องประทับตราชิ้นงานมาใช้แทนแรงงานมนุษย์ อีกทั้งเพิ่มความรวดเร็วความแม่นยำในกระบวนการและประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต ดังนั้นเครื่องประทับตราชิ้นงานจึงถูกนำมาใช้ เครื่องประทับตราชิ้นงาน คือ เครื่องมือกลชนิดหนึ่งที่พัฒนาขึ้นมาจากการใช้แรงงานคนในการประทับตราชิ้นงานมาเป็นการควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ

2.1 ระบบนิวเมติกส์

ระบบนิวเมติกส์ หมายถึง ระบบการส่งถ่ายกำลังโดยอาศัยความดันลมเป็นตัวกลางในการส่งถ่ายกำลัง โดยมีอุปกรณ์ เช่น กระบอกสูบ ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมให้เป็นพลังงานกล นิวเมติกส์ (Pneumatic) มาจากคำว่า นิวมา (Pneuma) เป็นภาษากรีกโบราณ หมายถึง ลมหรือลมหายใจ วิชานิวเมติกส์เป็นการศึกษาเกี่ยวกับลมและลมที่เคลื่อนที่และยังเป็นหนึ่งในจำนวนวิทยาการที่เก่าแก่ ซึ่งได้ถูกพัฒนาขึ้นมาอย่างต่อเนื่องเพื่อใช้จนถึงปัจจุบัน มนุษย์ได้รู้จักวิธีการใช้นิวเมติกส์มาตั้งแต่สมัยโบราณการใช้เครื่องจักรแทนแรงคน ทำให้ลมอัดเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรม โดยวิวัฒนาการจากการใช้ระบบการทำงานง่ายๆ แบบธรรมดาเป็นการทำงานโดยอัตโนมัติ เช่น เบรกลมของรถไฟ การจับยึดชิ้นงาน สายพานลำเลียง แขนกล (Robot) และอื่น ๆ และในปัจจุบันได้ มีการนำลมอัดมาใช้สำหรับงานต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง ได้แก่ งานการประกอบชิ้นส่วนในโรงงานอุตสาหกรรม งานการบรรจุหีบห่อ งานด้านกระบวนการผลิตอาหาร งานเชื่อมโลหะ งานขนย้ายวัสดุที่มีน้ำหนักเบา งานพิมพ์ และงานอื่น ๆ อีกมากมาย

2.1.1 อุปกรณ์นิวเมติกส์



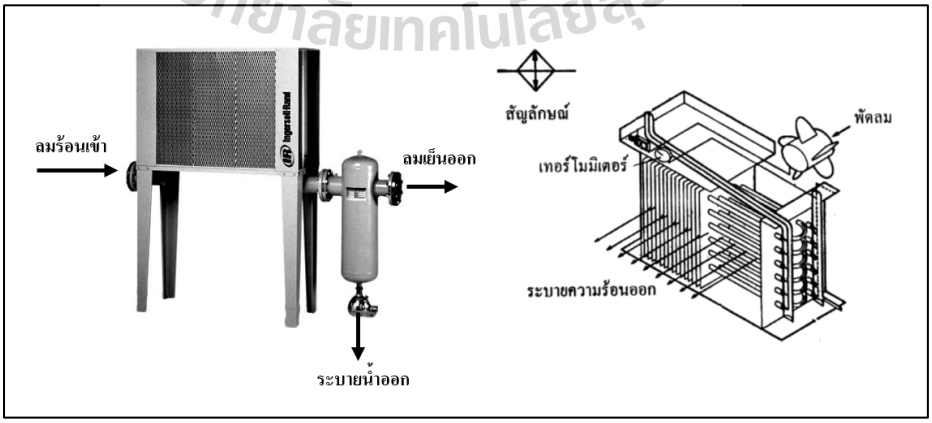
รูปที่ 2.1 อุปกรณ์เบื้องต้นของนิวเมติกส์

1. เครื่องอัดลม (Air compressor)
2. เครื่องระบายความร้อน (Aftercooler)
3. ถังเก็บลม (Air tank)
4. เครื่องกรองในท่อหลัก (Main line filter)
5. เครื่องทำลมแห้งด้วยความเย็น (Air dryer)
6. ตัวกรองลมอัด (Air filter)
7. วาล์วควบคุมความดัน (Air regulator)
8. ตัวเติมน้ำมันหล่อลื่น (Air lubricator)
9. อุปกรณ์เก็บเสียง (Air silencer)
10. วาล์วควบคุมทิศทางการไหลของลม (Directional control valve)
11. กระบอกสูบลม (Air cylinder)

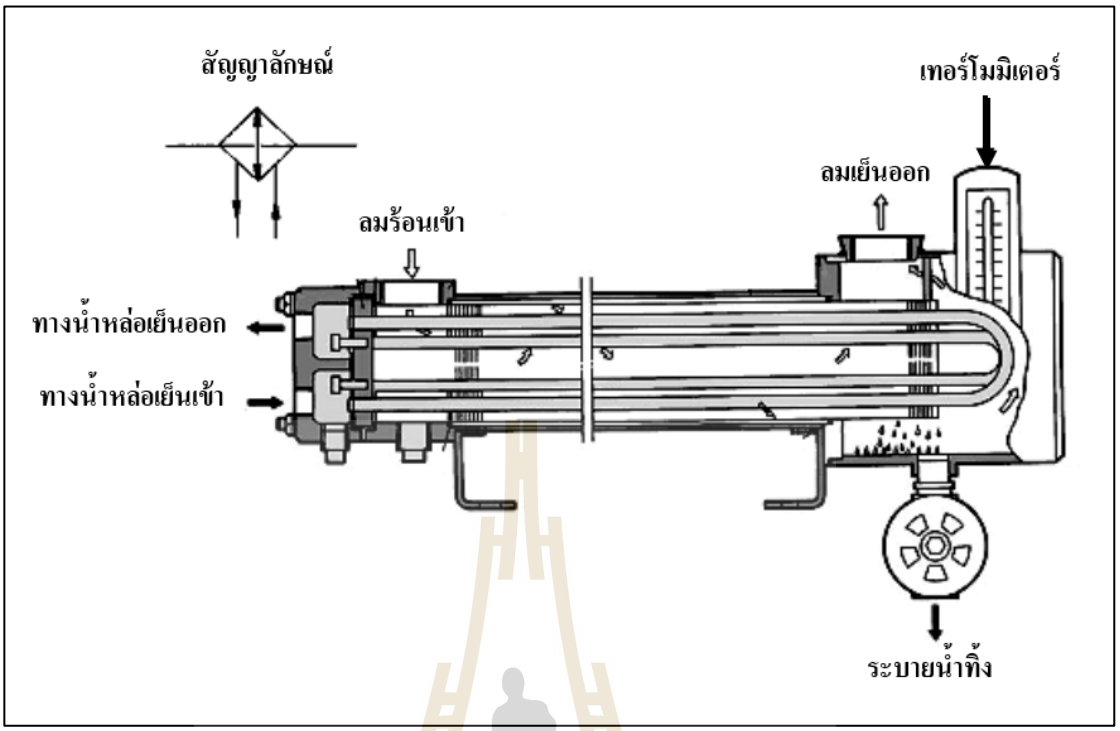
1) อุปกรณ์ต้นกำลังนิวเมติกส์ ทำหน้าที่สร้างลมอัดเพื่อใช้ในระบบนิวเมติกส์ เครื่องอัดอากาศ หรือ เครื่องอัดลม (Air compressor) เครื่องอัดอากาศจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมอัดให้เป็นพลังงานกลที่ใช้ในระบบนิวเมติกส์ จึงมีความสำคัญมากที่จะต้องเลือกใช้เครื่องอัดอากาศให้เหมาะสมกับลักษณะของงาน เพื่อให้ได้ปริมาณลมอัดที่เหมาะสมกับวงจรที่ออกแบบและมีราคาประหยัด ลักษณะของเครื่องอัดอากาศหรือเครื่องอัดลม ดังแสดงในรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ

2) เครื่องระบายความร้อน (After cooler) เครื่องระบายความร้อนมักจะติดตั้งอยู่ถัดจากเครื่องอัดลมเพื่อทำลมให้เย็นลงและจำกัดไอน้ำที่มีความร้อนจำนวนมากที่ผสมรวมอยู่กับลมอัด เพราะถ้าไอน้ำเหล่านี้กลั่นตัวเป็นหยดน้ำในอุปกรณ์นิวเมติกส์ก็จะเกิดการกัดกร่อนหรือความเสียหายได้ เครื่องระบายความร้อนแบ่งได้เป็นแบบใช้ลมเป่าระบายความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 2.3 และแบบใช้น้ำหล่อเย็น ดังแสดงในรูปที่ 2.4 เครื่องระบายความร้อนทั้งสองแบบนี้ควรลดอุณหภูมิของลมอัดให้เหลือประมาณ 40 องศาเซลเซียส เครื่องระบายความร้อนแบบใช้ลมเป่าจะใช้ครีบระบายความร้อนซึ่งติดตั้งที่ท่าจ่ายลมอัด และใช้พัดลมเป่าผ่านครีบเหล่านี้ ครีบเหล่านี้จะถูกติดตั้งห่างจากฝาผนังและโครงสร้างอื่นๆทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่ามีการระบายอากาศที่ดี ส่วนเครื่องระบายความร้อนแบบใช้น้ำหล่อเย็นจะใช้น้ำไหลหมุนเวียนในท่อเพื่อระบายความร้อนภายในภาชนะที่ลมอัดไหลผ่าน



รูปที่ 2.3 เครื่องระบายความร้อนแบบใช้พัดลมเป่า (After cooler)



รูปที่ 2.4 เครื่องระบายความร้อนแบบใช้น้ำหล่อเย็น (After cooler)

3) ถังพักลม (Air tank) ใช้กักเก็บลมที่อัดตัวไว้ใช้สำหรับปั๊มลม ในกรณีต้องการใช้ปริมาณลมจำนวนมากในช่วงเวลาหนึ่ง สามารถต่อพ่วงได้ทั้งแบบปั๊มลมชนิดลูกสูบ และปั๊มลมแบบสกรู ดังแสดงในรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 ถังพักลม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ซึ่งณรงค์ ตันชีวะวงศ์ ได้กล่าวถึงถังเก็บลมซึ่งทำหน้าที่ดังนี้

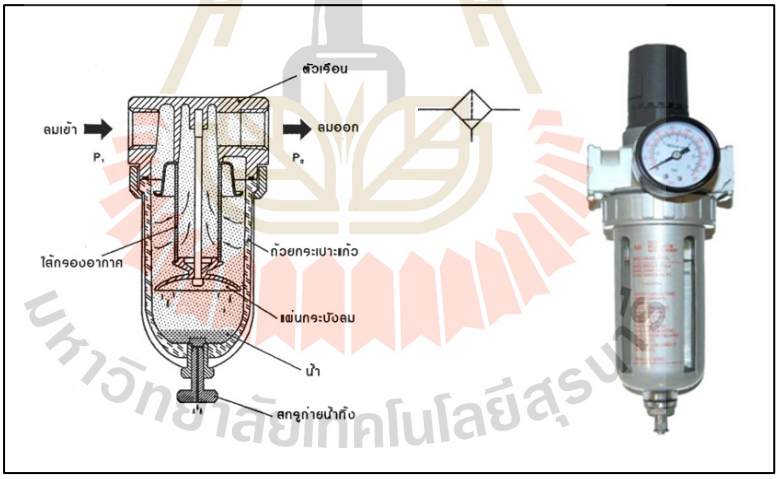
(1) ทำให้ความดันที่จ่ายออกจากเครื่องอัดลมมีค่าสม่ำเสมอ

(2) ป้องกันการลดลงของความดันลมอัดอย่างรวดเร็วเมื่อลมอัดถูกนำไปใช้ในปริมาณมากภายในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ

(3) ให้ความดันลมอัดได้ในช่วงเวลาหนึ่งในกรณีฉุกเฉิน เช่น การหยุดทำงานของเครื่องอัดลมเนื่องจากไฟฟ้าดับ

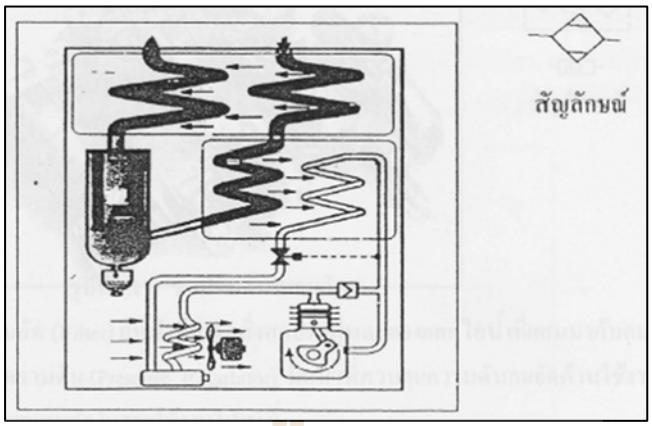
(4) ถึงการแยกน้ำจากลมที่ถูกอัดโดยการทำให้ลมอัดเย็นลงด้วยอากาศที่อยู่รอบๆถังเก็บลม ถังเก็บลมประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เกจวัดความดัน (Pressure gauge) วาล์วนิรภัย (Safety valve) และสวิตซ์ความดัน (Pressure switch) ดังนั้นถังเก็บลมจะต้องเป็นไปตามกฎเกณฑ์ต่าง ๆ เหมือนกับภาชนะทนความดันอื่น ๆ

4) เครื่องกรองในท่อหลัก (Main line air filter) เครื่องกรองในท่อหลักจะทำการกำจัดฝุ่นละออง น้ำ และคราบน้ำมันที่ปะปนกับลมอัดที่อยู่ในท่อหลักก่อนที่จะส่งลมอัดนำไปใช้งานหรือผ่านการกรองละเอียดอีกครั้งหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 เครื่องกรองในท่อหลัก (Main line air filter)

5) เครื่องทำลมแห้งด้วยความเย็น (Refrigerated air dryer) ลมที่ถูกอัดจะมีไอน้ำปะปนมาด้วย เมื่ออุณหภูมิของไอน้ำลดลงหรือระดับอุณหภูมิห้องที่ปลายท่อลมอัด ไอน้ำก็จะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำซึ่งบางครั้งจะไหลหยดออกทางช่องระบายของวาล์ว ดังนั้นเครื่องทำลมแห้งด้วยความเย็นนี้จะทำให้ลมอัดเย็นและจะควบแน่นไอน้ำที่ปะปนกับลมอัดให้กลายเป็นหยดน้ำ ซึ่งหยดน้ำจะถูกแยกออกและลมแห้งเท่านั้นที่ไหนผ่านออกไปได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 เครื่องทำลมแห้งด้วยความเย็น (Refrigerated air dryer)

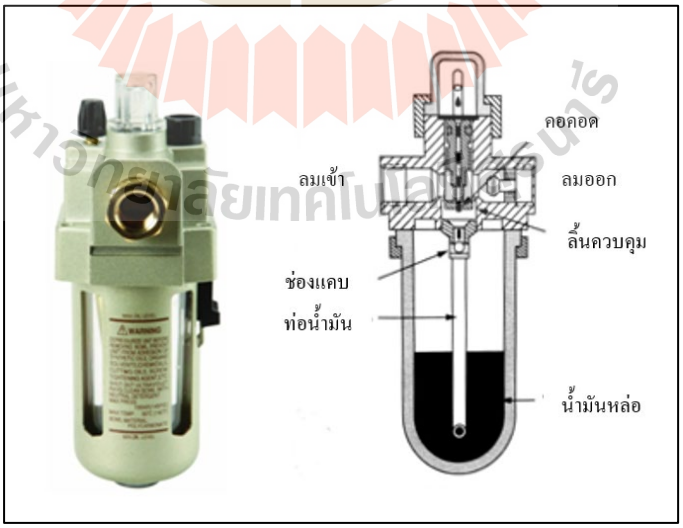
6) ตัวกรองลมอัด (Air filter) เครื่องอัดลมทำการอัดลมเพื่อให้ความดันเพิ่มขึ้นนั้นลมที่ถูกเครื่องอัดลมดูดเข้าไปเพื่ออัดเก็บในถังลมเก็บลมนั้น จะมีส่วนผสมของมวลสารอื่น ๆ ด้วย เช่นไอน้ำ ฝุ่นผง หรือมวลสารที่ไม่ล่องลอยในบริเวณที่เครื่องอัดลมทำงานอยู่ เครื่องกรองลมอัดจะทำการกำจัดฝุ่นละอองสนิมภายในท่อหรือสิ่งสกปรกอื่น ๆ ที่ติดมากับลมอัด เพื่อป้องกันความเสียหายต่ออุปกรณ์ ถ้าเครื่องกรองลมอัดถูกติดตั้งในท่อลมโดยที่ไม่มีเครื่องทำลมแห้งด้วยความเย็น เครื่องกรองลมอัดนี้จะช่วยกรองน้ำ (หยดน้ำ) ฝุ่นละออง และสนิมภายในท่อลมอัดได้ อัตราการกรองจะละเอียดกว่าเครื่องกรองในท่อหลัก เพราะมวลสารและสิ่งสกปรกต่าง ๆ นี้จะเป็นตัวที่ทำให้อุปกรณ์ทำงานของระบบนิวเมติกส์เสียหาย ทำงานติดขัดอายุการใช้งานสั้นลงได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 ตัวกรองลมอัด (Air filter)

7) วาล์วควบคุมความดัน (Air regulator) โดยปกติลมอัดที่เกิดจากเครื่องอัดลมจะมีค่าความดันค่าหนึ่งซึ่งจะมีค่าสูงกว่าความดันที่ต้องการใช้งานเล็กน้อย ดังนั้นวาล์วควบคุมความดันจะทำหน้าที่ลดความดันลมอัดให้อยู่ในระดับที่ต้องการและรักษาระดับให้คงที่ในการใช้งาน

รูปที่ 2.9 วาล์วควบคุมความดัน (Air regulator)

8) ตัวเติมน้ำมันหล่อลื่น (Air lubricator) อุปกรณ์ผสมน้ำมันหล่อลื่นจะใช้สารหล่อลื่นปนไปกับการไหลของลมอัด เพื่อช่วยให้อุปกรณ์ทำงานอย่างราบรื่นและช่วยยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ตัวเติมน้ำมันหล่อลื่น (Air lubricator)

9) ตัวเก็บเสียง (Air silencer) ลมอัดจะมีเสียงดังออกมาที่รูระบายของวาล์วดังนั้นตัวเก็บเสียงจะช่วยลดเสียงที่เกิดขึ้นได้ระดับหนึ่ง ดังแสดงในรูป 2.11

รูปที่ 2.11 ตัวเก็บเสียง (Air silencer)

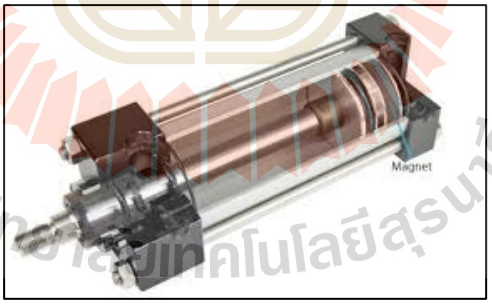
10) วาล์วควบคุมทิศทางการไหลของลมอัด (Directional control valve) วาล์วชนิดนี้จะเปลี่ยนทิศทางการไหลของลมอัดโดยการเปิด-ปิดวาล์วให้สัมพันธ์กับสัญญาณไฟฟ้าหรือสัญญาณลม วาล์วเปลี่ยนทิศทางการไหลของลม ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ไปกลับของก้านสูบภายในกระบอกสูบ ดังแสดงในรูปที่ 2.12

รูปที่ 2.12 วาล์วควบคุมทิศทางการไหลของลมอัด (Directional control valve)

วาล์วควบคุมความเร็ว (Speed control valve) วาล์วนี้จะควบคุมความเร็วก้านสูบภายในกระบอกสูบ โดยการปรับปริมาตรการไหลของลมอัดที่เข้ากระบอกสูบ ดังแสดงในรูปที่ 2.13

รูปที่ 2.13 วาล์วควบคุมความเร็ว (Speed control valve)

11) กระบอกสูบ (Air cylinder) กระบอกสูบจะทำหน้าที่เปลี่ยนรูปพลังงานลมอัดไปใช้ประโยชน์เป็นแรงให้มีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงโดยปกติกระบอกสูบจะมีชนิดทำงานได้สองทิศทางและชนิดทำงานได้ทิศทางเดียว ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 กระบอกสูบ (Air cylinder)

2.1.2 การเลือกขนาดกระบอกสูบ

จากกฎของปาสคาล (Pascal's law) ที่ว่าความดันของของเหลวในระบบปิดจะมีค่าเท่า ๆ กันทุกจุด และแรงกระทำของของเหลวจะกระทำไปรอบ ๆ ทุกจุดในระบบปิด มีสมการว่า

$$F = P \times A \qquad (2.1)$$

เมื่อ F คือ แรงที่กระบอกสูบกระทำ

P คือ ความดันที่เข้าไปในกระบอกสูบ

A คือ พื้นที่ของลูกสูบ

การคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองลม

การคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองลมจะต้องทราบความดันใช้งานเส้นผ่านศูนย์กลางลูกสูบและก้านสูบ ความยาวช่วงชักของลูกสูบ เพื่อนำไปใช้คำนวณหาการเตรียมลมอัดที่จะต้องใช้ค่าใช้จ่ายพลังงานที่ต้องใช้ และปริมาณลมที่ต้องใช้ทั้งหมด

อัตราการสิ้นเปลืองลม = อัดตราส่วนการอัด x พื้นที่หน้าตัดลูกสูบ x ความยาวช่วงชักของลูกสูบ

อัตราส่วนการอัด = (1.033 + Pressure) / 1.033

Q = อัตราส่วนการอัด x A x S

เมื่อ Q คือ อัตราการสิ้นเปลืองลม มีหน่วยเป็น ลิตรต่อนาที

S คือ ความยาวช่วงชัก มีหน่วยเป็น เซนติเมตร

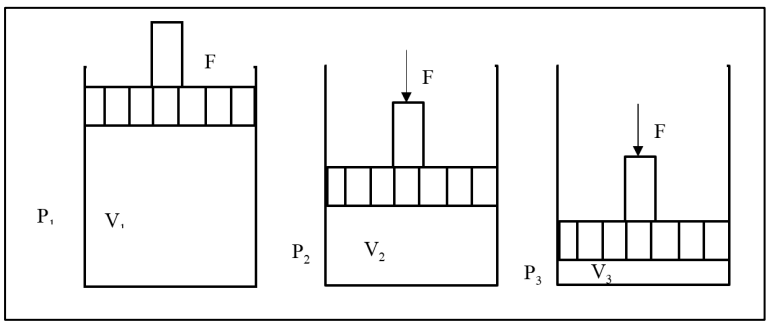
A คือ พื้นที่หน้าตัดลูกสูบ มีหน่วยเป็น ตารางเซนติเมตร

