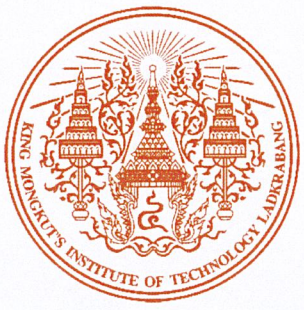
การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อกำลังการผลิตของเครื่องตรวจข้อบกพร่อง กรณีศึกษาบริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด

STUDY OF FACTORS INFLUENCING THE PRODUCTIVITY OF VISUAL INSPECTION MACHINE: A CASE STUDY OF SEAGATE TECHNOLOGY (THAILAND) LTD.

นางสาวสุทธิดา ทองบุญเรือง
MS.SUTTHIDA THONGBOONRAUNG

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



STUDY OF FACTORS INFLUENCING THE PRODUCTIVITY OF VISUAL INSPECTION MACHINE: A CASE STUDY OF SEAGATE TECHNOLOGY (THAILAND) LTD.

MS.SUTTHIDA THONGBOONRAUNG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF
ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกำลังการผลิตเพื่อปรับปรุงการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่อง กรณีศึกษาบริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด
STUDY OF FACTORS INFLUENCING THE PRODUCTIVITY OF VISUAL INSPECTION MACHINE: A CASE STUDY OF SEAGATE TECHNOLOGY (THAILAND) LTD.

นักศึกษา นางสาวสุทธิดา ทองบุญเรือง รหัสประจำตัว 59011431

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

_____
(ผศ.ดร.อุดม จันทร์จรัสสุข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกำลังการผลิตเพื่อปรับปรุงการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่อง กรณีศึกษาบริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด
นักศึกษา	นางสาวสุทธิดา ทองบุญเรือง
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2562
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ผศ.ดร.อุดม จันทร์จรัสสุข

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์เรื่องการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อกำลังการผลิตของเครื่องตรวจข้อบกพร่อง กรณีศึกษาบริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกำลังการผลิตการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติและหาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติเพื่อเพิ่มหน่วยการผลิตจาก 4,799 สไลเดอร์/ชั่วโมงเป็น 4,950 สไลเดอร์/ชั่วโมง จากการรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกำลังการผลิตของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติ พบว่ามี 6 ปัจจัยที่เป็นไปได้ว่าจะมีผลกระทบได้แก่ การปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ เครื่องจักร การวางตัวของผลิตภัณฑ์ พื้นผิวของผลิตภัณฑ์ รอบการทำงาน และการขาดประสบการณ์ของพนักงาน ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วการปนเปื้อนและการขาดประสบการณ์ของพนักงานนั้นเป็นปัจจัยภายนอกจึงไม่นำปัจจัยนี้มาศึกษา ในขณะที่การวางตัวของผลิตภัณฑ์และพื้นผิวของผลิตภัณฑ์นั้นมีสาเหตุจากปัจจัยหลักคือผลิตภัณฑ์ ดังนั้นปัจจัยที่จะนำมาศึกษาจึงได้แก่ เครื่องจักร ผลิตภัณฑ์ และรอบการทำงาน เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย 3-Way ANOVA พบว่ามีเพียงเครื่องจักรเท่านั้นที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติที่ระดับ 0.05 ต่อกำลังการผลิต จึงได้หาแนวทางปรับปรุงการทำงานของเครื่องจักรเพื่อเพิ่มหน่วยการผลิตให้มากขึ้นด้วยการวิเคราะห์กรถดถอยเพื่อหาจุดที่เหมาะสมสำหรับหน่วยการผลิต 4,950 สไลเดอร์/ชั่วโมง นั่นคือการปรับลดเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์ด้านปลายโพลจาก 1.59 วินาทีเป็น 1.49 วินาที และผลการปรับลดเวลานั้นได้ทำให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้นได้ถึง 4,996 สไลเดอร์/ชั่วโมง หรือเพิ่มหน่วยการผลิตได้ร้อยละ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	STUDY OF FACTORS INFLUENCING THE PRODUCTIVITY OF VISUAL INSPECTION MACHINE: A CASE STUDY OF SEAGATE TECHNOLOGY (THAILAND) LTD.
Student	Ms.Sutthida Thongboonraung
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2019
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr.Udom Janjarassuk

ABSTRACT

The purposes of this thesis are to study factors influencing the productivity of Visual Inspection machine and to find the opportunity to increase UPH from 4,799 to 4,950 sliders/hr. From the samplings of 5 machines from 33 machines, there is variation in production capacity. The 6 impact factors are contamination, machinery, slider orientation, dark surface of product, shift and worker skill. However, contamination and worker skill are external factors which have 2 secondary factors from the product. Therefore, the main factors studied are machinery, shift, and product. The data has analyzed by using 3-Way ANOVA. The result shows that machinery affects capacity variation. From the regression model, the optimal capturing time of ABS is 1.39 seconds. However, because this value exceeds the current set point 1.34 seconds, the set point is not changed. For the capturing time of pole, the optimal value of 1.59 seconds is used which is less than the current point 1.59 seconds. This result decreases the time of capturing pole by 0.1 second and increases the production capacity to 4,950 sliders/hr.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่องการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อกำลังการผลิตของเครื่องตรวจข้อบกพร่อง กรณีศึกษา บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ส่งผลให้โครงงานฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ผศ.ดร.อุดม จันทร์จรัสสุข อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ผู้ชี้แนะแนวทางให้คำปรึกษา ติชมและแก้ไขปัญหาระหว่างการปฏิบัติงานจนปริญญานิพนธ์สามารถสำเร็จลุล่วง

คุณชาญวิท บุตรอ่ำ ผู้จัดการอาวุโสแผนก Metrology Slider ผู้ซึ่งคอยแนะนำวิธีการทำงาน ให้ความรู้ ชี้แนะแนวทางในการปฏิบัติงานและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

คุณธนาคาร มหบุญพาชัย คุณศุจิรัตน์ เทพศิลาและคุณกาญจนา กินขุนทด พี่เลี้ยงในการปฏิบัติงานในบริษัทกรณีศึกษา ผู้ซึ่งให้ความรู้เกี่ยวกับเครื่องจักรที่ศึกษาและชี้แนะแนวทางในการปฏิบัติงาน

ขอขอบคุณทุกท่านในแผนก Metrology Slider และบริษัทกรณีศึกษา ที่ให้โอกาสและสนับสนุนในการศึกษาเรียนรู้ ร่วมทำกิจกรรมและอำนวยความสะดวกตลอดระยะเวลาในการปฏิบัติงาน

และท้ายที่สุดขอขอบคุณบุคคลท่านอื่นที่ไม่ได้กล่าวนามในที่นี้ ซึ่งได้มีส่วนช่วยให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นางสาวสุทธิดา ทองบุญเรือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II
กิตติกรรมประกาศ..... III
สารบัญ..... IV
สารบัญตาราง..... VI
สารบัญรูป..... VII
บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา..... 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2
1.5 วิธีการดำเนินงาน..... 2
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ..... 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการทำงานของฮาร์ดดิสก์..... 4
2.2 กระบวนการผลิตหัวบันทึกข้อมูลแม่เหล็กหรือสไลเดอร์..... 6
2.3 การคำนวณกำลังการผลิต..... 6
2.4 การทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Experiment)..... 7
2.5 การศึกษางาน (Work study)..... 8
2.6 การศึกษาเวลา (Time study)..... 10
2.7 เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด..... 11
2.8 การวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ..... 14
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน
3.1 กระบวนการผลิตสไลเดอร์..... 16
3.2 กระบวนการทำงานของสถานีงานตรวจข้อบกพร่องแบบอัตโนมัติ..... 16
3.3 การกำหนดปัญหาการทำงานของเครื่องตรวจสอบข้อบกพร่องสไลเดอร์อัตโนมัติ..... 19
3.4 การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงาน..... 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน
4.1 การวิเคราะห์การถดถอยระหว่างงานย่อยและเวลาการทำงานของเครื่องจักร..... 29
4.2 แนวทางการปรับปรุงเวลาการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์อัตโนมัติ 34
4.3 การยืนยันค่าการใช้งานเมื่อปรับลดเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์ด้านปลายโพล..... 36
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน..... 37
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 37
เอกสารอ้างอิง..... 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน..... 3
ตารางที่ 2.1 การคิดทรีทเมนต์คอมบิเนชันของ 2 ปัจจัย..... 8
ตารางที่ 3.1 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์ 22
ตารางที่ 3.2 ตัวแปรอิสระสำหรับศึกษาผลกระทบต่อกำลังการผลิตเพื่อปรับปรุงการทำงานของ.....
เครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติ..... 25
ตารางที่ 3.3 ทรีทเมนต์คอมบิเนชันสำหรับการศึกษาผลกระทบต่อกำลังการผลิต.....
เพื่อปรับปรุงการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติ..... 25
ตารางที่ 3.4 ตารางบันทึกข้อมูลการศึกษาเวลาการทำงานสถานีงานตรวจ.....
ข้อบกพร่องสไลเดอร์อัตโนมัติ..... 26
ตารางที่ 3.5 ตารางค่าเฉลี่ยของเวลาปกติของงานย่อยในสถานีงานตรวจ.....
ข้อบกพร่องบนสไลเดอร์อัตโนมัติ..... 27
ตารางที่ 3.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของหน่วยการผลิตด้วย 3-Way ANOVA..... 27
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์การถดถอยระหว่างเวลาในการโฟกัสสไลเดอร์.....
และเวลาการทำงานของเครื่องจักร..... 29
ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์การถดถอยระหว่างเวลาในการหยิบสไลเดอร์ออก.....
และเวลาการทำงานของเครื่องจักร..... 30
ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์การถดถอยระหว่างเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์.....
ด้าน ABS และเวลาการทำงานของเครื่องจักร..... 31
ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์การถดถอยระหว่างเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์.....
ด้านปลายโพลและเวลาการทำงานของเครื่องจักร..... 32
ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์การถดถอยระหว่างเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์.....
ด้าน ABSและปลายโพล..... 33
ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์การถดถอยของหน่วยการผลิตที่มีตัวแปรอิสระคือ.....
เวลาในการโฟกัสสไลเดอร์ เวลาในการถ่ายภาพทั้งด้านABS และปลายโพล..... 35
ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์หาจุดที่เหมาะสมสำหรับหน่วยการผลิต 4,950 สไลเดอร์/ชั่วโมง..... 35
ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยของเวลาปกติของงานย่อยในสถานีงานตรวจข้อบกพร่อง.....
บนสไลเดอร์อัตโนมัติ..... 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ 4
รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของ Head Stack Assembly 5
รูปที่ 2.3 กระบวนการผลิตสไลเดอร์ 6
รูปที่ 3.1 กระบวนการทำงานของสถานีงานตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติ 17
รูปที่ 3.2 แผนภูมิการไหลของกระบวนการ 17
รูปที่ 3.3 กระบวนการตรวจสอบข้อบกพร่องสไลเดอร์ด้วยเครื่องตรวจสอบ
ข้อบกพร่องสไลเดอร์อัตโนมัติ 19
รูปที่ 3.4 กราฟแสดงกำลังการผลิตของเครื่องจักรจำนวน 5 เครื่อง 20
รูปที่ 3.5 แผนภาพก้างปลาวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อกำลังการผลิตของเครื่องจักรแปรปรวน 21
รูปที่ 3.6 แผนภูมิพาเรโตของปัจจัยที่มีผลต่อความแปรปรวนของเครื่องจักร 24
รูปที่ 3.7 แผนภาพก้างปลาวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อเวลาการทำงานของเครื่องจักรแปรปรวน 28
รูปที่ 4.1 แผนผังการกระจายข้อมูลระหว่างเวลาในการโฟกัสสไลเดอร์และ
เวลาการทำงานของเครื่องจักร 30
รูปที่ 4.2 แผนผังการกระจายข้อมูลระหว่างเวลาในการหยิบสไลเดอร์ออก
และเวลาการทำงานของเครื่องจักร 31
รูปที่ 4.3 แผนผังการกระจายข้อมูลระหว่างเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์
ด้าน ABSและเวลาการทำงานของเครื่องจักร 32
รูปที่ 4.4 แผนผังการกระจายข้อมูลระหว่างเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์
ด้านปลายโพลและเวลาการทำงานของเครื่องจักร 33
รูปที่ 4.5 แผนผังการกระจายข้อมูลระหว่างเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์
ด้าน ABSและปลายโพล 34
รูปที่ 4.6 จุดที่เหมาะสมสำหรับหน่วนการผลิต 4,950 สไลเดอร์/ชั่วโมง 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด เป็นบริษัทชั้นนำด้านฮาร์ดแวร์ของโลกที่ผลิตและจัดจำหน่ายฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Hard Disk Drive; HDD) ซึ่งเป็นอุปกรณ์บันทึกข้อมูลดิจิตอลที่เปรียบเสมือนคลังเก็บข้อมูลขนาดใหญ่ของคอมพิวเตอร์ ที่ใช้หลักการแปลความหมายของเลขฐานสองจากความต่างขั้วของแม่เหล็ก มีลักษณะเป็นจานโลหะที่เคลือบสารแม่เหล็กที่หมุนอย่างรวดเร็วขณะทำงาน ในปัจจุบันอุตสาหกรรมฮาร์ดิสก์ไดรฟ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น มีการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มความจุของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เพื่อรองรับการใช้งานของกลุ่มผู้บริโภคที่มากขึ้นทั้งความต้องการเทคโนโลยีสำหรับจัดเก็บข้อมูลออนไลน์ (Cloud) และการเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์กลุ่มผู้บริโภค (Big data) รวมถึงปัจจัยอื่น ๆ ด้วย ทำให้การแข่งขันในตลาดฮาร์ดดิสก์เพิ่มสูงขึ้น ผู้ผลิตจึงจำเป็นต้องพัฒนาฮาร์ดดิสก์ให้มีคุณภาพและสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว โดยหนึ่งในชิ้นส่วนที่สำคัญของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์คือสไลเดอร์ (Slider/Head) ที่มีปลายโพล (Pole tip) ติดตั้งอยู่ โดยกระบวนการผลิตสไลเดอร์นั้นจำเป็นต้องควบคุมการปนเปื้อน (Contamination) และมีการตรวจสอบข้อบกพร่อง (Defect) บนสไลเดอร์ บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด มีสถานีการตรวจสอบข้อบกพร่องบนสไลเดอร์นี้ 2 สถานีงานคือ Manual Inspection เป็นการตรวจสอบงานด้วยกล้องจุลทัศน์กำลังขยาย 500x สามารถตรวจสอบได้เฉพาะปลายโพลเท่านั้น ใช้ตรวจสอบงานในปริมาณ 10% ของงานทั้งหมด และสถานีงานตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติ เป็นการตรวจสอบงานด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติที่มีกล้องกำลังขยาย 100x เพื่อตรวจข้อบกพร่องบน Air Bearing Surface (ABS) ซึ่งจะตรวจงานทั้งหมดและกำลังขยาย 500x เพื่อตรวจสอบข้อบกพร่องบนปลายโพลในปริมาณ 90% ของงานทั้งหมด ทางบริษัทมีนโยบายที่จะหยุดการทำงานของสถานีงาน Manual Inspection ส่งผลให้มีปริมาณงานของการตรวจสอบข้อบกพร่องบนสไลเดอร์ในสถานีงานตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์อัตโนมัติมากขึ้น ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อกำลังการผลิตของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติ เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกำลังการผลิตของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติ
2. เพื่อหาแนวทางปรับปรุงการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติเพื่อเพิ่มผลผลิตจาก 4,799 สไลเดอร์/ชั่วโมง เป็น 4,950 สไลเดอร์/ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 3.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

โครงงานนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกำลังการผลิตของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติและหาแนวทางเพื่อหาแนวทางปรับปรุงการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติเพื่อเพิ่มผลผลิตจาก 4,799 สไลเดอร์/ชั่วโมง เป็น 4,950 สไลเดอร์/ชั่วโมง โดยทำการศึกษาเวลาการทำงานของเครื่องจักรจำนวน 5 เครื่อง คำนวณกำลังการผลิตของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง วิเคราะห์หาสาเหตุที่ส่งผลต่อความแปรปรวนในการทำงานของเครื่องจักรและแก้ไข จะมุ่งเน้นการศึกษาปัญหาและวิธีการแก้ไขของเครื่องจักรเท่านั้น โดยมีระยะเวลาการดำเนินงานตั้งแต่วันที่ 5 สิงหาคม 2562 ถึง 29 พฤศจิกายน 2562 รวมทั้งสิ้น 4 เดือน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เป็นแนวทางในการปรับปรุงการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติอื่น ๆ เพื่อเพิ่มผลผลิตร้อยละ 3.15