คุณสมบัติของอากาศ

อากาศและก๊าซทุกชนิดจะสามารถอัดตัวและขยายตัวได้ ซึ่งจะมีรูปทรงที่เป็นอิสระไม่แน่นอนและมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงตามภาชนะที่บรรจุ

กฎของบอยล์-แมริออต

เมื่ออุณหภูมิคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะเปลี่ยนแปลงเป็นอัตราส่วนผกผันกับความดันสัมบูรณ์ เมื่อความดันสัมบูรณ์และปริมาตรเป็นค่าคงที่ ดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ปริมาตรของก๊าซภายในถังเปลี่ยนแปลงตามความดัน

$P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3 =$ ค่าคงที่

เมื่อ P_1 คือ ความดันสัมบูรณ์เมื่อเริ่มต้น มีหน่วยเป็น บาร์

P_2 คือ ความดันสัมบูรณ์ครั้งสุดท้าย มีหน่วยเป็น บาร์

V_1 คือ ปริมาตรของก๊าซภายในถังเมื่อเริ่มต้น มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

V_2 คือ ปริมาตรของก๊าซภายในถังครั้งสุดท้าย มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

กฎของเกย์ลูสแซก หรือกฎของชาร์ลส์

สรุปได้ว่า ถ้าก๊าซจำนวนหนึ่งมีการเปลี่ยนแปลงสภาพจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ เขียนเป็นสมการได้ว่า

ถ้าความดันของก๊าซคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \text{ หรือ } \frac{T_1}{V_1} = \frac{T_2}{V_2} = \text{ค่าคงที่}$$

ถ้าปริมาตรของก๊าซคงที่ ความดันของก๊าซจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \text{ หรือ } \frac{T_1}{P_1} = \frac{T_2}{P_2} = \text{ค่าคงที่}$$

ถ้านำกฎของบอยส์และกฎของเกย์ลูสแซกรวมเข้าด้วยกัน สภาพของก๊าซหรืออากาศนี้เรียกว่า “Ideal gas” ซึ่งเป็นการรวมสูตรของก๊าซโดยทั่วไป เขียนในรูปสมการได้ดังนี้

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \qquad (2.2)$$

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \text{ ค่าคงที่}$$

$$PV = mRT$$

เมื่อ P คือ ความดันสัมบูรณ์ของก๊าซ มีหน่วยเป็นนิวตัน/ตารางเมตร

V คือ ปริมาตรของก๊าซ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ของก๊าซ มีหน่วยเป็นเคลวิน

M คือ น้ำหนักของก๊าซ มีหน่วยเป็นนิวตัน

R คือ ค่าคงที่ของก๊าซ มีหน่วยเป็นนิวตันเมตร/กิโลกรัมองศาเคลวิน

เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนจะทำให้ปริมาตรของอากาศเปลี่ยนด้วย โดยอากาศจะขยายตัวออก 1/273 เท่าของปริมาตรเดิม เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเคลวิน ณ ความดันคงที่

$$V_2 = V_1 + \frac{(T_2 - T_1)}{273} \qquad (2.3)$$

เมื่อ V_1 คือ ปริมาตรของอากาศที่อุณหภูมิ T_1

V_2 คือ ปริมาตรของอากาศที่อุณหภูมิ T_2

T_1 คือ อุณหภูมิของอากาศที่สภาวะปกติ

T_2 คือ อุณหภูมิของอากาศที่สภาวะเปลี่ยนแปลง

อากาศในบรรยากาศมีสภาวะเป็นก๊าซ ประกอบไปด้วยก๊าซไนโตรเจนประมาณ 78 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซออกซิเจน 20 เปอร์เซ็นต์ และอีก 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นพวกก๊าซเฉื่อย ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยปริมาตร อุณหภูมิแต่ละช่วงของบรรยากาศมีอิทธิพลต่อลมอัดมาก นอกจากนี้ความชื้นในบรรยากาศก็มีผลต่ออุปกรณ์ของลมอัดด้วยเช่นกัน

2.2 วาล์วควบคุมในระบบนิวเมติกส์

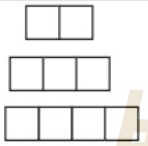
วาล์วควบคุมในระบบนิวเมติกส์พื้นฐานนั้นแบ่งได้ 5 ประเภท โดยในแต่ละประเภทแตกต่างกันตามลักษณะการใช้งาน ในการออกแบบสร้างวงจรควบคุมการทำงานแบบมีเงื่อนไขและวงจรควบคุมเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งานการใช้วาล์วควบคุมอัตราการไหลในการควบคุมความเร็วของก้านสูบ การใช้วาล์วแบบผสมที่ออกแบบสำหรับงานเฉพาะ เป็นต้น

1. วาล์วควบคุมทิศทาง (Directional control valves)
2. วาล์วชนิดลมไหลทางเดียว (Non-return valves)
3. วาล์วควบคุมความดัน (Pressure control valves)

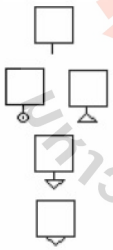
4. วาล์วควบคุมอัตราการไหล (Flow control valve)
5. วาล์วเปิด-ปิด และวาล์วผสม (Shut-off valve and Valve combination)

2.2.1 วาล์วควบคุมทิศทาง (Directional control valves)

มีหน้าที่ในการควบคุมทิศทางของลมอัดที่จ่ายให้กับอุปกรณ์นิวเมติกส์ โดยภายในประกอบลิ้นวาล์วที่มาเคลื่อนที่ได้ ตำแหน่งของลิ้นวาล์วที่เคลื่อนที่ได้จะเรียกว่า “ตำแหน่งทำงาน (Position)” ใช้สัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยมแทนจำนวนตำแหน่งที่ลิ้นวาล์วที่สามารถเปลี่ยนได้ความหมายของสัญลักษณ์ตำแหน่งทำงาน (Position) จำนวนช่องสี่เหลี่ยม (Position) หมายถึงจำนวนตำแหน่งทำงานที่ลิ้นวาล์วเปลี่ยนได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.16-2.19

สัญลักษณ์	ความหมาย
	ลิ้นวาล์วเปลี่ยน 2 ตำแหน่งทำงาน ลิ้นวาล์วเปลี่ยน 3 ตำแหน่งทำงาน ลิ้นวาล์วเปลี่ยน 4 ตำแหน่งทำงาน

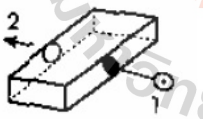
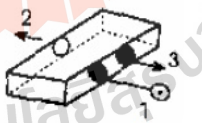
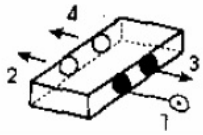
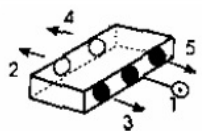
รูปที่ 2.16 ความหมายของสัญลักษณ์ตำแหน่งทำงาน (Position)

สัญลักษณ์	ความหมาย
	ช่องต่อสำหรับท่อลม ช่องต่อสำหรับจ่ายลมอัดให้วาล์ว ช่องต่อสำหรับระบายลมทิ้งแบบเปิด (มีช่องต่อท่อลม) ช่องระบายลมทิ้งแบบปิด (ไม่มีช่องต่อท่อลม)

รูปที่ 2.17 ความหมายของสัญลักษณ์ของช่องต่อท่อลม (Port)

สัญลักษณ์	ความหมาย
	เส้นภายในรูปสี่เหลี่ยม หมายถึง เส้นทางที่ลมอัดไหลผ่านได้ตามทิศทางลูกศร
	เส้นทางเดินลมที่ถูกกั้นแสดงด้วยเส้นตรงตัดสั้นหัวท้าย
	เส้นทางเดินลมภายใน 2 เส้นทางที่ไม่ได้ตัดกัน และมีช่องต่อท่อลม 4 ช่อง
	เส้นทางเดินลมผ่านได้ทางเดียวและมีช่องต่อท่อลม 3 ช่อง
	เส้นทางเดินลมผ่านได้ทางเดียวและมีช่องต่อท่อลม 3 ช่อง
	เส้นทางเดินลมผ่านได้สองทางและมีช่องต่อท่อลม 5 ช่อง
	เส้นทางเดินลมผ่านได้สองทางและมีช่องต่อท่อลม 5 ช่อง
	เส้นทางเดินลมที่ต่อถึงกันภายในเขียนด้วยจุดตัดเต็มและมีช่องต่อท่อลม 4 ช่อง

รูปที่ 2.18 สัญลักษณ์เส้นทางการไหลผ่าน

วาล์วปิดเปิด (2 Ports)	วาล์วปิดเปิดที่เปลี่ยนทิศทางได้ (3 Ports)
 - ควบคุมสว่านลม - หัวดูดจับสุญญากาศ	 - ควบคุมกระบอกสูบทางเดียว
วาล์วเปลี่ยนทิศทาง (4 Ports)	**วาล์วเปลี่ยนทิศทาง (5 Ports)**
 - ควบคุมกระบอกสูบสองทาง	 - ควบคุมกระบอกสูบสองทาง

รูปที่ 2.19 จำนวนช่องต่อท่อลม (Ports) ต่อหนึ่งวาล์วและประเภทการใช้งาน

ข้อดีของลมอัด

1. ลมอัดมีปริมาณไม่จำกัดในทุก ๆ แห่ง เพราะมีอยู่ทั่วไป
2. ลมอัดสามารถส่งผ่านไปตามท่อที่มีระยะทางไกล ๆ ได้ง่าย และไม่ต้องส่งกลับมา สามารถปล่อยทิ้งในบรรยากาศได้หลังจากใช้งานแล้ว
3. สามารถกักเก็บลมอัดไว้ในถังเก็บได้ ทำให้สามารถนำไปใช้งานได้ตามต้องการ
4. ลมอัดไม่เกิดการระเบิดหรือติดไฟง่ายเมื่อมีการรั่วซึม ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นที่ต้องมีอุปกรณ์พิเศษราคาแพงเพื่อใช้ในการป้องกันการระเบิด
5. ลมอัดไม่มีความไวต่อการเบี่ยงเบนของอุณหภูมิ มีความแน่นอนในการทำงานสูง แม้จะอยู่ในสภาวะอุณหภูมิสูงมาก ๆ ก็ตาม
6. เครื่องมือและอุปกรณ์ในระบบนิวเมติกส์มีโครงสร้างแบบง่าย ๆ ทำให้มีราคาถูก ทนทาน และซ่อมบำรุงรักษาได้ง่าย
7. ลมอัดมีความเร็วสูง ดังนั้นอัตราความเร็วในการทำงานก็จะสูงด้วย
8. สามารถควบคุมความเร็ว ความดัน และแรงของลมอัดในระบบนิวเมติกส์ได้ตามต้องการ
9. เครื่องมือและอุปกรณ์ของระบบนิวเมติกส์สามารถใช้งานเกินกำลังได้โดยไม่เกิดการเสียหาย
10. การเคลื่อนที่ในทางตรงสามารถทำงานได้โดยตรง

ข้อเสียของลมอัด

1. ลมอัดมีความชื้นและฝุ่นละออง ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์กรองความชื้นและฝุ่นละอองก่อนนำไปใช้งาน
2. ลมอัดมีเสียงดังเมื่อระบายทิ้งออกสู่บรรยากาศเพราะฉะนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์เก็บเสียง
3. ลมอัดจะประหยัดเฉพาะที่ใช้แรงขยายถึงจุดหนึ่งเท่านั้น โดยปกติแล้วใช้ความดันที่ 600 kPa (6 bar) ข้อจำกัดของแรงอยู่ที่ 20,000-30,000 นิวตัน ขึ้นอยู่กับความเร็วและระยะทางที่ใช้งาน
4. ระบบนิวเมติกส์ จะมีความดันที่ใช้งานเพียง 4-7 bar
5. ลมอัดเป็นตัวกลางที่ค่อนข้างแพงเมื่อเปรียบเทียบกับระบบการเปลี่ยนแปลงพลังงานอื่น ๆ (อย่างไรก็ตามจะถูกชดเชยจากอุปกรณ์บางชิ้นส่วนที่มีราคาถูก เป็นแบบง่าย ๆ และมีสมรถนะที่สูงกว่า)

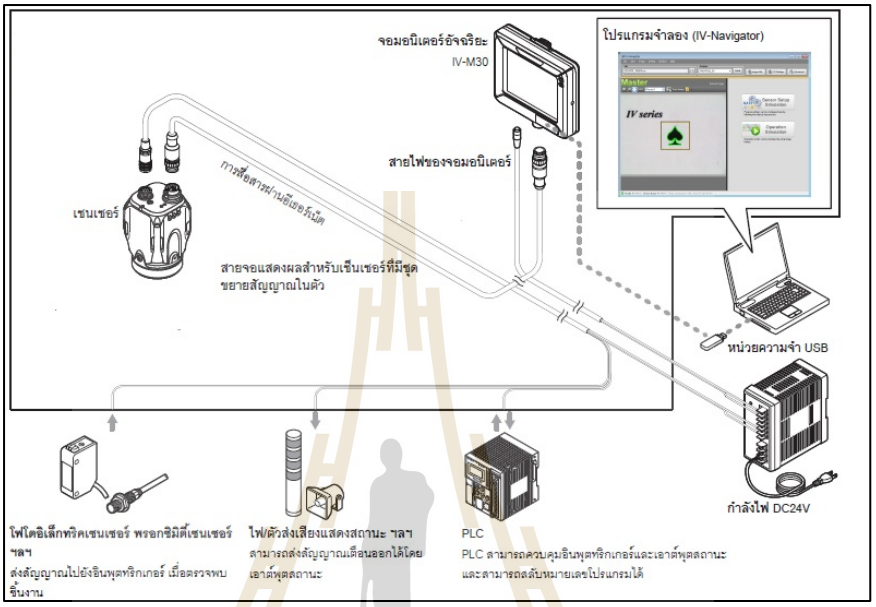
2.3 กล้องวิชันซิสเต็ม

ระบบวิชันซิสเต็ม คือ วิชันซิสเต็มเป็นสาขาหนึ่งของการพัฒนาปัญญาประดิษฐ์อย่างรวดเร็ว ในระยะสั้นวิสัยทัศน์ของเครื่องจักรคือการใช้เครื่องจักรแทนสายตามนุษย์เพื่อทำการวัดและตัดสิน ระบบวิชันซิสเต็มแปลงเป้าหมายที่จับเป็นภาพสัญญาณผ่านผลิตภัณฑ์วิชันซิสเต็ม (นั่นคืออุปกรณ์จับภาพซึ่งแบ่งออกเป็น CMOS และ CCD) และส่งไปยังระบบประมวลผลภาพพิเศษ เพื่อรับข้อมูลทางสัณฐานวิทยาของ เป้าหมาย ตามการกระจายพิกเซลความสว่างสีและ ข้อมูลอื่น ๆ แปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล ระบบภาพดำเนินการต่างๆเกี่ยวกับสัญญาณเหล่านี้เพื่อแยกคุณสมบัติของ เป้าหมายแล้วตามผลการจำแนกเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของสนามของอุปกรณ์วิชันซิสเต็มเป็น เทคโนโลยีที่ครอบคลุมซึ่งรวมถึงการประมวลผลภาพวิศวกรรมเครื่องกล การควบคุมแสงไฟฟ้าการ ถ่ายภาพด้วยแสงเซ็นเซอร์เทคโนโลยีอนาลอกและดิจิทัลวิดีโอฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี ซอฟต์แวร์ (การปรับปรุงภาพและอัลกอลิธึมการวิเคราะห์ ระบบแอพพลิเคชั่นวิชันซิสเต็มทั่วไป รวมถึงการจับภาพ, ระบบแหล่งกำเนิดแสง, โมดูลแปลงภาพดิจิตอล, โมดูลประมวลผลภาพดิจิตอล, โมดูลการตัดสินใจอัจฉริยะและโมดูลควบคุมการทำงานทางกลลักษณะพื้นฐานที่สุดของระบบวิชัน ซิสเต็ม การผลิต โดยทั่วไปจะใช้การมองเห็นเครื่องจักร เพื่อแทนที่การมองเห็นแบบประดิษฐ์ใน สถานการณ์ที่ไม่เหมาะสำหรับการทำงานด้วยตนเองหรือในกรณีที่การมองเห็นแบบประดิษฐ์นั้น ยากที่จะปฏิบัติตามข้อกำหนด ในเวลาเดียวกันประสิทธิภาพและระบบอัตโนมัติของการผลิต สามารถปรับปรุงได้อย่างมากโดยใช้วิธีการตรวจจับด้วยวิชันซิสเต็มในกระบวนการผลิต ซ้ำ ๆ ใน อุตสาหกรรม กล้องจึงมีบทบาทในการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานถือเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญของ ระบบการผลิตในการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานนั้นทำได้หลายรูปแบบ ได้แก่ วัสดุ ขนาด รูปร่าง ลักษณะพื้นผิว สีชิ้นงาน เป็นต้น

ประเทศไทยมีการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรม และได้มีการใช้เครื่องจักรเข้ามาทำงานแทน แรงงานคนเพื่อความแม่นยำรวดเร็ว กล้องจึงมีบทบาทในการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานถือเป็น ขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญของระบบการผลิตในการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานนั้นทำได้หลายรูปแบบ ได้แก่ วัสดุ ขนาด รูปร่าง ลักษณะพื้นผิว สีชิ้นงาน เป็นต้น แต่โดยทั่วไปจะกำหนดที่ขนาดและ รูปร่างชิ้นงาน การตรวจสอบจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือเพื่อช่วยในการตรวจสอบ เช่น เครื่องมือวัด ขนาด เครื่องโปรไฟล์โปรเจคเตอร์ เป็นต้นซึ่งเครื่องมือแต่ละชนิดโดยเฉพาะการใช้งานกับชิ้นงานที่ ต้องการความละเอียดที่ระดับไมครอนแล้ว ยิ่งต้องใช้เครื่องมือวัดที่มีความละเอียดสูง และมีความ แม่นยำมาก ทำให้เครื่องมือวัดมีราคาแพงมากและนำเข้าจากต่างประเทศหรือการตรวจสอบรูปร่าง ชิ้นงานก็มีเครื่องมือที่สามารถทำงานได้ดี แต่ราคาอยู่ในระดับหลายแสนบาท ซึ่งลักษณะชิ้นงาน บางอย่างก็ไม่มีความจำเป็นต้องการความละเอียดมาก หรือต้องการรูปร่างชิ้นงานเพียงคร่าว ๆ

เท่านั้น ทำให้การใช้งานไม่คุ้มค่า ในเรื่องของการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานอัตโนมัติเป็นหัวข้อหนึ่งที่น่ากล่าวถึง จะหาวิธีการอย่างไรที่จะสามารถคัดแยกชิ้นงาน

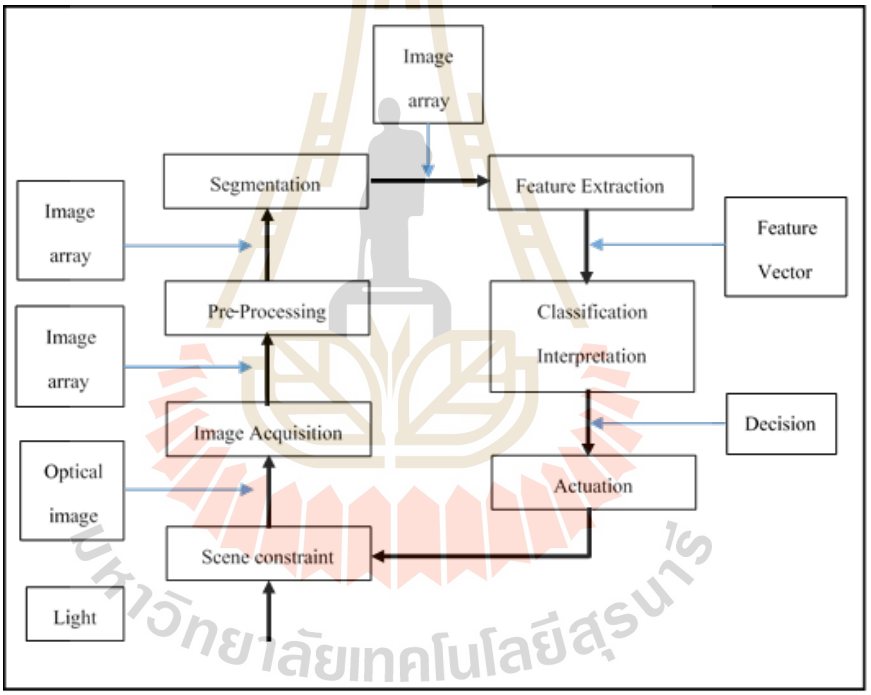
2.3.1 อุปกรณ์วิชันซิสเต็ม



รูปที่ 2.20 อุปกรณ์เบื้องต้นของระบบวิชันซิสเต็ม
ที่มา: วิชันเซ็นเซอร์ IV/IV-H Series ของบริษัท KEYENCE

วิชัน เป็นวิธีการที่ทำให้อุปกรณ์ประมวลผลต่าง ๆ เช่น คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ประมวลสัญญาณดิจิตอลมีความสามารถ รับรู้ภาพ ซึ่งยังทำให้อุปกรณ์ประมวลผลนั้น ๆ สามารถตัดสินใจและสั่งการกลไกส่วนต่าง ๆ ได้ จากข้อมูลที่ได้จากรูปภาพหรือกลุ่มของภาพนั้น ๆ จุดมุ่งหมายสูงสุด คือ ทำให้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ประมวลผลต่าง ๆ มีความสามารถเทียบเท่ากับการมองเห็นของตามนุษย์ ที่มีวิวัฒนาการต่อเนื่องกันมาหลายสิบล้านปี อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีในปัจจุบันยังคงไม่สามารถทำให้เครื่องจักรสามารถ มองเห็นและรับรู้ ได้เทียบเท่ากับความสามารถกับการมองเห็นของมนุษย์ เช่น มนุษย์มีสภาพร่างกายปกติ จะสามารถแยกแยะสิ่งที่ต้องการออกจากสิ่งที่ไม่ต้องการหลาย ๆ อย่างได้ ซึ่งจะสามารถทำได้โดยแทบจะไม่ต้องใช้ความพยายามมากเท่าไรนัก ซึ่งหากต้องการให้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ประมวลผลมีความสามารถที่จะทำกิจกรรมดังกล่าวได้นั้น นอกจะต้องใช้ความพยายามอย่างมากแล้วยังต้องใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนอีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างกันระหว่างการทำงานของอุปกรณ์ประมวลผลและสมองของมนุษย์ที่แม้อุปกรณ์ประมวลผลจะเร็วในการประมวลผลทางคณิตศาสตร์สูงกว่าสมองของมนุษย์มาก

ดังจะเห็นได้ง่าย ๆ จากการบวกเลข 20 หลักเข้าด้วยกัน จะพบว่าระบบคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน หรือแม้กระทั่งเครื่องคิดเลขธรรมดาทั่วไป จะสามารถทำงานดังกล่าวเพียงเสี่ยววินาทีเท่านั้น ซึ่งต่างกับสมองของมนุษย์ที่เป็นหน่วยประมวลผลอย่างง่าย ๆ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากหน่วยย่อย ๆ ของสมองมนุษย์เหล่านี้ จะมีจำนวนมากมายมหาศาล และทำงานไปพร้อมกันแทนที่จะทำงานทีละขั้นตอน ซึ่งเป็นวิธีการทำงานของอุปกรณ์ประมวลผลที่มีอยู่ในปัจจุบัน จึงทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของสมองมนุษย์สูงกว่าอุปกรณ์ประมวลผลที่อยู่ในปัจจุบันอย่างมาก ซึ่งโดยหลักแล้วก็คือ การการทำงานของโปรแกรมที่อยู่ในตัวอุปกรณ์ประมวลผล จะต้องใช้เวลาที่สิ้นสุด ดังนั้นการคำนวณต่าง ๆ จึงต้องใช้เวลาให้น้อยที่สุด ดังนั้นจะกล่าวถึงส่วนประกอบของระบบการตรวจสอบชิ้นงานด้วยภาพแบบอัตโนมัติ ซึ่งส่วนประกอบโดยทั่วไปของระบบวิชัน ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 ส่วนประกอบของระบบตรวจสอบชิ้นส่วนด้วยภาพ

1. การจัดสภาพแวดล้อม (Scene constraint)

จุดมุ่งหมายหลักของการจัดการสภาพแวดล้อมของระบบตรวจสอบชิ้นงานด้วยภาพแบบอัตโนมัติ คือ เพื่อลดความซับซ้อนในการประมวลผลให้มากที่สุด ทั้งนี้ ก็เนื่องจากการที่ความสามารถ มองเห็นและการรับรู้ ของอุปกรณ์ประมวลผลที่มีอยู่ในปัจจุบันที่มีอยู่ออย่างจำกัดและไม่เทียบเท่ามนุษย์ ดังนั้นจึงต้องช่วยลดความยุ่งยากของการประมวลผล ทั้งนี้ก็เพื่อให้

อุปกรณ์ประมวลผลส่วนใหญ่ไปกับงานที่ไม่ซับซ้อนและเท่าที่มีความจำเป็นนั้น ซึ่งเราจะสามารถทำได้หลาย ๆ วิธีร่วมกัน เช่น

1.1 การจัดการกับชิ้นงาน ในสภาพแวดล้อมจริงในอุตสาหกรรม ชิ้นงานแต่ละชิ้นที่ถูกป้อนให้กับระบบตรวจสอบจะต้องถูกจัดให้วางตัวในทิศทางเดียวกัน ซึ่งหากไม่มีการจัดการเกี่ยวกับการวางตัวของชิ้นงานเหล่านี้แล้ว อุปกรณ์ประมวลผลจะต้องหาทิศทางของชิ้นงานแต่ละชิ้นเอง ก่อนที่จะเริ่มทำการตรวจสอบชิ้นงานจริง

1.2 ระยะห่างระหว่างกล้องหรือเลนส์ถึงวัตถุ และทิศทางของกล้อง ตัวแปรเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดขนาดของชิ้นงานที่ที่ระบบอัตโนมัติมองเห็น เช่น หากระยะดังกล่าวสั้นลง ชิ้นงานที่ระบบอัตโนมัติมองเห็นก็จะมีขนาดใหญ่ขึ้น ดังนั้น สำหรับระบบตรวจสอบชิ้นงานด้วยภาพแบบอัตโนมัติโดยทั่วไปแล้ว ตัวแปรเหล่านี้จะต้องถูกกำหนดไว้ตายตัวอยู่แล้ว

1.3 การจัดการเรื่องแสง แสงจึงจัดเป็นองค์ประกอบสำคัญมาก เนื่องจากการมองเห็นภาพของระบบอัตโนมัตินั้น เกิดจากการที่มีแสงตกกระทบวัตถุ แล้วแสงสะท้อนผ่านเลนส์มาเข้าตัวเซนเซอร์รับภาพของกล้องที่ใช้กับระบบอัตโนมัติ ซึ่งการจัดการเกี่ยวกับแสงนั้น จำเป็นจะต้องพิจารณาเรื่องการเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสง การกระเจิงของแสง และคุณสมบัติอื่น ๆ สำหรับการตรวจสอบชิ้นงานโดยทั่วไปแล้วจะทำการติดตั้งแหล่งกำเนิดแสงไว้ด้านเดียวกันกับตัวกล้องแล้วส่องไปที่วัตถุที่ต้องการจับภาพ

2. การดึงข้อมูลภาพ (Image acquisition)

กระบวนการดึงข้อมูลภาพ คือ กระบวนการที่เริ่มตั้งแต่การถ่ายภาพโดยกล้องตลอดจนถึงการดึงภาพซึ่งเป็นข้อมูลที่อยู่ในกล้องเข้าสู่คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์ประมวลผลเพื่อที่จะได้ประมวลผลและการตัดสินใจสั่งงานจากผลที่ได้ต่อไป

3. การประมวลภาพเบื้องต้น (Pre-processing)

การประมวลภาพมีหลากหลายกระบวนการด้วยกัน กระบวนการเหล่านี้เป็นความรู้ที่สามารถพบได้ทั่วไปในสาขาการประมวลภาพดิจิตอล ซึ่งจะพบว่าในสาขานี้มีความรู้เกี่ยวกับกระประมวลภาพอยู่มากมายที่นำมาประยุกต์ใช้กับงานตรวจสอบชิ้นงานด้วยภาพแบบอัตโนมัติ เช่น การลดทอนสัญญาณรบกวนที่ปรากฏขึ้นในภาพ การตรวจสอบขอบของวัตถุที่อยู่ในภาพ การแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ การแปลงสี การวิเคราะห์ภาพในเชิงความถี่ การบีบอัดของรูปภาพ เป็นต้น

4. การแยกบริเวณ (Segmentation)

กระบวนการนี้เป็นการแยกบริเวณของภาพที่มีลักษณะร่วมกันออกเป็นส่วน ๆ การเก็บข้อมูลของวัตถุที่แยกออกมาให้อยู่ในรูปแบบในจึงจะเหมาะสมสำหรับกระบวนการแยกภาพ

5. การคำนวณหาคุณสมบัติของวัตถุ (Feature extraction)

ส่วนของรูปภาพที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน จะทำการจัดเก็บพิกัดของพิกเซลที่เป็นของบริเวณเดียวกันโดยเลือกใช้รูปแบบการเก็บที่เหมาะสมแล้ว จะทำการคำนวณหาหรือวัดคุณสมบัติต่าง ๆ ของแต่ละบริเวณหรือวัตถุแต่ละชิ้นที่อยู่ในรูป

6. การจำแนกวัตถุและการแปลความหมาย (Classification and Interpretation)

บริเวณที่มีความเข้มแสงค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งถูกแบ่งออกเป็นบริเวณ หรือแยกเป็นชิ้น ๆ แยกออกจากพื้นหลังด้วยกระบวนการแยกบริเวณ ซึ่งคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัตถุที่ได้มาจากกระบวนการคำนวณหาคุณสมบัติของวัตถุ จะถูกนำมาเขียนในรูปของเวคเตอร์

7. กลไกการเคลื่อนไหว (Actuation)

กระบวนการนี้โปรแกรมจะสั่งการกลไกการเคลื่อนไหวต่าง ๆ ให้กระทำการบางอย่างกับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการก่อนหน้านี้ เช่นสั่งให้สายพานเลื่อน สั่งให้แขนหุ่นยนต์ทำงานเป็นต้น นอกจากนั้นในบางกรณี อาจมีการสั่งการให้ตัวกล้องเคลื่อนที่ไปยังส่วนอื่น ๆ ของชิ้นงานที่กำลังพิจารณารวมอยู่ด้วย ซึ่งในส่วนนี้งานหลักๆจะเป็นการติดต่อและสั่งงานระหว่างอุปกรณ์ประมวลผลและ Programmable Logic Control ที่สามารถใช้สั่งการส่วนเคลื่อนไหวต่าง ๆ เช่น มอเตอร์ แขนหุ่นยนต์ หรืออื่น ๆ อย่างง่ายดาย

2.4 ปริทัศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

กริชเพชร ศิลาโชติ ได้นำเสนอการตรวจสอบหาล้อรถยนต์เพื่อจำแนกประเภทด้วยวิธีการประมวลผลภาพ วิธีการจำแนกประเภทรถยนต์ที่ใช้บริการทางด่วนอัตโนมัติโดยการติดตั้งกล้องแนวทแยง 45 องศา กับตัวรถเพื่อให้ได้ภาพรายละเอียดของล้อรถยนต์ นำภาพที่ได้มาวิเคราะห์หาจำนวนล้อเพื่อจำแนกประเภทรถยนต์ เริ่มจากการเตรียมภาพโดยใช้ฟิลเตอร์ Canny ตรวจหาขอบของภาพ ขั้นตอนต่อมาคือหาตำแหน่งของล้อโดยใช้การแปลงฮัฟ ร่วมกับการหาระยะห่างระหว่างล้อหน้ากับล้อหลังของรถยนต์ เมื่อได้ระยะห่างระหว่างล้อหน้ากับล้อหลังแล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับต้นแบบของล้อรถยนต์แต่ละประเภท ผลของการเปรียบเทียบจะสามารถตัดสินใจว่ารถยนต์ในภาพเป็นรถยนต์ที่ต้องเสียค่าธรรมเนียมแบบใด จากการทดสอบวิธีการนำเสนอโดยใช้รถยนต์ทั้ง 3 ประเภท จำนวนทั้งหมด 50 ภาพ ผลจากกการทดลองระบบที่เสนอสามารถจำแนกประเภทรถยนต์ได้ถูกต้องร้อยละ 84

จิรพงศ์ ลิม ได้นำเสนอการพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับเครื่องเพรสแบบไฮดรอลิกความเร็วสูง โดยจะเป็นการพัฒนาระบบควบคุมเครื่องเพรสแบบไฮดรอลิก ด้วยการนำเทคโนโลยีใหม่เข้ามาประยุกต์ใช้งาน เพื่อให้ความสามารถและประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มขึ้น กล่าวคือจะสามารถควบคุมความเร็ว และระยะการเคลื่อนที่ในการเพรสได้โดยควบคุมโดยชุดควบคุมแบบโปรแกรมที่เรียกกันว่า พีแอลซี และการรับส่งข้อมูลเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำหน้าที่แสดงผลและรับข้อมูลเพื่อควบคุมการทำงานเครื่องเพรส ซึ่งทำให้เครื่องเพรส เครื่องนี้สามารถทำงานได้หลายลักษณะการใช้งาน ได้แก่ การเพรสตัดชิ้นงาน การกดขึ้นรูป

วัชรินทร์ โพธิ์เงิน การพัฒนาควบคุมแรงในระบบนิวเมติกส์โดยใช้ชุดควบคุมแบบ Pre-Compensated Fuzzy เนื่องจากแรงเสียดทานที่เกิดจากการเสียดสีในระบบนิวเมติกส์ ทำให้ลักษณะระบบเซอร์โวนิวเมติกส์มีความไม่เป็นเชิงเส้นอย่างมาก และในการควบคุมแรงในระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้น เมื่อพิจารณาผลกระทบแรงเสียดทาน ในบางกรณีเช่นกับกระบอกสูบนิวเมติกส์แบบ Roadless แรงเสียดทานแบบคงที่สามารถมีมากได้ถึง 30% ของกำลังที่นำมาใช้ และสำหรับการควบคุมการเคลื่อนที่และแรงอาจมากกว่า 10% ดังนั้นในการพิจารณาออกแบบตัวชดเชยแรงเสียดทานเพื่อควบคุมแรงกระบอกสูบนิวเมติกส์ให้มีประสิทธิภาพสูงในการทำงานและยอมรับได้โดยทั่วไปสามารถทำได้ยาก การตอบสนองที่เกิดจะมีข้อผิดพลาดของแรงเป็นอย่างมาก ดังนั้นระบบเซอร์โวนิวเมติกส์จึงมีความจำเป็นต้องมีตัวควบคุมความมีประสิทธิภาพเพื่อชดเชยแรงเสียดทานในระบบ เพื่อการควบคุมแรงของกระบอกลมมีความแม่นยำขึ้น

รัตนชาติ สุดตาธิคุณ และเทพนิมิต บำรุงราษฎร์ เครื่องปั้มสบู่สมุนไพรระบบนิวเมติกส์ เครื่องปั้มสบู่สมุนไพรนิวเมติกส์นี้ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อให้อัตราการผลิตสบู่สมุนไพรที่สูงขึ้น โดยคำนึงถึงความสะดวก ความปลอดภัยและลดเวลาเป็นหลัก

ณรัตน์ สุทธจิตต์ และอาณัติ วรรณพราหมณ์ การวิจัยพัฒนาตัวควบคุมแบบฟัซซี ซึ่งเป็นตัวควบคุมแบบฉลาดในการควบคุมระบบเซอร์โวนิวเมติกส์ โดยใช้วาล์วแบบ ON/OFF ผลตอบสนองพลวัติทางตำแหน่งนำมาใช้ในการประเมินเพื่อเพิ่มความสามารถของระบบเซอร์โวนิวเมติกส์ เนื่องจากความไม่เป็นเชิงเส้น และความไม่แน่นอนของระบบ นิวเมติกส์ มีผลทำให้การตอบสนองของการควบคุมตำแหน่งมีความบกพร่องเมื่อใช้การควบคุมวาล์ว ON/OFF

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การออกแบบเครื่องประทับตราลูกสูบขนาดใหญ่กว่าลูกสูบขนาดมาตรฐาน เริ่มต้นโดยการศึกษาลักษณ์การปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานประทับตราลูกสูบ การออกแบบของเครื่องประทับตราลูกสูบนี้ผู้วิจัยมีความสนใจเกี่ยวกับการประตราลูกสูบและลดความผิดพลาดของมนุษย์เนื่องจากในการประทับตราลูกสูบแต่ละครั้งอาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนและความเมื่อยล้าของคน

3.1 การประทับตราลูกสูบของพนักงาน

การประทับตราลูกสูบของพนักงานมีกระบวนการดังนี้

1. พนักงานนำชิ้นงานที่ผ่านการตรวจสอบด้วยตาเรียบร้อยแล้วมาวางบนโต๊ะ
2. พนักงานทำการประทับตราชิ้นงานโดยการใช้มือและสายตาเพ็งเล็งไปที่ตำแหน่งที่จะต้องประทับตราลูกสูบ

รูปที่ 3.1 การปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตลูกสูบ

ในกระบวนการประทับตราลูกสูบที่กล่าวมาแล้วทุกขั้นตอนต้องใช้พนักงานเป็นผู้กระทำด้วยตนเองทั้งสิ้น ซึ่งทำให้เกิดปัญหาขึ้นหลายอย่าง คณะผู้วิจัยได้เข้าไปศึกษาและพบว่ามีปัญหาที่เกิดหลักที่สำคัญ ดังนี้

1. ประทับตราลูกสูบเอียงไม่ตรงตำแหน่ง ทำให้ต้องทำการลบตราประทับนั้นออกและประทับตราชิ้นงานซ้ำอีกรอบ สาเหตุของปัญหาเป็นผลมาจากพนักงานใช้ใช้สายตาเพ็งเล็งเป็นเวลานานทำให้เกิดความเมื่อยล้า
2. พนักงานประทับตราชิ้นงานกลับด้าน
3. พนักงานประทับตราชิ้นงานไม่ชัด

ปัญหาที่เกิดขึ้นทั้ง 3 กรณีทางผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลของพนักงาน ซึ่งผลที่ได้แสดงตามตารางที่ 3.1

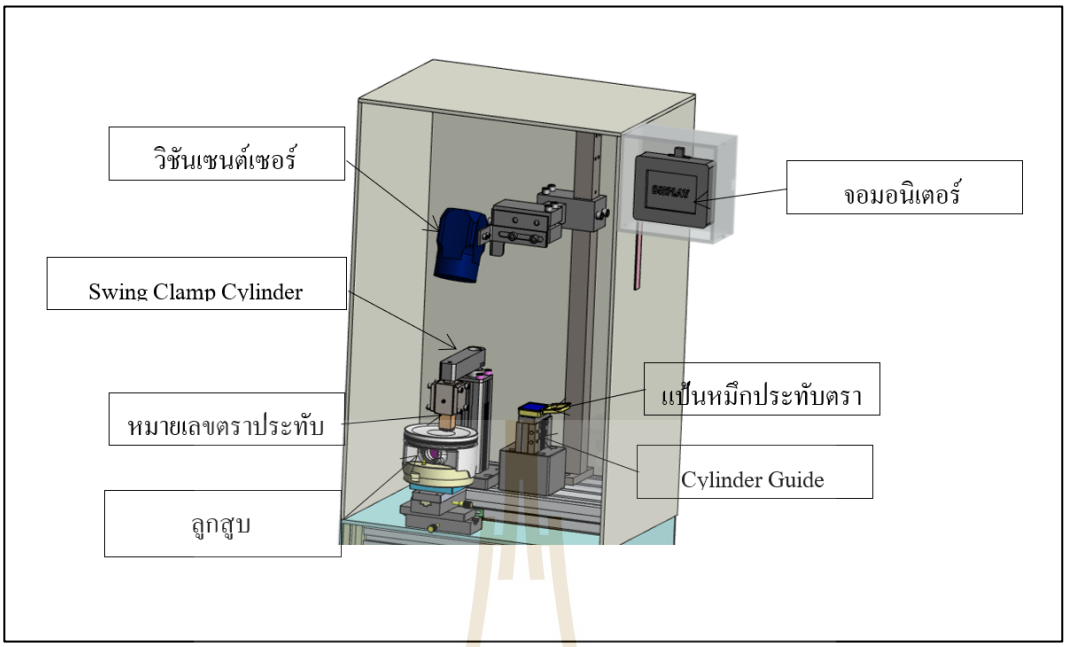
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลปัญหาที่เกิดจาก การประทับตราที่ไม่ต่อเนื่องของพนักงาน 3 คน

พนักงาน	**ลูกสูบ**									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
พนักงาน ก	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	**เสีย**	ปกติ	**เสีย**	ปกติ	ปกติ	ปกติ
พนักงาน ข	ปกติ	ปกติ	ปกติ	**เสีย**	**เสีย**	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	**เสีย**
พนักงาน ค	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ

3.2 การออกแบบเครื่องจักร

3.2.1 แนวความคิดการออกแบบเครื่องจักร

การออกแบบเครื่องจักรต้นแบบจะทำการออกแบบ โดยแนวคิดในการออกแบบเครื่องจักรเพื่อต้องลดการปฏิบัติงานของมนุษย์ในการประทับตราลูกสูบ โดยการนำเครื่องประทับตราลูกสูบไปติดตั้งในกระบวนการผลิตก่อนการตรวจสอบชิ้นงานด้วยสายตา ลักษณะของเครื่องแสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ลักษณะของเครื่องจักรที่ทำการออกแบบ

3.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Swing clamp cylinder
2. Cylinder guide
3. หมึกตราประทับ
4. โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC)
5. หมายเลขตราประทับ
6. Aluminum profile
7. Relay
8. โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC)
9. Solenoid valve
10. วิชันเซนต์เซอร์
11. จอมอนิเตอร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1) Swing clamp cylinder ใช้ในการประทับตราลูกสูบโดยการหมุน 90 องศา เพื่อประทับตราลูกสูบและหมึกประทับตรา ดังแสดงในรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 ลักษณะของ Swing clamp cylinder

2) Cylinder guide ใช้การควบคุมหมึกสำหรับประทับตราเลื่อนขึ้นลงเพื่อให้ตัวเลขประทับกับหมึกประทับตรา ดังแสดงในรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 ลักษณะของ Cylinder guide

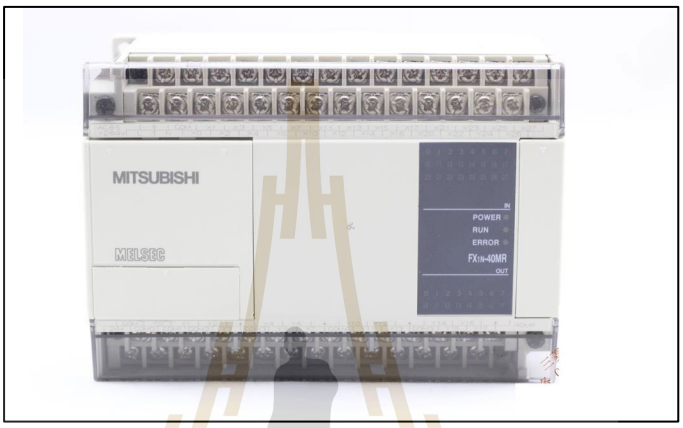
3) รีเลย์ (Relay) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัด-ต่อวงจร โดยใช้แม่เหล็กไฟฟ้า และการที่จะให้มันทำงานก็ต้องจ่ายไฟให้มันตามที่กำหนด เพราะเมื่อจ่ายไฟ

ให้กับตัวรีเลย์ มันจะทำให้หน้าสัมผัสติดกัน กลายเป็นวงจรปิด และตรงข้ามทันทีที่ไม่ได้จ่ายไฟให้มัน มันก็จะกลายเป็นวงจรเปิด ไฟที่เราใช้ป้อนให้กับตัวรีเลย์ ดังแสดงในรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 ลักษณะของ Relay

4) โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ (PLC) การควบคุมโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) ระบบการควบคุมแต่เดิมจะประกอบด้วยอุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) เช่น รีเลย์ (Relay) ตัวตั้งเวลา (Time) ตัวนับเวลา (Counter) และอื่นๆ การทำงานของระบบควบคุมจะมีอยู่ด้วยกัน อยู่ 2 สถานะ คือ สภาวะเปิดกับสภาวะปิด หรือแบบ ON และ OFF นั่นเอง ระบบการควบคุมแบบเดิม จะมีข้อเสียอยู่ด้วยกันหลายประการ เช่น มีขนาดใหญ่ สิ้นเปลืองเนื้อที่ มีกำลังงานสูง ใช้เวลาในการประกอบติดตั้งนาน รวมถึงการปรับปรุงแก้ไขการทำงานได้ยาก ไม่เหมาะกับการควบคุมแบบซับซ้อน เนื่องจากปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) เป็นอย่างมาก จึงได้มีการนำอุปกรณ์ตัวนี้มาประยุกต์ในงานหลายด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการควบคุมแบบต่อเนื่อง ทำให้มีการผลิตเครื่องควบคุมชนิดโปรแกรม (Programmable logic controller) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า “พีแอลซี” ขึ้นมาใช้กับการควบคุมสำหรับงานด้านอุตสาหกรรมโดยเฉพาะ โปรแกรมเมเบิลคอนโทรล (PLC) จะมีส่วนที่เป็น อินพุต ต่อเข้ากับตัวตรวจต่าง ๆ (Sensor) เช่น สวิทช์ลิมิตสวิทช์ สวิทช์ลำแสง และส่วน OUTPUT จะต่อไปควบคุมอุปกรณ์เพื่อควบคุมเครื่องจักร เช่น มอเตอร์ โซลินอยด์ โดยสามารถสร้างวงจร และเงื่อนไขการทำงานของเครื่องจักรได้จากการป้อนโปรแกรมคำสั่งเป็นแลดเดอร์ไดอะแกรม (Ladder diagram) ซึ่งโปรแกรมนี้จะทำหน้าที่เหมือนกับวงจรรีเลย์ ตัวตั้งเวลา ตัวนับ และอื่น ๆ โดยการทำงานของโปรแกรมจะทำตามขั้นตอนการเขียนโปรแกรมทุกประการโดย พีแอลซี จะสร้างอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ ภายในตัวเองด้วยซอฟแวร์

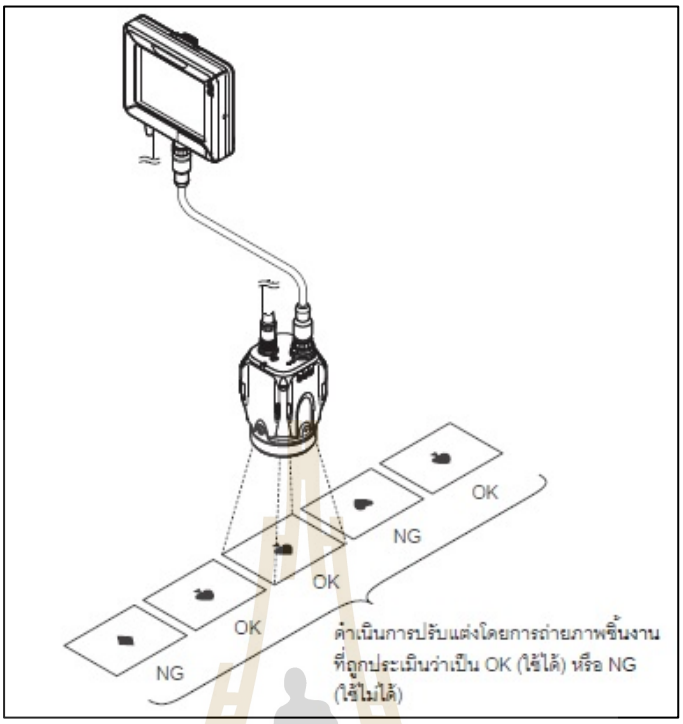
(Software) ปรากฏอยู่ในรูปของฟังก์ชั่นการทำงาน ที่ตรงกับสภาพความเป็นจริง โดยเงื่อนไขต่าง ๆ ที่เขียนโปรแกรมจะมีลักษณะคล้ายกับการต่อสายของอุปกรณ์เหล่านี้เป็นวงจรขึ้นมา แต่เนื่องจากเป็นการทำงานของซอฟแวร์ (Software) จึงทำให้สามารถแก้ไขและเพิ่มเติมวงจรได้จากตัวป้อนโปรแกรมของพีแอลซีหรือคอมพิวเตอร์ จึงทำให้สะดวกและง่ายกว่าการเดินสายไฟในระบบวงจรรีเลย์จากที่กล่าวมาข้างต้นสูง ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC)

5) วิชันเซนเซอร์ เซนเซอร์ คือ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับถ่ายภาพเพื่อประเมินของเครื่องมือตรวจจับและเกณฑ์การประเมินของเครื่องมือแต่ละรายการโดยอัตโนมัติ โดยใช้ชิ้นงานที่มีคุณภาพสูง และชิ้นงานที่มีคุณภาพต่ำ เพื่อดำเนินการปรับแต่งโดยเตรียมชิ้นงานที่มีคุณภาพสูงและชิ้นงานที่มีคุณภาพต่ำจำนวนมาก แล้วตรวจสอบผลของการทดสอบโครงร่าง, พื้นที่สี, พื้นที่, ความเปรียบต่าง, ความกว้าง, เส้นผ่านศูนย์กลาง, ตรวจจับขอบ, พิทช์, การปรับตำแหน่ง, การปรับตำแหน่งความเร็วสูง HDR, เกนสูง, ฟิลเตอร์สี, ซูมดิจิตอล, การแก้ไขความสว่าง, การแก้ไขความเอียง, สมดุลแสงขาว*7, โครงร่างการบัง, ฟังก์ชันการบัง, ฟังก์ชันฮิสโตแกรมสี, ฟังก์ชันฮิสโตแกรมโมโนโครม, รันทดสอบ, ปรับเครื่องมืออัตโนมัติ, มอนิเตอร์อินพุต, ทดสอบเอาต์พุต, การตั้งค่าความปลอดภัย, โปรแกรมจำลอง, การเชื่อมต่อโดยตรง (2 ชุดขึ้นไป), รายการการเกิด NG ของเซ็นเซอร์, ฟังก์ชันค้าง NG, ข้อมูลเซ็นเซอร์วันที่, ฟังก์ชันการปรับสเกล ดังแสดงในรูปที่ 2.21

(1) วิชันเซนเซอร์ จะทำการประเมินรับสัญญาณเริ่มต้นการถ่ายภาพกับตำแหน่งของชิ้นงานจากโฟโตอิเล็กทริกสวิทช์ เปิดแสงไฟ และถ่ายภาพชิ้นงานโดยใช้อิมเมจเซนเซอร์ ภาพของชิ้นงานจะถูกสแกนเพื่อตรวจจับชิ้นงานมีคุณภาพสูงหรือต่ำตามการตั้งค่าของการตรวจจับและส่งเอาต์พุตผลสถานะ บันทึกภาพไว้ในหน่วยความจำ ดังแสดงในรูปที่ 3.7-3.8

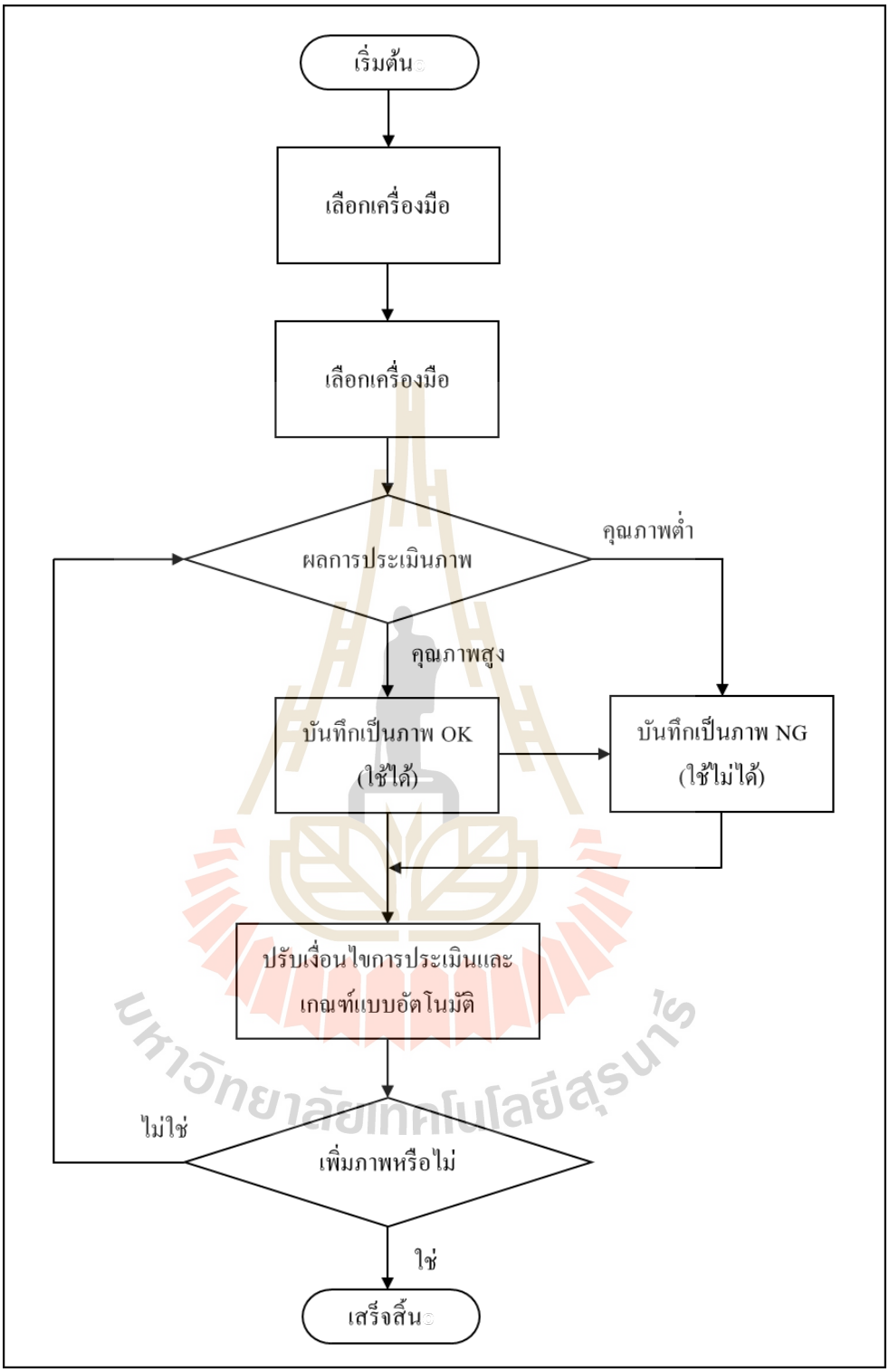


รูปที่ 3.7 เซนเซอร์ถ่ายภาพเพื่อประเมินของเครื่องมือตรวจจับ

ที่มา: (วิชันเซ็นเซอร์ IV/IV-H Series ของบริษัท KEYENCE)

รูปที่ 3.8 รูปภาพวิชันเซนเซอร์ IV-H-Series

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.9 กระบวนการทำงานของการปรับแต่งเครื่องมือแบบอัตโนมัติ

ที่มา: (วิชันเซ็นเซอร์ IV/IV-H Series ของบริษัท KEYENCE)

(2) จอมอนิเตอร์ ทำหน้าที่ในการปรับตั้งค่าโปรแกรมแสดงสัญญาลักษณ์ต่าง ๆ ของระบบ เวลาในการประมาณผล การประมวลผลเป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 จอมอนิเตอร์

(3) แหล่งจ่ายไฟ (Power supply) คือแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับตัวอุปกรณ์หรือ Device ที่เราใช้งาน ซึ่งก็มีหลากหลายประเภท มีแบบที่เป็น Linear power supply ก็คือพวก Transformer กับ Non-linear power supply หรือ Switching power supply โดยเฉพาะ Switching Power supply ที่เราจะมาแนะนำนี้ เป็นอุปกรณ์ที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ โดยจะทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ต้องการแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อให้ฟังก์ชันในอุปกรณ์ทำงานได้ (ส่งแรงดันไฟฟ้าไปยัง Capacitor หรือ Chips ของอุปกรณ์นั้น) ดังแสดงในรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.11 Omron relay S82K-01524 24V DC 100-240V AC

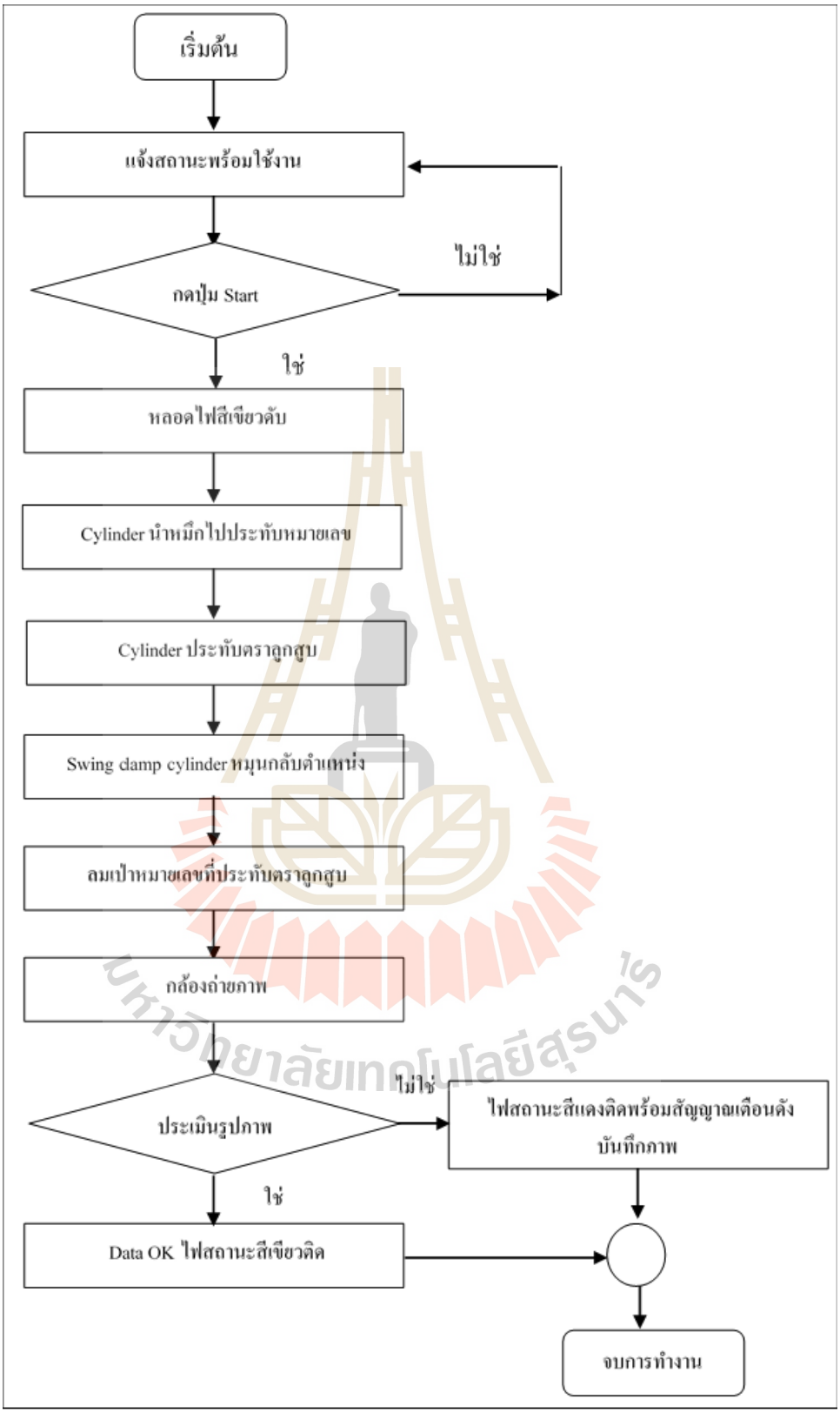
(4) ไฟตัวส่งเสียงสถานะ ทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณเตือนออกไปภายนอก เพื่อบ่งบอกสภานะของเครื่องจักร ดังแสดงในรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.12 ไฟส่งสัญญาณเตือนแสดงสถานะเขียวเหลืองแดง

3.3 หลักการทำงานของระบบ เครื่องประทับตราลูกสูบ

เครื่องประทับตราลูกสูบจะทำงานได้นั้นจะต้องได้รับคำสั่งจากโปรแกรมที่เขียนลงไป โดยการทำงานงานของเครื่องประทับตราลูกสูบเป็นดังนี้ จะทำงานหนึ่งรอบการทำงานโดยการกดปุ่ม Start cylinder guide จะเคลื่อนที่ขึ้นเพื่อนำหมึกตราประทับ ประทับที่หมายเลขตราประทับ หลังจากประทับตราที่หมึกเรียบร้อย Cylinder guide จะเคลื่อนที่ลงกลับสู่ตำแหน่งเดิม และ Swing clamp cylinder จะหมุน 90 องศา เพื่อเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่จะประทับตราลูกสูบ ดังแสดงในรูปที่ 3.13

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.13 แผนผังการทำงานของเครื่องจักร

3.4 การเลือกกระบอกสูบ

จากกฎของปาสคาลที่ว่าความดันของของเหลวในระบบปิดจะมีค่าเท่า ๆ กันทุกจุด และแรงกระทำของของเหลวจะกระทำไปรอบๆทุกจุดในระบบปิด

$$F = P \times A \quad (3.1)$$

เมื่อ F คือ แรงที่กระบอกสูบกระทำ

P คือ ความดันที่เข้าไปในกระบอกสูบ

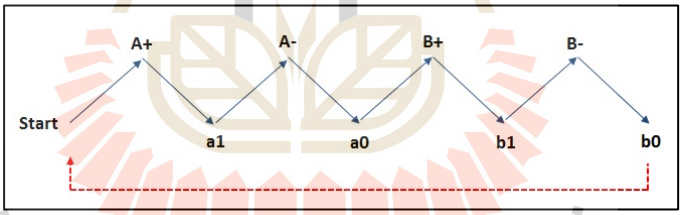
A คือ พื้นที่ของลูกสูบ

3.5 ไดอะแกรมวงจรการทำงานของนิวเมติกส์

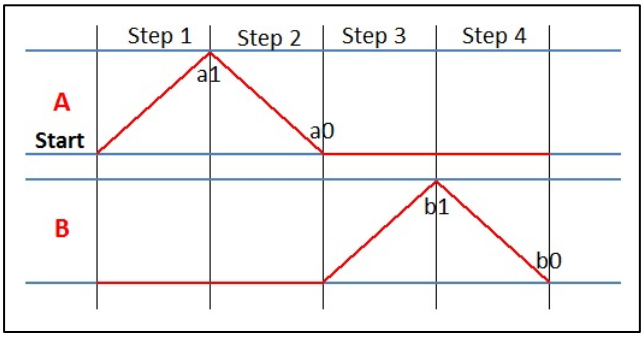
Sequence control

A+/A-B+/B-

Signal flow diagram



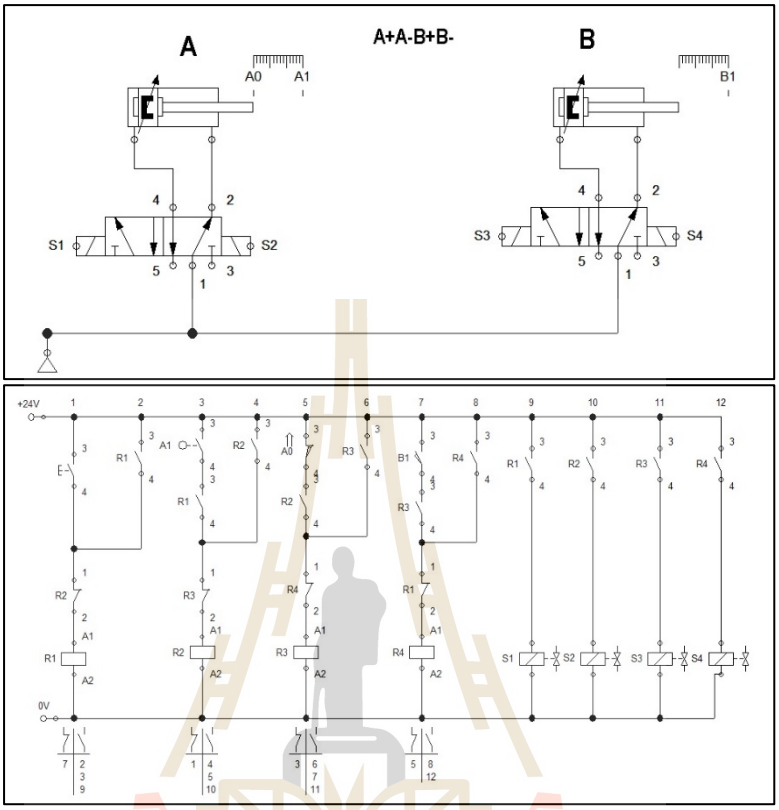
รูปที่ 3.14 Signal flow diagram



รูปที่ 3.15 Motion step diagram

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.6 สัญลักษณ์และหลักการทำงานของระบบนิวเมติกส์



รูปที่ 3.16 วงจรการควบคุมนิวเมติกส์ไฟฟ้าเครื่องประทับตราชิ้นงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการดำเนินการวิจัย

สำหรับบทนี้จะกล่าวถึงผลการดำเนินงานสร้างเครื่องประทับตราลูกสูบและตรวจสอบประทับตราด้วยวิชันซิสเต็มและข้อแตกต่างระหว่างพนักงานกับเครื่องประทับตราลูกสูบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร ปัญหาของกระบวนการประทับตราลูกสูบที่จะทำการวิจัยและดำเนินการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาความสามารถของเครื่องประทับตราลูกสูบ โดยจะแบ่งการทดลองออกเป็น

1. การทดสอบกล้องวิชันเซ็นเซอร์
2. การทดสอบเครื่องประทับตราลูกสูบและตรวจสอบโดยใช้กล้อง
3. การทดสอบใช้งานเครื่องประทับตราลูกสูบและตรวจสอบด้วยวิชันซิสเต็มในกระบวนการผลิตจริงสภาพ Mass Production