1.5 วิธีการดำเนินงาน

ผู้จัดทำโครงงานได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ศึกษากระบวนการผลิตของสไลเดอร์
2. ศึกษากำลังการผลิตของสถานีงานตรวจข้อบกพร่องของสไลเดอร์
3. ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติ
4. ออกแบบวางแผนการศึกษาการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติบนชิ้นงานและเก็บข้อมูล
5. วิเคราะห์หาสาเหตุที่ก่อให้เกิดความแปรปรวนของกำลังการผลิต
6. หาแนวทางการปรับปรุงการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน (พ.ศ.2562)																
	ส.ค.				ก.ย.				ต.ค.					พ.ย.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4
1. ศึกษากระบวนการผลิตสไลเดอร์																	
2. ศึกษากำลังการผลิตของสถานีงานตรวจข้อบกพร่องของสไลเดอร์																	
3. ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติ																	
4. ออกแบบวางแผนการศึกษาการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติบนชิ้นงานและเก็บข้อมูล																	
5. วิเคราะห์หาสาเหตุที่ก่อให้เกิดความแปรปรวนของกำลังการผลิต																	
6. หาแนวทางการปรับปรุงการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติ																	

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

สำหรับโครงงานฉบับนี้มีศัพท์เฉพาะดังต่อไปนี้

1. **สไลเดอร์ (Slider)** หมายถึง หัวอ่าน/เขียน (Read/Write Head) มีไว้เพื่ออ่านและเขียนข้อมูลบนจานฮาร์ดดิสก์ มีลักษณะเป็นทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ประกอบด้วย 6 ด้าน ได้แก่ Back Pad, Gold Bond Pad, Side Pad 2 ด้าน, Trailing Edge (TE) และ Air Bearing Surface (ABS)

2. **Air Bearing Surface (ABS)** หมายถึง ผิวด้านหนึ่งของสไลเดอร์ซึ่งถูกออกแบบให้เป็นลวดลายต่าง ๆ ที่เหมาะสมต่อการยกตัวลอยของสไลเดอร์เหนือจานแม่เหล็ก และมีปลายโพลติดอยู่

3. **ปลายโพล (Pole tip)** หมายถึง ส่วนที่ใช้ในการอ่านและเขียนข้อมูลของฮาร์ดดิสก์

4. **เครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติ (Visual Inspection Automate machine)** หมายถึง เครื่องจักรอัตโนมัติสำหรับการตรวจการปนเปื้อนหรือข้อบกพร่องบนสไลเดอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

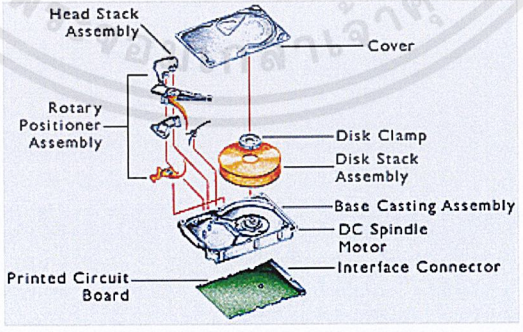
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้กล่าวถึงทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับโครงงานฉบับนี้ ซึ่งจะแบ่งออกเป็นหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการทำงานของฮาร์ดดิสก์
2.2 กระบวนการผลิตหัวบันทึกข้อมูลแม่เหล็กหรือสไลเดอร์
2.3 การคำนวณกำลังการผลิต
2.4 การทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Experiment)
2.5 การศึกษางาน (Work study)
2.6 การศึกษาเวลา (Time study)
2.7 เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด
2.8 การวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการทำงานของฮาร์ดดิสก์

ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นอุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูลที่สามารถเขียนและอ่านข้อมูลที่ใช้สำหรับคอมพิวเตอร์ มีส่วนประกอบหลักดังรูปที่ 2.1 โดยส่วนประกอบหลัก ๆ จะประกอบไปด้วย แผ่นบันทึกข้อมูลหรือเรียกว่าแผ่นดิสก์ หัวอ่านเขียนซึ่งทำหน้าที่บันทึกและ อ่านข้อมูลที่ถูกบันทึกในแผ่นดิสก์ ซึ่งในส่วนของชุดหัวอ่านนั้นเรียกว่า Head Stack Assembly (HAS) ซึ่งจะมีส่วนที่เป็นตัวกำหนดหัวอ่านเคลื่อนที่ไป ในตำแหน่งที่ต้องการอ่านหรือเขียน DC spindle motor คือส่วนที่ขับเคลื่อนให้แผ่นดิสก์หมุนได้ตามความเร็วรอบคงที่ที่กำหนด PCBA คือ แผงวงจรควบคุมไฟฟ้า ซึ่งจะมีหลายส่วน ส่วนที่สำคัญคือ Preamp หรือตัวควบคุมความร้อนที่ป้อนเข้าสู่หัวอ่านทำให้หัวอ่านยื่นขยายไปเข้าใกล้แผ่นดิสก์เมื่อถึง เวลาใช้งาน

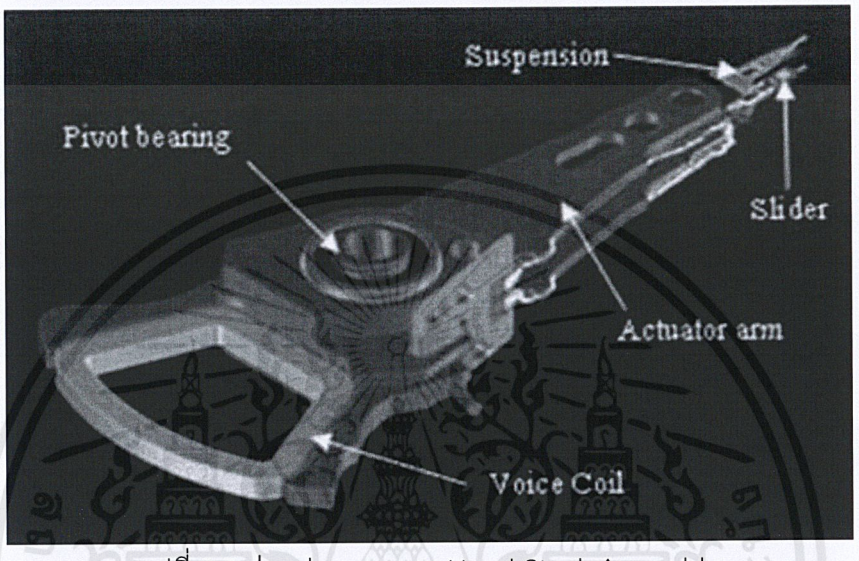


รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

2.1.1 ส่วนประกอบของ Head Stack Assembly (HSA) เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดอีกส่วนหนึ่ง มีหน้าที่เคลื่อนที่เพื่ออ่านหรือเขียนข้อมูลจากแผ่นดิสก์หรือ Platter โดย HSA มีส่วนประกอบภายในมากมาย โดยมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชิ้นส่วนสำคัญๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งประกอบด้วย Voice Coil Motor (VCM) เป็นขดลวด ที่ทำหน้าที่บังคับให้แขนกลเคลื่อนที่ไปมาอย่างละเอียด Bearing ทำให้การเคลื่อนที่ของแขนกลเป็นไปได้โดยราบเรียบไม่ติดขัด Arm เป็นส่วนที่ใช้ยึด Heads Gimbal Assembly (HGA) เพื่ออ่านหรือเขียนข้อมูลลงบน Platter ซึ่งทำจากอลูมิเนียมเป็นส่วนใหญ่ HGA จะประกอบด้วย Suspension และ Slider ซึ่ง Slider จะมีหน้าที่อ่านและเขียนบันทึกข้อมูล



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของ Head Stack Assembly

2.1.2 หัวอ่าน/เขียน (Read/Write Head) เป็นส่วนที่ใช้ในการอ่าน/เขียนข้อมูล มีขนาดเล็กและซับซ้อน ซึ่งทำหน้าที่อ่าน/เขียนข้อมูลจาก Platter ลักษณะทางกายภาพคือจะติดอยู่กับปลายของแขนหัวอ่าน การอ่าน/เขียนข้อมูลจะเริ่มจากคอนโทรลเลอร์ (Controller) นำคำสั่งที่ได้มาแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้าแล้วป้อนเข้าสู่ขดลวดภายในหัวอ่าน ทำให้เกิดแรงเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กแล้วไปเปลี่ยนการจัดเรียงตัวของสารแม่เหล็กที่เคลือบอยู่บนผิวของแผ่นดิสก์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลขึ้น

2.1.3 แผ่นจานแม่เหล็กหรือดิสก์ (Platters or Disk) มีลักษณะเป็นแผ่นจานกลม ทำด้วยโลหะผสม (Metal alloy disk) เคลือบด้วยสาร Aluminum alloy หรือ Glass substrate (ฮาร์ดดิสก์ในสมัยแรกๆ จะถูกเคลือบหรือ Coated ไว้ด้วย Aluminum alloy แต่ในฮาร์ดดิสก์ในปัจจุบันใช้การเคลือบด้วย Glass substrate แทน เนื่องจากมีความคงทนมากกว่า) โดย Platter จะใช้เป็นที่เก็บข้อมูลต่าง ๆ การบันทึกข้อมูลนั้น ใช้หลักการการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก โดยข้อมูลที่ใช้เก็บบน Platter จะอยู่ในรูปแบบ “0” และ “1” เหมือนกับข้อมูลดิจิตอลอื่น ๆ Platter โดยทั่วไปจะมีขนาด 3.5 นิ้ว และในฮาร์ดดิสก์แต่ละตัวอาจจะมีจำนวน Platter ไม่เท่ากัน ปกติแล้วฮาร์ดดิสก์แต่ละตัวจะมีแผ่นดิสก์ประมาณ 1–4 แผ่น แต่ละแผ่นจะเก็บข้อมูลได้ทั้งสองด้าน โดยทั่วไปแล้วยิ่งมี Platter มากก็จะทำให้ฮาร์ดดิสก์ตัวนั้นมีความจุมากขึ้นไปด้วย

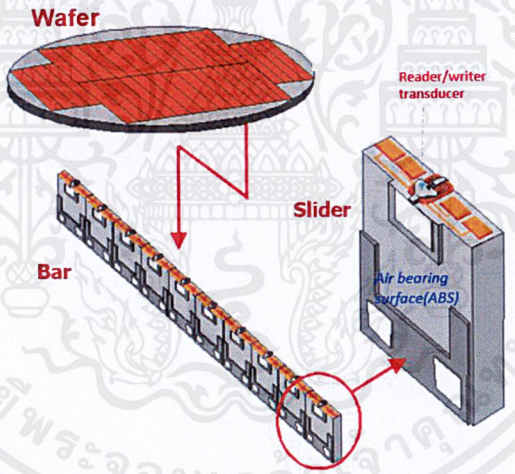
2.1.4 มอเตอร์หมุนจานแม่เหล็ก (Spindle Motor) เป็นมอเตอร์ที่ใช้หมุนจานแม่เหล็กซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อความเร็วในการอ่าน–เขียนข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ เพราะยิ่งมอเตอร์หมุนเร็วเท่าใด หัวอ่านก็จะเจอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่ต้องการเร็วขึ้นเท่านั้น ซึ่งความเร็วของการหมุนมีหน่วยเป็นรอบต่อนาที (Revolutions Per Minute: RPM) ฮาร์ดดิสก์ รุ่นเก่าจะหมุนด้วยความเร็วเพียง 3,600 และ 5,400 รอบต่อนาที ต่อมาพัฒนาเป็น 7,200 รอบต่อนาที และปัจจุบันหมุนได้เร็วถึง 15,000 รอบต่อนาที รูปที่ 2.7 แสดงถึงส่วนประกอบของ Platters และ Spindle Motor [1]

2.2 กระบวนการผลิตหัวบันทึกข้อมูลแม่เหล็กหรือสไลเดอร์

กระบวนการผลิตหัวบันทึกข้อมูลแม่เหล็กหรือสไลเดอร์คือการนำแผ่นเวเฟอร์ (Wafer) จากกระบวนการผลิตแผ่นเวเฟอร์มาทำการตัดโดยเครื่อง SHG ให้เป็นสไลเดอร์บาร์ดังในรูปที่ 2.3 จากนั้นสไลเดอร์บาร์จะถูกทำการแปรรูป ด้วยการขัดหน้า การกัดเซาะ เพื่อให้ได้รูปร่างหน้าตาตามการออกแบบของหัวอ่านหรือหัวเขียนในแต่ละรุ่นของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ หรือเรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการขัดเปิดผิวหน้าหัวเขียน (Lapping process) สไลเดอร์บาร์ที่ผ่านกระบวนการขัดมาแล้ว จะถูกนำมาตัดเป็นชิ้นๆ ได้สไลเดอร์ 1 อัน ประกอบไปด้วยหัวอ่านและหัวเขียน 1 หัว จากนั้นสไลเดอร์ที่ได้จะถูกนำไปผ่านกระบวนการต่าง ๆ อาทิเช่น ขั้นตอนการป้อนสนามแม่เหล็ก ภายนอกเข้าไปในสไลเดอร์เพื่อกำหนดแมกนีไทเซชันเริ่มต้นให้กับหัวอ่านและกระบวนการล้าง เป็นต้น [2]



รูปที่ 2.3 กระบวนการผลิตสไลเดอร์

2.3 การคำนวณกำลังการผลิต

กำลังการผลิต (Capacity) คือ ขีดความสามารถของคนงาน เครื่องจักร หน่วยผลิต แผน หรือองค์กรในการผลิตผลผลิตต่อหน่วยเวลา กำลังการผลิตเป็นอัตราการทำงานไม่ใช่ปริมาณของงานที่ทำได้ การวางแผนการผลิตจะระบุหน่วยของผลิตภัณฑ์หรือหน่วยมาตรฐานหน่วยใดหน่วยหนึ่งของผลผลิต (Output) เป็นหน่วยวัดกำลังการผลิต สำหรับหน่วยของผลผลิต (Units of Output) หรือหน่วยมาตรฐานทั่วไป หากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมีความหลากหลายไม่มากนัก สามารถใช้หน่วยทั่วไปของผลผลิตได้ เช่น ตัน แกลลอน บาร์เรล จำนวนหน่วยผลผลิต เป็นต้น แต่หากมีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์มาก การใช้หน่วยทั่วไปของผลผลิตอาจเป็นไปไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจึงต้องกำหนดหน่วยวัดในรูปของเวลา เช่น ชั่วโมงการทำงานมาตรฐาน (Standard Hour) หน่วยวัดกำลังการผลิตอาจจะมีความแตกต่างกันไปตามระดับของโครงสร้างของโรงงาน [3]

กำลังการผลิตของแต่ละขั้นตอนจะคำนวณแยกประเภทผลิตภัณฑ์และสูตรในการคำนวณประกอบด้วย กำลังการผลิตต่อชั่วโมงของเครื่องจักนแต่ละเครื่อง คูณด้วยร้อยละของประสิทธิภาพของเครื่องจักร หารด้วยร้อยละของของเสีย คูณด้วยจำนวนวันทำงานในแต่ละเดือน คูณด้วยจำนวนชั่วโมงการทำงานในแต่ละวัน คูณด้วยจำนวนเครื่องจักรที่ถูกระบุให้ใช้ในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละผลิตภัณฑ์ ดังแสดงต่อไปนี้

$$\text{Capacity by operation} = \frac{\text{UPH} \times \%\text{EFF} \times \text{Wk day} \times \text{Wk hour} \times \text{M/C QTY} \times \%\text{Yield}}{1000} \quad (2.1)$$

โดยที่

Capacity by operation คือ กำลังการผลิตในแต่ละขั้นตอนของแต่ละผลิตภัณฑ์ มีหน่วยเป็นพันชิ้น

UPH คือ กำลังการผลิตต่อชั่วโมงในแต่ละขั้นตอนการผลิตของเครื่องจักรที่ใช้ จะแยกตามผลิตภัณฑ์ มีหน่วยเป็นชิ้นต่อชั่วโมง

%EFF คือ ร้อยละของประสิทธิภาพของเครื่องจักรที่ใช้ มีหน่วยเป็นร้อยละ

%Yield คือ ร้อยละของของเสียในแต่ละขั้นตอนการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์ มีหน่วยเป็นร้อยละ