4.1 วัตถุประสงค์ของการทดลอง

มีแนวคิดที่จะเพิ่มผลผลิตในส่วนของการประทับตราชิ้นงาน (ลูกสูบ) ที่มีขนาดใหญ่กว่าลูกสูบขนาดมาตรฐาน ซึ่งปัจจุบันใช้คนในการประทับตราชิ้นงาน พบปัญหาพนักงานประทับตราชิ้นงานไม่ตรงตำแหน่งทำให้เกิดชิ้นงานเสียและต้องทำการ Rework ชิ้นงานใหม่ ชิ้นงานเสียเฉลี่ยต่อวันอยู่ที่ 27.8% มูลค่าสูญเสียในการซ่อมชิ้นงานที่เกิดขึ้นต่อวัน 2,549.8 บาท ผู้จัดทำจึงทำการออกแบบและสร้างเครื่อง จักรนี้ให้มีประสิทธิภาพเพื่อต้องการลดงานเสียที่เกิดจากการประทับตราหมายเลขลูกสูบไม่ตรงตำแหน่งให้น้อยกว่า 5%

4.2 วิธีการทดลองตรวจสอบชิ้นงานด้วยวิชันซิสเต็ม

ในขั้นตอนแรกจะทำการทดลองวิชันซิสเต็มตรวจสอบสอบชิ้นงาน โดยการเตรียมชิ้นงานไปประทับตราจำนวน 100 ตัว โดยแบ่งออก

1. งานที่ประทับตราตรงตำแหน่งตามมาตรฐาน 71 ตัว
2. งานที่ประทับตาไม่ตรงตำแหน่งหรือเอียง 17 ตัว
3. งานที่ประทับตราไม่ชัด 9 ตัว
4. งานที่ประทับตรากลับด้าน 3 ตัว

ดังแสดงตามตารางที่ 4.1 ดังรูปที่ 4.3

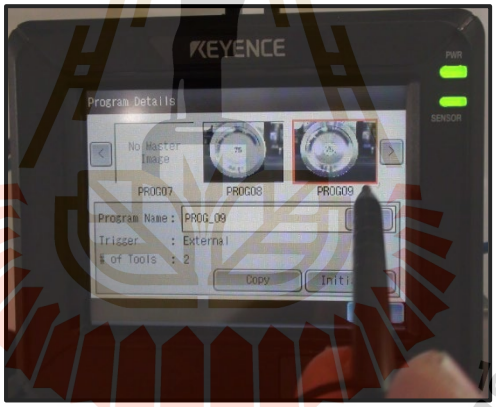
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลจำนวนงานที่ใช้ในการทดลอง

รายละเอียดการทดสอบ	จำนวนงาน (ตัว)	เป้าหมาย
งานที่ประทับตราตรงตำแหน่งตามมาตรฐาน	71	เป้าหมายงานดี 71%
งานที่ประทับตาไม่ตรงตำแหน่งหรือเอียง	17	เป้าหมายงานเสีย 17%
งานที่ประทับตราไม่ชัด	9	เป้าหมายงานเสีย 9%
งานที่ประทับตรากลับด้าน	3	เป้าหมายงานเสีย 3%
รวม	100	

4.2.1 การตั้งค่าภาพต้นแบบ (การเรียนรู้ภาพ)

ทำการกำหนดภาพต้นแบบที่จะใช้เพื่อเป็นฐานข้อมูลและเป็นเกณฑ์ในการตัดสินชิ้นงานของวิชันเซ็นเซอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 วิธีการตั้งค่าจะอยู่ในส่วนของภาคผนวก



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างการตั้งค่าภาพต้นแบบ

4.2.2 การทดลองตรวจสอบชิ้นงานด้วยวิชันซิสเต็ม

บันทึกข้อมูลภาพต้นแบบเข้าในโปรแกรมที่จอมอนิเตอร์เพื่อเป็นเกณฑ์ในการตรวจสอบชิ้นงาน โดยโปรแกรมจะทำการตรวจสอบเค้าโครงของตัวเลขประทับตราโดยมีเงื่อนไขคือ เค้าโครงของตัวเลขประทับตราต้องมีความเหมือนกับภาพต้นแบบไม่น้อยกว่า 75% (75% นี้ได้จากผลการทดลองโดยทางฝ่ายคุณภาพเป็นผู้ตรวจสอบและตัดสินชิ้นงาน) และทำการตรวจสอบพื้นที่ของสีหมึกโดยมีเงื่อนไขต้องมีความเหมือนกับภาพต้นแบบไม่น้อยกว่า 65% ตามมาตรฐานของ

วิชันซิสเต็ม และทำการเตรียมชิ้นงานในการตรวจสอบจำนวน 100 ตัว ตามตารางที่ 4.1 และทำการตรวจสอบในลักษณะเดียวกันนี้จำนวน 3 ครั้ง เป็นชิ้นงานจำนวน 300 ตัว ผลที่ได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองตรวจสอบชิ้นงานด้วยวิชันซิสเต็ม

รายละเอียดการทดสอบ	**จำนวน (ตัว)**	**รูปภาพ**	**เป้าหมาย**	**ผลการทดสอบ**
งานที่ประทับตรากลับด้าน	3		ตรวจพบงานเสีย 3 ตัว	ตรวจพบงานเสีย 3 ตัว
งานที่ประทับตราไม่ไม่ตรงตำแหน่งหรือเอียง	17		ตรวจพบงานเสีย 17 ตัว	ตรวจพบงานเสีย 17 ตัว
งานที่ประทับตราไม่ชัด	9		ตรวจพบงานเสีย 9 ตัว	ตรวจพบงานเสีย 9 ตัว
งานที่ประทับตราตรงตำแหน่งตามมาตรฐาน	71		ต้องตรวจพบงานดี 71 ตัว	ต้องตรวจพบงานดี 71 ตัว
รวม	100		100%	100%

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 4.2 ตัวอย่างผลการตรวจสอบประทับตราชิ้นงานกลับด้านตรวจสอบจากเค้าโครง 49% ตัดสินเป็นงานเสีย

รูปที่ 4.3 ตัวอย่างผลการตรวจสอบประทับตราชิ้นงานกลับด้านตรวจสอบจากพื้นที่ 100% ตัดสินเป็นงานดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 4.4 ตัวอย่างผลการตรวจสอบประทับตราชิ้นงานกลับด้านตรวจสอบเค้าโครง
และพื้นที่หมึกตัดสินเป็นงานเสียไม่ได้มาตรฐาน

จากรูปภาพที่ 4.2-4.4 เป็นการตัดสินประเมินชิ้นงานประทับตรากลับด้านตัดสินไม่ผ่าน

รูปที่ 4.5 ตัวอย่างผลการตรวจสอบประทับตราชิ้นงานไม่ตรงตำแหน่ง
ตรวจสอบจากเค้าโครง 79% ตัดสินเป็นงานดี

รูปที่ 4.6 ตัวอย่างผลการตรวจสอบประทับตราชิ้นงานไม่ตรงตำแหน่ง ตรวจสอบจากพื้นที่ 63% ตัดสินเป็นงานเสีย

รูปที่ 4.7 ตัวอย่างผลการตรวจสอบประทับตราชิ้นงานไม่ตรงตำแหน่งตรวจสอบเค้าโครงและพื้นที่หมึกตัดสินเป็นงานเสียไม่ได้มาตรฐาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากรูปภาพที่ 4.5-4.7 เป็นการตัดสินประเมินชิ้นงานประทับตราไม่ตรงตำแหน่งเนื่องจากเกณฑ์การตรวจสอบเค้าโครงกับพื้นที่ จึงตัดสินไม่ผ่าน

รูปที่ 4.8 ตัวอย่างผลการตรวจสอบประทับตราชิ้นงานไม่ชัดตรวจสอบจากเค้าโครง 72% ตัดสินเป็นงานเสีย

รูปที่ 4.9 ตัวอย่างผลการตรวจสอบประทับตราชิ้นงานไม่ชัดตรวจสอบจากพื้นที่ 62% ตัดสินเป็นงานเสีย

รูปที่ 4.10 ตัวอย่างผลการตรวจสอบประทับตราชิ้นงานไม่ชัดตรวจสอบเค้าโครง
และพื้นที่หมึกตัดสินเป็นงานเสียไม่ได้มาตรฐาน

จากรูปภาพที่ 4.8-4.10 เป็นการตัดสินประเมินชิ้นงานประทับตราไม่ตรงตำแหน่งเนื่องจากเกณฑ์การตรวจสอบเค้าโครงกับพื้นที่ จึงตัดสินไม่ผ่าน

4.3 การทดสอบเครื่องประทับตราชิ้นงานและตรวจสอบชิ้นงานด้วยวิชันซิสเต็ม

ทำการเตรียมชิ้นงานในการตรวจสอบจำนวน 100 ตัว ที่ยังไม่ผ่านการประทับตราหมายเลขชิ้นงาน ทำการทดสอบเครื่องประทับตราและตรวจสอบชิ้นงานด้วยวิชันซิสเต็ม ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองด้วยเครื่องประทับตราชิ้นงานและตรวจสอบชิ้นงานด้วยวิชันซิสเต็ม

รายละเอียดการทดสอบ	จำนวน (ตัว)	รูปภาพ	เป้าหมาย	ผลการทดสอบ
งานที่ประทับตราตำแหน่งตรงตามมาตรฐาน	100		งานเสียน้อยกว่า 5%	ไม่พบชิ้นงานเสีย
รวม	100			ชิ้นงานผ่าน 100%

4.4 การทดสอบเครื่องประทับตราสภาพผลิตงานในกระบวนการผลิตจริง

ทดสอบกระบวนการผลิตจริงจำนวนงาน 3,290 ตัว แบ่งออกเป็นการผลิตงานกลางวัน จำนวน 2,105 ตัว กลางคืนผลิตงาน 1,185 ตัว ในการประทับตราชิ้นงานนี้จะมีพนักงานเข้ามาตรวจสอบชิ้นงานซ้ำอีกคนหนึ่งหลังจากการประทับตราชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.12-4.14

รูปที่ 4.11 ชิ้นงานที่ผลิตในกระบวนการผลิตจริง

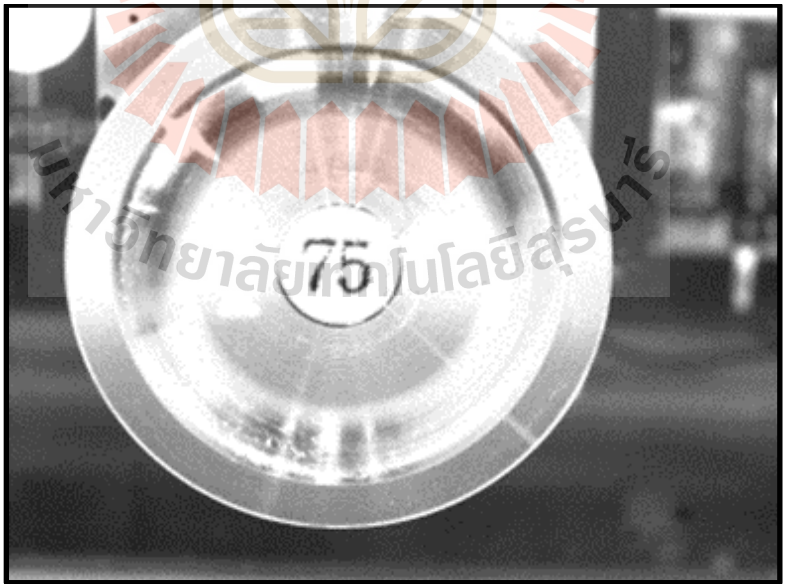
รูปที่ 4.12 กระบวนการผลิตชิ้นงานจริง

รูปที่ 4.13 การตรวจสอบชิ้นงานซ้ำหลังจากการประทับตราชิ้นงาน

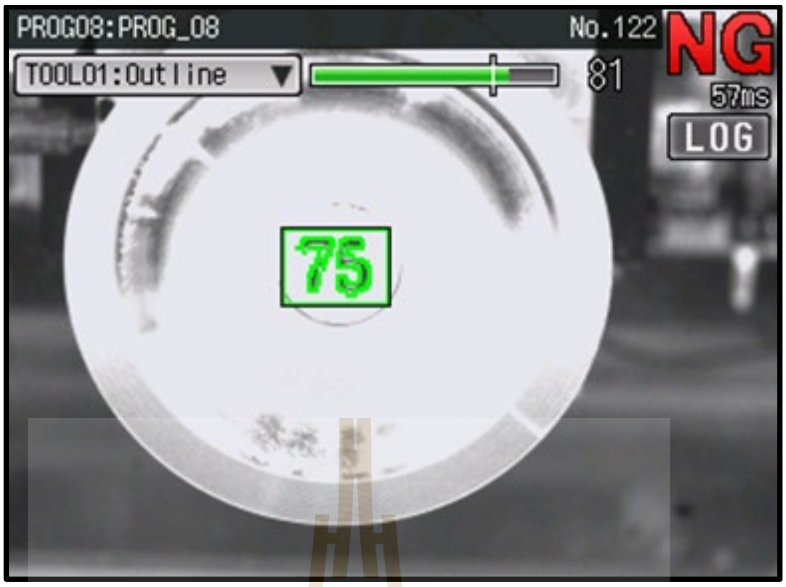
4.4.1 ปัญหาที่พบในการผลิตงานจริง

ผลิตงานจำนวน 3,290 ตัว พบชิ้นงานเสียในเวลากลางคืน 2 ตัว เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์งานเสีย ได้ 0.06% ซึ่งตั้ง Target ไว้ที่ งานเสียต้องน้อยกว่า 5%

4.4.1.1 ชิ้นงานเสียตัวที่หนึ่ง ชิ้นงานตัวเลขไม่ชัด



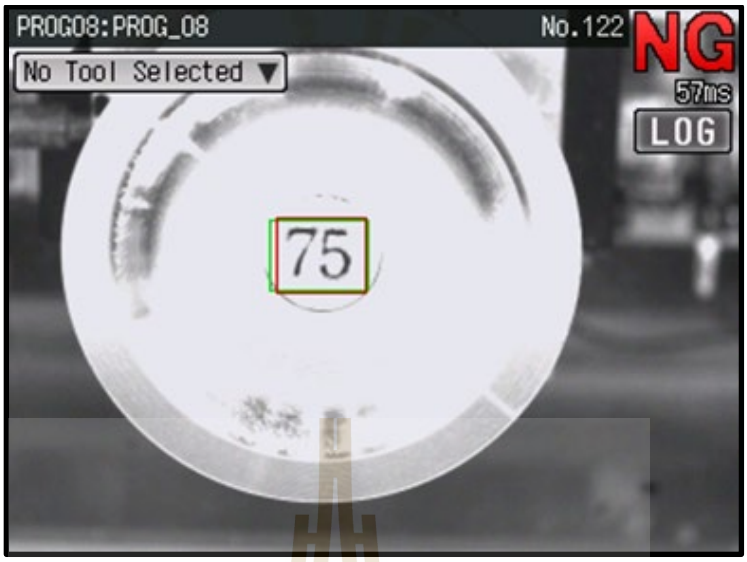
รูปที่ 4.14 ตัวอย่างงานเสียที่พบในเวลากลางคืนประทับตราไม่ชัด



รูปที่ 4.15 ตัวอย่างงานเสียที่พบในเวลากลางคืนเค้าโครงชิ้นงานมีความเหมือน 81% ตัดสินผ่าน

รูปที่ 4.16 ตัวอย่างงานเสียที่พบในเวลากลางคืนพื้นที่หมึกมีความเหมือน 45% ตัดสินไม่ผ่าน

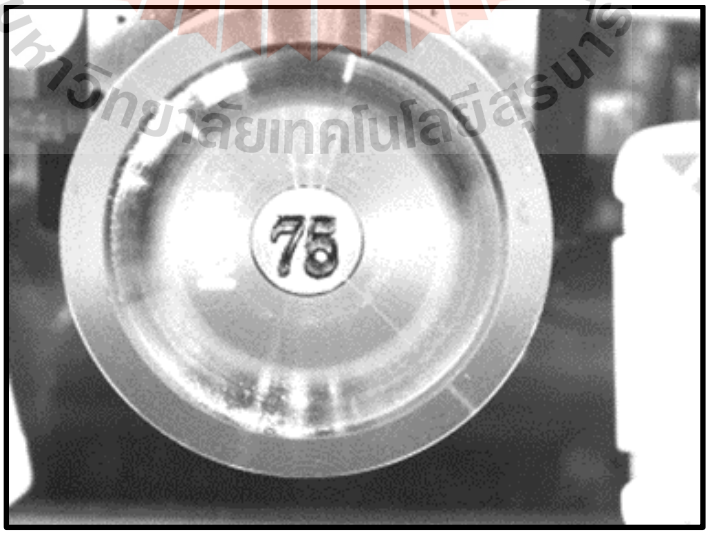
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.17 ตัวอย่างงานเสียที่พบในเวลากลางคืนเค้าโครงและพื้นที่หมึกมีไม่สมบูรณ์ตัดสินไม่ผ่าน

รูปภาพที่ 4.14-4.17 จากปัญหาดังกล่าวได้สอบถามไปทางพนักงานประจำกระบวนการผลิตได้ได้ข้อมูลมาว่า ชิ้นตัวนี้เป็นการประทับตราชิ้นงานหลังจากพนักงานพักเบรกและเข้ามาทำการประทับตราต่อ โดยที่ไม่ได้ทำการเติมหมึก จึงทำให้ชิ้นงานที่ประทับตราออกมาไม่ชัด หลังจากการเติมหมึกใหม่ก็สามารถผลิตงานตามปกติ

4.4.1.2 ชิ้นงานเสียตัวที่สอง ใส่ชิ้นงานกลับด้านประทับตรา



รูปที่ 4.18 ตัวอย่างงานเสียที่พบในเวลากลางคืนประทับตราชิ้นงานกลับด้าน

รูปที่ 4.19 ตัวอย่างงานเสียที่พบในเวลากลางคืนเค้าโครงชิ้นงานมีความเหมือน 73% ตัดสินไม่ผ่าน

รูปที่ 4.20 ตัวอย่างงานเสียที่พบในเวลากลางคืนพื้นที่หมึกมีความเหมือน 100% ตัดสินผ่าน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 4.21 ตัวอย่างงานเสียที่พบในเวลากลางคืนเมื่อนำการประเมินทั้งเค้าโครงและพื้นที่หมึกมารวมกันภาพจึงเกิดความไม่สมบูรณ์ไม่สมบูรณ์ตัดสินไม่ผ่าน

รูปภาพที่ 4.18-4.21 จากข้อมูลดังกล่าวสามารถสอบถามไปทางพนักงานประจำกระบวนการผลิต ทางพนักงานแจ้งมาว่าไม่ได้ตรวจสอบชิ้นงานก่อนทำการประทับตราลูกสูบจึงทำให้ใส่ชิ้นงานกลับด้าน จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าเครื่องประทับตราลูกสูบและตรวจสอบด้วยวิชันซิสเต็มสามารถทำงานในสภาพ Mass Production ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.5 สรุปผลการวิจัย

1. จากผลการทดลองใช้กล้องวิชันซิสเต็มตรวจสอบชิ้นงานโดยการทดสอบการตรวจสอบตราประทับด้วยวิชันซิสเต็ม เป็นการนำชิ้นงานลูกสูบที่ผ่านการประทับตราเรียบร้อยแล้วทั้งชิ้นงานที่ผ่านมาตรฐานและชิ้นงานเสีย จานวน 100 ตัว มาทดสอบผ่านการประมวลผลด้วยภาพทำการทดสอบซ้ำจำนวน 3 ครั้ง แบ่งประเภทของชิ้นงานที่ใช้ทดสอบตามตารางที่ 1 นำชิ้นงานจำนวน 100 ตัวที่ผ่านการประทับตราแล้วมาทำการการตรวจสอบด้วยวิชันซิสเต็ม ซ้ำกันจำนวน 3 ครั้ง การทดสอบเริ่มจากการนำชิ้นงานที่ผ่านมาตรฐานมาทำการตั้งค่าเป็นภาพต้นแบบทำการทดสอบโดยการนำชิ้นงานลูกสูบที่ผ่านการประทับตราชิ้นงานตามตารางที่ 1 ใส่ลงไปที่แท่นจับ (Jig fixture) ของเครื่องประทับตราลูกสูบ และทำการกดปุ่มเริ่มต้นการทางาน (Start) วิชันเซนเซอร์จะทำการถ่ายภาพและประมวลผลภาพตราประทับชิ้นงานตามกระบวนการจากการทดลองดังกล่าวพบว่า ระบบวิชันซิสเต็มสามารถตัดสินแยกชิ้นงานที่ประทับตรากลับด้าน

ประทับตราไม่ตรงตำแหน่ง ประทับตราไม่ชัด ออกจากชิ้นงานที่ประทับตราตรงตำแหน่งตามมาตรฐาน Drawing ได้ 100% สามารถจำแนกรูปแบบของตราประทับได้อย่างถูกต้อง จึงมั่นใจได้ว่าการทำงานของวิชันซิสเต็มมีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้งานได้จริง

2. จากผลการทดลอง ใช้เครื่องประทับตราลูกสูบประทับตราชิ้นงานการทดสอบการทำงานของเครื่องประทับตราลูกสูบและตรวจสอบด้วยวิชันซิสเต็มนั้น จะใช้ชิ้นงานลูกสูบที่ยังไม่ผ่านการประทับตราจำนวน 100 ตัว นำมาทำการทดสอบ ทำการทดสอบซ้ำจำนวน 3 ครั้ง ภายในห้องปฏิบัติการ ทำการทดสอบโดยการนำชิ้นงานลูกสูบดังกล่าวใส่ลงไปที่แท่นจับ (Jig fixture) ของเครื่องประทับตราลูกสูบ และทำการกดปุ่มเริ่มต้นการทำงาน (Start) กระบอกสูบตัวที่ 1 เคลื่อนที่นำแป้นหมึกประทับกับตรายาง กระบอกสูบตัวที่ 2 เคลื่อนที่ประทับตราชิ้นงาน ลมเป่าชิ้นงาน กล้องวิชันเซนเซอร์จะทำการถ่ายภาพและประมวลผลตราประทับชิ้นงานเทียบกับภาพต้นแบบ ผลการทดลองพบว่า เครื่องประทับตราสามารถประทับตราชิ้นงานได้ตรงตำแหน่งตามมาตรฐาน Drawing ทั้งหมดทุกตัว 100% จากการทลองประทับตราลูกสูบจำนวน 100 ตัว ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง จึงมั่นใจได้ว่าเครื่องประทับตราและตรวจสอบตราประทับนั้นมีประสิทธิภาพมากพอที่จะนำไปใช้ในกระบวนการผลิตจริง