Wk day คือ จำนวนวันทำงานในแต่ละช่วงเวลา มีหน่วยเป็นวันต่อช่วงเวลา

Wk hour คือ จำนวนชั่วโมงทำงานในแต่ละวัน มีหน่วยเป็นชั่วโมงต่อวัน

M/C QTY คือ จำนวนเครื่องจักรที่ถูกระบุให้ใช้ผลิตในขั้นตอนนั้นของผลิตภัณฑ์นั้น มีหน่วยเป็นเครื่อง [4]

2.4 การทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Experiment)

การทดลองแบบแฟคทอเรียลเป็นการทดลองที่ทรีตเมนต์ประกอบด้วยปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไปมาร่วมกันในรูปของทรีทเมนต์คอมบิเนชัน (Treatment Combination) เมื่อผู้ทดลองต้องการศึกษาอิทธิพลร่วม (Interaction) ระหว่างปัจจัย สามารถทำการทดลองไปพร้อม ๆ กัน จึงเรียกการทดลองนี้ว่า การทดลองหลายปัจจัย (Multi-factor experiments) ลักษณะของการทดลองแบบแฟคทอเรียลจะจัดทรีทเมนต์ในรูปแบบของทรีทเมนต์คอมบิเนชัน คือประกอบด้วย 2 ปัจจัยขึ้นไปมาร่วมกันและแต่ละปัจจัยจะมีตั้งแต่ 2 ระดับขึ้นไป การทดลองแบบแฟคทอเรียล มีผลดีคือ

1. สามารถศึกษาได้หลายปัจจัยพร้อม ๆ กันจึงเป็นการใช้ทรัพยากรที่ประหยัดและมีประสิทธิภาพมากกว่าแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) หรือแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD)
2. เหมาะสำหรับการทดลองที่มีหลายปัจจัยเข้ามามีผลต่อลักษณะที่ศึกษาและต้องการทราบผลร่วมระหว่างปัจจัยด้วยว่าจะมีผลอย่างไร การทดลองแบบแฟคทอเรียลสามารถให้คำตอบด้านผลของแต่ละปัจจัยและผลร่วมไปพร้อมกันในการทดลองเดียว นอกจากนี้แล้วการทดลองแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แฟคทอเรียลยังให้ความแม่นยำในการทดสอบแต่ละปัจจัยเท่ากัน เพราะแต่ละระดับของแต่ละปัจจัยจะครอบครองสิ่งทดลองเท่ากัน

3. สามารถขยายขอบเขตการสรุปผลของผลร่วมระหว่างปัจจัยได้
4. ทำให้เกิดการซ้ำในรูปของ Hidden Replication มีผลให้แต่ละระดับของปัจจัยที่ทดสอบมีโอกาสซ้ำได้มากและเพิ่มประสิทธิภาพของการทดลองได้

ข้อจำกัดของการทดลองแบบแฟคทอเรียล หากมีปัจจัยที่ต้องการศึกษาจำนวนมาก จะต้องใช้หน่วยการทดลองมาก ยากต่อการหาหน่วยทดลองที่สม่ำเสมอได้ อาจส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของความคลาดเคลื่อนของการทดลอง [5][6]

ตัวอย่างเช่น [7] ในการทดลองมี 2 ปัจจัย คือ ปัจจัย A และ B โดยที่ปัจจัย A มี 2 ระดับคือ a_1 และ a_2 และปัจจัย B มี 4 ระดับคือ b_1, b_2, b_3 และ b_4 สามารถคิดเป็นทรีทเมนต์คอมบิเนชันได้ดังตารางที่ 2.1 ซึ่งการทดลองมี 8 ทรีทเมนต์คอมบิเนชัน คือ a_1b_1, a_1b_2, a_1b_3, a_1b_4, a_2b_1, a_2,b_2, a_2b_3 และ a_2b_4

ตารางที่ 2.1 การคิดทรีทเมนต์คอมบิเนชันของ 2 ปัจจัย

ปัจจัย A	ปัจจัย B			
	b_1	b_2	b_3	b_4
a_1	a_1b_1	a_1b_2	a_1b_3	a_1b_4
a_2	a_2b_1	a_2b_2	a_2b_3	a_2b_4

2.5 การศึกษางาน (Work Study)

การศึกษาเวลาเริ่มต้นในปี ค.ศ.1900 โดย Frederick W. Taylor ใช้ในการหาเวลามาตรฐานของงาน ส่วนการศึกษาการทำงานคิดค้นโดย Frank B. Gilbreth ซึ่งใช้ในการปรับปรุงวิธีการทำงาน แม้ว่าทั้งสองส่วนนี้จะถือกำเนิดในระยะเวลาใกล้เคียงกัน แต่ก็ไม่ได้เอามาสัมพันธ์กันเลย จนกระทั่งในปี ค.ศ.1930 เมื่อการศึกษาการเคลื่อนไหวและการศึกษาการทำงานถูกนำมาใช้ร่วมกันเพื่อส่งเสริมซึ่งกันและกัน เดิมทีการศึกษาการเคลื่อนที่จะพิจารณาเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการทำงานของร่างกายประกอบร่วมกับการจัดสภาพแวดล้อมการทำงาน ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับการทำงานของคนงานโดยเฉพาะ ต่อมาเมื่อมีการใช้เครื่องจักร เครื่องมือและอุปกรณ์เข้ามาเกี่ยวข้องกับการผลิต ขอบข่ายการศึกษาจึงกว้างขึ้นเป็น การศึกษาวิธีการ (Method Study) ซึ่งจะครอบคลุมกิจกรรมของการศึกษาการเคลื่อนที่โดยจะเป็นการศึกษาวิธีการทำงานที่มีอยู่เดิมและใช้หลักการปรับปรุงพัฒนาวิธีการทำงานใหม่ที่ดีกว่าเดิม ทำให้ผลผลิตสูงขึ้น ความสูญเสียน้อยลงและต้นทุนการผลิตต่ำ ในส่วนของการศึกษาเวลานั้น เนื่องจากเป็นกระบวนการวัดเวลาเพื่อกำหนดเวลามาตรฐานและเก็บข้อมูลเวลาการทำงาน ใช้เป็นการวัดผลงานส่วนหนึ่ง การวัดผลงานสามารถทำได้ด้วยกระบวนการอื่น ๆ อีกนอกเหนือจากการศึกษาเวลาโดยการใช้นาฬิกาจับเวลา จึงพัฒนาเป็นวิชา การวัดผลงาน (Work Measurement) ซึ่งจะครอบคลุมกิจกรรมของการศึกษาเวลา การสุ่มงาน การใช้เวลามาตรฐานพรีดีเทอร์มีนและการใช้ข้อมูลมาตรฐานที่วิจัยเป็นฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบการใช้งานการวัดผลงาน กล่าวโดยสรุป การศึกษางานประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ 1. การศึกษาวิธีการ ที่ประกอบด้วยการศึกษาวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงาน การปรับปรุงวิธีการทำงาน การออกแบบวิธีการใหม่และการกำหนดมาตรฐานวิธีการปฏิบัติงานให้ถูกต้อง 2. การวัดงาน ประกอบด้วยการกำหนดเวลามาตรฐานในการทำงาน และการกำหนดเวลามาตรฐานการผลิต [8]

ขอบเขตการศึกษางาน เนื่องจากการศึกษางานมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการทำงานที่ดีกว่า เพื่อใช้ประโยชน์จากแรงงานและเครื่องจักรอย่างเต็มที่ ซึ่งจะรวมถึงการศึกษาระบบการผลิต การใช้วัตถุดิบ การใช้เครื่องจักร ขั้นตอนในการผลิตขนส่ง ดังนั้นในการออกแบบวิธีการทำงานจึงต้องเริ่มต้นตั้งแต่การศึกษาวัตถุประสงค์ ไปจนถึงกระบวนการผลิตเป็นสินค้าสำเร็จรูปเพื่อนำมาพัฒนาวิธีการที่ดีที่สุดในการทำงาน สำหรับขั้นตอนในการศึกษางานมีดังนี้

1) การเลือกงาน เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ เพราะงานที่ต้องการจะปรับปรุงมีอยู่มากมาย การเลือกงานผิดก็ย่อมเป็นการเสียโอกาส งานบางอย่างถ้าเลือกทำก่อนจะใช้ประโยชน์ต่อเนื่องไปถึงงานอื่น ๆ ได้ ถ้าเลือกงานทำทีหลังจะไม่มีผลดีต่องานอื่น ทำให้เสียเวลาในการศึกษางาน จึงต้องใช้ความระมัดระวังอย่างมากในการเลือกศึกษางานที่มีเงื่อนไขความเสี่ยง
2) การเก็บข้อมูลวิธีการทำงาน เพื่อที่จะสามารถวิเคราะห์และปรับปรุงวิธีการทำงานได้นั้น เราต้องทำการเก็บข้อมูลวิธีการทำงานของงานที่เลือกนั้นให้ถูกต้อง แม่นยำครบถ้วนตามความเป็นจริง จึงทำให้เกิดประโยชน์ในการวิเคราะห์และพัฒนาวิธีการทำงานให้ดีขึ้นได้ การบันทึกข้อมูลที่ไม่ครบถ้วน ไม่ถูกต้องก่อให้เกิดความผิดพลาดในการทำความเข้าใจในการทำงานได้
3) การวิเคราะห์วิธีการทำงาน ในการพิจารณาข้อมูลที่เก็บบันทึกมาเพื่อทำการวิเคราะห์วิธีการทำงานมักจะใช้เทคนิคการตั้งคำถาม เพื่อช่วยให้สามารถกำหนดแนวทางใน
4) การปรับปรุงวิธีการทำงาน มักเลือกใช้เทคนิคการปรับปรุงงาน (Reengineering) ได้แก่ การตัด (Eliminate) การแยก/รวม (Separate/Combine) การเปลี่ยนขั้นตอน (Change) การทำให้กระบวนการง่ายขึ้น (Simplify) และการใช้เครื่องมือเข้ามาช่วย (Use)
5) การเปรียบเทียบวัดผลวิธีการทำงาน สามารถวัดผลงานแล้วเปรียบเทียบเชิงปริมาณก่อนและหลังการปรับปรุง
6) การพัฒนามาตรฐานวิธีการทำงาน คือการทำวิธีการนั้นให้เป็นวิธีการมาตรฐานเพื่อใช้เป็นแนวปฏิบัติ มาตรฐานตามวิธีการทำงานที่ปรับปรุง ซึ่งจะใช้เป็นเอกสารอ้างอิงและเมื่อมีการบันทึกในรูปแบบของวีดิทัศน์ก็จะสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการอบรมพัฒนาบุคลากรในด้านมาตรฐานวิธีการทำงาน
7) การส่งเสริมใช้วิธีการทำงานที่ปรับปรุงแล้ว เป็นขั้นตอนในการผลักดันให้พนักงานทำความเข้าใจถึงผลประโยชน์ที่จะได้รับทั้งในส่วนของบุคคลและองค์กร จะพยายามชี้ให้เห็นว่าพนักงานไม่ได้เสียประโยชน์ใด ๆ แต่จะทำงานได้ง่ายขึ้น ผลงานดีขึ้น ผลผลิตสูงขึ้น
8) การติดตามการใช้วิธีการทำงานที่ปรับปรุงแล้ว เป็นความจำเป็นอย่างยิ่งในการพยายามรักษาวิธีการทำงานที่พัฒนาแล้วให้คงอยู่จนกว่าจะพัฒนาวิธีการทำงานให้ดียิ่งๆ ขึ้นไปอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การศึกษาเวลา (Time study)

การศึกษาเวลาหรือการวัดงาน เป็นเทคนิคการวัดปริมาณงานออกมาเป็นหน่วยของเวลาหรือจำนวนแรงงานที่ใช้ในการทำงานเท่านั้น มักเรียกว่าการกำหนดเวลามาตรฐาน ซึ่งเทคนิคการศึกษาเวลาของ Frederick W. Taylor ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายและมีความน่าเชื่อถือเป็นอย่างมาก ในระยะแรกการศึกษาเวลาจะมุ่งในการกำหนดหาเวลามาตรฐาน ต่อมาได้ขยายขอบเขตการใช้งานและทำให้เกิดประโยชน์ในการใช้งานได้อย่างหลากหลายโดยเฉพาะในทางการผลิต จะใช้ประโยชน์ในการส่งเสริมการเพิ่มผลผลิต เช่น การวางแผนและการควบคุมการผลิต การควบคุมต้นทุนแรงงาน การประเมินอัตราการผลิต การเพิ่มผลผลิต เป็นต้น ความเข้าใจหลักการพื้นฐานของการศึกษาเวลา จะช่วยให้สามารถเข้าใจกระบวนการของการศึกษาเวลา ข้อจำกัดและเงื่อนไขที่จำเป็นในการศึกษาเวลา อุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้นจากการไม่ได้รับความร่วมมือจากพนักงาน รวมทั้งกระบวนการกำหนดหาเวลามาตรฐานได้อย่างถูกต้อง และสามารถประยุกต์ใช้เวลามาตรฐานเพื่อให้เกิดประโยชน์ในการจักการทางการผลิตได้อย่างกว้างขวาง เวลามาตรฐานคือค่าเวลาของงานปกติด้วยอัตราเร็วมาตรฐานภายใต้วิธีการที่มีการกำหนดการทำงานไว้อย่างชัดเจน ค่าเวลามาตรฐานนี้จะเป็นเวลาที่พนักงานทั่วไปสามารถปฏิบัติได้ ดังนั้นองค์ประกอบของเวลามาตรฐานมีส่วนต่าง ๆ คือ พนักงานได้รับการฝึกการนั้นมาแล้ว มีการกำหนดมาตรฐานวิธีการทำงานไว้ชัดเจน การทำงานของพนักงานต้องเป็นไปตามเงื่อนไขเวลาปกติ การทำงานนั้นต้องอยู่ในอัตราความเร็วมาตรฐาน

การกำหนดเวลามาตรฐานของการทำงานจะประกอบด้วยเวลาที่บันทึกได้จากการทำงานซึ่งจะต้องคำนวณหาเวลาที่ใช้เป็นค่าตัวแทนของเวลาของการทำงานหรือเรียกว่าค่าเวลาที่เลือก เมื่อประเมินตามอัตราความเร็วของการทำงานของพนักงานและมีการปรับค่าการประเมินแล้วจะได้เป็นค่าเวลาปกติ และเมื่อมีการเพิ่มเวลาเผื่อสำหรับความเมื่อยล้าจะได้ค่าเวลามาตรฐานนั่นเอง ในการศึกษาเพื่อกำหนดเวลามาตรฐานนั้น ควรมีการวิเคราะห์ว่างานนั้นมีมาตรฐานในการทำงานแล้วหรือไม่ ควรบันทึกสภาพเงื่อนไขการทำงานปกติของงานนั้นไว้ พร้อมกับเลือกพนักงานที่ต้องการจะใช้เป็นตัวอย่างการศึกษาเวลาซึ่งไม่ควรจะเป็นพนักงานใหม่ ไม่ควรเป็นพนักงานที่มีความสามารถพิเศษจนเกินไป แต่ควรเป็นพนักงานที่คุ้นเคยกับงานนั้นเป็นอย่างดี ทำงานนั้นด้วยความเร็วสม่ำเสมอและได้ผ่านช่วงของกราฟการเรียนรู้พร้อมทั้งได้รับแนะนำในการทำงานอย่างถูกต้อง เทคนิคที่นิยมใช้ในการวัดผลงานได้แก่ ระบบประมาณเวลา (Predetermined motion time systems) การสุ่มงาน (Work sampling) และ การศึกษาเวลาโดยตรง (Direct time study) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมกันมากที่สุด [8][9]

2.6.1 การศึกษาเวลาโดยตรง (Direct Time Study)

การศึกษาเวลาโดยตรงเป็นวิธีการศึกษาเวลาที่นิยมใช้กันมากที่สุด โดยอาศัยการจับเวลาด้วยนาฬิกาจับเวลาและแผ่นบันทึกข้อมูล และอาจมีกล้องถ่ายภาพยนตร์ด้วยในบางกรณี โดยขั้นตอนในการทำการศึกษาเวลาโดยตรงมี 5 ขั้นตอน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) กำหนดและเขียนวิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐาน เริ่มต้นจากการหาวิธีการมาตรฐานให้พบก่อน โดยวิธีการมาตรฐาน คือวิธีการที่ดีที่สุดภายใต้สภาพแวดล้อมทางการเงินและเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบัน ภายหลังจากพบวิธีการมาตรฐานแล้ว ทุกขั้นตอนในวิธีการมาตรฐานควรถูกกำหนดและจัดทำเป็นมาตรฐาน
2) แตกงานออกเป็นองค์ประกอบงาน องค์ประกอบงานเป็นลำดับของการเคลื่อนไหวพื้นฐานที่ถูกนำมาจับกลุ่มรวมกันอย่างมีเหตุผล เหตุผลที่ต้องแตกงานออกเป็นองค์ประกอบงานคือเพื่อที่จะอธิบายวิธีการมาตรฐานเป็นรายการลำดับขององค์ประกอบงานและคนงานมักจะมีระดับความสามารถที่แตกต่างกัน ดังนั้นระดับความสามารถของแต่ละองค์ประกอบงานควรถูกประเมินและเก็บข้อมูลแยกกัน
3) จับเวลาองค์ประกอบงานเพื่อให้ได้เวลาจากการสังเกตการณ์ ทำเพื่อหาค่าเฉลี่ยที่เชื่อถือได้จึงควรทำหลายๆ ครั้ง มักใช้สองวิธีการคือการจับเวลาแบบตวัดกลับ (Snapback timing method) และการจับเวลาแบบต่อเนื่อง (Continuous timing method)
4) ประเมินความเร็วของคนงานเทียบกับความเร็วมาตรฐาน หรือเรียกว่าเป็นการประเมินความสามารถเพื่อใช้หาเวลาปกติ นักวิเคราะห์ต้องสังเกตความสามารถของคนงานไปพร้อม ๆ กันและประเมินความสามารถนี้เทียบกับนิยามของความสามารถมาตรฐาน
5) รวมเวลาเผื่อ (Allowance) เข้ากับเวลาปกติเพื่อให้ได้เวลามาตรฐาน ซึ่งปัจจัยเวลาเผื่อนั้นมีที่มาจากเวลาเผื่อสำหรับเวลาส่วนตัว ความเมื่อยล้า และความล่าช้า หน้าที่ของปัจจัยเวลาเผื่อคือเพิ่มค่าของเวลามาตรฐานเมื่อเทียบกับเวลาปกติเพื่อที่จะคำนึงถึงหลายๆ เหตุผลของการเกิดเวลาสูญเสียของคนงานในช่วงกะทำงาน [9]

2.7 เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด

เครื่องมือควบคุมคุณภาพเป็นเครื่องมือทางสถิติที่มีความสำคัญในการควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิตทำให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับมาตรฐาน โดยใช้เครื่องมีควบคุมคุณภาพที่สำคัญ 7 ชนิด ได้แก่ ใบตรวจสอบ กราฟ ฮิสโตแกรม แผนภูมิพาเรโต แผนภาพก้างปลา แผนภาพการกระจาย และแผนภูมิควบคุม โดยเครื่องมือแต่ละชนิดมีรายละเอียด ดังนี้

2.7.1 ใบตรวจสอบ (Check Sheet)

ใบตรวจสอบเป็นแบบฟอร์มที่ใช้สำหรับกรอกรายละเอียดของข้อมูลเพื่อช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุและติดตามผลการดำเนินงาน ซึ่งในลักษณะของใบตรวจสอบต้องคำนึงถึงคือการกำหนดรายละเอียดที่ชัดเจน เช่น รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ ผู้ตรวจสอบ วันและเวลาที่ตรวจ เป็นต้น มีการจัดรูปแบบของแบบฟอร์มให้สะดวกต่อการบันทึกข้อมูล ง่ายต่อการจำแนกข้อมูลและวิเคราะห์ผล ที่สำคัญควรกำหนดและใช้ใบตรวจสอบให้ตรงกับวัตถุประสงค์ของการตรวจสอบด้วย ใบตรวจสอบในอุตสาหกรรมการผลิตมีหลายแบบ เช่น ใบตรวจสอบการผลิต ใบตรวจสอบข้อบกพร่อง ใบตรวจสอบตำแหน่งข้อบกพร่อง ใบตรวจสอบสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ใบตรวจสอบสุดท้ายและใบตรวจสอบอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 กราฟ (Graph)

กราฟเป็นแผนภาพที่อธิบายความแตกต่างของข้อมูลจากการเก็บบันทึก กราฟใช้สำหรับนำเสนอข้อมูลที่ง่ายต่อการทำงานความเข้าใจโดยอาศัยการพิจารณาด้วยตาเปล่าได้ สามารถให้รายละเอียดของการเปรียบเทียบได้ดีกว่าการนำเสนอข้อมูลด้วยวิธีการอื่น กราฟที่สำคัญได้แก่ กราฟเส้น กราฟแท่งและกราฟวงกลม โดยมีรายละเอียดดังนี้

กราฟเส้น เป็นเส้นกราฟที่ใช้แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของข้อมูลเมื่อเวลาเปลี่ยนไป ลักษณะของกราฟเส้นจะมีแกนตั้งเป็นค่าข้อมูล และแกนนอนเป็นช่วงเวลา กราฟเส้นใช้สำหรับการนำเสนอข้อมูลในกรณีที่ต้องการทราบแนวโน้มของข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามกาลเวลา หรือใช้สำหรับการดูการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป

กราฟแท่ง เป็นกราฟรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีความกว้างเท่ากัน โดยจะใช้ขนาดความยาวหรือความสูงของแท่งกราฟเปรียบเทียบจำนวนข้อมูล การนำเสนอข้อมูลคล้ายกับกราฟเส้น โดยที่กราฟแท่งสามารถนำเสนอได้ทั้งแนวตั้งและแนวนอน กราฟแท่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ 1) กราฟแท่งเชิงเดี่ยว ใช้แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลชุดเดียวและแสดงลักษณะของข้อมูลที่สนใจเพียงลักษณะเดียว 2) กราฟแท่งเชิงซ้อน ใช้แสดงการเปรียบเทียบข้อมูล 2 ชุดขึ้นไป 3) กราฟแท่งเชิงประกอบ ใช้เปรียบเทียบข้อมูลในช่วงเวลาต่างกัน โดยแต่ละแท่งจะแสดงรายละเอียดหรือส่วนย่อยของข้อมูลที่เรียงต่อกันในแนวตั้ง

กราฟวงกลม มีลักษณะเป็นวงกลมที่มีการแบ่งส่วนของข้อมูลจากจุดศูนย์กลางของวงกลมออกเป็นกลุ่มๆ ใช้สำหรับเปรียบเทียบสัดส่วนของข้อมูลชนิดเดียวกันในรูปแบบร้อยละ ซึ่งการนำเสนอข้อมูลคล้ายกับกราฟเส้นและกราฟแท่ง

2.7.3 ฮิสโตแกรม (Histogram)

ฮิสโตแกรมเป็นแผนภูมิใช้ในการเปรียบเทียบลักษณะการกระจายของข้อมูลกับข้อกำหนดเฉพาะเพื่อตรวจสอบความผิดปกติหรือติดตามการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการผลิต ฮิสโตแกรมมีลักษณะเป็นกราฟแท่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีความกว้างเท่ากันในแต่ละแท่ง จะเรียงชิดติดกันโดยแกนตั้งเป็นความถี่และแกนนอนเป็นค่าของข้อมูลที่ต้องการแสดง เมื่อพิจารณาระหว่างฮิสโตแกรมกับข้อกำหนดเฉพาะ หากพบว่าฮิสโตแกรมมีการกระจายของข้อมูลอยู่ภายใต้ข้อกำหนดเฉพาะ แสดงว่ากระบวนการผลิตดำเนินไปด้วยดี ไม่ต้องมีการแก้ไขกระบวนการผลิต แต่ถ้าการกระจายอยู่นอกภายใต้ข้อกำหนดเฉพาะจะต้องปรับให้ค่าความแปรปรวนของข้อมูลการผลิตต่ำลง เพื่อให้การกระจายของข้อมูลนั้นแคบลงอยู่ภายใต้ข้อกำหนดเฉพาะ

2.7.4 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)

แผนภูมิพาเรโต เป็นแผนภูมิใช้แสดงสาเหตุของปัญหาที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดข้อบกพร่องโดยแสดงสาเหตุหลักและสาเหตุรองตามลำดับ เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจว่าควรปรับปรุงสาเหตุใดและใช้ตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นหลังจากการแก้ไขปรับปรุง แผนภูมิพาเรโตมีลักษณะคล้ายกับฮิสโตแกรม คือเป็นกราฟแท่งรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีความกว้างเท่ากันและในแต่ละแท่งจะเรียงชิดติดกัน แต่แผนภูมิพาเรโตจะประกอบด้วยแกนตั้ง 2 แกน คือแกนตั้งด้านซ้ายเป็นจำนวนของการเกิดสาเหตุข้อบกพร่อง แกนตั้งด้านขวาเป็นร้อยละสะสมของการเกิดสาเหตุข้อบกพร่อง และแกนนอน 1 แกน เป็นสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องโดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย และมีเส้นแสดงร้อยละสะสม

2.7.5 แผนภาพก้างปลา (Fish-bone Diagram)

แผนภาพก้างปลา เป็นแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาที่ต้องการแก้ไขกับสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา ซึ่งผู้วิเคราะห์สามารถมองภาพรวมของปัญหาและสาเหตุทั้งหมดได้ง่ายขึ้น แผนภาพก้างปลามีลักษณะคล้ายกับก้างปลา โดยส่วนหัวของก้างปลาจะแสดงปัญหาที่เกิดขึ้น ส่วนก้างปลาหลักจะแสดงสาเหตุหลักและก้างปลาย่อยจะแสดงสาเหตุย่อยของปัญหา ซึ่งการหาสาเหตุหลักของปัญหาจะใช้หลักการของ 4M 1E ได้แก่ พนักงงาน (Man) เครื่องจักรและอุปกรณ์ (Machine) วัตถุดิบ (Material) วิธีการทำงาน (Method) และสภาพแวดล้อม (Environment)

2.7.6 แผนภาพการกระจาย (Scatter Diagram)

แผนภาพการกระจาย เป็นแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุด ที่เป็นข้อมูลเชิงปริมาณโดยแกนตั้งเป็นค่าของข้อมูลชุดที่ 1 และแกนนอนเป็นค่าของข้อมูลชุดที่ 2 โดยลักษณะเป็นแนวโน้มขึ้นตลอดหรือลงตลอดด้วยอัตราคงที่ แสดงว่าข้อมูลทั้ง 2 ชุด น่าจะมีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง ถ้ามีลักษณะชันขึ้นแสดงว่ามีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน แต่ถ้ามีลักษณะชันลงแสดงว่ามีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม และถ้ามีลักษณะกระจัดกระจายไม่เป็นรูปแบบแสดงว่าข้อมูลทั้ง 2 ชุดไม่มีความสัมพันธ์กัน

2.7.7 แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

แผนภูมิควบคุมเป็นแผนภูมิที่ใช้สำหรับควบคุมกระบวนการผลิต ติดตามการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการผลิตได้อย่างรวดเร็ว และปรับปรุงกระบวนการผลิตให้กลับเข้าสู่สภาพปกติ โดยลักษณะของแผนภูมิจะเป็นกราฟ โดยมีแกนตั้งเป็นคุณลักษณะของข้อมูลที่ควบคุม และแกนนอนเป็นเวลาหรือตัวอย่างของข้อมูลที่เก็บมาตามลำดับเวลา แผนภูมิควบคุมจะประกอบด้วยเส้นควบคุม 3 เส้น ได้แก่ เส้นควบคุมบน (Upper Control Limit: UCL) เส้นควบคุมล่าง (Lower Control Limit: LCL) และเส้นกลาง (Central Line: CL) โดยเส้นกลางจะอยู่ที่ค่าเฉลี่ย และมีระยะห่างของเส้นกลางถึงเส้นควบคุมบนและเส้นควบคุมล่างเท่ากับ 3 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แผนภูมิควบคุมสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

แผนภูมิควบคุมเชิงปริมาณ (Variable Control Chart) เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมคุณลักษณะของข้อมูลเชิงปริมาณที่สำคัญ ได้แก่ แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย ใช้ควบคุมค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิต และแผนภูมิควบคุมพิสัย ใช้ควบคุมการกระจายของกระบวนการผลิต

แผนภูมิควบคุมเชิงคุณลักษณะ (Attribute Control Chart) เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมคุณลักษณะของข้อมูลเชิงคุณลักษณะที่สำคัญ ได้แก่ แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (p-Chart) ใช้สำหรับตรวจสอบจำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเสียของกระบวนการผลิตที่มีขนาดของกลุ่มตัวอย่างไม่คงที่ แผนภูมิควบคุมจำนวนของเสีย (np-Chart) ใช้สำหรับตรวจสอบจำนวนของเสียของกระบวนการผลิตที่มีขนาดของกลุ่มตัวอย่างคงที่ แผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิ (c-Chart) ใช้สำหรับควบคุมจำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วยที่มีขนาดของกลุ่มตัวอย่างคงที่ แผนภูมิควบคุมจำนวนรอบตำหนิต่อหน่วย (u-Chart) ใช้สำหรับควบคุมจำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วยที่มีขนาดของกลุ่มตัวอย่างไม่คงที่ [10]

2.8 การวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA)

การวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) เป็นเทคนิคหรือกระบวนการที่สร้างขึ้นเพื่อวิเคราะห์กิจกรรมในด้านการออกแบบหรือกระบวนการผลิตเพื่อให้แน่ใจว่ามีการระบุถึงปัญหาหรือข้อบกพร่องใด ๆ ที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ในกิจกรรมนั้น ๆ เป้าหมายในการทำ FMEA คือการสร้างระบบป้องกันหรือลดโอกาสการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง กำจัดสาเหตุข้อบกพร่อง รวมถึงเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับข้อบกพร่องให้พบก่อนถูกส่งเข้าไปสู่กระบวนการถัดไป ซึ่งส่งผลต่อการร้องเรียนของลูกค้าต่อสินค้าหรือบริการที่ส่งมอบลดลง ความพึงพอใจของลูกค้าอยู่ในระดับสูงขึ้น ทำให้องค์กรมีศักยภาพในการแข่งขันในระดับสากลทั้งในด้านคุณภาพ ราคา การส่งมอบ การบริการ รวมถึงการสร้างขวัญกำลังใจและสภาพแวดล้อมในการทำงานอย่างมีคุณภาพ FMEA มีลักษณะที่สำคัญได้แก่

1. ต้องมีการแสดงให้เห็นถึงรูปแบบข้อบกพร่องและความผิดพลาดต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นแล้วจากระบบงาน การออกแบบ การผลิตและมีการประเมินอย่างชัดเจน
2. ต้องมีการบ่งชี้การกระทำสำหรับลดหรือขจัดโอกาสของความล้มเหลว ปัญหาและข้อผิดพลาดนั้น ๆ ที่เกิดขึ้น
3. มีการจัดทำแบบฟอร์มมาตรฐานสำหรับบันทึก

สามารถแบ่ง FMEA ได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. DFMEA (Design FMEA) กิจกรรมที่สร้างขึ้นในขั้นตอนการออกแบบสินค้า เพื่อพิจารณาคุณสมบัติของสินค้าตรงตามข้อกำหนดของลูกค้าและสามารถผลิตได้ตามเป้าหมาย
2. PFMEA (Process FMEA) เป็นกระบวนการที่สร้างขึ้นโดยบริษัทผู้ผลิตสำหรับการออกแบบและปรับปรุงกระบวนการ เพื่อให้แน่ใจว่าได้มีการพิจารณาถึงข้อบกพร่องที่มีโอกาสเกิดขึ้นทั้งหมด รวมทั้งสาเหตุและกลไกในการเกิดที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต

การดำเนินการจัดทำ FMEA ให้เกิดประสิทธิผลที่สุดจะต้องดำเนินการภายใต้ระยะเวลาเริ่มต้นเร็วที่สุดเท่าที่สามารถจะทำได้ โดยมีขั้นตอนทั่วไป ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กำหนดกลยุทธ์ในการจัดทำ FMEA โดยมีการระดมสมองทบทวนกระบวนการในทุกขั้นตอน วิเคราะห์โดยพิจารณาได้ในประเด็นต่าง ๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี การเปลี่ยนแปลงของสินค้า ปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างเรื้อรัง เป็นต้น
2. วิเคราะห์ข้อบกพร่องของแต่ละรายการ ประเมินลักษณะข้อบกพร่องที่มีโอกาสเกิดขึ้นของสินค้าหรือกระบวนการและผลที่เกิดขึ้นตามมาจากข้อบกพร่องนั้น โดยจะแบ่งเป็นความรุนแรง (Severity - S) จากผลกระทบที่พิจารณา จากนั้นให้พิจารณาถึงสาเหตุการเกิดข้อบกพร่องที่พิจารณา เมื่อทราบสาเหตุแล้วจะพิจารณาถึงความเสี่ยงโดยการประเมินถึงโอกาสเกิด (Occurrence - O) จากความเป็นไปได้ ที่สาเหตุดังกล่าวจะเกิดขึ้น และพิจารณาความเสี่ยงโดนประเมินความสามารถในการตรวจจับ (Detection - D) ของระบบ โดยผลการประเมินนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงก็ต่อเมื่อได้รับการเปลี่ยนแปลงระบบควบคุมกระบวนการที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเท่านั้น
3. ประเมินตัวเลขแสดงความเสี่ยง โดยจะพิจารณาจากทั้ง 3 ประการคือ ความรุนแรงของลักษณะข้อบกพร่อง โอกาสในการเกิดเหตุ และความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง นำมาคำนวณตัวเลขแสดงลำดับความเสี่ยง (Risk Priority Number - RPN) จากผลคูณของปัจจัยความเสี่ยงทั้ง 3 ประการ
4. กำหนดมาตรการตอบโต้เพื่อลดความเสี่ยงและปฏิบัติการตอบโต้ลักษณะข้อบกพร่องที่มีความเสี่ยงมาก แล้วทำการประเมินความเสี่ยงภายหลังการตอบโต้ [11][12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

โครงงานฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกำลังการผลิตการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติและหาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติเพื่อเพิ่มกำลังการผลิต โดยมีกระบวนการดำเนินงานเริ่มจากการศึกษากระบวนการผลิตสไลเดอร์ ศึกษากระบวนการทำงานของสถานีงานตรวจข้อบกพร่องของสไลเดอร์ การกำหนดปัญหาในการทำงานของเครื่องตรวจสอบข้อบกพร่องอัตโนมัติ การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติ และนำเสนอแนวทางการปรับปรุงการทำงานของเครื่องตรวจสไลเดอร์ข้อบกพร่องแบบอัตโนมัติ

3.1 กระบวนการผลิตสไลเดอร์

สไลเดอร์เป็นส่วนสำคัญของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ทำหน้าที่อ่านและเขียนข้อมูลลงบนจานแม่เหล็ก ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตสไลเดอร์ จะแบ่งเป็น 6 ส่วนหลักๆ คือ

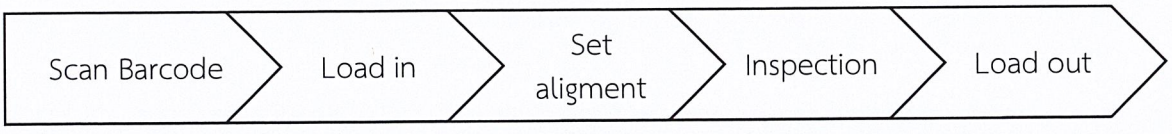
1. Row slice เป็นขั้นตอนของการเตรียมแผ่นเวเฟอร์ ตรวจสอบคุณภาพของแผ่นเวเฟอร์ที่รับมาแล้วนำมาแบ่งให้เป็นกลุ่ม (Chunk) สำหรับทำสไลเดอร์ ตัดให้เป็นแถบ (Bar) นำไปขัดแล้วล้างทำความสะอาดเพื่อส่งต่อไปยัง Bar lap
2. Bar lap เป็นขั้นตอนที่มีการเชื่อมแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB) กับด้าน Back Pad ของสไลเดอร์เพื่อทำการขัดเปิดปลายโพล และเป็นขั้นตอนการขัดเพื่อให้ได้สไลเดอร์มีพารามิเตอร์ตามที่ต้องการ
3. AKL เป็นการขัดเพื่อทำให้สไลเดอร์มีความเรียบมากขึ้น
4. Clean Room เป็นขั้นตอนที่ทำลวดลายบน ABS ตามผลิตภัณฑ์รุ่นต่าง ๆ ตามต้องการ จะอาศัยวิธีการของ Photolithography ในการกัดลวดลาย
5. Machine Front Back เป็นขั้นตอนที่ทำการตรวจสอบพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของสไลเดอร์ และทำการตัดแถบสไลเดอร์เป็นตัวสไลเดอร์ ทำความสะอาดพร้อมส่งให้ขั้นตอนต่อไป
6. Slider Final Visual เป็นขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการผลิตสไลเดอร์ มีหน้าที่ทำความสะอาดและตรวจสอบข้อบกพร่องบนผลิตภัณฑ์ บรรจุงานและเช็คจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ส่งออก

3.2 กระบวนการทำงานของสถานีงานตรวจข้อบกพร่องแบบอัตโนมัติ

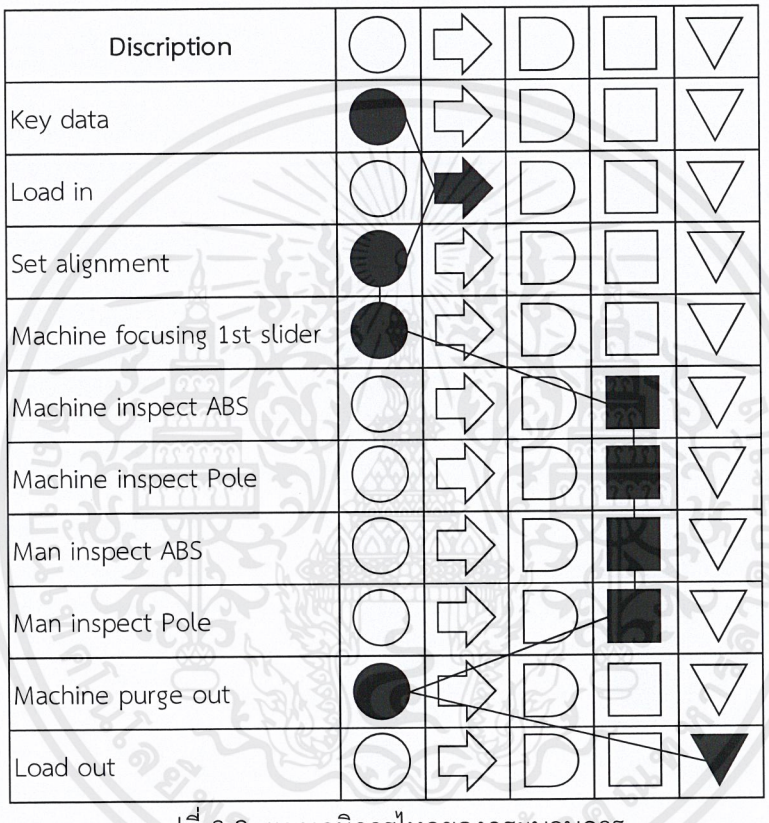
การทำงานในสถานีงานนี้ประกอบไปด้วยขั้นตอนดังรูปที่ 3.1 และแผนภูมิการไหลของกระบวนการในรูปที่ 3.2 โดยพนักงานจะทำการแสกนหมายเลขล็อตของสไลเดอร์แล้วนำเข้าเครื่องจักร ทำการตั้งค่าตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อการถ่ายภาพของเครื่องจักร เครื่องจักรจึงทำการถ่ายภาพสไลเดอร์แล้ววิเคราะห์หาข้อบกพร่อง ในกรณีที่เครื่องจักรยืนยันข้อบกพร่องไม่ได้ เครื่องจักรจะทำการส่งต่อให้พนักงานเป็นผู้ตรวจสอบข้อบกพร่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อตรวจข้อบกพร่องเรียบร้อยแล้ว พนักงานจะทำการนำงานออกและเขียนสรุปจำนวนงานที่ผ่านและไม่ผ่านลงในใบทราเวลเลอร์เพื่อส่งต่อให้สถานีงาน IPQA ต่อไป



รูปที่ 3.1 กระบวนการทำงานของสถานีงานตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติ



รูปที่ 3.2 แผนภูมิการไหลของกระบวนการ

เมื่อ ○ หมายถึง การปฏิบัติงาน
⇨ หมายถึง การตรวจสอบ
D หมายถึง การรอคอย
□ หมายถึง การเคลื่อนย้าย
▽ หมายถึง การเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 หลักการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติ

เครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์มี 2 ประเภท คือ Manual Inspection ใช้สำหรับตรวจปลายโพลด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 500X ซึ่งจะส่องดูที่ปลายโพลแล้วมีการตรวจสอบและยืนยันข้อบกพร่องด้วยพนักงาน และ เครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์อัตโนมัติซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาเฉพาะเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์อัตโนมัติ ใช้สำหรับตรวจปลายโพลและด้าน ABS จะมีกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 100X สำหรับตรวจผิวด้าน ABS และ 500X สำหรับตรวจปลายโพล ซึ่งมีกระบวนการดังรูปที่ 3.3 เมื่อพนักงานนำงานเข้าทำการตั้งค่าการจัดตำแหน่งแล้ว เครื่องจักรจะทำการถ่ายภาพจนกว่าจะได้ภาพที่ดีที่สุดที่เหมาะสมกับการประมวลผล แล้วส่งรูปที่มีเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดไปประมวลผลเปรียบเทียบกับเทมเพลตที่ถูกสร้างขึ้นเป็นมาตรฐานของสไลเดอร์เพื่อหาข้อบกพร่องบนสไลเดอร์ ถ้าหากสไลเดอร์นั้นไม่มีข้อบกพร่องจะไม่ส่งข้อมูลเพื่อให้พนักงานยืนยัน จะเรียกงานประเภทนี้ว่า Pass M หรือ Auto Pass และทำการส่งรูปภาพไปเก็บเป็นข้อมูลสำรองไว้ แต่หากสไลเดอร์นั้นมีข้อบกพร่องหรือเครื่องจักรไม่สามารถระบุได้ว่าสไลเดอร์นั้นมีข้อบกพร่องหรือไม่ เครื่องจักรจะทำการวางกลมข้อบกพร่องนั้นไว้แล้วส่งต่อให้พนักงานพิจารณายืนยันว่าสไลเดอร์นั้นมีข้อบกพร่องจริงหรือไม่ หากไม่มีข้อบกพร่องพนักงานจะกดยอมรับสไลเดอร์นั้นเรียกว่า Pass O แต่หากมีข้อบกพร่องจริงพนักงานจะทำการระบุประเภทความผิดปกติของสไลเดอร์ และเมื่อทำการตรวจสอบสไลเดอร์ทุกชิ้นแล้วเครื่องจักรจะทำการหยิบชิ้นงานที่ถูกระบุว่าเป็นข้อบกพร่องออกจากล็อตนั้น แล้วทำการสรุปผลจำนวนที่ผ่านการตรวจข้อบกพร่อง จำนวนของข้อบกพร่องแต่ละประเภทของสไลเดอร์ล็อตนั้น ๆ เครื่องตรวจข้อบกพร่องอัตโนมัตินี้มีจอภาพ 2 จอ ทำให้พนักงานสามารถทำงานพร้อมกันได้ 2 คน โดยพนักงานที่ทำงานหน้าจอหลักจะมีหน้าที่ตั้งแต่นำงานเข้าเครื่องจักรจนกระทั่งนำงานออกจากเครื่องจักร ส่วนพนักงานที่ทำงานหน้าจอรองจะมีหน้าที่ตรวจสอบข้อบกพร่องของงานเท่านั้น เครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์อัตโนมัติมี 3 ส่วน คือ

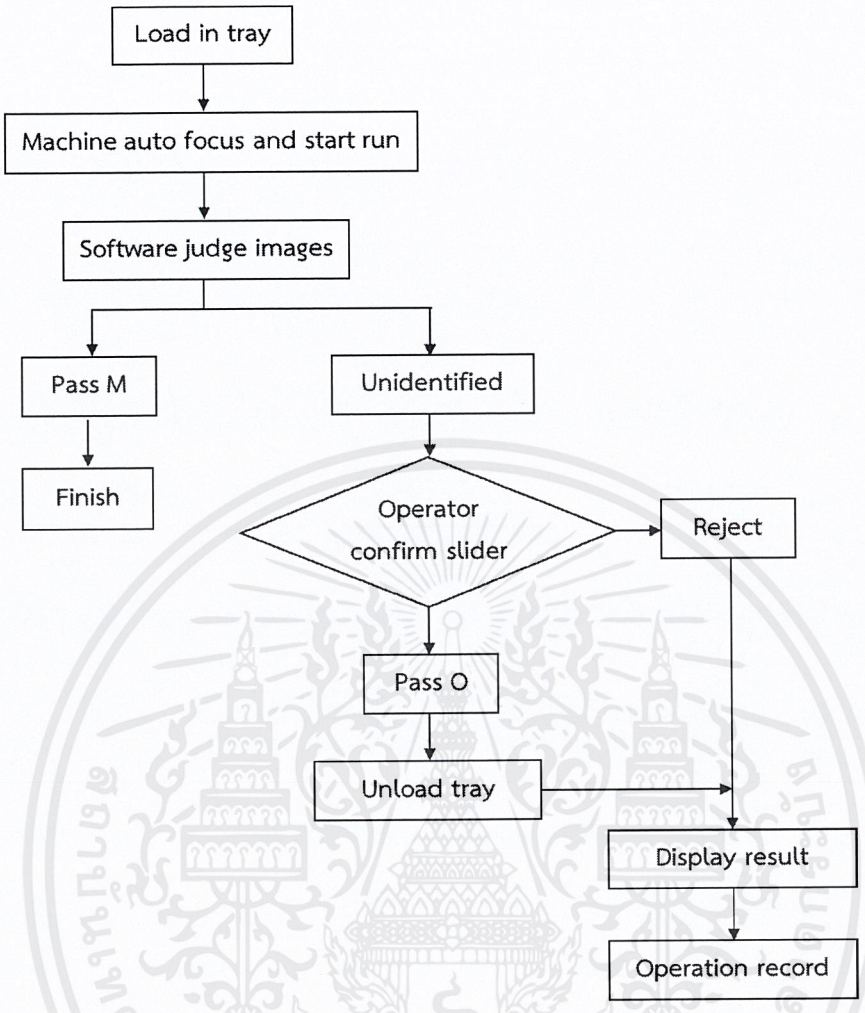
1) Controller เป็นส่วนที่ควบคุมการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์อัตโนมัติและเก็บข้อมูลสำรอง

2) Motion เป็นส่วนของฮาร์ดแวร์ที่ประกอบอยู่กับเครื่องจักร มีหน้าที่เคลื่อนไหวเพื่อให้เกิดการทำงานของเครื่องจักร ได้แก่ กล้องกำลังขยาย 100X และ 500X ทั้งหมด 4 ตัว, ตัวหยิบสไลเดอร์ อาศัยหลักการสุญญากาศ ซึ่งจะมีเครื่องกำเนิดลมทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางลมเพื่อให้เกิดการหยิบและวางสไลเดอร์

3) Analysis เป็นส่วนการประมวลผลของรูปภาพที่ถ่ายเปรียบเทียบกับเทมเพลตมาตรฐานของสไลเดอร์

ในขั้นตอนการถ่ายภาพนั้น กล้องจะทำการเคลื่อนที่มาโฟกัสสไลเดอร์แล้วถ่ายภาพ โดยที่กล้องทำการเคลื่อนที่ขึ้น/ลงเพื่อหาระยะโฟกัสใหม่ ทำให้ได้รูปภาพที่ชัดที่สุดเหมาะสมในการวิเคราะห์หาข้อบกพร่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 กระบวนการตรวจสอบข้อบกพร่องสไลเดอร์ด้วยเครื่องตรวจสอบข้อบกพร่องสไลเดอร์อัตโนมัติ

3.3 การกำหนดปัญหาในการทำงานของเครื่องตรวจสอบข้อบกพร่องสไลเดอร์อัตโนมัติ

การศึกษาการทำงานของสถานีตรวจสอบข้อบกพร่องอัตโนมัติ ได้ทำการศึกษาเวลาการทำงานของเครื่องจักรและพนักงาน สามารถคำนวณเวลามาตรฐานคำนวณจากสมการที่ 3.1-3.3 แล้วนำไปคำนวณผลผลิตต่อชั่วโมงจากสมการที่ 3.4

$$\text{เวลามาตรฐาน}\left(t_{std}\right) = t_{load\ in}+t_{load\ out}+t_{set\ alignment}+t_{ABS}+t_{pole} \tag{3.1}$$

หรือ

$$\text{เวลามาตรฐาน}\left(t_{std}\right) = t_{focusing}+\frac{t_{ABS}\times Slider}{4}+\frac{t_{pole}\times Slider}{4} \tag{3.2}$$

หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลามาตรฐาน(t_{std}) = เวลาในการหยิบสไลเดอร์ออก (3.3)

$$\text{Unit per hour} = \frac{3{,}600}{\text{เวลามาตรฐานที่มากที่สุด}} \quad (3.4)$$