3. การทดสอบการประทับตราและตรวจสอบตราประทับในสภาพกระบวนการผลิตจริง (รูปที่ 4.12-4.13) จะนำเครื่องประทับตราลูกสูบและตรวจสอบการประทับด้วยวิชันเซนเซอร์เข้าไปใช้ผลิตชิ้นงานแทนการประทับตราด้วยพนักงาน โดยทำการทดสอบทั้งกลางวันและกลางคืน ทดสอบชิ้นงานทั้งสิ้น 3,290 ตัว ผลการทดลองพบว่า เครื่องประทับตราและตรวจสอบตราประทับสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพหลังจากทดสอบกับชิ้นงานจริง 3,290 ตัว ไม่มีชิ้นงานเสียในกระบวนการผลิตช่วงกลางวัน แต่พบงานเสียในกระบวนการผลิตช่วงเวลากลางคืน 2 ตัว ซึ่งคิดเป็น 0.06% ของชิ้นงานทั้งหมด ซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ กล่าวคือ ต้องลดชิ้นงานเสียจากการผลิตให้ได้ไม่เกิน 5%

ถึงแม้ว่าแสงและเงาที่ตกสะท้อนกับชิ้นงานลูกสูบซึ่งเป็นวัสดุอะลูมิเนียม อาจจะรบกวนการถ่ายภาพและประมวลผล ซึ่งอาจส่งผลให้ผลการทดสอบผิดพลาดได้ แต่เครื่องประทับในงานวิจัยนี้ถูกออกแบบมาให้สามารถลดการถูกรบกวนดังกล่าวได้ ซึ่งผลการทดสอบทั้งช่วงเวลากลางวันและช่วงเวลากลางคืนที่พบงานเสียเพียง 0.06% นั้นเป็นสิ่งยืนยันได้อย่างดี ว่าผลที่ได้จากการทดสอบอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้และไม่ส่งผลต่อกล้องวิชันเซนเซอร์มากนัก ดังนั้นเครื่องประทับตราลูกสูบและตรวจสอบการประทับตราด้วยวิชันซิสเต็มนี้ สามารถนำไปใช้งานได้จริงในบริษัท ฮอนด้า เฟาดรี (เอเซียน) จำกัด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องประทับตราหมายเลขบนลูกสูบที่มีขนาดใหญ่กว่าลูกสูบขนาดมาตรฐาน ซึ่งเครื่องสามารถประทับตราด้วยหมึกและเป่าลมให้แห้งได้อย่างอัตโนมัติ พร้อมการตรวจสอบด้วยกล้องวิชันเซ็นเซอร์ในการประมวลผลภาพ ทำงานด้วยระบบนิวเมติกส์และควบคุมด้วยพีแอลซี โดยโปรแกรมจะทำการตรวจสอบตัวเลขตราประทับ ซึ่งต้องผ่านเงื่อนไข 2 ข้อ คือ เค้าโครงของตัวเลขตราประทับจะต้องมีความเหมือนกับภาพต้นแบบไม่น้อยกว่า 75% และพื้นที่ของสีหมึกจะต้องมีความเหมือนกับภาพต้นแบบไม่น้อยกว่า 65% ผลการตรวจสอบด้วยวิชันซิสเต็มสามารถจำแนกชิ้นงานที่ได้มาตรฐานและชิ้นงานที่เสียได้อย่างถูกต้อง 100% ผลจากการประทับตราและตรวจสอบตราประทับในห้องปฏิบัติการสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง 100% เช่นกัน และผลจากการทำเครื่องไปทดสอบในกระบวนการผลิตจริงพบชิ้นงานเสียจากการใช้งานเครื่องเพียง 0.06% ซึ่งเป็นไปตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ที่ต้องมีชิ้นงานเสียน้อยกว่า 5% ดังนั้นผลสำเร็จที่ได้จากการศึกษานี้ จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ลดต้นทุนในกระบวนการผลิต และมีโอกาสที่จะนำไปใช้เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตอื่น ๆ ได้ต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากวิธีการประทับตราชิ้นงานและตรวจสอบด้วยกล้องวิชันซิสเต็มที่นำเสนอเป็นวิธีการทำงานที่ไม่ซับซ้อนมาก สามารถตรวจสอบชิ้นงานได้ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ซึ่งแนวทางในการพัฒนาต่อไปได้คือ สร้างเครื่องประทับแบบอัตโนมัติ แล้วทำห้องปิดให้กับกล้องตรวจสอบชิ้นงานเพื่อป้องกันปัญหาของแสงและเงาสะท้อน เพื่อให้วิชันซิสเต็มตรวจสอบและประเมินผลชิ้นงานให้ได้ประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

รายการอ้างอิง

กฤษดา ธีรานนท์. PC ตัวควบคุมซีเคว้นซ์ หลักการทำงานและประยุกต์. กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534.

ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ และปานเพชร ชนินทร. นิวเมติกส์อุตสาหกรรม, กรุเทพฯซซีเอ็ดยูเคชั่น, 2541.

ฐิฑารีย์ ถมยา (2552). นิวเมติกส์และนิวเมติกส์ไฟฟ้าเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 12. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ณรงค์ ตันชีวะวงษ์ (2551). นิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ธีรศิลป์ ทุมวิภาค และสุภาพร จำปาทอง. เรียนรู้ PLC ขั้นพื้นฐานด้วยตนเอง. สำนักพิมพ์ บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด. กรุงเทพมหานคร, 2545.

บุญธรรม ภัทราจารุกุล, งานนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์. กรุงเทพฯ:ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2557.

พิสณุ ฟองศี, วิจัยชั้นเรียน:หลักการและเทคนิคปฏิบัติ, พิมพ์ครั้งที่ 1, ห้างหุ้นส่วนจำกัด พิมพ์งาม. กรุงเทพมหานคร, 2549.

มงคล ทองสงคราม, อิเล็กทรอนิกส์สำนักพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ.พริ้นติ้ง, กรุงเทพมหานคร.

วริทย์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาม. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2 : กรุงเทพฯ:ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุพิพัฒน์ พานิชธนาคม, การจำลองสมการคณิตศาสตร์ของกระบอกสูบลมแบบ 2 ทาง, วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ปีที่ 6 ฉบับที่ 3 กันยายน-ธันวาคม 2557.

Chen, S., Xiong, J., Guo, W., Bu, R., Zheng, Z., Chen, Y., Yang, Z., and Lin, R. (2019). Colored rice quality inspection system using machine vision. **Journal of Cereal Science**, Vol. 88, pp. 87-95.

Gbededo, M., and Awopetu, O. (2017). Design and Construction of Automated Stamping Machine for Small Scale Industries. **International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)**, Vol. 6 (12), pp. 19-26.

Hsu, H. W., Lo, Y. L., and Lee, M. H. (2019). Vision-based inspection system for cladding height measurement in Direct Energy Deposition (DED). **Additive Manufacturing**, Vol. 27, pp. 372-378.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

Iglesiasa, C., Martínezb, J., and Taboadaa, J. (2018). Automated vision system for quality inspection of slate slabs. **Computers in Industry**, Vol. 99, pp. 119-129.

Jangale, G. B., Malode, P. R., and Somwanshi, A. J. (2017). Design and Development of Automatic Stamping and Pad Printing Machine. **International Journal of Advance Engineering and Research Development**, Vol. 4 (4), pp. 92-95.

Umarkar, A. P. (2017). Design of Stamping Machine for Use in Industries. **International Journal on Recent Technologies in Mechanical and Electrical Engineering (IJRMEE)**, Vol. 4 (7), pp. 49-52.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก

ข้อมูลทางเทคนิคของ MITSUBISHI FX1N-60MR-ES/UL

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก.1 ข้อมูลทางเทคนิคของ MITSUBISHI FX1N-60MR-ES/UL

Brand: MITSUBISHI

Country: JAPAN

Name: PLC

Model: FX1N-60MR-ES/UL

High speed data communication module.
10BASE-T/100BASE-TX.
Real time transmission control data, to improve the production efficiency and the value of the equipment to provide support for the high-speed data communication module.
The high accuracy data that can be synchronized with the sequential scanning to the user program on the PC can be transmitted through the Ethernet.
Realize the previous communication method can not achieve the detailed control of data transmission,
Real time data analysis using user applications,
In order to provide support for improving production efficiency and equipment value FX1N-60MR-ES/ULOperation control mode: stored procedure repeated operation.
Built in IE CC-Link.
Input / output points: 4096 points.
Program capacity: 1200K.
Increase the speed of a constant cycle interrupt program.
Perform a minimum interval constant period interrupt program can be shortened to 50 s,
Programmable logic controller can read more high-speed signals.
In addition, it can also be a priority for the interrupt program,
Interrupt routine with high priority when interrupt processing.
Therefore, when the signal is read at a high speed, the program can read the signal from the constant cycle of the conventional input module +CPU module.
Program capacity: 1200K.
Program capacity of up to 1200K.
Multi CPU system for high precision motion control.
The built-in CPU module support 2 Gigabit Network port.
Database functions to facilitate data management.
Extended SRAM card with built-in security function.
Can be carried out a variety of motion control (position, speed, torque, advanced synchronous control, etc.).
In line with the international safety standards (13849-1 PL e ISO, IEC 61508 SIL 3) security CPU.
The most suitable for C/C++ language programming from the computer / computer environment for transplantation. QCPU (Q mode) bus connection.
1 joint.
Applicable model: A956WGOT. SD memory card 2GB.
Can be used on the Q24DHCPCPU-V.
Can be used on the Q24DHCPCPU-LS.
Can be used on the QnUDVCPU.
FX1N-60MR-ES/UL Operation manual / Instructions / Catalog download link: /searchDownload.html?Search=FX1N-60MR-ES/UL&select=5

ภาคผนวก ข

ขั้นตอนการตั้งค่าภาพต้นแบบของวิชันซิสเต็ม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข.1 ขั้นตอนการตั้งค่าภาพต้นแบบของวิชันซิสเต็ม

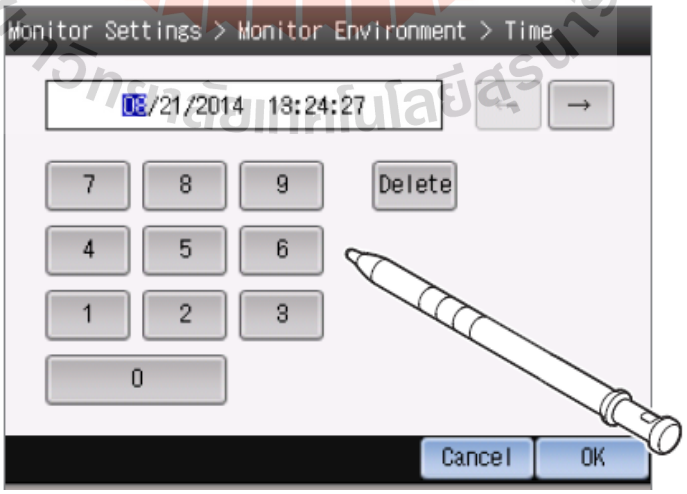
1. การทำงานในการเริ่มต้นครั้งแรกของจอมอนิเตอร์

1) เปิดหน้าจอ มอนิเตอร์

2) เลือกภาษาที่ใช้แสดงผลบนจอมอนิเตอร์ และแตะปุ่ม OK

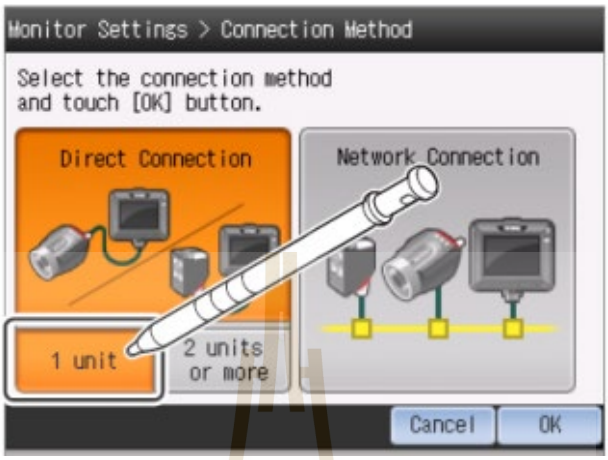
รูปที่ ข.1 การเลือกภาษาอังกฤษไว้เป็นค่าเริ่มต้น

3) ตั้งค่าวันที่และเวลา แล้วแตะปุ่ม OK



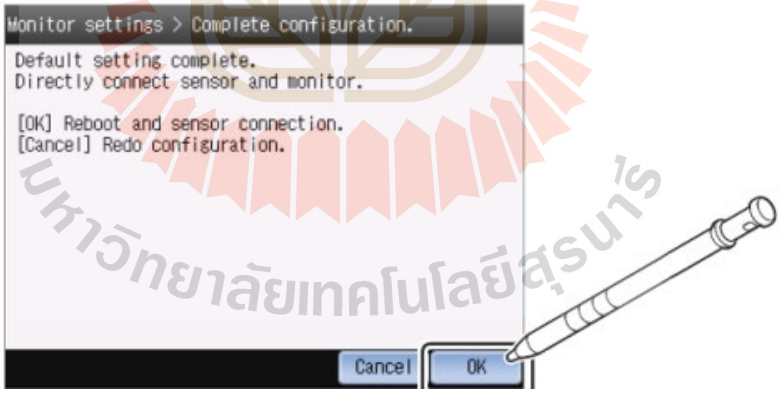
รูปที่ ข.2 การตั้งวันที่และเวลาปัจจุบัน

4) สัมผัสปุ่ม Direct Connection การเชื่อมโยงโดยตรง แล้วกด OK ภาพการตั้งค่าหน้าจอเสร็จสิ้น จะปรากฏขึ้น



รูปที่ ข.3 การตั้งค่าเชื่อมโยงการต่อโดยตรง

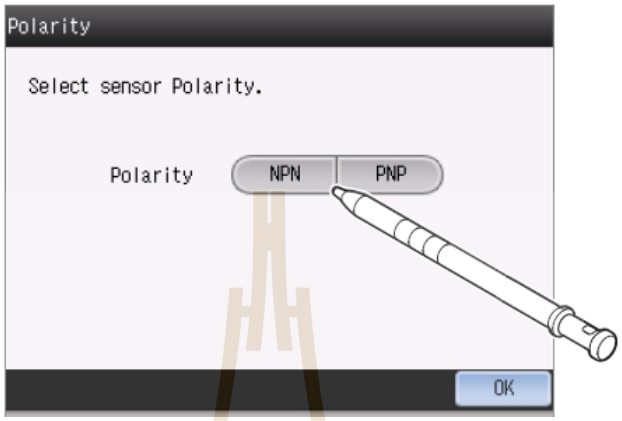
5) การตั้งค่าหน้าจอเสร็จสิ้น กดปุ่ม OK



รูปที่ ข.4 จอมอนิเตอร์จะเริ่มทำงานใหม่ แล้วเชื่อมต่อกับเซนเซอร์

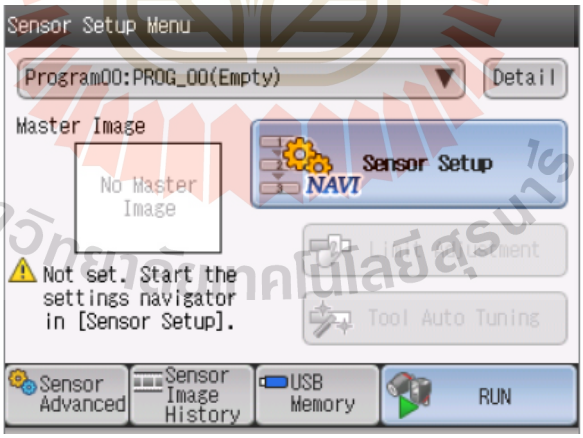
ข.2 การทำงานในการเริ่มต้นครั้งแรกของเซนเซอร์

เมื่อจอภาพเชื่อมต่ออยู่กับเซนเซอร์ที่ค่าเริ่มต้นยังไม่ถูกเปลี่ยน หน้าจอสำหรับเลือกขั้ว (NPN หรือ PNP) จะปรากฏขึ้น ในที่นี้ทำการเลือกขั้วของเซนเซอร์ NPN และกดปุ่ม OK



รูปที่ ข.5 เลือก Polarity (ขั้ว) NPN ของเซนเซอร์

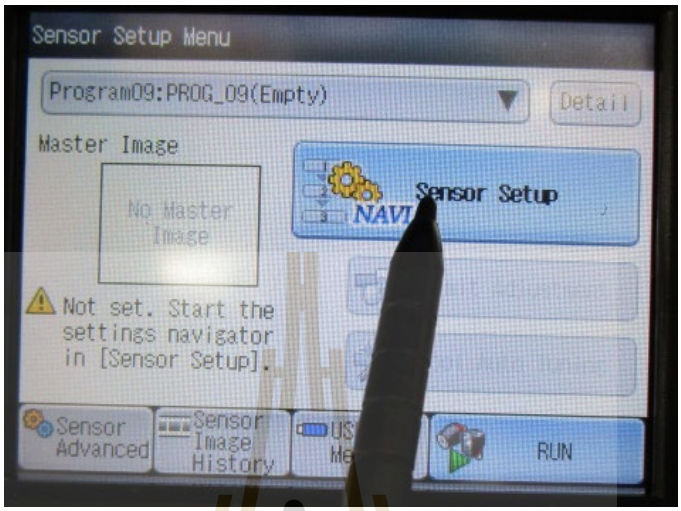
หลังจากนั้นหน้าจอ Sensor setup menu จะปรากฏขึ้นมา



รูปที่ ข.6 หน้าจอ Sensor setup menu

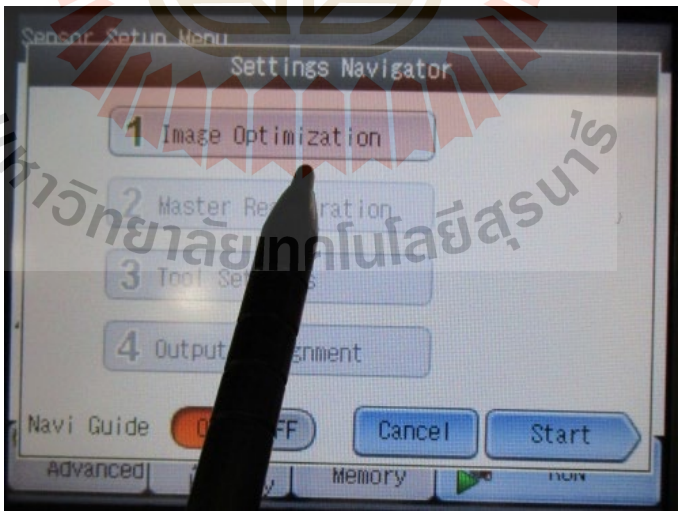
ข.3 เริ่มต้นการกำหนดเงื่อนไขการตั้งค่าของภาพต้นแบบ

1) แตะปุ่ม Sensor setup ที่หน้าจอมอนิเตอร์



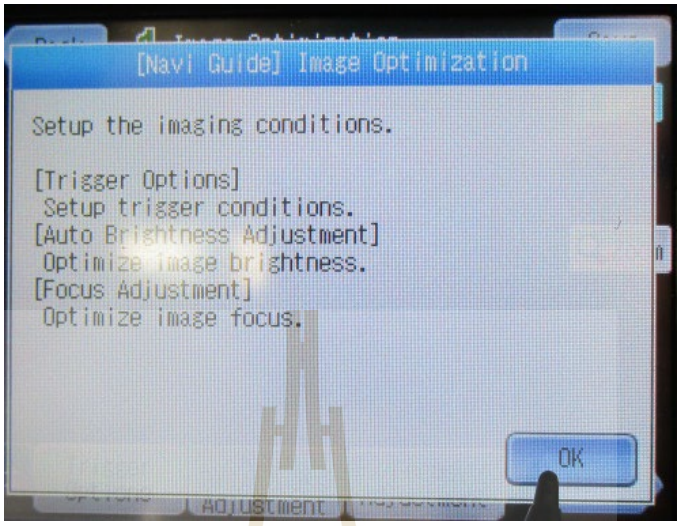
รูปที่ ข.7 หน้าจอเริ่มต้นของ Sensor setup

2) แตะปุ่ม Image Optimization และกดปุ่ม Start



รูปที่ ข.8 หน้าจอหน้าจอ Settings Navigator

3) หน้าจอ Navi Guide ปรากฏขึ้น ให้ทำการยืนยันข้อความและกดปุ่ม OK

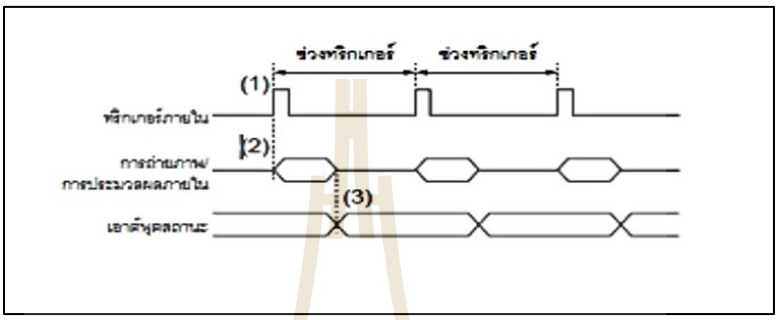


รูปที่ ข.9 หน้าจอหน้าจอ Navi Guide

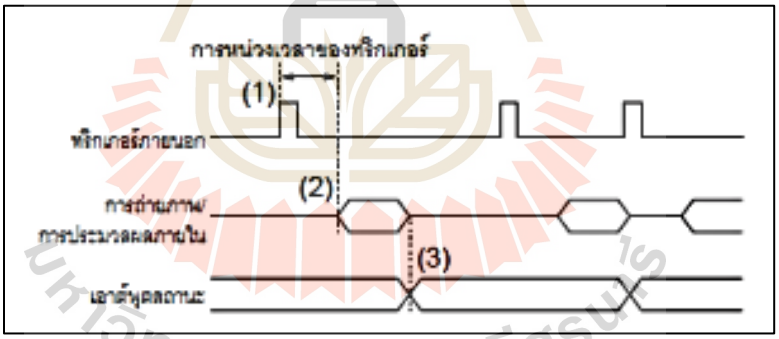
4) ต่อมาจะเป็นการปรับตั้งค่ารูปภาพมาตรฐาน โดยการแตะปุ่ม Trigger Option เพื่อทำการ Trigger ภาพ

รูปที่ ข.10 หน้าจอ Image Optimization

5) หลังจากนั้นเราจะทำการเลือกชนิด ทริกเกอร์ จะมีเลือกระหว่าง Internal คือ ทริกเกอร์ภายในกล้อง ทริกเกอร์จะถูกป้อนโดยอัตโนมัติตามการตั้งค่า ประมวลผลภายในหลังจากการถ่ายภาพส่งเอาต์ผลสถานะ และ External คือ ทริกเกอร์ ภายนอกโดยใช้อุปกรณ์อื่นในการส่งสัญญาณ เริ่มการถ่ายภาพโดยการป้อนทริกเกอร์ด้วยค่าระยะเวลาที่กำหนด เวลาเริ่มต้นถ่ายภาพถูกหน่วงตามระยะเวลาที่กำหนด ประมวลผลหลังการถ่ายภาพ ส่งเอาต์พุตผลสถานะ

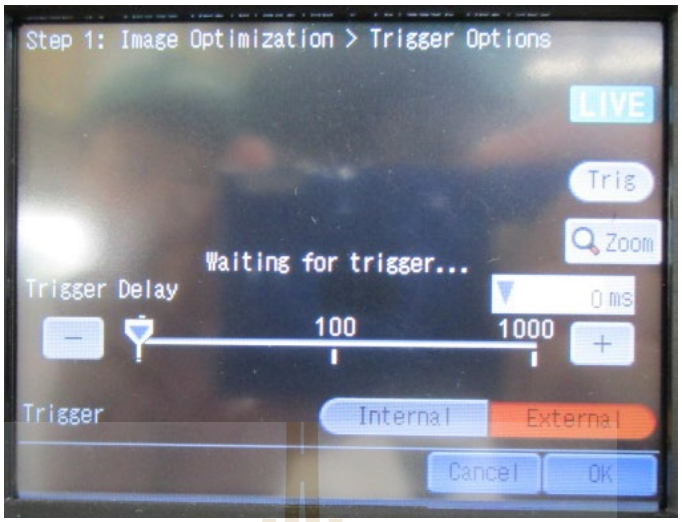


รูปที่ ข.11 สัญญาณการทริกเกอร์ภายใน



รูปที่ ข.12 สัญญาณการทริกเกอร์ภายนอก

ในที่นี้จะเลือกในส่วนของการทริกเกอร์ภายนอก (External) โดยส่งสัญญาณจาก PLC หลังจากตั้งค่าเรียบร้อย กดปุ่ม OK

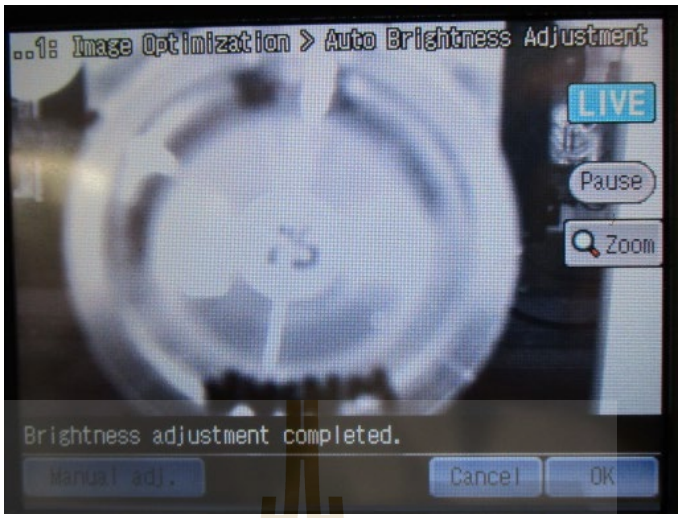


รูปที่ ข.13 หน้าจอ Trigger Options

6) ทำการปรับความสว่างอัตโนมัติ โดยทำการกดปุ่ม Auto Brightness Adjustment ดังรูปที่ ข.14

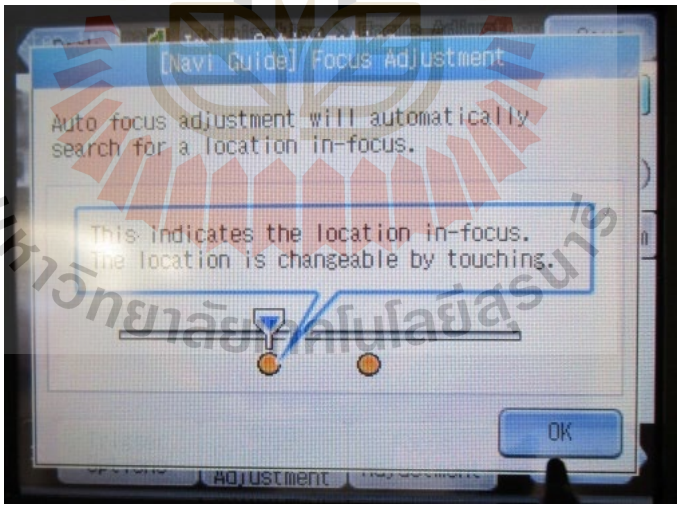
รูปที่ ข.14 หน้าจอปรับความสว่างอัตโนมัติ

หลังจากปรับความสว่างเสร็จเรียบร้อยจะมีข้อความ Brightness Adjustment Completed ปรากฏขึ้นมา และทำการกดปุ่ม OK



รูปที่ ข.15 หน้าจอ Brightness Adjustment Completed

7) ต่อมาทำการปรับโฟกัสรูปภาพโดยการแตะปุ่ม Focus Adjustment จะปรากฏหน้าจอข้อความ Navi Guide Focus Adjustment ให้ทำการกดปุ่ม OK

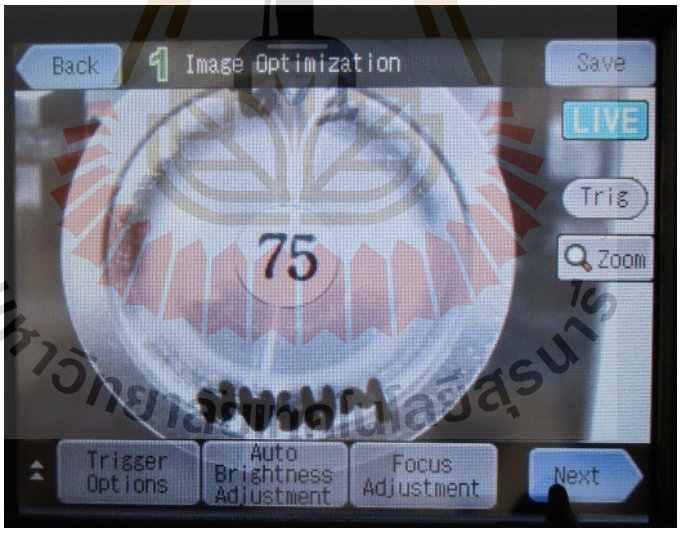


รูปที่ ข.16 หน้าจอ Navi Guide Focus Adjustment

ตำแหน่งโฟกัสจะถูกปรับโดยอัตโนมัติ และกดปุ่ม Auto อีกครั้งหนึ่งเพื่อปรับ Focus อัตโนมัติอีกครั้งหนึ่ง ทำการกดปุ่ม OK

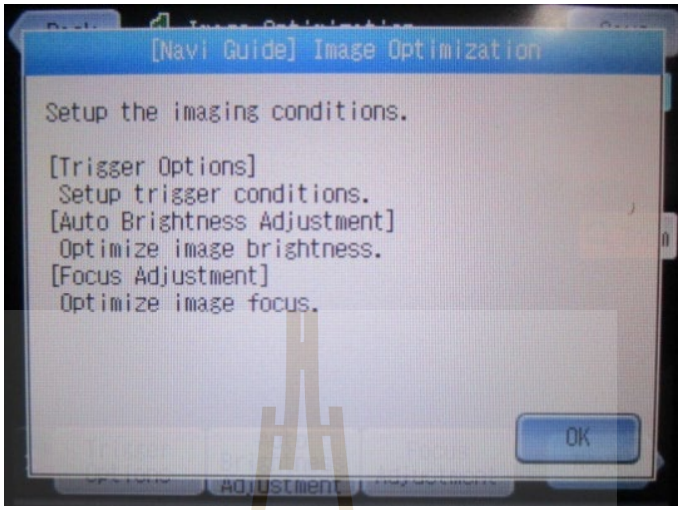
รูปที่ ข.17 หน้าจอปรับ Focus อัตโนมัติ

หลังจากนั้นกดปุ่ม Next



รูปที่ ข.18 หน้าจอตำแหน่ง Focus สุดท้าย

และจะปรากฏหน้าจอข้อความนำทางไปสู่การบันทึกภาพต้นแบบ

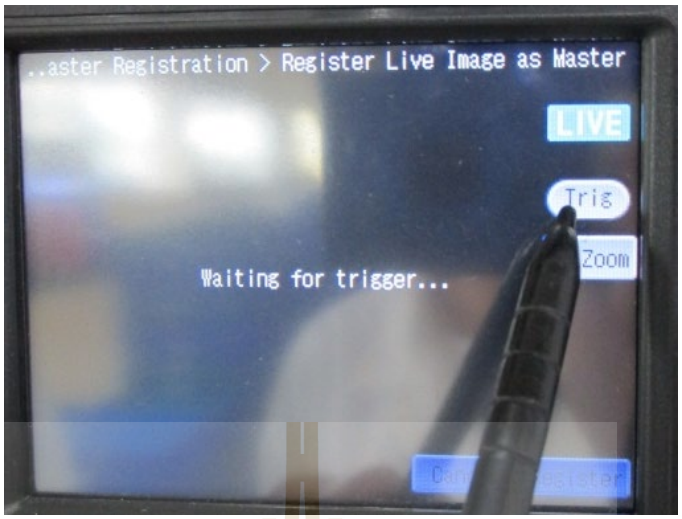


รูปที่ ข.19 หน้าจอข้อความ Setup Imaging Condition

8) การบันทึกภาพต้นแบบ โดยการวางชิ้นงานไว้ที่ตำแหน่งถ่ายภาพ และกดปุ่ม Register Live Image as Master เพื่อบันทึกภาพต้นแบบ

รูปที่ ข.20 หน้าจอ Master Register

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

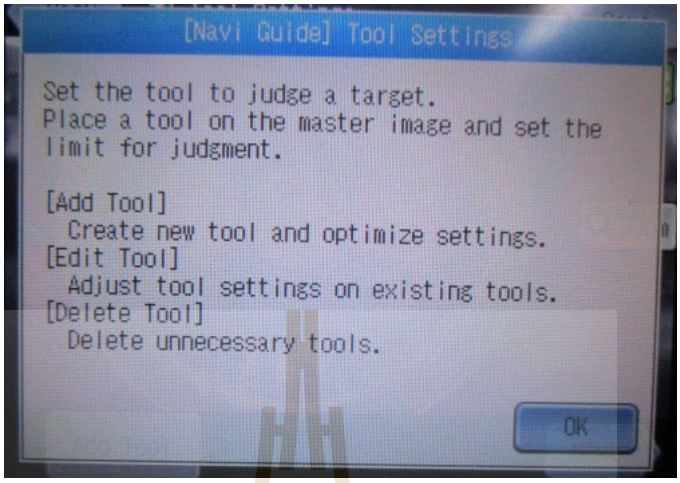


รูปที่ ข.21 หน้าจอ Trig เพื่อถ่ายภาพ

9) ตรวจสอบภาพที่อยู่หน้าจอแล้วทำการกดปุ่ม Register เพื่อบันทึกภาพต้นแบบ กดปุ่ม OK และกดปุ่ม Next เพื่อดำเนินขั้นตอนต่อไป

รูปที่ ข.22 บันทึกภาพ

และจะปรากฏกล่องข้อความนำไปยังการตั้งค่าเครื่องมือตรวจจับชิ้นงาน



รูปที่ ข.23 ข้อความนำไปยังการตั้งค่าเครื่องมือ

10) ตั้งค่าการตรวจจับภาพเครื่องมือตรวจจับ เพื่อคำนวณอัตราความตรงกันของชิ้นงานที่ตรวจสอบตามข้อมูลเค้าโครงของชิ้นงานที่มีคุณภาพสูงซึ่งถูกบันทึกไว้ และประเมินว่าชิ้นงานเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงหรือต่ำโดยการตั้งเกณฑ์สำหรับอัตราความตรงกัน โดยการกดปุ่ม Add Tool ที่หน้าจอ มอนิเตอร์ ก็จะปรากฏดังรูปที่ ข.24 และทำการเลือก Outline

รูปที่ ข.24 เครื่องมือตรวจสอบเค้าโครง

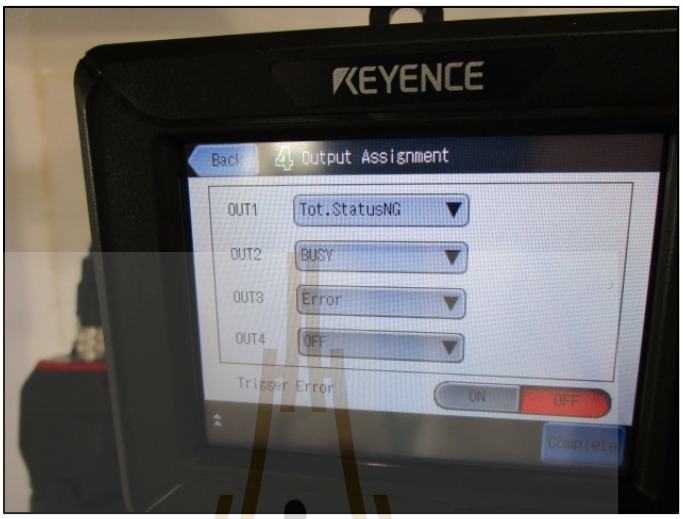
แตะปุ่ม Edit Window และทำการปรับรูปภาพ และกดปุ่ม OK

รูปที่ ข.25 Edit Window

11) หลังจากตั้งค่าเสร็จเรียบร้อยกดปุ่ม Limit Adjustment เพื่อปรับขีดจำกัดในการจับรูปภาพ ในที่นี้จะทำการปรับไว้ที่ 75% และกดปุ่ม OK

รูปที่ ข.26 ปรับเกณฑ์การตรวจจับความผิดปกติ

และกดปุ่ม OK ที่กล่องข้อความ Navi Guide เพื่อตั้งค่า Trigger และกด complete และ กด Run เพื่อเริ่มใช้งาน



รูปที่ ข.27 กำหนดรายการเอาต์พุตให้กับสายเอาต์พุต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ค

บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

วสันต์ ดีแก่, นที ฐานมั่น, กรินทร์ โกสิยานุรักษ์ และจิระพล ศรีเสริฐผล (2562). การออกแบบเครื่องประทับตราลูกสูบและตรวจสอบการประทับตราด้วยวิชันซิสเต็ม. การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ESTACON2019 ครั้งที่ 10 (ESTACON2019, CEME23) นครราชสีมา. 30 สิงหาคม. 9 หน้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ESTACON 10th 2019

ME23

การออกแบบเครื่องประทับตราลูกสูบและตรวจสอบการประทับตราด้วยวิชันซิสเต็ม

Design of Stamping Machine and Vision Inspection System

วสันต์ ยืนยง[1], นที ฐานมั่น[2], กริชพร โกสียานุรักษ์[1] และ ชิระพล ศรีเสริฐผล[1,*]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถนนมหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
[2] ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีการผลิตขั้นสูงและพลังงานทางเลือก (CTAE)
วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
*ผู้ติดต่อ: E-mail: jirapion@sut.ac.th, เบอร์โทรศัพท์: 0-4422-4412, เบอร์โทรสาร: 0-4422-4613

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการประทับตราลูกสูบเพื่อช่วยในการคัดแยกชิ้นงานยังคงใช้แรงงานคนในการประทับตราและตรวจสอบตราประทับอยู่ พบว่าพนักงานมักจะประทับตราได้ไม่ตรงตำแหน่งส่งผลให้เกิดต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ คือ เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องประทับตราลูกสูบ ที่สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติทั้งการประทับตราและการตรวจสอบการประทับตราลูกสูบ หน้าที่ของเครื่องจักรอัตโนมัติที่สำคัญคือ สามารถลดงานเสียที่เกิดขึ้นให้น้อยกว่า 5% เครื่องประทับตรานี้ทำงานด้วยระบบนิวแมติกส์ ควบคุมด้วยพีแอลซี สามารถประทับตราด้วยหมึกและเป่าลมให้แห้งได้อย่างอัตโนมัติ พร้อมการตรวจสอบด้วยกล้องวิชันเซ็นเซอร์ในการประมวลผลภาพ และใช้หลอดไฟในการแสดงสถานะของเครื่อง ผลการทดสอบการใช้งานพบว่า เครื่องประทับตราลูกสูบสามารถผลิตงานและตรวจสอบชิ้นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในการทดสอบทั้ง 3 ส่วนหลัก ซึ่งเครื่องจักรสามารถลดชิ้นงานเสียเฉลี่ยต่อวันในกระบวนการผลิตจริงเหลือ 0.06% ดังนั้นผลสำเร็จที่ได้จากการศึกษานี้ มีโอกาสที่จะนำไปใช้เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตอื่นๆ ได้

คำสำคัญ: เครื่องประทับตรา, เครื่องตรวจสอบด้วยภาพ, การประมวลผลภาพ, PLC

Abstract

Currently, stamping on the piston, which is a very important process to identify the piston size, still manually stamped and visual inspected the piston by the workers of the industry. It was found that the workers cannot stamp in the correct position, which results in higher production costs. Thus, the goals of this work were to design and construct the automatic piston stamping and visual inspection machine. The important role of automated machine was to reduce the waste of the process less than 5%. This machine was designed with pneumatic systems and controlled by programmable logic controller (PLC). The machine can automatically stamp the piston with ink and blow air to dry that ink. The vision sensor was used to analyse image processing and lamps were used to indicate the status of this machine. Results showed that the stamping machine was able to produce and inspect work pieces efficiently in all 3 main parts testing. In addition, the average work pieces loss per day, in the actual

production process, dramatically decreased to 0.06%. The results of this research may be used to increase efficiency in other production processes.

Keywords: Stamping Machine, Visual Inspection Machine, Image Processing, PLC

1. บทนำ

การประทับตราบนชิ้นงานหรือบนบรรจุภัณฑ์เป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งของกระบวนการผลิต ในโรงงานอุตสาหกรรม กล่าวคือเป็นกระบวนการที่ทำเพื่อช่วยในการคัดแยกชิ้นงาน เพื่อระบุและยืนยันข้อมูลสำคัญของชิ้นงาน หรือแม้แต่กระทั่งประทับตราสินค้าลงบนผลิตภัณฑ์ [1, 2] การประทับตราและการตรวจสอบตราประทับยังคงใช้แรงงานคนในการปฏิบัติอยู่บ้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงงานอุตสาหกรรมที่ขนาดไม่ใหญ่นัก การใช้พนักงานในการปฏิบัติการอย่างต่อเนื่อง อาจส่งผลให้เกิดข้อผิดพลาดในการทำงานได้เนื่องจากความล้าสะสมในการทำงาน ส่งผลให้มีต้นทุนในกระบวนการผลิตที่สูงมากขึ้น

บริษัท ฮอนด้า เฟาดรี (เอเชียน) จำกัด เป็นบริษัทที่ประกอบกิจการด้านการผลิตและขายส่งผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับชิ้นส่วนยานยนต์ให้กับลูกค้ากลุ่มประเทศอาเซียนออกเฉียงใต้ ซึ่งทำการผลิตลูกสูบและส่งไปโรงงานประกอบทั้งในประเทศและต่างประเทศ สำหรับลูกสูบที่มีขนาดใหญ่กว่าลูกสูบขนาดมาตรฐานจะมีการประทับตราที่หัวลูกสูบเพื่อช่วยในการคัดแยกชิ้นงาน (รูปที่ 1 (ก)) ในปัจจุบันยังคงใช้แรงงานคนในการประทับตราชิ้นงานและตรวจสอบตราประทับนั้นอยู่ พบว่าเกิดปัญหาพนักงานประทับตราชิ้นงานไม่ตรงตำแหน่ง ประทับตราชิ้นงานกลับด้าน และประทับตราได้ไม่ชัด (รูปที่ 1 (ข)) ซึ่งมีชิ้นงานเสียเฉลี่ยต่อวันสูงถึง 27.8% ยังส่งผลให้เกิดต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น

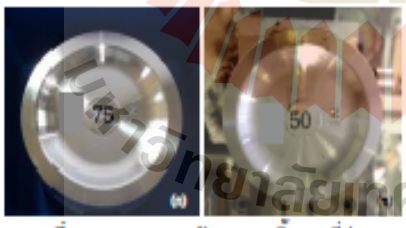
ในปัจจุบันกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ มีการนำระบบการทำงานด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติเข้ามาใช้ร่วมด้วย เพื่อเป็นการเพิ่มอัตราการผลิตผลิตภัณฑ์ [3] ลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากการใช้แรงงานคน ทำให้ลดต้นทุนการผลิตได้มาก โดยระบบการทำงานอัตโนมัตินั้นจะใช้การควบคุมการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ให้สามารถจัดการกับข้อมูลที่ป้อนเข้าในระบบและประมวลผลข้อมูลเพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปควบคุมการทำงานของเครื่องจักรนั้น ซึ่งระบบควบคุมดังกล่าวนั้นลดการทำงานของพนักงานได้ด้วยการใช้งานระบบอื่นมาช่วย อาทิเช่น ระบบนิวเมติกส์ ระบบไฮดรอลิกส์ ระบบไฟฟ้า และระบบอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น [1]

เครื่องประทับตรานั้นได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องเริ่มตั้งแต่การควบคุมด้วยมือ การระบุตำแหน่งที่จะประทับตรา การนำแขนกลมาปรับใช้ในเครื่องประทับตรานั้น ไปจนถึงการใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติเครื่องประทับตราอัตโนมัติมีหลักการการควบคุมหลายวิธี อาทิเช่น ควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) และควบคุมด้วยระบบพีแอลซี (Programmable logic control, PLC) เป็นต้น ซึ่งเครื่องจักรส่วนใหญ่จะถูกควบคุมด้วยระบบพีแอลซี และจะต้องถูกออกแบบให้ง่ายต่อการบำรุงรักษา ใช้งานได้ง่าย เพื่อให้ตรงตามความต้องการของกระบวนการผลิตอัตโนมัตินั้น ๆ

ระบบตรวจสอบด้วยวิชันซิสเต็มได้ถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งนำมาประยุกต์ใช้เข้ากับเครื่องจักรเพื่อตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่างๆ [4-6] โดยเครื่อง

ตรวจสอบด้วยวิชันซิสเต็มนั้นจะถูกออกแบบให้สามารถเก็บภาพและนำมาตรวจจับข้อบกพร่องต่าง ๆ ซึ่งวิธีการตรวจสอบจะใช้ภาพที่เก็บมานั้นมาระบุพื้นที่ความผิดปกติ ด้วยเทคนิคการประมวลผลด้วยภาพตามที่ได้ออกแบบไว้ [4]