จากนั้นคำนวณกำลังการผลิตที่ผลิตได้ในหนึ่งวัน จากสมการที่ 3.5

$$\text{Capacity} = \frac{\text{UPH} \times \%\text{EFF} \times \text{Wk day} \times \text{Wk hour} \times \text{M/C QTY} \times \%\text{Yield} \times \%\text{Utilize}}{(1 + \%\text{Rework}) \times 1{,}000} \quad (3.5)$$

โดยที่ Capacity คือ กำลังการผลิตในแต่ละขั้นตอนของแต่ละผลิตภัณฑ์ มีหน่วยเป็นพันชิ้น

UPH คือ หน่วยการผลิตต่อชั่วโมงในแต่ละขั้นตอนการผลิตของเครื่องจักรที่ใช้ โดยแยกตามผลิตภัณฑ์ มีหน่วยเป็นชิ้นต่อชั่วโมง

%EFF คือ ร้อยละของประสิทธิภาพของเครื่องจักรที่ใช้ มีค่าเท่ากับ 96.5%

%Yield คือ ร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการตรวจข้อบกพร่อง มีค่าเท่ากับ 96%

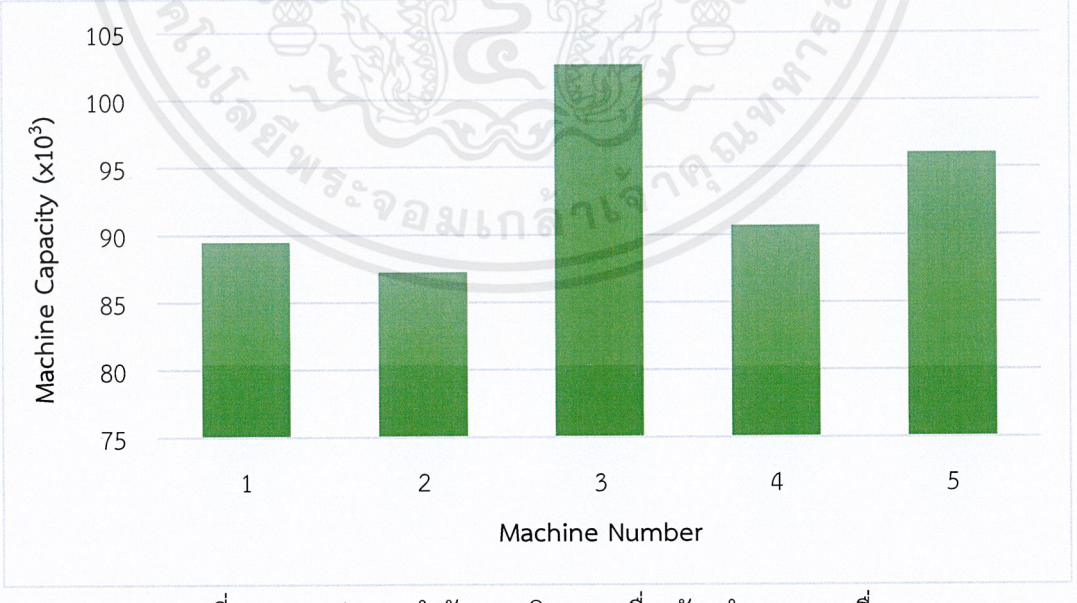
Wk day คือ จำนวนวันทำงานในแต่ละช่วงเวลา มีหน่วยเป็นวันต่อช่วงเวลา

Wk hour คือ จำนวนชั่วโมงทำงานในแต่ละวัน มีหน่วยเป็นชั่วโมงต่อวัน

M/C QTY คือ จำนวนเครื่องจักรที่ถูกระบุให้ใช้ผลิตในขั้นตอนนั้นของผลิตภัณฑ์นั้น

%Utilize คือ ร้อยละของการใช้ประโยชน์จากเครื่องจักร มีค่าเท่ากับ 91%

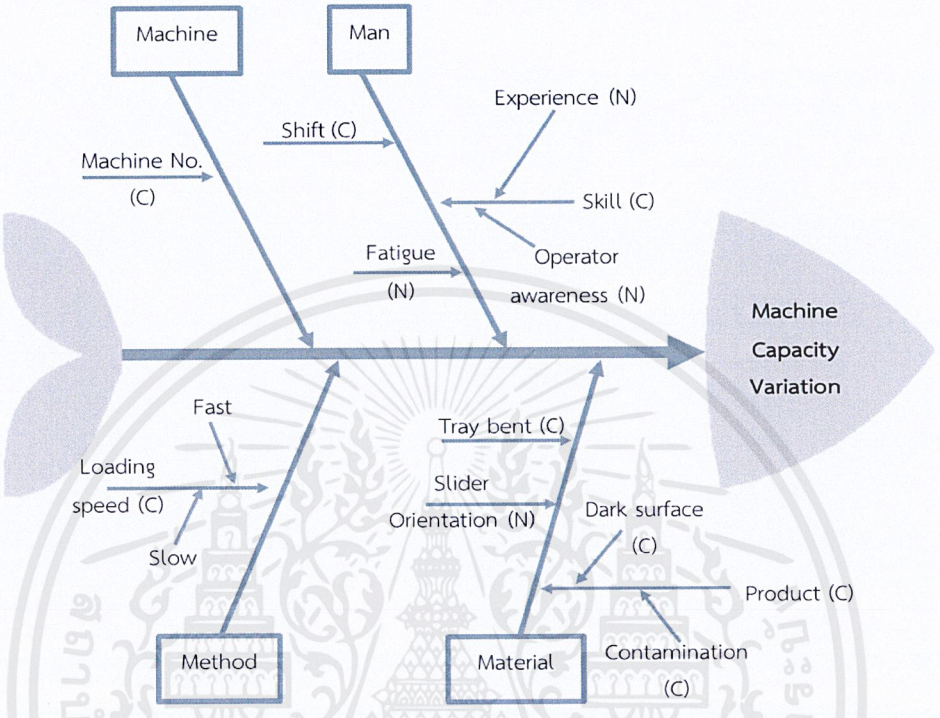
%Rework คือ ร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ต้องตรวจสอบข้อบกพร่องใหม่ มีค่าเท่ากับ 3%



รูปที่ 3.4 กราฟแสดงกำลังการผลิตของเครื่องจักรจำนวน 5 เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษากำลังการผลิตของเครื่องจักรจำนวน 5 เครื่อง แสดงดังรูปที่ 3.4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเครื่องจักรแต่ละเครื่องนั้นมีกำลังการผลิตไม่เท่ากัน จึงได้วิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลให้กำลังการผลิตของเครื่องจักรแปรปรวนโดยใช้แผนภาพก้างปลาดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แผนภาพก้างปลาวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อกำลังการผลิตของเครื่องจักรแปรปรวน
เมื่อ C คือ ปัจจัยที่ควบคุมได้ และ N คือ ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้

จากรูปที่ 3.5 การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลให้กำลังการผลิตของเครื่องจักรแปรปรวนเกิดขึ้นจาก 4 แหล่ง คือ 1. พนักงาน อาจเกิดได้จากความล้า รอบการทำงานของพนักงาน ทักษะการทำงานของพนักงานแต่ละคนที่อาจมีประสบการณ์ทำงานหรือความตระหนักในการทำงานไม่เท่ากัน 2. เครื่องจักร อาจเกิดมาจากประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรแต่ละเครื่องไม่เท่ากัน 3. วิธีการทำงาน อาจเกิดได้จากความเร็วในการนำงานเข้าเครื่องจักร และ 4. วัตถุดิบ อาจเกิดได้จากถาดใส่สไลเดอร์บิดงอ การวางตัวของสไลเดอร์ผิดปกติ ผลิตภัณฑ์นั้นมีการปนเปื้อนหรืออาจเกิดได้จากความเข้มของพื้นผิวผลิตภัณฑ์ จากนั้นได้นำปัจจัยเหล่านี้มาทำการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ ดังตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์

Failure Mode and Effect Analysis

Department/Feature: Detection Slider Defect

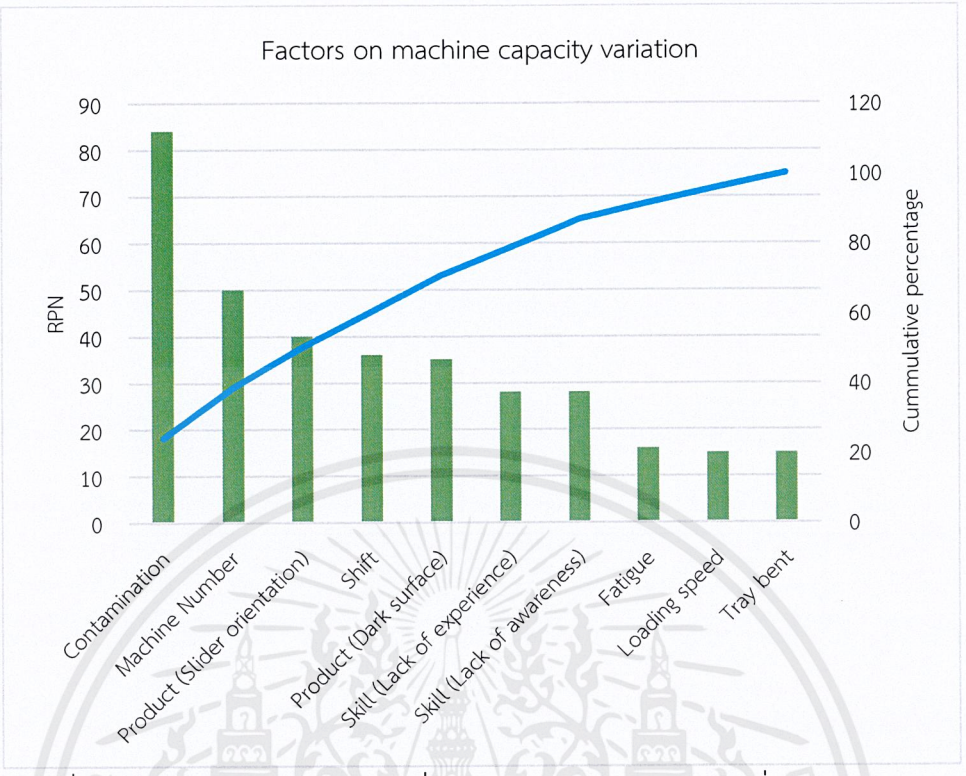
		Severity		Occurrence		Detection		
Factor/Input	Potential Failure Mode	Potential Effects of Failure	S	Potential Causes of Failure	O	Process Controls	D	RPN
1. Man								
1.1 Skill	Lack of experience	Capacity variation/Working speed	1	Inspection time has variation/Operator disposition	7	Examination	4	28
	Lack of awareness	Quality drop	1	Inspection time has variation/Operator disposition	7	Examination	4	28
1.2 Fatigue	Health	Operator working slowly/Capacity loss	1	Occurs every 2 hour	8	Have announcement in line production	2	16
1.3 Shift	Difference decision	Capacity variation/Working speed	1	Operator variation between shift	9	Training	4	36
2. Machine								
2.1 Machine number	Machine capability	Capacity variation	1	Found 2 out of 5 with low performance	10	Monitoring and PM	5	50
3. Method								
3.1 Loading speed	Loading speed lower than standard	Operator working slowly/Capacity loss	1	Output measure by hourly	3	100% monitoring system (have standard time)	5	15
4. Material								
4.1 Tray bent	Focusing error	Capacity loss (FPY drop and more confirm slider by operator)	1	Occurs 44 slider/machine	3	100% monitoring	5	15
4.2 Contamination	A lot of contamination	Capacity loss and FPY impact or a lot of reject slider	4	Process before detection slider defect	7	Detect by triggering lot	3	84
4.3 Product	Dark surface	Capacity loss (FPY drop and more confirm slider by operator)	1	Occurs 3 times/quarter	7	100% monitoring	5	35
	Slider orientation	Production have to be rework in station	2	Occurs 300 sliders/day	4	100% monitoring	5	40

จากตารางที่ 3.1 พบว่า 1. ปัจจัยที่มาจากพนักงาน ด้านทักษะการทำงานของพนักงาน ด้านการขาดประสบการณ์หรือความตระหนักในการทำงาน ทำให้กำลังการผลิตไม่คงที่อาจเกิดมาจากระยะเวลาในการตรวจสอบสไลเดอร์แต่ละตัวไม่เท่ากันหรือขึ้นอยู่กับสภาพอารมณ์ของพนักงานแต่ละคน สามารถควบคุมได้โดยทำการตรวจสอบการทำงานของพนักงานได้ ด้านความล้าของสุขภาพพนักงานทำให้เกิดการทำงานที่ล่าช้ากำลังการผลิตลดลงมักพบในทุก ๆ 2 ชั่วโมงการทำงาน จึงมีการควบคุมโดยให้มีประกาศเพื่อให้พนักงานมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลุกขึ้นเพื่อคลายความเมื่อยล้าได้ และด้านรอบการทำงานของพนักงานที่มีการตัดสินใจในการตรวจสอบสไลเดอร์แตกต่างกัน ทำให้กำลังการผลิตไม่คงที่เกิดได้จากความแปรปรวนของพนักงานในแต่ละรอบการทำงาน สามารถควบคุมได้โดยการอบรมพนักงาน 2. ปัจจัยที่มาจากเครื่องจักร เครื่องจักรแต่ละเครื่องมีกำลังการผลิตไม่เท่ากัน ซึ่งพบว่าในการเก็บข้อมูลกำลังการผลิตของเครื่องตรวจสอบข้อบกพร่องสไลเดอร์อัตโนมัติ 5 เครื่อง พบว่าเครื่องจักร 2 เครื่องมีกำลังการผลิตที่ต่ำ สามารถควบคุมได้โดยการตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องจักร 3. ปัจจัยที่มาจากวิธีการทำงาน ด้านความเร็วในการนำงานเข้าเครื่องจักรพบว่ามีความเร็วต่ำกว่ามาตรฐาน ทำให้พนักงานเริ่มตรวจสอบข้อบกพร่องของสไลเดอร์ได้ช้าและกำลังการผลิตลดลง จะพบได้ในทุก ๆ ชั่วโมงการทำงาน สามารถควบคุมได้โดยตรวจสอบการทำงานให้เป็นไปตามเวลามาตรฐานที่มี 4. ปัจจัยที่มาจากวัตถุดิบ ด้านถาดใส่สไลเดอร์บิดงอ ทำให้การโฟกัสสไลเดอร์ของเครื่องตรวจสอบข้อบกพร่องสไลเดอร์อัตโนมัติผิดพลาด ส่งผลให้กำลังการผลิตลดลง ซึ่งเกิดขึ้น 44 สไลเดอร์/เครื่อง สามารถควบคุมโดยการตรวจสอบถาดใส่สไลเดอร์ก่อนนำเข้าเครื่องจักร ด้านการปนเปื้อนของสไลเดอร์ทำให้กำลังการผลิตสไลเดอร์ลดลง ซึ่งเกิดการปนเปื้อนได้ก่อนนำงานเข้าสถานีงานตรวจข้อบกพร่องแบบอัตโนมัติ ควบคุมได้โดยการตรวจสอบงานทริกเกอร์ ด้านผลิตภัณฑ์ที่อาจมีความเข้มของพื้นผิวแตกต่างกันทำให้กำลังการผลิตลดลงเนื่องมาจากต้องใช้เวลาในการยืนยันข้อบกพร่องของสไลเดอร์แตกต่างกัน พบได้ทุก ๆ 3 ครั้งใน 6 ชั่วโมง สามารถตรวจสอบข้อบกพร่องนี้ได้โดยตรวจสอบการทำงาน และการวางตัวของสไลเดอร์ผิดปกติทำให้สไลเดอร์นั้นถูกตรวจสอบข้อบกร่องใหม่อีกครั้งมีโอกาสเกิดขึ้นได้ 300 สไลเดอร์/วัน สามารถตรวจสอบข้อบกพร่องนี้ได้โดยตรวจสอบการทำงาน เมื่อได้วิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แล้วทำการประเมินเพื่อลำดับความสำคัญของข้อบกพร่องในแต่ละส่วน จากนั้นได้นำแผนภูมิพาเรโตมาใช้เพื่อลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีส่งผลต่อความแปรปรวนในการทำงานของเครื่องจักรได้ดังรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แผนภูมิพาเรโตของปัจจัยที่มีผลต่อความแปรปรวนของเครื่องจักร

จากแผนภูมิพาเรโตจะเห็นได้ว่ามี 6 ปัจจัยที่อยู่ในช่วงเปอร์เซ็นต์สะสมที่ 80% ได้แก่ การปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ เครื่องจักร รุ่นของผลิตภัณฑ์ รอบการทำงาน และการขาดประสบการณ์ของพนักงาน ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วการปนเปื้อนนั้นและประสบการณ์ของพนักงาน เป็นปัจจัยภายนอกจึงไม่นำปัจจัยนี้มาศึกษา และมีปัจจัยรองที่มาจากปัจจัยหลักเดียวกันคือรุ่นของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นปัจจัยที่จะนำมาศึกษาจึงได้แก่ เครื่องจักร รุ่นของผลิตภัณฑ์ และรอบการทำงาน

3.4 การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงาน

3.4.1 การออกแบบการทดลอง

เนื่องจากโครงงานฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์อัตโนมัติ และพบว่ากำลังการผลิตของเครื่องจักรนั้นมีความแปรปรวน จึงต้องการหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของเครื่องจักรและได้ทำการออกแบบการทดลองโดยกำหนดตัวแปรอิสระในการทดลองมี 3 ตัวแปร คือ รุ่นของผลิตภัณฑ์ รอบการทำงานและเครื่องจักรแต่ละเครื่อง ดังตารางที่ 3.2 สำหรับตัวแปรตาม ได้แก่ เวลาการทำงานของเครื่องจักร โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลเพื่อหาทรีทเมนต์คอมบิเนชั่นในการทดลอง เนื่องจากการทดลองแบบแฟคทอเรียลเป็นการทดลองหลายปัจจัย (Multi-factor experiment) เพื่อหาอิทธิพลร่วม (Interaction) ระหว่างปัจจัยทำให้ได้ทรีตเมนต์คอมบิเนชันทั้งหมด 30 ทรีตเมนต์ ดังตารางที่ 3.3 ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งเพื่อให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำมากขึ้นจึงมีจำนวนการทดลองทั้งหมด 90 ชุดการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ตัวแปรอิสระสำหรับศึกษาผลกระทบต่อกำลังการผลิตเพื่อปรับปรุงการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติ

ตัวแปรอิสระ	ระดับของตัวแปรอิสระ
1. รุ่นของผลิตภัณฑ์	P_1, P_2
2. รอบการทำงาน	A, B, C
3. เครื่องจักร	MC01, MC02, MC03, MC04, MC05

ตารางที่ 3.3 ทรีทเมนต์คอมบิเนชันสำหรับการศึกษาผลกระทบต่อกำลังการผลิตเพื่อปรับปรุงการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติ

ทรีทเมนต์คอมบิเนชัน					
P_1AMC01	P_2AMC01	P_1BMC01	P_2BMC01	P_1CMC01	P_2CMC01
P_1AMC02	P_2AMC02	P_1BMC02	P_2BMC02	P_1CMC02	P_2CMC02
P_1AMC03	P_2AMC03	P_1BMC03	P_2BMC03	P_1CMC03	P_2CMC03
P_1AMC04	P_2AMC04	P_1BMC04	P_2BMC04	P_1CMC04	P_2CMC04
P_1AMC05	P_2AMC05	P_1BMC05	P_2BMC05	P_1CMC05	P_2CMC05

3.4.2 การศึกษาเวลาการทำงานของเครื่องจักร

สำหรับการศึกษาเวลาการทำงานในสถานีงานตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์อัตโนมัติ ขั้นตอนแรกได้ทำการแบ่งงานย่อยของสถานีงานและทำการจับเวลาการทำงานเพื่อบันทึกเป็นเวลาปกติ (Normal Time) โดยทำการทดลองตามทรีตเมนต์คอมบิเนชันในตารางที่ 3.3 มีเงื่อนไขสำหรับการจับเวลาคือจะทำการจับเวลาขณะที่พนักงานทำงานพร้อมกัน 2 คน ทำการตรวจข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ที่มี 350 สไลเดอร์/ล็อต โดยจำนวนงานที่พนักงานจะต้องตรวจสอบสำหรับ ABS เท่ากับ 20% และปลายโพล เท่ากับ 17% เครื่องจักรจะทำการหยิบงานออกสำหรับข้อบกพร่องที่เกิดจาก ABS 3% และปลายโพล 2% มีค่าเผื่อส่วนบุคคล 10-15% บันทึกลงในตารางบันทึกข้อมูลดังตารางที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 ตารางบันทึกข้อมูลการศึกษาเวลาการทำงานสถานีงานตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์อัตโนมัติ

Time Study Observation Sheet: Replication___

Product_____ Shift_____ Machine Number_____

Element / Round	Man			Machine					Purge out machine	
	Load in	Set alignment	Inspect ABS	Inspect pole	Load out	1st slider capturing	Capturing ABS	Capturing pole	Purge ABS	Purge pole
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
Total										
Normal Time										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเก็บข้อมูลทำให้ได้เวลาปกติของงานย่อยต่าง ๆ โดยเฉลี่ยดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ตารางค่าเฉลี่ยของเวลาปกติของงานย่อยในสถานีงานตรวจข้อบกพร่องบนสไลเดอร์อัตโนมัติ

Load in	Set alignment	Inspect ABS	Inspect pole	Load out	1st slider capturing	Capturing ABS	Capturing pole	Purge ABS	Purge pole
32.55	33.76	2.26	1.23	45.78	24.64	1.34	1.59	6.32	6.32

3.4.3 การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์อัตโนมัติ

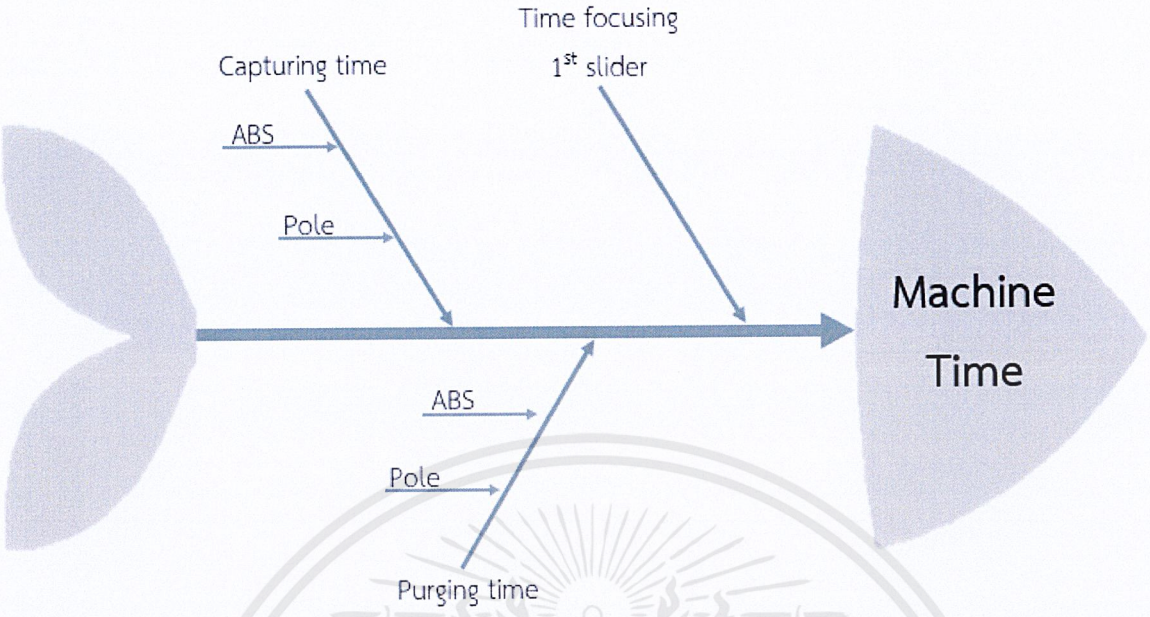
จากการเก็บข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่องจักรและได้ทำการวิเคราะห์ด้วย 3-Way ANOVA สำหรับตัวแปรตาม คือเวลาการทำงานของเครื่องจักร ได้ผลดังตารางที่ 3.6 นั่นคือเครื่องจักรมีผลต่อเวลาการทำงานของเครื่องจักรอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 3.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของหน่วยการผลิตด้วย 3-Way ANOVA

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Product	1	3339	3338.8	2.97	0.089
Shift	2	1170	584.8	0.52	0.596
M/C No.	4	27693	6923.2	6.16	0.000
Error	78	87692	1124.3		
Lack-of-Fit	22	34519	1569.1	1.65	0.067
Pure Error	56	53172	949.5		
Total	85	120659			

จากนั้นใช้แผนภาพก้างปลาในการวิเคราะห์สาเหตุที่ส่งผลต่อเวลาการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์อัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แผนภาพก้างปลาวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อเวลาการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์อัตโนมัติ
เมื่อ C คือ ปัจจัยที่ควบคุมได้ และ N คือ ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้

จากรูปที่ 3.7 การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อเวลาการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์อัตโนมัติ เกิดได้จากเวลาในการโฟกัสสไลเดอร์ เวลาในการหยิบสไลเดอร์ออกที่เกิดจากข้อบกพร่องด้าน ABS และปลายโพล และเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์ด้าน ABS และปลายโพล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการดำเนินงานตามวิธีการดำเนินงานในบทที่ 3 ที่ได้ทำการวิเคราะหาสาเหตุที่ส่งผลต่อเวลาการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์อัตโนมัติแล้ว นำมาวิเคราะห์การถดถอยเพื่อดูความสัมพันธ์ของงานย่อยและเวลาการทำงานของเครื่องจักร และได้เสนอแนวทางปรับปรุงการทำงานของเครื่องตรวจสอบข้อบกพร่องสไลเดอร์อัตโนมัติได้ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์การถดถอยระหว่างงานย่อยและเวลาการทำงานของเครื่องจักร

จากบทที่ 3 ทำให้ทราบว่าเครื่องจักรแต่ละเครื่องนั้นส่งผลต่อการทำงานของเครื่องตรวจสอบข้อบกพร่องสไลเดอร์อัตโนมัติ และจากรูปที่ 3.7 จะเห็นได้ว่าเวลาในการโฟกัสสไลเดอร์ เวลาในการหยิบสไลเดอร์ออกและเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์มีผลต่อเวลาการทำงานรวมของเครื่องจักร จึงได้นำมาวิเคราะห์การถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ดังนี้

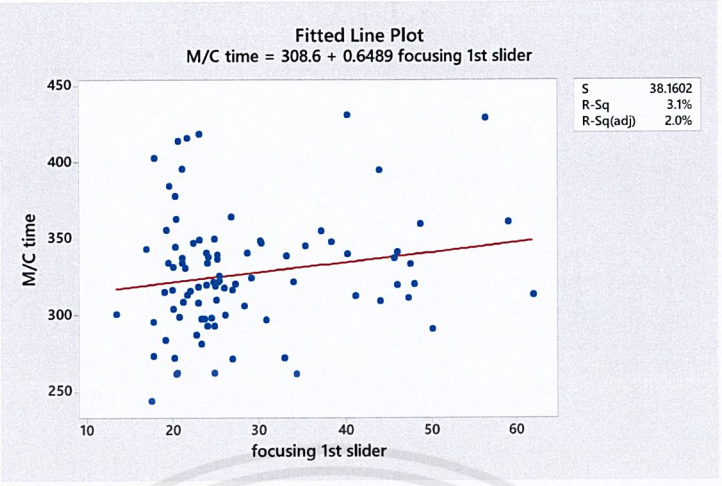
4.1.1 การวิเคราะห์การถดถอยระหว่างเวลาในการโฟกัสสไลเดอร์และเวลาการทำงานของเครื่องจักร มีผลดังแสดงในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 ซึ่งพบว่าเวลาในการโฟกัสสไลเดอร์ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีสมการการถดถอย ดังนี้

$$\text{M/C time} = 308.6 + 0.6489 \text{ focusing } 1^{st} \text{ slider} \quad (4.1)$$

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์การถดถอยระหว่างเวลาในการโฟกัสสไลเดอร์และเวลาการทำงานของเครื่องจักร

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	4140	4139.86	2.81	0.097
Error	88	129592	1472.64		
Total	89	133732			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แผนผังการกระจายข้อมูลระหว่างเวลาในการโฟกัสสไลเดอร์และเวลาการทำงานของเครื่องจักร

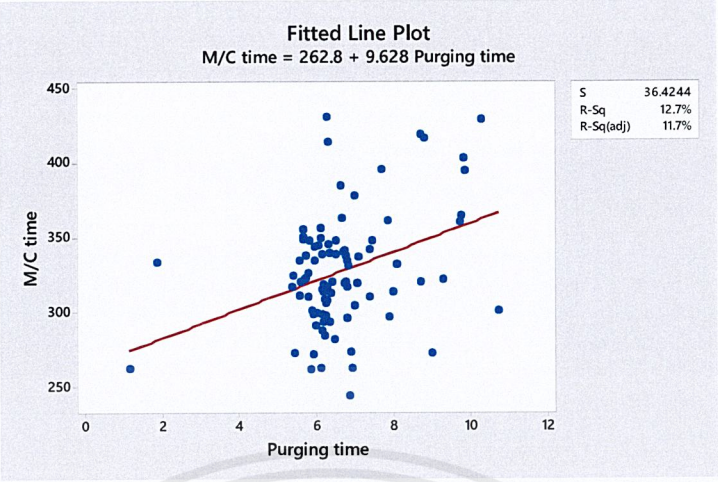
4.1.2 การวิเคราะห์การถดถอยระหว่างเวลาในการหยิบสไลเดอร์ออกและเวลาการทำงานของเครื่องจักร มีผลดังแสดงในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2 ซึ่งพบว่าเวลาในการหยิบสไลเดอร์ออกมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีสมการการถดถอย ดังนี้

M/C time = 262.8 + 9.628 Purging time (4.2)

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์การถดถอยระหว่างเวลาในการหยิบสไลเดอร์ออกและเวลาการทำงานของเครื่องจักร

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	16979	16979.4	12.80	0.001
Error	88	116753	1326.7		
Total	89	133732			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แผนผังการกระจายข้อมูลระหว่างเวลาในการหยิบสไลเดอร์ออกและเวลาการทำงานของเครื่องจักร

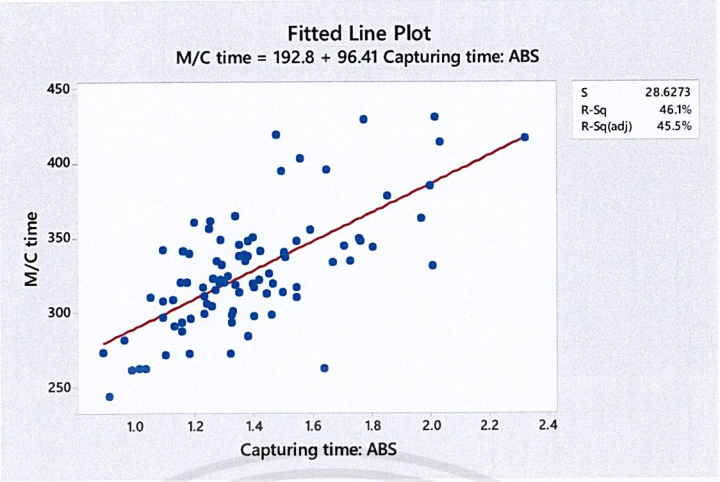
4.1.3 การวิเคราะห์การถดถอยระหว่างเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์ด้าน ABS และเวลาการทำงานของเครื่องจักร มีผลดังแสดงในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3 ซึ่งพบว่าเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์ด้าน ABS มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีสมการการถดถอย ดังนี้

M/C time = 192.8 + 96.41 Capturing time ABS (4.3)

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์การถดถอยระหว่างเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์ด้าน ABS และเวลาการทำงานของเครื่องจักร

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	61614	61614.1	75.18	0.000
Error	88	72118	819.5		
Total	89	133732			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แผนผังการกระจายข้อมูลระหว่างเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์ด้าน ABS และเวลาการทำงานของเครื่องจักร

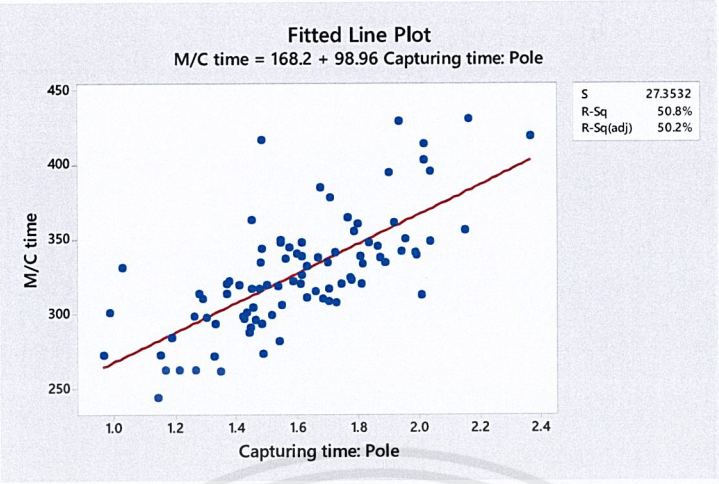
4.1.4 การวิเคราะห์การถดถอยระหว่างเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์ด้านปลายโพลและเวลาการทำงานของเครื่องจักร มีผลดังแสดงในตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.4 ซึ่งพบว่าเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์ด้านปลายโพล มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีสมการการถดถอย ดังนี้

M/C time = 168.2 + 98.96 Capturing time Pole (4.4)

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์การถดถอยระหว่างเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์ด้านปลายโพลและเวลาการทำงานของเครื่องจักร

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	67890	67890.5	90.74	0.000
Error	88	65841	748.2		
Total	89	133732			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แผนผังการกระจายข้อมูลระหว่างเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์ด้านปลายโพลและเวลาการทำงานของเครื่องจักร

จากผลการวิเคราะห์การถดถอยเพื่อดูความสัมพันธ์ของงานย่อยต่างๆ และเวลาการทำงานของเครื่องจักร จะเห็นได้ว่าเวลาในการหยิบสไลเดอร์ออก เวลาถ่ายภาพสไลเดอร์ทั้งด้าน ABS และปลายโพล มีนัยสำคัญทางสถิติกับเวลาการทำงานของเครื่องจักร แต่เนื่องจากข้อมูลของเวลาในการหยิบสไลเดอร์ออกนั้นมีการรวมตัวกันอยู่ระหว่าง 5-7 วินาทีเป็นจำนวนมาก โอกาสในการปรับปรุงลดค่าเวลาการหยิบสไลด์เดอร์ออกให้น้อยกว่า 5 วินาทีจึงเป็นไปได้ยาก จึงทำการวิเคราะห์การถดถอยระหว่างเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์ด้าน ABS และปลายโพล เพื่อดูความสัมพันธ์

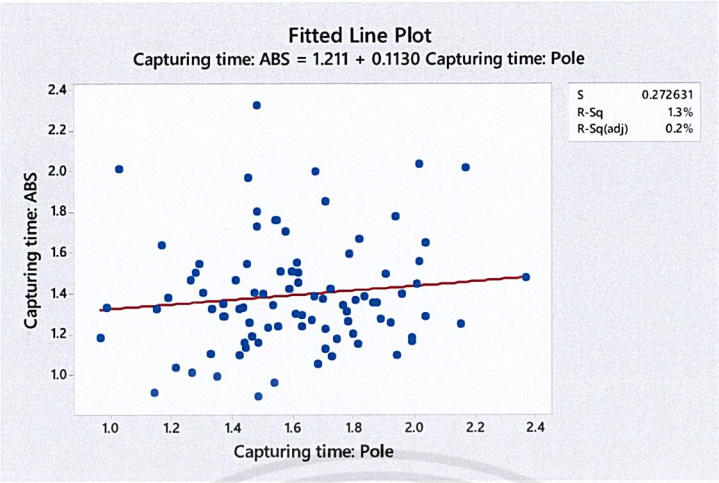
4.1.5 การวิเคราะห์การถดถอยระหว่างเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์ด้าน ABS และปลายโพล มีผลดังแสดงในตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.5 ซึ่งพบว่าเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์ด้าน ABS และปลายโพล ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จึงสรุปได้ว่าเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์ด้าน ABS และปลายโพลไม่มีความสัมพันธ์กัน มีสมการการถดถอย ดังนี้

Capturing time ABS = 1.211 + 0.1130 Capturing time pole (4.5)

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์การถดถอยระหว่างเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์ด้าน ABSและปลายโพล

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	0.08845	0.0884523	1.19	0.278
Error	88	6.54081	0.0743274		
Total	89	6.62926			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แผนผังการกระจายข้อมูลระหว่างเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์ด้าน ABSและปลายโพล

จากการวิเคราะห์การถดถอยระหว่างเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์ด้าน ABS และปลายโพล จะเห็นได้ว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จึงสามารถปรับค่าใดค่าหนึ่งได้โดยไม่กระทบกับอีกค่าหนึ่ง

4.2 แนวทางการปรับปรุงเวลาการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์อัตโนมัติ

เมื่อทราบผลการวิเคราะห์การถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการทำงานของเครื่องจักรและเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์ทั้งด้าน ABS และปลายโพลแล้วสรุปได้ว่าสามารถปรับเวลาการถ่ายภาพด้าน ABS หรือปลายโพลเพื่อปรับปรุงเวลาการทำงานของเครื่องจักรได้ และหน่วยของการผลิตขึ้น อยู่กับเวลาในการโฟกัสสไลเดอร์ เวลาในการถ่ายภาพทั้งด้าน ABS และปลายโพล จากการเก็บข้อมูลพบว่าเวลามาตรฐานที่มากที่สุดเป็นไปตามสมการที่ 3.2 จึงทำการวิเคราะห์การถดถอยเพื่อสร้างสมการทำนายตัวแปรตาม คือ หน่วยการผลิต (UPH) จากกลุ่มตัวแปรอิสระ ได้แก่ เวลาในการโฟกัสสไลเดอร์ เวลาในการถ่ายภาพทั้งด้าน ABS และปลายโพลได้ดังตารางที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์การถดถอยของหน่วยการผลิตที่มีตัวแปรอิสระคือ เวลาในการโฟกัสสไลเดอร์ เวลาในการถ่ายภาพทั้งด้าน ABS และปลายโพล

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	3	37609624	12536541	733.44	0.000
Focusing 1st slider	1	323929	323929	18.95	0.000
Capturing time: ABS	1	14914178	14914178	872.55	0.000
Capturing time: Pole	1	16427993	16427993	961.11	0.000
Error	86	1469974	17093		
Total	89	39079598			

จากตารางที่ 4.6 พบว่าเวลาในการทำงานของเครื่องจักรมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับตัวแปรอิสระทั้ง 3 ตัวแปร สามารถสร้างสมการทำนายได้ดังนี้

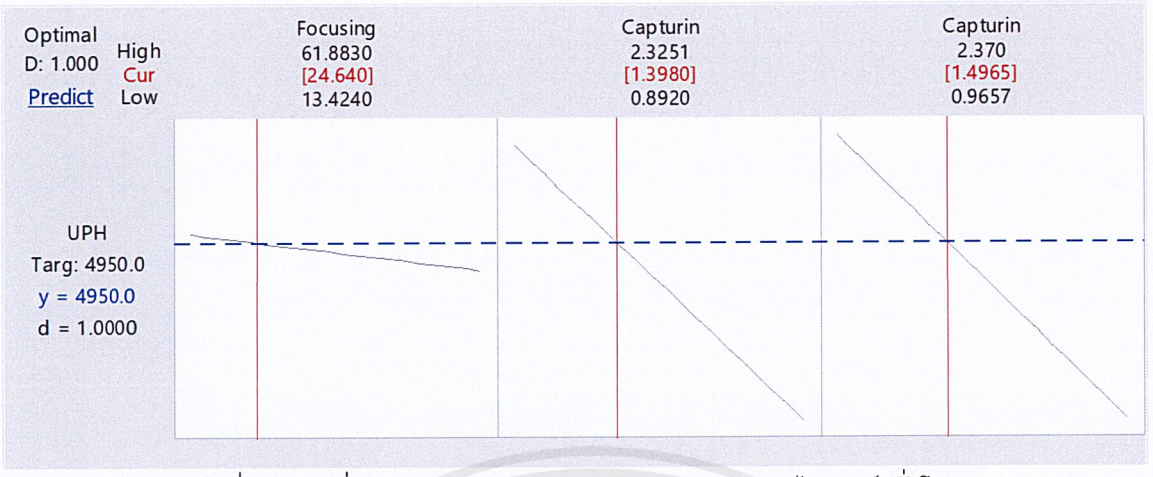
UPH = 9578 - 5.86 Focusing 1st slider - 1510.7 Capturing time: ABS
- 1584.7 Capturing time: Pole (4.6)

ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจพหุคูณ (R^2) เท่ากับ 96.24% ค่า Adjusted R-Squared เท่ากับ 96.11% หมายความว่า ตัวแปรอิสระทั้ง 3 ตัวมีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม 96.11% และมีส่วนอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามอีก 3.89% จึงได้ทำการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับหน่วยการผลิต เท่ากับ 4,950 สไลเดอร์/ชั่วโมง และจากการวิเคราะห์การถดถอยระหว่างเวลาในการโฟกัสสไลเดอร์และเวลาการทำงานของเครื่องจักร ไม่มีความสัมพันธ์กันนั้น จึงกำหนดค่าเวลาในการโฟกัสสไลเดอร์ให้เท่ากับ 24.64 วินาที ทำให้ได้ผลดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์หาจุดที่เหมาะสมสำหรับหน่วยการผลิต 4,950 สไลเดอร์/ชั่วโมง

Solution	Focusing 1st slider	Capturing time: ABS	Capturing time: Pole	UPH Fit	Composite Desirability
1	24.64	1.39800	1.49647	4950	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 จุดที่เหมาะสมสำหรับหน่วยการผลิต 4,950 สไลเดอร์/ชั่วโมง

จากการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังสมการที่ 4.6 เพื่อหาจุดที่เหมาะสมสำหรับหน่วยการผลิต 4,950 สไลเดอร์/ชั่วโมง และเวลาในการโฟกัสสไลเดอร์ 24.64 วินาที ทำให้ได้เวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์ด้าน ABS เท่ากับ 1.39 วินาที ซึ่งมากกว่าเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์ด้าน ABS ในปัจจุบันที่เท่ากับ 1.34 วินาที จึงไม่ต้องการที่จะเพิ่มเวลาในการถ่ายภาพด้าน ABS และเวลาในการถ่ายภาพด้านปลายโพลเท่ากับ 1.49 วินาที ซึ่งในปัจจุบันเวลาในการถ่ายภาพด้านปลายโพลเท่ากับ 1.59 วินาที จึงทำการลดเวลาในการถ่ายภาพด้านปลายโพลลง 0.1 วินาที/สไลเดอร์

4.3 การยืนยันค่าการใช้งานเมื่อปรับลดเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์ด้านปลายโพล

จากการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์หาจุดที่เหมาะสมแล้วสรุปได้ว่าต้องการลดเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์ด้านปลายโพล 0.1 วินาที จึงทำการปรับลดเวลาดังข้อสรุปแล้วทำการเก็บข้อมูลเพื่อยืนยันผล ได้เวลาปกติของงานย่อยต่าง ๆ โดยเฉลี่ยดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ตารางค่าเฉลี่ยของเวลาปกติของงานย่อยในสถานีงานตรวจข้อบกพร่องบนสไลเดอร์อัตโนมัติ

Load in	Set alignment	Inspect ABS	Inspect pole	Load out	1st slider capturing	Capturing ABS	Capturing pole	Purge ABS	Purge pole
33.34	29.73	2.61	2.34	45.56	21.26	1.31	1.44	6.51	6.51

จากตารางที่ 4.8 นำมาคำนวณหน่วยการผลิตได้ 4,996 สไลเดอร์/ชั่วโมง ซึ่งบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ 4,950 สไลเดอร์/ชั่วโมง และสามารถเพิ่มหน่วยการผลิตได้ร้อยละ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงาน

โครงงานฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกำลังการผลิตการทำงานของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติและหาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติเพื่อเพิ่มกำลังการผลิต ผู้จัดทำจึงรวบรวมข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ หาแนวทางการปรับปรุงและดำเนินการปรับปรุง สามารถสรุปผลการดำเนินงานและมีข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกำลังการผลิตของเครื่องตรวจข้อบกพร่องสไลเดอร์แบบอัตโนมัติ พบว่ามี 6 ปัจจัยที่เป็นไปได้ว่าจะมีผลกระทบได้แก่ การปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ เครื่องจักร การวางตัวของผลิตภัณฑ์ พื้นผิวของผลิตภัณฑ์ รอบการทำงาน และการขาดประสบการณ์ของพนักงาน ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วการปนเปื้อนและการขาดประสบการณ์ของพนักงานนั้นเป็นปัจจัยภายนอกจึงไม่นำปัจจัยนี้มาศึกษา ในขณะที่การวางตัวของผลิตภัณฑ์และพื้นผิวของผลิตภัณฑ์นั้นมีสาเหตุจากปัจจัยหลักคือผลิตภัณฑ์ ดังนั้นปัจจัยที่จะนำมาศึกษาจึงได้แก่ เครื่องจักร ผลิตภัณฑ์ และรอบการทำงาน เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย 3-Way ANOVA พบว่ามีเพียงเครื่องจักรเท่านั้นที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติที่ระดับ 0.05 ต่อกำลังการผลิต จึงได้หาแนวทางปรับปรุงการทำงานของเครื่องจักรเพื่อเพิ่มหน่วยการผลิตให้มากขึ้นด้วยการวิเคราะห์กรณดถอยเพื่อหาจุดที่เหมาะสมสำหรับหน่วยการผลิต 4,950 สไลเดอร์/ชั่วโมง นั่นคือการปรับลดเวลาในการถ่ายภาพสไลเดอร์ด้านปลายโพลจาก 1.59 วินาทีเป็น 1.49 วินาที และผลการปรับลดเวลานั้นได้ทำให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้นได้ถึง 4,996 สไลเดอร์/ชั่วโมง หรือเพิ่มหน่วยการผลิตได้ร้อยละ 4.10

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพของสไลเดอร์นั้นเป็นขั้นตอนสำคัญ เมื่อมีการปรับเปลี่ยนเวลาในกระบวนการทำงานของเครื่องจักรจึงควรศึกษาผลกระทบในเชิงคุณภาพของสไลเดอร์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] อาณัติ บุญสวัสดิ์. (2555). *การวิเคราะห์ระยะห่างระหว่างหัวอ่านและแผ่นดิสก์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์*. (วิทยานิพนธ์วิศกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล.

[2] ช่อแก้ว เจริญชาติ. (2559). *การศึกษาไมโครแมกเนติกของสนามแม่เหล็กคงค้างบริเวณปลายโพลในหัวบันทึกข้อมูลแม่เหล็กแบบแนวตั้ง.* (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศิลปากร, คณะวิทยาศาสตร์, สาขาวิชาฟิสิกส์.

[3] พิภพ ลลิตาภรณ์. (2553). *การวางแผนและควบคุมกำลังการผลิต.* กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

[4] พิกุล จิรวิบูลย์. (2539). *ฐานข้อมูลสำหรับกำหนดกำลังการผลิตในสายการประกอบ ของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์.* (วิทยานิพนธ์วิศกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ.

[5] วุฒิไกร บุญคุ้ม. Factorial experiment. [สไลด์]. คณะเกษตรศาสตร์: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[6] วิชุดา ไชยศิวามงคล. การทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Experiment). [ออนไลน์]. สืบค้นจาก https://home.kku.ac.th/wichuda

[7] อัจฉริยา ปราบอริพ่าย. (2551). การทดลองแบบแฟกทอเรียล. เอกสารประกอบการสอนวิชาหลักการวางแผนการทดลอง,นครปฐม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[8] จุลลดา จุลพันธ์ และ ฐปณุจ วสุนธราสุข. (2553). *การศึกษาประสิทธิภาพด้านเวลาของช่างในกระบวนการเปลี่ยนเครื่องยนต์.* (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิชาเทคโนโลยีการบิน.

[9] พิศุทธิ์ พงศ์ชัยฤกษ์. (2555). การศึกษาเวลาโดยตรงเพื่อการวัดผลงานของคนงาน. วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา, 6(1), 13-14.

[10] เรืองลักษณ์ บุตรเพ็ชร, จุฑาวรรณ อ้นสุวรรณ และธิดาเดียว มยุรีสวรรค์. (ม.ป.ป.). เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, คณะวิทยาศาสตร์, สาขาสถิติ.

[11] เทพประสิทธิ์ ไพฑูรย์วิสุทธิญาณ, (2552). *การลดของเสียกระบวนการผลิตผ้าหลังคารถยนต์โดยเทคนิคการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต.* (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ.

[12] สุภางค์ ครั่นคร้ามผิด, (2556). *การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบจากโครงการออกแบบท่อในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขนาดเล็ก.* (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้