แม้ว่าในปัจจุบันจะได้มีการนำระบบอัตโนมัติเข้ามามีบทบาทในกระบวนการประทับผลิตภัณฑ์ แต่ยังไม่มีเครื่องประทับตราลูกสูบที่มีระบบตรวจสอบตราประทับที่ราคาไม่สูง ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องประทับตราหมายเลขบนลูกสูบ ที่สามารถประทับตราด้วยหมึกและเป่าลมให้แห้งได้อย่างอัตโนมัติ พร้อมการตรวจสอบด้วยกล้อง วิชันเซ็นเซอร์ในการประมวลผลภาพ ทำงานด้วยระบบนิวเมติกส์และควบคุมด้วยพีแอลซี เพื่อใช้ในกระบวนการประทับตราและตรวจสอบตราประทับได้ ดังนั้นผลสำเร็จที่ได้จากการศึกษานี้ จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ลดต้นทุนในกระบวนการผลิต และมีโอกาสที่จะนำไปใช้เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตอื่น ๆ ได้ต่อไป



รูปที่ 1 แสดงตราประทับบน (ก) ชิ้นงานที่ผ่านมาตรฐาน และ (ข) ชิ้นงานเสีย

2. การออกแบบเครื่องจักรและอุปกรณ์

2.1 กำหนดเงื่อนไขการออกแบบ

2.1.1 การประทับตราลูกสูบจะต้องตรงตำแหน่งตามมาตรฐาน Drawing ของลูกค้า

2.1.2 ตราประทับที่ได้ต้องมีความชัดเจนสามารถมองเห็นได้ชัดและผ่านการรับรองของฝ่ายคุณภาพของบริษัท

2.1.3 ต้องสามารถลดงานเสียที่เกิดจากการประทับตราให้เหลือน้อยกว่า 5.0%

2.1.4 เพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของพนักงาน

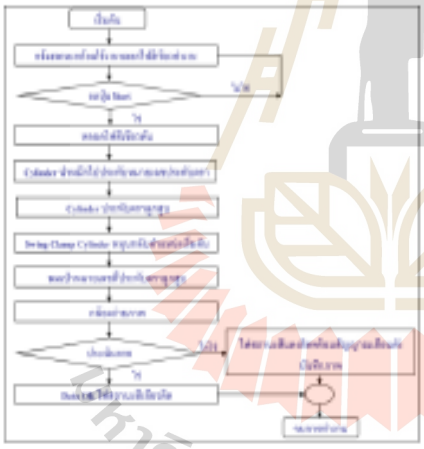
2.2 หลักการทำงานพื้นฐานของเครื่อง

เครื่องประทับตราลูกสูบจะสามารถทำงานได้นั้นจะต้องได้รับคำสั่งจากโปรแกรมที่เขียนลงไป กระบวนการทำงานพื้นฐานของเครื่องประทับตราลูกสูบแสดงดังรูปที่ 2 ซึ่งสามารถแบ่งกระบวนการออกเป็นสองส่วน คือ การประทับตราลูกสูบ และการตรวจสอบด้วยวิชันซิสเต็ม

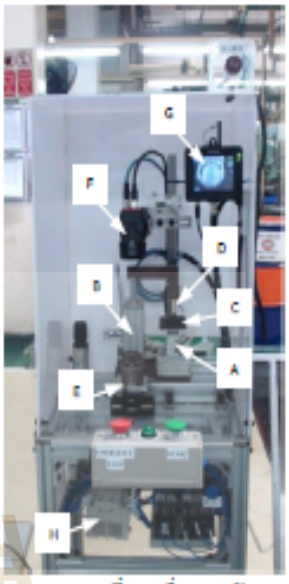
การประทับตราลูกสูบจะเริ่มกระบวนการหลังจากเครื่องแสดงไฟสถานะพร้อมใช้งาน จากนั้นทำการกดปุ่ม Start ไฟสีเขียวแสดงสถานะจะดับลง และกระบอกสูบ Cylinder guide จะเคลื่อนที่ขึ้นเพื่อนำแป้นหมึกมาประทับกับตรายาง หลังจากประทับตราที่หมึกเรียบร้อย Cylinder guide จะเคลื่อนที่ลงกลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้น จากนั้นกระบอกสูบ Swing clamp cylinder จะหมุน 90 องศา เพื่อเคลื่อนไปยังตำแหน่งที่จะต้องประทับตราลูกสูบ เมื่อประทับตราเรียบร้อยแล้ว Swing clamp cylinder จะหมุนกลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้น และเริ่มทำการเป่าลมเพื่อให้รอยหมึกแห้งก่อนเข้าสู่กระบวนการถ่ายภาพ

การตรวจสอบด้วยวิชันซิสเต็มจะนำภาพถ่ายที่ได้มาเทียบกับภาพต้นแบบที่ตั้งไว้เพื่อเป็นเกณฑ์ในการตรวจสอบชิ้นงาน โดยโปรแกรมจะทำ การ

ตรวจสอบตัวเลขตราประทับ ต้องผ่านเงื่อนไข 2 ข้อ ดังนี้ คือ เค้าโครงของตัวเลขตราประทับจะต้องมีความเหมือนกับภาพต้นแบบไม่น้อยกว่า 75.0% (กำหนดโดยฝ่ายควบคุมคุณภาพของบริษัท) และพื้นที่ของสีหมึกจะต้องมีความเหมือนกับภาพต้นแบบไม่น้อยกว่า 65.0% ตามมาตรฐานของวิชันซิสเต็ม ซึ่งเงื่อนไขดังกล่าวถูกกำหนดขึ้นเพื่อให้ระบบมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น หลังจากการประมวลผลภาพ หากภาพถ่ายนั้นไม่ผ่านเงื่อนไขไฟแสดงสถานะสีแดงจะติด และมีเสียงสัญญาณเตือนถึงความผิดพลาดแจ้งให้พนักงานดำเนินการแก้ไข แต่ถ้าหากภาพถ่ายนั้นผ่านเงื่อนไข ไฟแสดงสถานะสีเขียวจะติด เป็นอันเสร็จสิ้นกระบวนการ



รูปที่ 2 วงจรการทำงานของเครื่องประทับตราลูกสูบและตรวจสอบด้วยวิชันซิสเต็ม



รูปที่ 3 เครื่องประทับตราลูกสูบและตรวจสอบด้วยวิชันซิสเต็ม

2.3 แนวคิดการออกแบบ

แนวความคิดในการออกแบบเครื่องประทับตราลูกสูบและตรวจสอบการประทับตราด้วยวิชันซิสเต็ม คือเครื่องจักรต้องมีลักษณะการทำงานในรูปแบบเดียวกันกับการทำงานของพนักงาน กล่าวคือ เริ่มกระบวนการด้วยการนำตรายางไปประทับกับแป้นหมึก จากนั้นจึงนำตรายางมาประทับตราที่ตัวชิ้นงานลูกสูบ และทำการตรวจสอบชิ้นงานหลังการประทับตราด้วยสายตาก็เป็นอันเสร็จสิ้นกระบวนการ

ดังนั้น จึงออกแบบให้เครื่องจักรทำงานด้วยระบบนิวเมติกส์ในกระบวนการประทับตรา เนื่องจากระบบนิวเมติกส์เป็นระบบที่มีความสะอาด มีความปลอดภัย และมีความเร็วในการทำงานของระบบที่ดีเหมาะสมกับเครื่องจักร เลือกใช้กระบอกสูบนิวเมติกส์จำนวน 2 ตัว โดยที่กระบอกสูบตัวแรกทำหน้าที่ในการนำแป้นหมึกไปประทับตรายาง และกระบอกสูบ

ตัวที่สองทำหน้าที่ในการนำตราประทับไปประทับตราที่ตัวชิ้นงาน (ลูกสูบ) ดังแสดงในรูปที่ 3 และใช้วิชันเซ็นเซอร์ในการตรวจสอบชิ้นงานด้วยหลักการประมวลผลภาพจากการเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ ซึ่งการทำงานของเครื่องจักรทั้งหมดจะถูกควบคุมโดยพีแอลซี (Programmable logic controller, PLC) ในเบื้องต้นชิ้นงานจะถูกป้อนเข้าเครื่องจักรด้วยแรงงานคนโดยจะวางอยู่บนแท่นจับ (Jig fixture) กับตัวเครื่อง (รูปที่ 3)

2.4 กล้องวิชันเซ็นเซอร์

วิชันเซ็นเซอร์ จะทำการประเมินรับสัญญาณเริ่มต้นการถ่ายภาพกับตำแหน่งของชิ้นงานจากโฟโตอิเล็กทริคสวิตช์ (Photoelectric Switch) เปิดแสงไฟและถ่ายภาพชิ้นงานโดยใช้อิมเมจเซ็นเซอร์ (Image Sensor) ภาพของชิ้นงานจะถูกสแกนเพื่อตรวจจับชิ้นงานมีคุณภาพสูงหรือต่ำตามการตั้งค่าของการตรวจจับ และส่งสัญญาณผลสถานะ บันทึกภาพไว้ในหน่วยความจำ

3. วิธีการทดสอบ

ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการลดงานเสียที่เกิดจากการประทับตราชิ้นงานไม่ตรงตำแหน่ง ประทับตราชิ้นงานกลับด้าน และประทับตราได้ไม่ชัด จากเดิม 27.80% ให้เหลือน้อยกว่า 5.0% ต่อวัน ซึ่งแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ การตรวจสอบตราประทับด้วยวิชันซิสเต็ม การประทับตราและตรวจสอบตราประทับ และการประทับตราและตรวจสอบตราประทับในกระบวนการผลิตจริง

3.1 การตรวจสอบตราประทับด้วยวิชันซิสเต็ม

การทดสอบการตรวจสอบตราประทับด้วยวิชันซิสเต็ม เป็นการนำชิ้นงานลูกสูบที่ผ่านการประทับตราเรียบร้อยแล้วทั้งชิ้นงานที่ผ่านมาตรฐานและชิ้นงานเสียจำนวน 100 ตัว มาทดสอบผ่านการประมวลผลด้วยภาพ ทำการทดสอบซ้ำจำนวน 3 ครั้ง แบ่งประเภทของชิ้นงานที่ใช้ทดสอบตามตารางที่ 1 นำชิ้นงานจำนวน 100 ตัวที่ผ่านการประทับตราแล้วมาทำการตรวจสอบด้วยวิชันซิสเต็ม ซ้ำกันจำนวน 3 ครั้ง

ตารางที่ 1 จำนวนชิ้นงานที่ผ่านการประทับตราที่ผ่านมาตรฐานและชิ้นงานเสีย

รูปแบบของตราประทับ	จำนวน (ตัว)
ชิ้นงานที่ประทับตรากลับด้าน	3
ชิ้นงานที่ประทับตราไม่ตรง	17
ชิ้นงานที่ประทับตราไม่ชัด	9
ชิ้นงานที่ประทับตราตรงตำแหน่งตามมาตรฐาน Drawing	71

การทดสอบเริ่มจากการนำชิ้นงานที่ผ่านมาตรฐานมาทำการตั้งค่าเป็นภาพต้นแบบ ทำการทดสอบโดยการนำชิ้นงานลูกสูบที่ผ่านการประทับตราชิ้นงานตามตารางที่ 1 ใส่ลงไปที่แท่นจับ (Jig fixture) ของเครื่องประทับตราลูกสูบ และทำการกดปุ่มเริ่มต้นการทำงาน (Start) วิชันเซนเซอร์จะทำการถ่ายภาพและประมวลผลภาพตราประทับชิ้นงานตามกระบวนการ

3.2 การประทับตราและตรวจสอบตราประทับ

การทดสอบการทำงานของเครื่องประทับตราลูกสูบและตรวจสอบด้วยวิชันซิสเต็มนั้น จะใช้ชิ้นงานลูกสูบที่ยังไม่ผ่านการประทับตราจำนวน 100 ตัว นำมาทำการทดสอบ ทำการทดสอบซ้ำจำนวน 3 ครั้ง

ภายในห้องปฏิบัติการ ทำการทดสอบโดยการนำชิ้นงานลูกสูบดังกล่าวใส่ลงไปที่แท่นจับ (Jig fixture) ของเครื่องประทับตราลูกสูบ และทำการกดปุ่มเริ่มต้นการทำงาน (Start) กระบอกสูบตัวที่ 1 เคลื่อนที่นำแป้นหมึกประทับกับตรายาง กระบอกสูบตัวที่ 2 เคลื่อนที่ประทับตราชิ้นงาน สมเป้าชิ้นงาน กล้องวิชันเซนเซอร์จะทำการถ่ายภาพและประมวลผลตราประทับชิ้นงานเทียบกับภาพต้นแบบ

3.3 การประทับตราและตรวจสอบตราประทับในกระบวนการผลิตจริง

การทดสอบการประทับตราและตรวจสอบตราประทับในสภาพกระบวนการผลิตจริง (รูปที่ 4) จะนำเครื่องประทับตราลูกสูบและตรวจสอบการประทับด้วยวิชันเซนเซอร์เข้าไปใช้ผลิตชิ้นงานแทนการประทับตราด้วยพนักงาน โดยทำการทดสอบทั้งกลางวันและกลางคืน ทดสอบชิ้นงานทั้งสิ้น 3,290 ตัว

รูปที่ 4 ทดสอบเครื่องประทับตราในกระบวนการผลิตจริง

4. ผลการทดสอบ

จากการทดสอบ 3 ส่วนหลัก พบว่าเครื่องประทับตราลูกสูบสามารถผลิตงานและตรวจสอบชิ้นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานได้ ดังนี้

4.1 ผลการตรวจสอบตราประทับด้วยวิชันซิสเต็ม

พบว่าระบบวิชันซิสเต็มสามารถตัดสินแยกชิ้นงานที่ประทับตรากลับด้าน ประทับตราไม่ตรงตำแหน่ง ประทับตราไม่ชัด ออกจากชิ้นงานที่ประทับตราตรงตำแหน่งตามมาตรฐาน Drawing ได้ 100.0% สามารถจำแนกรูปแบบของตราประทับได้อย่างถูกต้อง จึงมั่นใจได้ว่าการทำงานของวิชันซิสเต็มมีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้งานได้จริง

จากรูปที่ 5 และ 6 เป็นตัวอย่างชิ้นงานที่ไม่ผ่านมาตรฐาน กล่าวคือ เป็นชิ้นงานที่ประทับตรากลับด้าน ผลจากการประมวลผลภาพแสดงเค้าโครงของตัวเลขตราประทับว่ามีความเหมือนกับภาพต้นแบบเพียง 49.0% (รูปที่ 5) จากค่าที่ตั้งไว้ควรมากกว่า 75.0% และจากรูปที่ 6 แสดงผลการประมวลผลภาพเมื่อพิจารณาถึงพื้นที่ของสีหมึกเทียบกับภาพต้นแบบ ซึ่งมีความเหมือน 100.0% แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาทั้งสองกรณี คือ เค้าโครงกับพื้นที่ของสีหมึก เครื่องประทับจึงตัดสินว่าเป็นชิ้นงานเสียและจะต้องนำชิ้นงานดังกล่าวมาลบรอยตราประทับและทำใหม่

รูปที่ 5 ตัวอย่างผลการตรวจสอบประทับตราชิ้นงานเมื่อเทียบกับเงื่อนไขเค้าโครงของตัวเลข

รูปที่ 6 ตัวอย่างผลการตรวจสอบประทับตราชิ้นงานเมื่อเทียบกับเงื่อนไขพื้นที่ของสีหมึก

4.2 ผลการประทับตราและตรวจสอบตราประทับ

พบว่าเครื่องประทับตราสามารถประทับตราชิ้นงานได้ตรงตำแหน่งตามมาตรฐาน Drawing ทั้งหมดทุกตัว100.0% จากการทดลองประทับตราลูกสูบจำนวน 100 ตัว ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง จึงมั่นใจได้ว่าเครื่องประทับตราและตรวจสอบตราประทับนั้นมีประสิทธิภาพมากพอที่จะนำไปใช้ในกระบวนการผลิตจริง

4.3. ผลการประทับตราและตรวจสอบตราประทับในกระบวนการผลิตจริง

พบว่าเครื่องประทับตราและตรวจสอบตราประทับสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ หลังจากทดสอบกับชิ้นงานจริง 3,290 ตัว ไม่มีชิ้นงานเสียในกระบวนการผลิตช่วงกลางวัน แต่พบงานเสียในกระบวนการผลิตช่วงเวลากลางคืน 2 ตัว ซึ่งคิดเป็น 0.06% ของชิ้นงานทั้งหมด ซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ กล่าวคือ ต้องลดชิ้นงานเสียจากการผลิตให้ได้ไม่เกิน 5.0%

ถึงแม้ว่าแสงและเงาที่ตกสะท้อนกับชิ้นงานลูกสูบซึ่งเป็นวัสดุอะลูมิเนียม อาจจะรบกวนการถ่ายภาพและประมวลผล ซึ่งอาจส่งผลให้ผลการทดสอบผิดพลาดได้ แต่เครื่องประทับในงานวิจัยนี้ถูกออกแบบมาให้สามารถลดการถูกรบกวนดังกล่าวได้ ซึ่งผลการทดสอบทั้งช่วงเวลากลางวันและช่วงเวลากลางคืนที่พบงานเสียเพียง 0.06% นั้นเป็นสิ่งยืนยันได้อย่างดีว่าผลที่ได้จากการทดสอบอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้และไม่ส่งผลต่อกล้องวิชันเซนเซอร์มากนัก ดังนั้น เครื่องประทับตราลูกสูบและตรวจสอบการประทับตราด้วยวิชันซิสเต็มนี้ สามารถนำไปใช้งานได้จริงในบริษัท ฮอนด้า เฟาดรี (เอเชียน) จำกัด

5. บทสรุป

ในงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องประทับตราหมายเลขบนลูกสูบ ซึ่งเครื่องสามารถประทับตราด้วยหมึกและเป่าลมให้แห้งได้อย่างอัตโนมัติ พร้อมการตรวจสอบด้วยกล้องวิชันเซ็นเซอร์ในการประมวลผลภาพ ทำงานด้วยระบบนิวเมติกส์และควบคุมด้วยพีแอลซี โดยโปรแกรมจะทำการตรวจสอบตัวเลขตราประทับ ซึ่งต้องผ่านเงื่อนไข 2 ข้อ คือ เค้าโครงของตัวเลขตราประทับจะต้องมีความเหมือนกับภาพต้นแบบไม่น้อยกว่า 75.0% และพื้นที่ของสีหมึกจะต้องมีความเหมือนกับภาพต้นแบบไม่น้อยกว่า 65.0% ผลการตรวจสอบด้วยวิชันซิสเต็มสามารถจำแนกชิ้นงานที่ได้มาตรฐานและชิ้นงานที่เสียได้อย่างถูกต้อง 100.0% ผลจากการประทับตราและตรวจสอบตราประทับในห้องปฏิบัติการสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง 100.0% เช่นกัน และผลจากการทำเครื่องไปทดสอบในกระบวนการผลิตจริงพบชิ้นงานเสียจากการใช้งานเครื่องเพียง 0.06% ซึ่งเป็นไปตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ที่ต้องมีชิ้นงานเสียน้อย

กว่า 5.0% ดังนั้นผลสำเร็จที่ได้จากการศึกษานี้ จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ลดต้นทุนในกระบวนการผลิต และมีโอกาสที่จะนำไปใช้เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตอื่น ๆ ได้ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่สนับสนุนสถานที่ อุปกรณ์ และสาธารณูปโภคที่ใช้ในการวิจัยเพื่อการทำวิทยานิพนธ์ของผู้แต่งลำดับที่ 1 โดยมิได้คิดมูลค่า และ บริษัท ฮอนด้า เฟ่าตรี (เอเชียน) จำกัด ที่อนุเคราะห์กล้องวิชันเซ็นเซอร์และเอื้อเฟื้อสถานที่ในการดำเนินการตลอดด้วยดีตลอดมา

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Gbededo, M., and Awopetu, O. (2017). Design and Construction of Automated Stamping Machine for Small Scale Industries. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, Vol. 6 (12), pp. 19-26.

[2] Umarkar, A. P. (2017). Design of Stamping Machine for Use in Industries. *International Journal on Recent Technologies in Mechanical and Electrical Engineering (IJRMEE)*, Vol. 4 (7), pp. 49-52.

[3] Jangale, G. B., Malode, P. R., and Somwanshi, A. J. (2017). Design and Development of Automatic Stamping and Pad Printing Machine. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*, Vol. 4 (4), pp. 92-95.

[4] Chen, S., Xiong, J., Guo, W., Bu, R., Zheng, Z., Chen, Y., Yang, Z., and Lin, R. (2019). Colored rice quality inspection system using machine vision. *Journal of Cereal Science*, Vol. 88, pp. 87-95.

[5] Iglesiasa, C., Martinezb, J., and Taboadaa, J. (2018). Automated vision system for quality inspection of slate slabs. *Computers in Industry*, Vol. 99, pp. 119-129.

[6] Hsu, H. W., Lo, Y. L., and Lee, M. H. (2019). Vision-based inspection system for cladding height measurement in Direct Energy Deposition (DED). *Additive Manufacturing*, Vol. 27, pp. 372-378.

[7] ณรงค์ ตันชีวะวงษ์ (2551). *นิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

[8] ชูชาวีย์ ถมยา (2552). *นิวเมติกส์และนิวเมติกส์ไฟฟ้าเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 12. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

[9] วริทธ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน. *การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น

[10] บุญธรรม ภัทราจวลุกูล (2557). *งานนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[11] สุพัฒน์ ชานิชธนาคม (2557). การจำลองสมการคณิตศาสตร์ของกระบอกสูบลมแบบ 2 ทาง. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์*, ปีที่ 6 ฉบับที่ 3.

ประวัติผู้เขียน

นายวสันต์ ดีแก่ เกิดเมื่อวันที่ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2531 ที่อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ เริ่มการศึกษาระดับประถมศึกษาชั้นปีที่ 1-6 ที่โรงเรียนไพลศึกษาคาร อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ ระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 1-6 ที่โรงเรียนสุรวิทยาคาร อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ และสำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ. 2555 และได้ประกอบวิชาชีพระดับวิศวกรรม ตำแหน่ง Design & Newmodel Engineer ที่บริษัท ซัมมิท ชูโกกุ เซอิร่า จำกัด จังหวัดชลบุรี เป็นเวลา 2 ปี จากนั้นประกอบวิชาชีพวิศวกรรม ตำแหน่ง Staff Engineer ที่บริษัท ฮอนด้า เฟาดรี (เอเซียน) จำกัด และเข้าศึกษาต่อในระดับวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (หลักสูตรวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์) สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ณ สถาบันการศึกษาเดิม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี