บทที่ 4
การลำดับความสำคัญของกระบวนการแก้ไขปัญหา

4.1 วัตถุประสงค์

1. สามารถจัดลำดับความสำคัญว่าควรจะปรับปรุงเครื่องจักรอะไรเป็นลำดับแรก จากทั้งหมด 38 เครื่องจักร

2. ออกแบบแนวทางในการเลือกปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหาของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต ของเครื่องจักรที่เลือกมาทำการปรับปรุง เพื่อที่จะทำการปรับปรุงสาเหตุของปัญหาที่ถูกเลือกในขั้นตอนต่อไป

4.2 บทนำ

เพื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรทั้ง 38 เครื่อง เพื่อที่จะทำการจัดลำดับก่อนหลังในการลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของแต่ละเครื่องจักร จึงต้องทำการเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้ง 38 เครื่องจักรมาทำการวิเคราะห์ จากข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรแต่ละเครื่องเป็นข้อมูลที่แตกต่างกัน กลุ่มตัวอย่างซึ่งเราสุ่มจากประชากรที่ไม่ทราบจำนวนแน่นอน (Infinite Population) จะถือเป็นตัวแปรแบบสุ่ม (Random Sample) ก็ต่อเมื่อข้อมูลมีคุณสมบัติที่ไม่ขึ้นอยู่ด้วยกันและที่มีการกระจายเหมือนกัน (Independent and Identically Distributed: IID) โดยก่อนที่จะนำตัวแปรสุ่มที่ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างมาไปใช้วิเคราะห์ด้วยเครื่องมือทางสถิติ ต้องทำการทดสอบการ IID เสียก่อน

ขั้นตอนต่อไปคือนำข้อมูลเหล่านั้นมาทำการหาว่าข้อมูลมีลักษณะการกระจายตัวใกล้เคียงกับการกระจายตัวแบบใดมากที่สุด โดยนำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรแต่ละเครื่องมาทำการพล๊อตการกระจายตัว (Probability Plot) แล้วดูแนวโน้มว่าข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรมีการกระจายตัวเป็นเป็นแบบใด ซึ่งจะทำการเลือกการกระจายตัวที่มาเปรียบเทียบทั้งหมด 12 รูปแบบคือ Normal, Lognormal, 3 Parameter Lognormal, Exponential, 3 Parameter Exponential, Weibull, 3 Parameter Weibull, Gamma, 3 Parameter Gamma, Logistic, Loglogistic, 3 Parameter Loglogistic เพื่อทำการเปรียบเทียบค่า Anderson-Darling (AD) Statistics แล้วทำการเลือกรูปแบบการกระจายที่มีค่า AD มากที่สุดในแต่ละเครื่องจักรเพื่อทำการนำไปหาโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมีค่าเกิน 4.5 วินาทีต่อไป

เมื่อทราบโอกาสที่รอบเวลาการผลิตที่มีค่าเกิน 4.5 วินาทีของแต่ละเครื่องจักร ก็ทำการเลือกปรับปรุงเครื่องจักรที่มีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมีค่าเกิน 4.5 วินาทีมากที่สุดมาปรับปรุงก่อน ซึ่งเริ่มจากการทำการทำแผนภูมิการไหล (Macro and Micro Process Mapping) เพื่อให้เข้าในกระบวนการของเครื่องจักรที่ทำการปรับปรุงอย่างละเอียด และผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ซึ่งเป็นผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของเป้าหมายที่ต้องการทำการปรับปรุงคือ ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตกับปัจจัยต่าง ๆ ในการระบุหาสาเหตุของปัญหา ซึ่งกระทำโดยวิธีการระดมสมองจากกลุ่มคนที่มีความเชี่ยวชาญหรือคุ้นเคยในกระบวนการผลิตนั้น ๆ เมื่อได้ระดมความคิดเพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เกิดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรนั้นได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปก็จะเป็นการวิเคราะห์ว่าสาเหตุใดมีผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิต มีโอกาสการเกิดข้อผิดพลาดขึ้น แล้ะมีระบบตรวจจับความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด โดยจะใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) เพื่อที่จะเลือกสาเหตุของปัญหาที่มีค่า RPN มาก ๆ ทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่แท้จริงถัดไป

4.3 การกำหนดปัญหา

สายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ประกอบไปด้วยเครื่องจักรจำนวนทั้งหมด 38 เครื่องจักรโดยแต่ละเครื่องจักรมีความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตที่มากกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้คือ 4.5 วินาที ความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตที่เกิดขึ้นในแต่ละเครื่องจักร ส่งผลต่อจำนวนผลผลิตของสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ทำได้ภายใน 1 วันลดลง โดยถ้าสายงานการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทำงานตลอด 24 ชั่วโมง ด้วยประสิทธิภาพการผลิตของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness: OEE) เท่ากับ 70% และสายงานการประกอบมีรอบเวลาการผลิตที่ 4.5 วินาที ดังนั้นจำนวนผลผลิตต่อวันที่ทำได้จะเท่ากับ 13440 ชิ้นต่อวัน แต่จำนวนผลผลิตที่ทำได้จริงของสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะมีค่าน้อยกว่าตัวเลขจากการคำนวณประมาณ 10% ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร ที่ไม่สามารถทำได้น้อยกว่า 4.5 วินาทีทุกรอบเวลาการผลิต

4.3.1 ผู้มีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหา

เมื่อสามารถระบุปัญหาที่ต้องการทำการศึกษาปรับปรุง หลังจากนั้นจะต้องทำการก่อตั้งทีมงานเพื่อทำงานร่วมกันสำหรับการทำการลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร

โดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกม่า โดยทีมงานจะประกอบไปด้วยกลุ่มคนซึ่งทำหน้าที่รับผิดชอบในแต่ละส่วนของกระบวนการผลิต โดยสมาชิกที่มีส่วนรับผิดชอบในโครงการนี้มีดังนี้

1. หัวหน้าโครงการ คือ ผู้วิจัยโครงการนี้ซึ่งมีหน้าที่ในการวางแผนงาน ติดต่อประสานงาน และออกแบบกระบวนการปรับปรุงทั้งหมด

2. วิศวกรฝ่ายกระบวนการผลิต คือ ผู้ที่ทำหน้าที่ในการควบคุมการผลิตให้ตรงตามข้อกำหนดที่วางไว้ในการทดลองต่าง ๆ

3. วิศวกรฝ่ายเครื่องกล คือ ผู้ที่ทำหน้าที่ในการปรับแต่งเครื่องจักรและเป็นเชี่ยวชาญเครื่องจักรในแต่ละเครื่อง โดยจะมีวิศวกรประจำเครื่อง ๆ ละ 1 คน

4. วิศวกรฝ่ายออกแบบ คือ ผู้ที่ออกแบบเครื่องมือ เครื่องจักรต่าง ๆ เพื่อให้สามารถปรับปรุงประสิทธิภ์าพการทำงานของเครื่องจักร

5. วิศวกรฝ่ายคุณภาพ คือ ผู้ที่ทำหน้าที่วิเคราะห์ผลกระทบทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์

6. ที่ปรึกษาฝ่ายซิกซ์ ซิกม่า คือ ผู้ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกม่าในการปรับปรุงกระบวนการผลิต

7. ฝ่ายผลิต คือ ผู้ที่ทำการผลิตตามการทดลองที่ออกแบบไว้

ทีมงานจะต้องทำการประชุมเพื่อรับทราบถึงเป้าหมาย แผนงาน ความก้าวหน้า และร่วมแสดงความคิดเห็นเพื่อให้เกิดการปรับปรุงที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

4.3.2 วัตถุประสงค์

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยจะทำการปรับปรุงเครื่องจักรที่มีความแปรปรวนออกจากค่าเป้าหมายคือ 4.5 วินาทีมากที่สุด และมีเป้าหมายลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรให้ได้มากกว่า 10% จากค่าความแปรปรวนเดิม โดยความแปรปรวนที่ลดลงย่อมส่งผลต่อกำลังการผลิตที่ทำได้จริงของสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่เพิ่มสูงขึ้น โดยการทดสอบทางสถิติจะกำหนดระดับความเชื่อมั่นไว้ที่ไม่ต่ำกว่า 95%

4.4 การเปรียบเทียบความแปรปรวนของเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

เนื่องจากเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีจำนวนถึง 38 เครื่อง จึงต้องทำการเปรียบเทียบความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรแต่ละเครื่องว่าจะทำการเลือก

ปรับปรุงเครื่องจักรอะไรก่อน เพราะเครื่องจักรที่มีความแปรปรวนมากย่อมส่งผลต่อกำลังการผลิตของสายการประกอบมากเช่นกัน

4.4.1 การเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร

เพื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรทั้ง 38 เครื่อง เพื่อที่จะทำการจัดลำดับก่อนหลังในการลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของแต่ละเครื่องจักร จึงต้องทำการเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้ง 38 เครื่องจักรมาทำการวิเคราะห์ โดยรูปแบบข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรที่ถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูลของบริษัท จะถูกเก็บรอบเวลาการผลิตของชิ้นงานตัวหนึ่ง ๆ ที่ทำการประกอบที่แต่ละเครื่องจักรในสายการประกอบเข้าที่ตัว RFID และเมื่อชิ้นงานไหลออกที่ท้ายสายการประกอบ RFID ก็จะถูกส่งข้อมูลรอบเวลาการผลิตเข้าไปที่ฐานข้อมูลกลางของบริษัทเพื่อนำไปใช้งานต่อไป โดยข้อมูลดิบที่เก็บเข้าฐานข้อมูลจะประกอบไปด้วย เลขที่ประจำตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ รอบเวลาการผลิต ชื่อรุ่นผลิตภัณฑ์ วันที่ผลิต เวลาที่ผลิตเสร็จออกจากสายการประกอบ ชื่อสายการประกอบ และชื่อเครื่องจักร ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงรูปแบบข้อมูลดิบรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร

P/N ของผลิตภัณฑ์	รอบเวลาการผลิต	ชื่อรุ่นผลิตภัณฑ์	วันที่ผลิต	เวลาที่ผลิตเสร็จออกจากไลน์	ชื่อสายการประกอบ	ชื่อเครื่องจักร
9VY1XW8T	4.55	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	BDL
9VY1XW8T	3.62	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	LVI
9VY1XW8T	3.81	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	VS1
9VY1XW8T	3.72	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	VS2
9VY1XW8T	4.13	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	BFI
9VY1XW8T	3.82	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	BFV
9VY1XW8T	3.54	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	DSI
9VY1XW8T	3.62	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	CSI1
9VY1XW8T	3.71	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	CSI2
9VY1XW8T	3.62	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	SS1
9VY1XW8T	3.52	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	SS2
9VY1XW8T	3.81	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	SS3
9VY1XW8T	4.05	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	SS4
9VY1XW8T	4.22	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	BLM1
9VY1XW8T	3.44	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	BLM2
9VY1XW8T	3.62	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	BLV1
9VY1XW8T	3.62	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	BLV2
9VY1XW8T	3.65	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	SS21
9VY1XW8T	3.56	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	SS22

ตารางที่ 4.1แสดงรูปแบบข้อมูลดิบรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร (ต่อ)

P/N ของผลิตภัณฑ์	รอบเวลาการผลิต	ชื่อรุ่นผลิตภัณฑ์	วันที่ผลิต	เวลาที่ผลิตเสร็จออกจากไลน์	ชื่อสายการประกอบ	ชื่อเครื่องจักร
9VY1XW8T	3.87	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	HSI1
9VY1XW8T	3.98	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	HSI2
9VY1XW8T	3.97	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	FS1
9VY1XW8T	4.25	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	FS2
9VY1XW8T	3.52	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	HMM1
9VY1XW8T	3.66	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	HMM2
9VY1XW8T	3.64	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	UVI
9VY1XW8T	4.42	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	VS3
9VY1XW8T	4.14	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	RFI
9VY1XW8T	4.56	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	TCI
9VY1XW8T	4.25	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	CS1
9VY1XW8T	4.08	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	CS2
9VY1XW8T	4.55	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	CS3
9VY1XW8T	4.15	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	CS4
9VY1XW8T	4.61	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	CS5
9VY1XW8T	4.22	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	CS6
9VY1XW8T	3.78	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	CS7
9VY1XW8T	4.45	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	CS8
9VY1XW8T	4.21	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	CS9

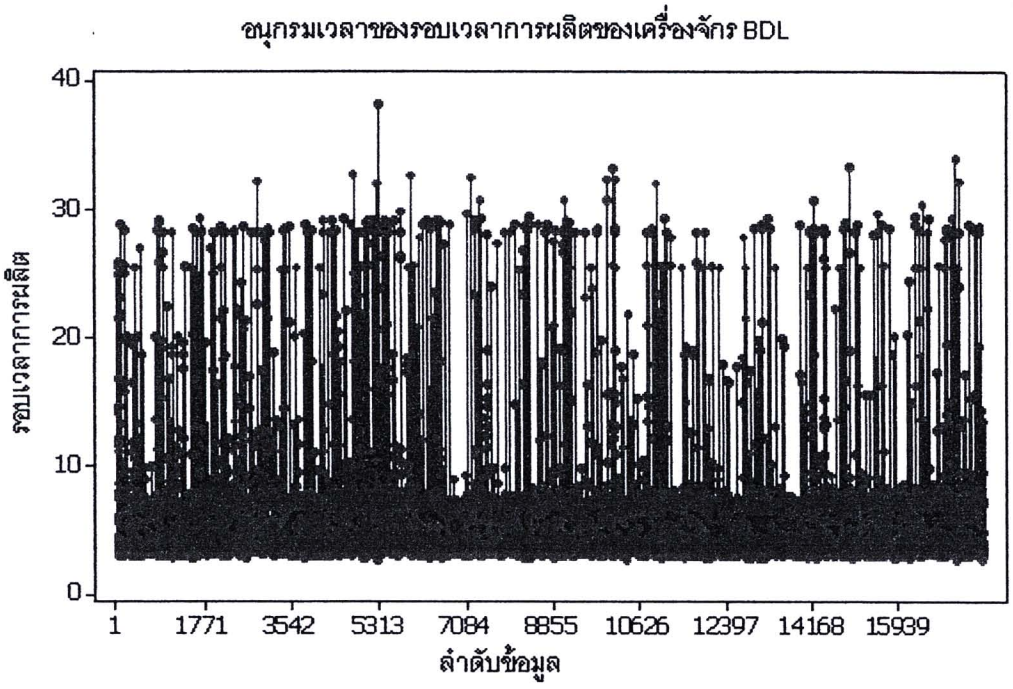
โดยจะทำการเก็บข้อมูลแบบต่อเนื่องของทั้ง 38 เครื่องจักรในช่วงเวลาเดียวกันต่อเนื่องกัน 72 ชั่วโมง แล้วนำเอาข้อมูลดิบของรอบเวลาการผลิตของทั้ง 38 เครื่องจักรมาทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

4.4.2 การทดสอบลำดับของตัวแปรสุ่มที่ไม่ขึ้นอยู่ด้วยกันและที่มีการกระจายเหมือนกัน (Independent and Identically Distributed: IID)

กลุ่มตัวอย่าง X_1, X_2, X_3, ... X_n ซึ่งเราสุ่มจากประชากรที่ไม่ทราบจำนวนแน่นอน (Infinite Population) จะถือเป็นตัวแปรแบบสุ่ม (Random Sample) ก็ต่อเมื่อ X_1, X_2, X_3, ... X_nมีคุณสมบัติที่ไม่ขึ้นอยู่ด้วยกันและที่มีการกระจายเหมือนกัน (Independent and Identically Distributed: IID) โดยก่อนที่จะนำตัวแปรสุ่มที่ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างมาไปใช้วิเคราะห์ด้วยเครื่องมือทางสถิติ ต้องทำการทดสอบการ IID เสียก่อน

การทดสอบลำดับของตัวแปรสุ่มที่ไม่ขึ้นอยู่ด้วยกัน (Independent) โดยจะใช้การวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis) โดยนำข้อมูลที่เก็บเรียงตามช่วงเวลาที่ทำการผลิตก่อนถึงหลัง แล้วนำมาพล็อตด้วยอนุกรมเวลา ซึ่งถ้ากราฟที่ได้ถ้าไม่มีมีการลักษณะเป็นแนวโน้ม (Long Term Trend) การผันแปรตามฤดูกาล (Seasonal Variation) การผันแปรตามวัตจัก (Cyclical Variation) หรือ การผันแปรเนื่องจากเหตุการณ์ไม่ปกติ (Irregular Variation) ก็สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลตัวอย่างที่เก็บมามีคุณสมบัติเป็นตัวแปรสุ่มที่ไม่ขึ้นอยู่ด้วยกัน (Independent)

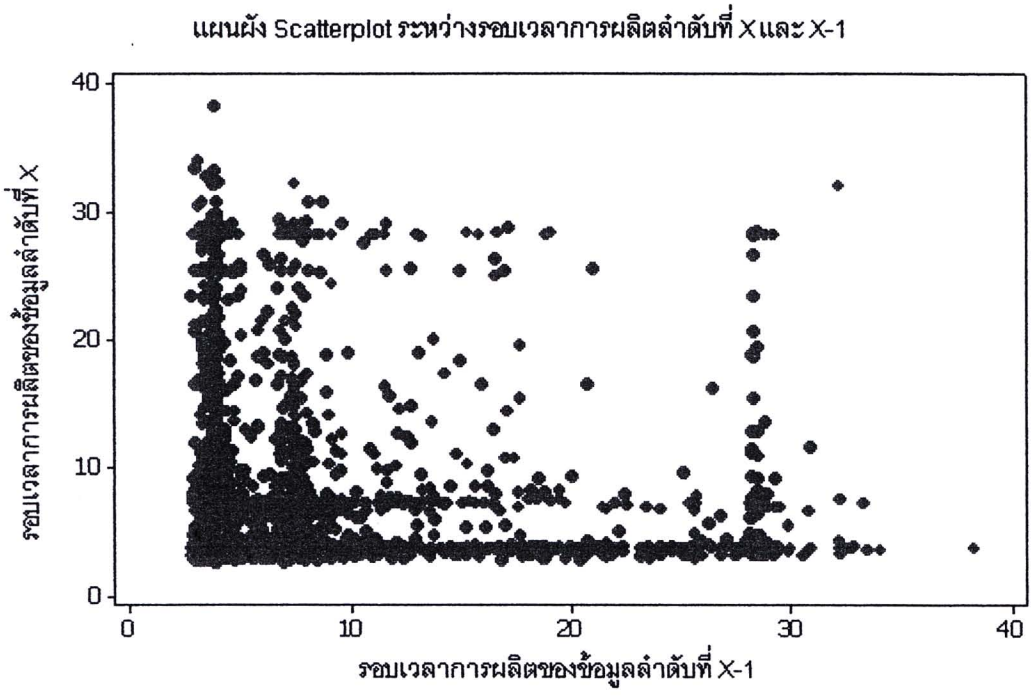
รูปที่ 4.1 เป็นการพล็อตข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร BDL ที่ทำการสุ่มตัวอย่างข้อมูลมาทั้งสิ้น 15,939 ข้อมูล ซึ่งจะเห็นว่าลักษณะของเส้นกราฟ ไม่มีมีการลักษณะเป็นแนวโน้ม (Long Term Trend) การผันแปรตามฤดูกาล (Seasonal Variation) การผันแปรตามวัตจักร (Cyclical Variation) หรือ การผันแปรเนื่องจากเหตุการณ์ไม่ปกติ (Irregular Variation) ก็สามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลตัวอย่างที่เก็บมาของเครื่องจักร BDL มีคุณสมบัติเป็นตัวแปรสุ่มที่ไม่ขึ้นอยู่ด้วยกัน (Independent)



รูปที่ 4.1 แสดงการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis) ของข้อมูลแบบสุ่ม

การทดสอบลำดับของตัวแปรสุ่มที่มีการกระจายเหมือนกัน (Identically) โดยจะใช้การวิเคราะห์ที่เรียกว่า Lag Plot ซึ่ง Lag Plot คือ Scatter Plot ที่ทำการพล็อตเพื่อดูความสัมพันธ์ของข้อมูลสุ่มตัวที่ X_n กับ X_{n-1} ซึ่งถ้าการกระจายตัวของข้อมูลบน Lag Plot ที่ได้ เป็นการกระจายแบบไม่มีความสัมพันธ์ (Autocorrelation) แบบไม่มีการวางตัวเป็นเส้นตรง (Autoregressive) หรือแบบไม่มีรูปแบบเฉพาะเช่น Sinusoidal Models ก็ถือว่าข้อมูลนั้นเป็นข้อมูลสุ่มที่มีการกระจายเหมือนกัน (Identically)

Lag Plot ตามรูปที่ 4.2 เป็น Lag Plot ของข้อมูลที่ทำการสุ่มรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร BDL ซึ่งจะเห็นว่ามีการกระจายตัวที่ไม่เป็นรูปแบบ แต่จะเห็นว่ามีสิ่งรบกวน (Noise) เกิดขึ้น ซึ่งการจะดูว่าข้อมูลที่เก็บตัวอย่างมาเป็นข้อมูลแบบสุ่มหรือไม่ต้องมีคุณสมบัติที่มีการกระจายเหมือนกัน (Identically) โดยข้อมูลใน Lag Plot ข้างล่างเป็นการกระจายแบบไม่มีความสัมพันธ์ (Autocorrelation) แบบไม่มีการวางตัวเป็นเส้นตรง (Autoregressive) หรือแบบไม่มีรูปแบบเฉพาะเช่น Sinusoidal Models ก็ถือว่าข้อมูลนั้นเป็นข้อมูลสุ่มที่มีการกระจายเหมือนกัน (Identically)



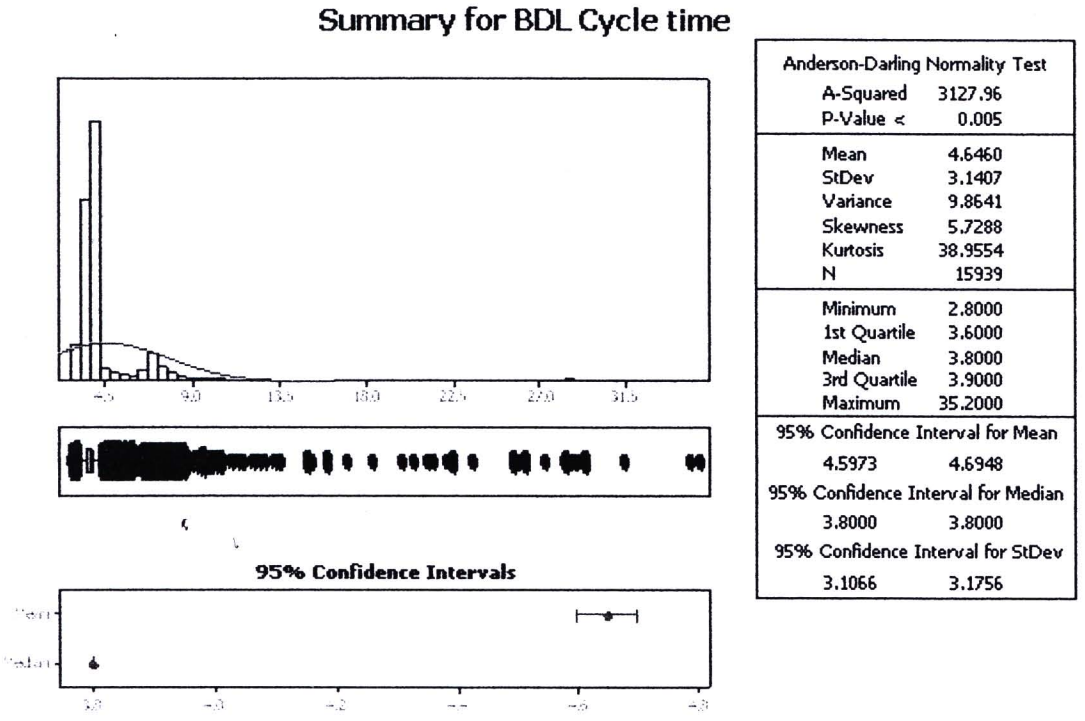
รูปที่ 4.2 แสดงการทำ Lag Plot ของข้อมูลแบบสุ่ม

เมื่อสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร BDL ที่สุ่มมามีคุณสมบัติ ของตัวแปรสุ่มที่ไม่ขึ้นอยู่ด้วยกันและที่มีการกระจายเหมือนกัน (Independent and Identically Distributed: IID) ก็สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์หาค่าทางสถิติต่อไป

โดยเมื่อทำการวิเคราะห์ Time series analysis และ Lag plot analysis ของทั้ง 38 เครื่อง สามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลของทั้ง 38 เครื่องมีคุณสมบัติของตัวแปรสุ่มที่ไม่ขึ้นอยู่ด้วยกันและที่มีการกระจายเหมือนกัน (Independent and Identically Distributed: IID)

4.4.3 รูปแบบการกระจายตัวของข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร

ทำการเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทุกเครื่องในสายการประกอบซึ่งได้ข้อมูลมาประมาณ 15939 ข้อมูล และเพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลที่เก็บมาเพียงพอ และค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของข้อมูลมีความน่าเชื่อถือที่ 95% จึงต้องมีการทดสอบว่าข้อมูลที่ทำการเก็บมามีจำนวนของประชากรเพียงพอหรือไม่ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงการทดสอบว่าจำนวนข้อมูลที่สุ่มมาเพียงพอที่ความน่าเชื่อถือ 95%

ซึ่งข้อมูลของเครื่อง BDL จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนที่คำนวณได้จากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาอยู่ในช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% ซึ่งจากการทดสอบกับข้อมูลของทั้ง 38 เครื่องจักร ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาอยู่ในช่วงความเชื่อมั่นที่ 95%

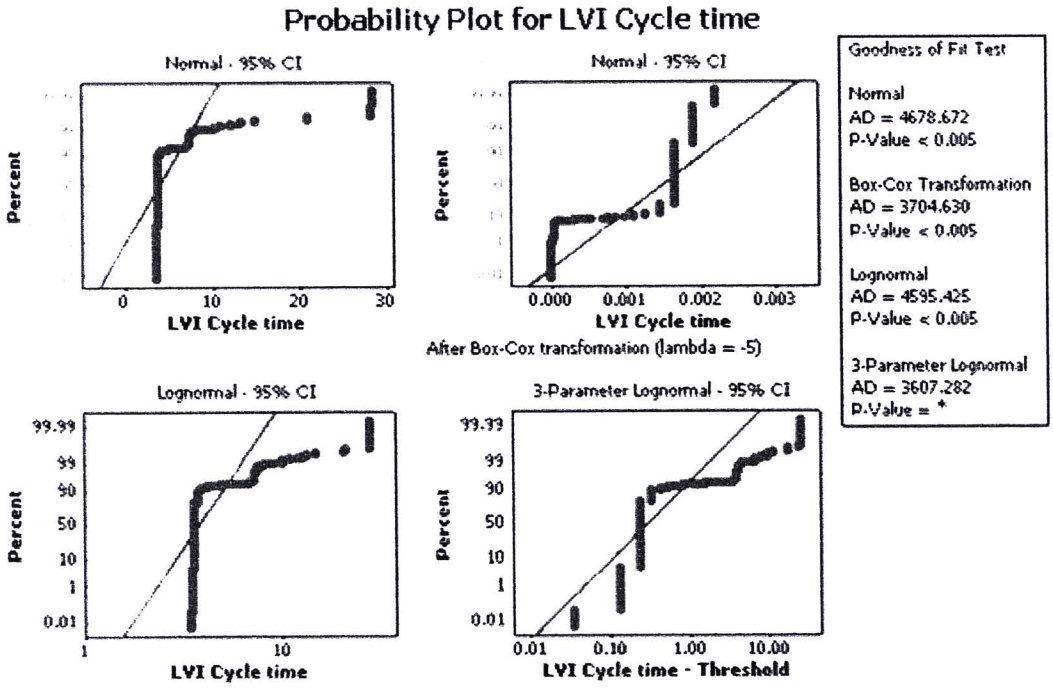
เนื่องจากข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรแต่ละเครื่องเป็นข้อมูลที่แตกต่างกัน จึงต้องนำข้อมูลเหล่านั้นมาทำการหาว่าข้อมูลมีลักษณะการกระจายตัวใกล้เคียงกับการกระจายตัวแบบใดมากที่สุด โดยนำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรแต่ละเครื่องมาทำการพล๊อตการกระจายตัว (Probability Plot) แล้วดูแนวโน้มว่าข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรมีการกระจายตัวเป็นเป็นแบบใด

ซึ่งจะทำการเลือกการกระจายตัวที่มาเปรียบเทียบทั้งหมด 12 แบบ คือ การกระจายตัวแบบ Normal, Lognormal, 3 Parameter Lognormal, Exponential, 3 Parameter Exponential, Weibull, 3 Parameter Weibull, Gamma, 3 Parameter Gamma, Logistic, Loglogistic, 3 Parameter Loglogistic เพื่อทำการเปรียบเทียบค่า Anderson-Darling (AD) Statistics แล้วทำการ

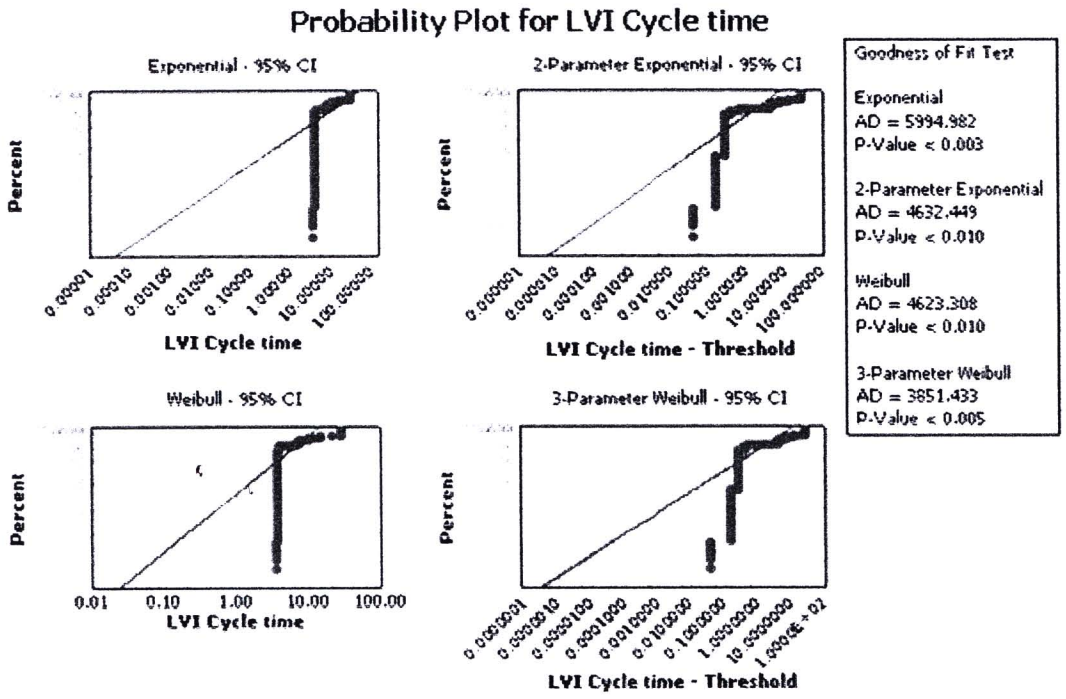
เลือกรูปแบบการกระจายที่มีค่า Anderson-Darling (AD) Statistics มากที่สุดในแต่ละเครื่องจักร เพื่อทำการนำไปหาโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมีค่าเกิน4.5 วินาที

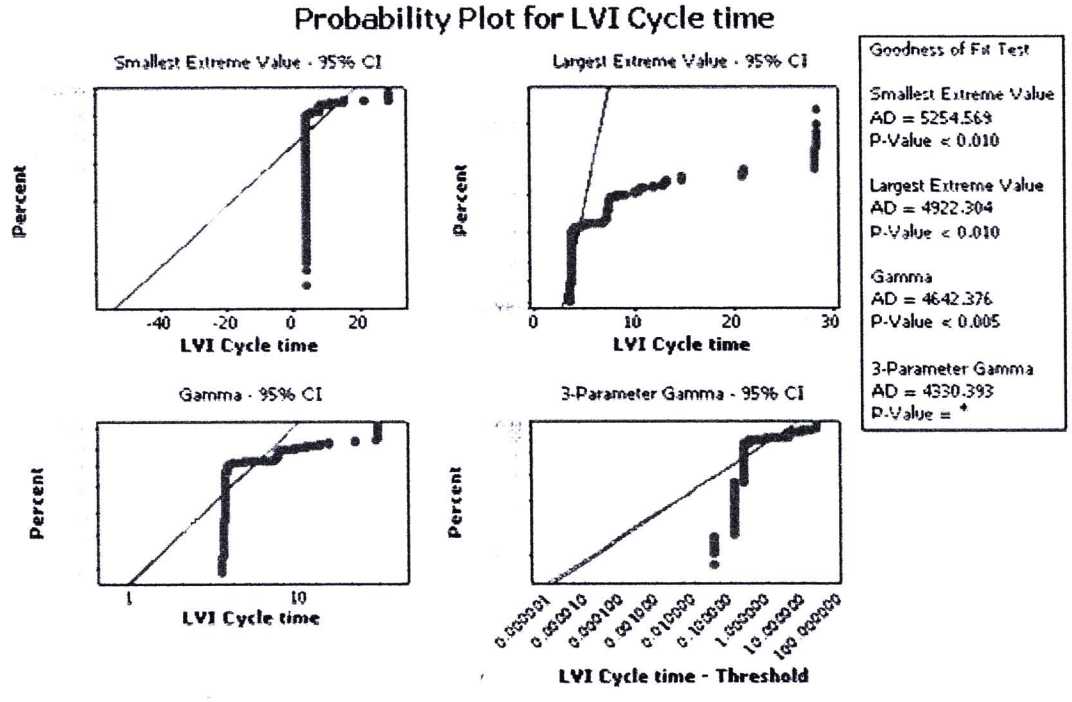
เมื่อนำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรมาทำการพล็อตการกระจายตัวเพื่อหาค่า AD ซึ่งตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 4.4 เป็นการนำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร LVI มาทำการพล็อตการกระจาย ซึ่งจะได้ค่า AD กับการกระจายแบบต่าง ที่แสดงดังรูปที่4.4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า AD ของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร LVI กับการกระจายแบบ 3 Parameter Loglogistic มีค่าน้อยที่สุดที่ ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าการกระจายตัวของข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร LVI มีความใกล้เคียงกับการกระจายตัวของข้อมูลแบบ 3 Parameter Loglogistic มากที่สุด

เมื่อทำการพล็อตการกระจายตัว กับข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรทั้ง 38 เครื่องกับการกระจายตัวแบบต่าง ๆ ซึ่งจะได้ข้อมูลตามตารางที่ 4.2 ซึ่งจะใช้การกระจายตัวที่มีค่าAD น้อยที่สุด เพื่อใช้ในการหาค่าความแปรปรวนที่ออกจากค่าเป้าหมายคือ 4.5 วินาทีต่อไป

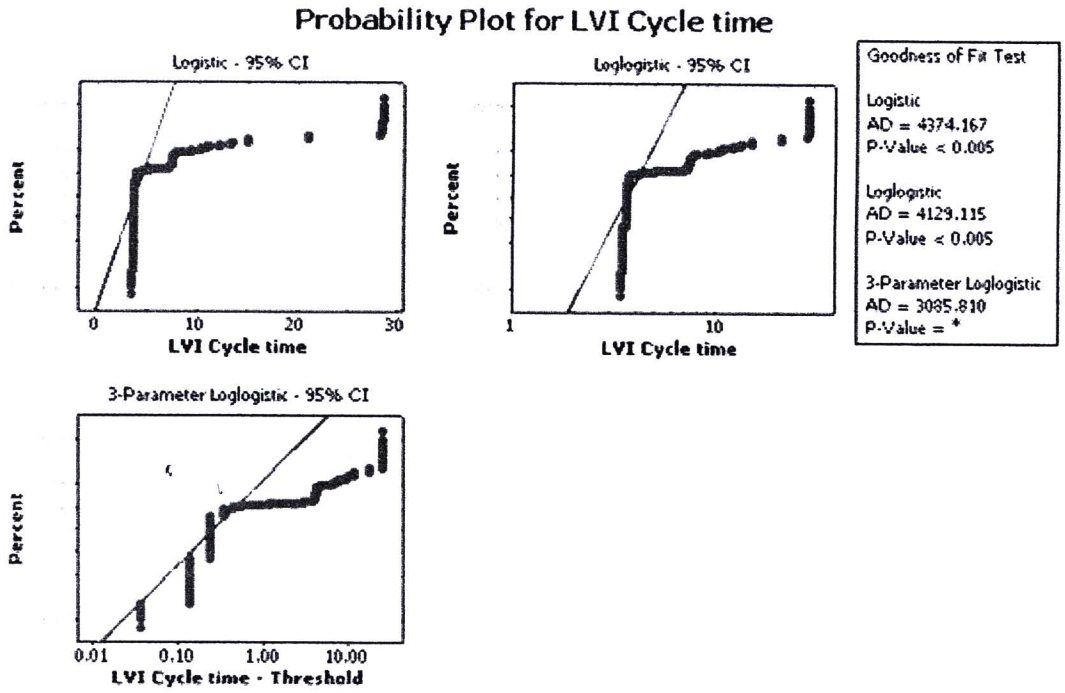


รูปที่4.4 แสดงการกระจายของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรเปรียบเทียบกับการกระจายแบบต่าง ๆ





รูปที่4.4 แสดงการกระจายของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรเปรียบเทียบกับการกระจายแบบต่าง ๆ (ต่อ)



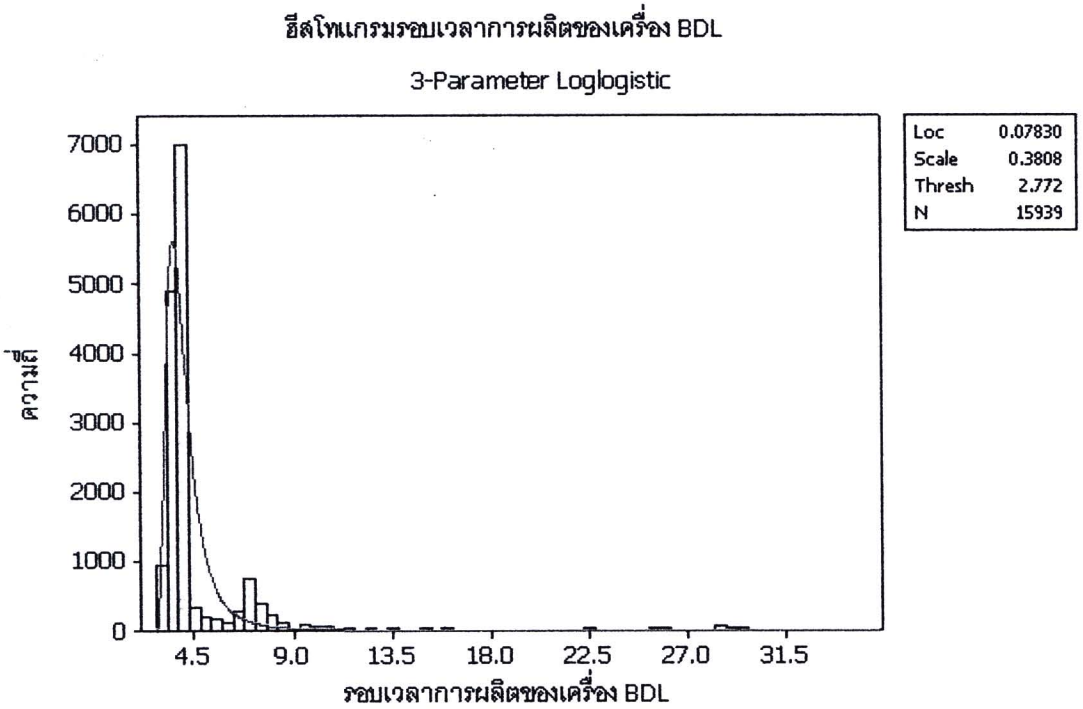
รูปที่4.4 แสดงการกระจายของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรเปรียบเทียบกับการกระจายแบบต่าง ๆ (ต่อ)

ตารางที่4.2 แสดงค่า AD ของเครื่องจักรทั้ง 38 เครื่องกับการกระจายแบบต่าง ๆ

เครื่องจักร	Correlation Coefficient											
	Normal	Lognormal	3 Parameter lognormal	Exponential	2 Parameter exponential	Weibull	3 Parameter weibull	Gamma	3 Parameter gamma	Logistic	Loglogistic	3 Parameter loglogistic
BDL	3127.965	2158.285	1198.729	4133.342	1740.912	2826.589	1737.862	2466.450	1813.728	2287.325	1723.597	933.818
LVI	4678.672	4595.425	3607.282	5994.982	4632.449	4633.308	3851.433	4642.376	4330.393	4374.167	4129.115	3085.810
VS1	3909.501	3449.212	2414.918	4939.040	3954.196	3722.601	2677.867	3590.298	3115.604	3386.521	3142.376	2045.485
VS2	3865.400	3341.918	1743.072	4646.212	5549.592	3598.267	2164.218	3512.328	2716.332	3315.221	3032.623	1403.566
BFI	4539.688	3597.653	2621.406	5721.692	3616.654	4467.756	3509.330	3956.492	3382.697	3069.765	2127.763	1396.974
BFV	4708.113	4091.877	3910.168	5971.216	5383.313	4694.401	5197.330	4319.548	4198.764	3623.019	2977.861	2796.165
DSI	4926.452	4695.013	4034.710	5456.601	7496.248	4690.102	4080.227	4789.322	4724.009	4617.950	4468.941	3563.843
CSI1	3187.223	2004.581	1770.419	5492.863	4871.933	3403.345	3106.832	2408.419	2219.351	1364.265	860.623	764.490
CSI2	2908.938	1741.030	314.558	5660.681	3063.676	3380.915	2053.319	2118.918	1394.006	1064.150	633.106	359.593
SS1	3839.428	3110.187	1957.519	5730.263	2133.085	3988.193	1902.921	3352.260	2110.726	2648.788	2067.222	655.589
SS2	3738.352	2970.179	1021.608	5385.181	2349.747	3767.561	1759.037	3207.259	2061.470	2694.028	2172.144	672.556
SS3	3290.818	2745.498	1223.536	5725.078	1957.378	3574.513	1950.847	2924.431	1992.587	2335.657	1924.460	801.758
SS4	3951.987	3328.797	1556.888	5718.343	2484.574	4050.493	2442.974	3543.186	2587.220	2912.042	2293.403	897.428
BLM1	4950.750	4905.662	3077.046	6227.077	4638.259	4883.645	4142.144	4948.485	4591.935	4620.387	4306.553	3152.865
BLM2	5094.930	5114.524	4090.183	6372.019	5808.981	5028.359	5130.296	5133.443	4859.836	4867.299	4650.758	3786.241
BLV1	5738.669	5688.436	4527.141	7075.330	5813.303	5525.301	4765.837	5733.195	5347.800	5351.612	5089.344	4164.173
BLV2	3820.307	3585.129	2495.775	5156.589	4465.202	3731.699	2701.073	3660.242	3170.972	3495.068	3281.004	2187.992
SS21	3756.102	2895.053	1009.051	5477.965	2191.978	3818.605	1752.453	3168.007	2016.517	2578.050	2067.363	676.305
SS22	3715.655	3236.748	1242.433	5582.734	2396.489	3789.877	2001.093	3401.530	2285.960	2930.683	2413.864	793.035
HSI1	3572.389	2708.183	659.452	5801.321	1670.021	3824.416	1310.276	3004.402	1521.293	2015.465	1535.232	537.041
HSI2	3207.783	2195.377	1985.091	6257.415	5203.334	4070.939	3387.563	2499.684	2258.870	1225.163	871.286	898.098
FS1	4446.159	3989.212	3840.715	5918.643	5369.731	4482.423	4653.432	4148.470	4053.944	3605.784	3152.568	2998.875
FS2	4876.727	4346.669	4163.659	6440.469	6017.907	5042.705	5432.913	4546.825	4429.667	3526.813	2898.281	2712.859
HMM1	4095.482	3095.683	737.469	6074.534	1938.574	4331.666	1977.567	3461.428	1876.237	2056.053	1280.611	301.816
HMM2	1775.316	932.392	155.996	5569.583	284.888	2737.750	287.073	1129.026	139.978	785.344	645.937	145.536
UVI	3644.864	3003.089	1093.862	5599.971	2070.433	3690.193	1816.843	3181.678	2043.887	2666.437	2191.337	724.805
VS3	3142.790	2253.668	1933.390	4811.199	3642.201	3107.494	2662.822	2531.504	2352.691	2169.488	1655.591	1388.331
RFI	3062.008	1797.390	741.369	4824.364	1784.368	3043.376	1610.428	2188.174	1388.259	1643.179	982.560	401.203
TCI	2805.366	1714.151	921.369	4441.670	1555.867	2713.534	1495.788	2035.748	1433.476	1713.855	1265.069	713.253
CS1	2376.671	1371.339	804.512	5035.920	2553.675	2628.845	1611.376	1679.329	1183.788	1160.737	752.244	455.248
CS2	2318.959	1412.537	1259.582	4531.132	2627.727	2419.157	1715.871	1614.857	1416.794	1369.519	1317.062	1262.189
CS3	3216.116	2123.157	544.096	4565.778	1615.385	3035.539	1137.923	2484.518	1367.075	2040.698	1478.146	393.634
CS4	3410.664	1518.992	2899.304	4969.008	2494.776	3595.536	2244.496	3169.728	2687.760	2300.008	1375.520	602.345
CS5	3380.069	2555.699	1135.894	5021.140	1907.438	3344.759	1753.083	2824.003	1937.370	2364.242	1897.610	846.809
CS6	3633.280	2875.485	1410.241	4896.863	3845.204	3492.726	2095.423	3129.223	2437.019	2748.717	2374.776	1437.514
CS7	3587.871	2795.731	1673.132	5030.678	2363.010	3511.582	2137.204	3050.970	2375.681	2618.107	2264.174	1363.616
CS8	3452.936	2675.675	1284.140	4818.266	2577.574	3326.085	1749.204	2925.024	2079.700	2569.347	2187.670	1034.180
CS9	2537.428	654.736	1123.775	5265.933	3334.443	2845.238	2053.276	1936.780	1569.371	1345.518	974.584	778.241

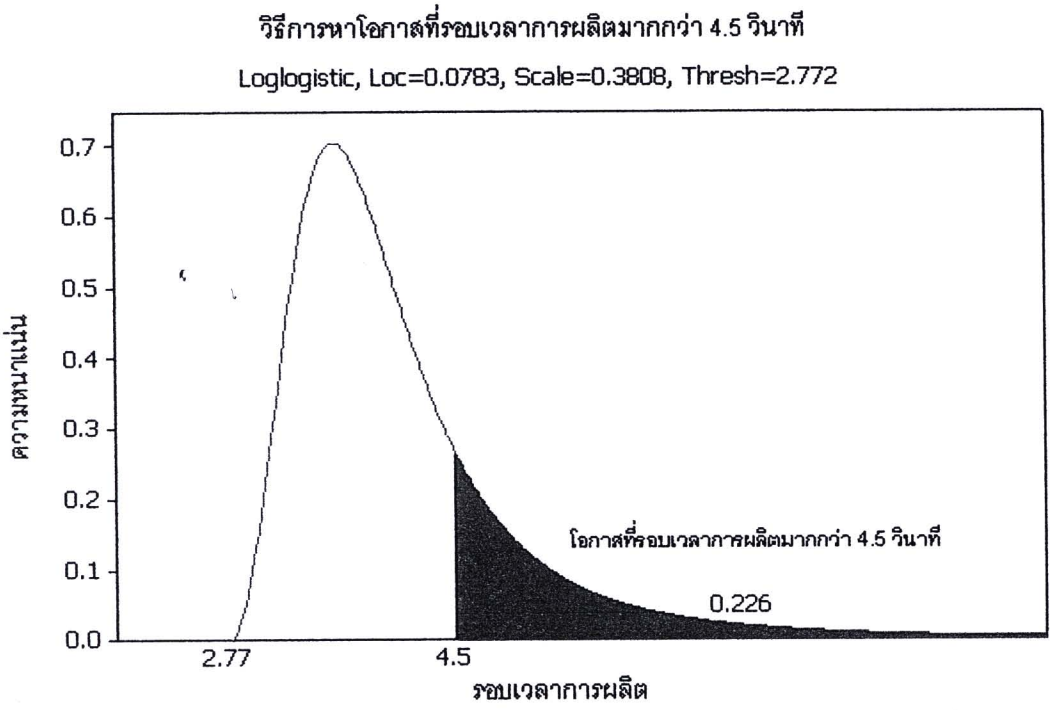
4.4.4 โอกาสที่รอบเวลาการผลิตเบี่ยงเบนไปจากเป้าหมาย

เมื่อทราบว่าการกระจายตัวของข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแต่ละเครื่องมีความใกล้เคียงกับการกระจายแบบใดมากที่สุด ก็นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของแต่ละเครื่องจักรมาหาค่าพารามิเตอร์ของการกระจายแบบที่มีค่า AD น้อยที่สุด ตัวอย่างเช่นเครื่องจักร BDL มีค่า AD น้อยที่สุดที่การกระจายตัวแบบ 3 Parameter Loglogistic โดยการกระจายตัวแบบ 3 Parameter Loglogistic มี 3 พารามิเตอร์ด้วยกันคือ Loc, Scale และ Thresh ดังแสดงในรูปที่ 4.5 ซึ่งเป็นข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร BDL ที่นำมาพล็อตด้วยฮีสโทแกรมและทำการปรับให้เข้ากับการกระจายแบบ 3 Parameter Loglogistic ซึ่งจะได้พารามิเตอร์แบบการกระจายตัวแบบ 3 Parameter Loglogistic 3 ค่า คือ Loc = 0.0783, Scale = 0.3808 และ Thresh = 2.772



รูปที่ 4.5 การนำข้อมูลของเครื่องจักร BDLมาพล็อตฮีสโทแกรมและหาพารามิเตอร์การกระจาย

เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัวของการกระจายแบบ Loglogistic แล้ว ก็นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าโอกาสที่รอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรมีค่ามากกว่าค่าเป้าหมายคือ 4.5 วินาที โดยใช้กราฟการกระจายตัวมาตรฐานแบบ Loglogistic มาหาโอกาสที่จะเกิดดังแสดงในรูปที่ 4.6 ซึ่งจะได้ข้อมูลทั้งหมดของทุกเครื่องจักรตามตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.6 การหาโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมีค่ามากกว่าค่าเป้าหมาย 4.5 วินาที

ตารางที่ 4.3 เป็นการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทุกเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยเมื่อนำมาพล็อตด้วยกราฟฮิสโทแกรมและทำการปรับให้เข้ากับการกระจายแบบที่มีค่า AD น้อยที่สุดในแต่ละเครื่องจักร และการหาโอกาสที่รอบเวลาการผลิตของแต่ละเครื่องจักรมีโอกาสมากกว่าค่าเป้าหมายคือ 4.5 วินาที

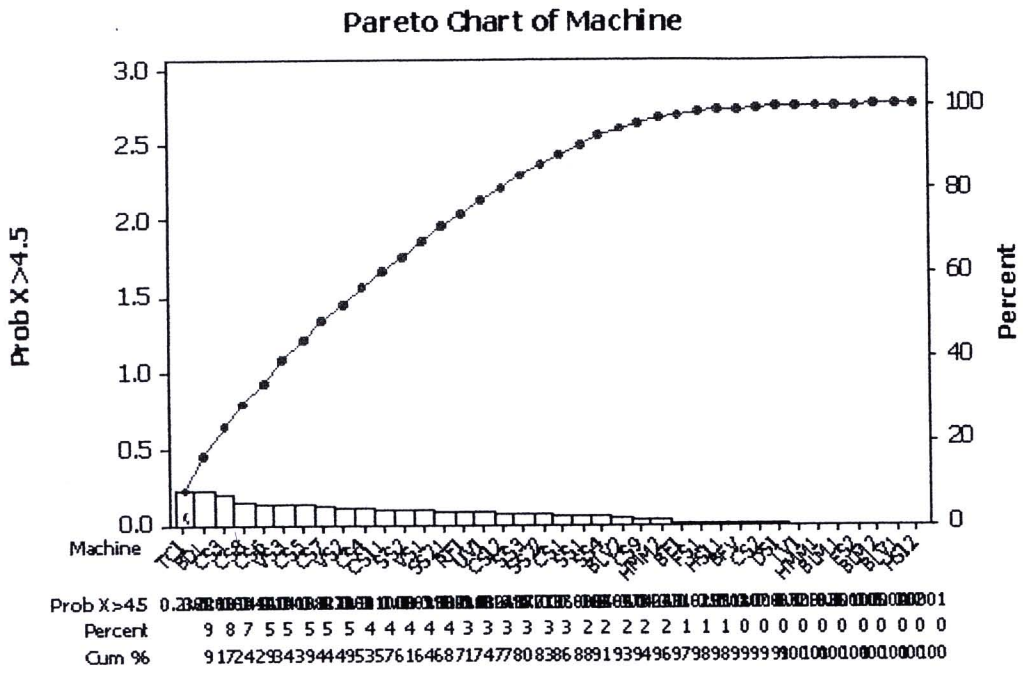
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าพารามิเตอร์และโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีของแต่ละเครื่องจักร

เครื่องจักร	รูปแบบการกระจายตัว	Loc	Scale	Thresh	Shape	X> 4.5
BDL	3 Parameter loglogistic	0.0738	0.3808	2.7720	-	22.60%
LVI	3 Parameter loglogistic	-1.3730	0.2648	3.3660	-	0.37%
VS1	3 Parameter loglogistic	-0.8798	0.4146	3.4650	-	9.93%
VS2	3 Parameter loglogistic	-1.1890	0.5524	3.5640	-	11.60%
BFI	3 Parameter loglogistic	0.0971	0.1423	2.5400	-	1.72%
BFV	3 Parameter loglogistic	0.7600	0.0791	1.4370	-	1.05%
DSI	3 Parameter loglogistic	0.9720	0.1016	1.1950	-	9.98%
CSI1	3 Parameter loglogistic	0.1177	0.4356	2.7680	-	16.10%
CSI2	3 Parameter lognormal	-1.3480	0.3014	3.3660	-	0.74%
SS1	3 Parameter loglogistic	-1.0690	0.3898	3.5640	-	6.65%
SS2	3 Parameter loglogistic	-1.0360	0.4406	3.5640	-	9.96%
SS3	3 Parameter loglogistic	-0.7852	0.3300	3.4650	-	7.70%
SS4	3 Parameter loglogistic	-0.8249	0.3056	3.4650	-	5.67%
BLM1	3 Parameter lognormal	-1.2800	0.7060	3.3660	-	2.33%
BLM2	3 Parameter loglogistic	-1.9400	0.2529	3.4650	-	0.04%
BLV1	3 Parameter loglogistic	-1.9380	0.2373	3.4650	-	0.02%
BLV2	3 Parameter loglogistic	-1.2250	0.4482	3.3660	-	4.68%
SS21	3 Parameter loglogistic	-1.0380	0.4273	3.5640	-	9.33%
SS22	3 Parameter loglogistic	-1.0920	0.4050	3.5640	-	7.36%

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าพารามิเตอร์และโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีของแต่ละเครื่องจักร (ต่อ)

เครื่องจักร	Distribution	Loc	Scale	Thresh	Shape	X> 4.5
HSI1	3 Parameter loglogistic	-1.6090	0.4850	2.7720	-	1.16%
HSI2	Loglogistic	1.0930	0.0414	-	-	5.00%
FS1	3 Parameter loglogistic	0.8069	0.0821	1.3410	-	1.51%
FS2	3 Parameter loglogistic	0.7461	0.0502	1.4390	-	0.06%
HMM1	3 Parameter loglogistic	-1.2730	0.3178	2.6730	-	0.27%
HMM2	3 Parameter gamma	-	0.4238	2.5740	1.1600	5.00%
UVI	3 Parameter loglogistic	-1.0600	0.4143	3.5640	-	8.29%
VS3	3 Parameter loglogistic	0.7328	0.1710	1.6790	-	14.40%
RFI	3 Parameter loglogistic	0.0270	0.3047	2.5540	-	10.90%
TCI	3 Parameter loglogistic	0.0672	0.3578	2.8700	-	23.50%
CS1	3 Parameter loglogistic	0.1966	0.0204	2.2190	-	6.83%
CS2	3 Parameter loglogistic	0.0645	0.2507	1.1310	-	1.01%
CS3	3 Parameter loglogistic	-0.6093	0.5204	3.3660	-	19.60%
CS4	3 Parameter loglogistic	0.5211	0.1443	1.6980	-	2.85%
CS5	3 Parameter loglogistic	-0.6198	0.4083	3.3660	-	13.90%
CS6	3 Parameter loglogistic	-0.7619	0.4412	3.4650	-	14.10%
CS7	3 Parameter loglogistic	-0.6174	0.3851	3.3660	-	12.70%
CS8	3 Parameter loglogistic	-0.8244	0.4845	3.4650	-	14.50%
CS9	3 Parameter loglogistic	0.5318	0.1555	1.7480	-	0.43%

เมื่อนำโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีของทุกเครื่องจักรมาทำการพล็อตด้วยพาเรโตชาร์ต (Pareto chart) ดังรูปที่ 4.7 จะพบว่าเครื่องจักรที่มีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีมากที่สุดคือเครื่อง TCI โดยมีโอกาสที่ 23.60% รองลงมาคือเครื่อง BDL โดยมีโอกาสที่ 22.60% และเครื่อง CS3โดยมีโอกาสที่ 19.60% ตามลำดับ

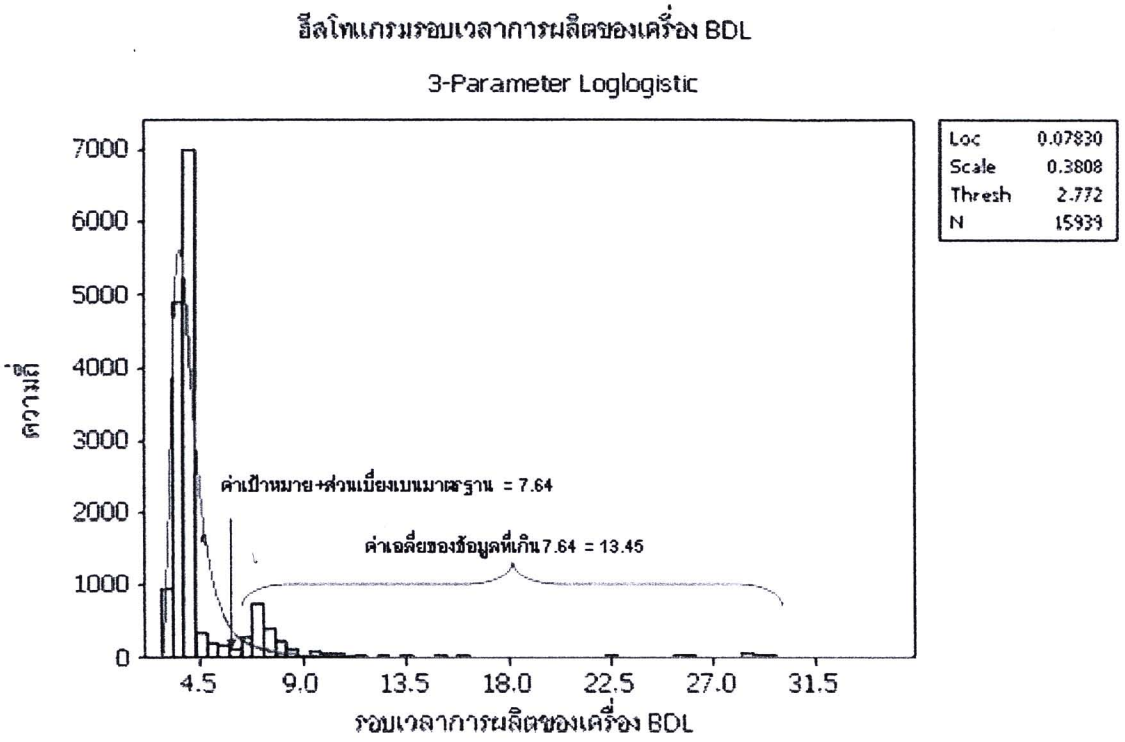


รูปที่ 4.7 พาเรโต (Pareto chart) เปรียบเทียบโอกาสที่รอบเวลาการผลิต
มากกว่า 4.5 วินาทีของเครื่องจักร

จากลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้ง 38 เครื่องจักรพบว่ามีการกระจายตัวของข้อมูลสองกลุ่มอยู่ด้วยกัน คือกลุ่มของรอบเวลาการผลิตปกติ และกลุ่มของรอบเวลาที่เกิดการทำงานที่ผิดปกติของเครื่องจักร เมื่อได้ทำการคัดแยกข้อมูลของรอบเวลาที่เกิดการทำงานที่ผิดปกติของเครื่องจักร โดยการนำข้อมูลที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมาย คือ 4.5 วินาที กับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักรนั้นๆ มาหาค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิต

โดยสามารถแสดงวิธีการคำนวณหาค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิต ของกลุ่มข้อมูลที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมาย คือ 4.5 วินาทีกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักรนั้นๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.8 โดยหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรนั้นๆ แล้วเลือกข้อมูลที่มีรอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมาย คือ 4.5 วินาทีกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักร แล้วนำข้อมูลกลุ่มนั้นมาหาค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิต

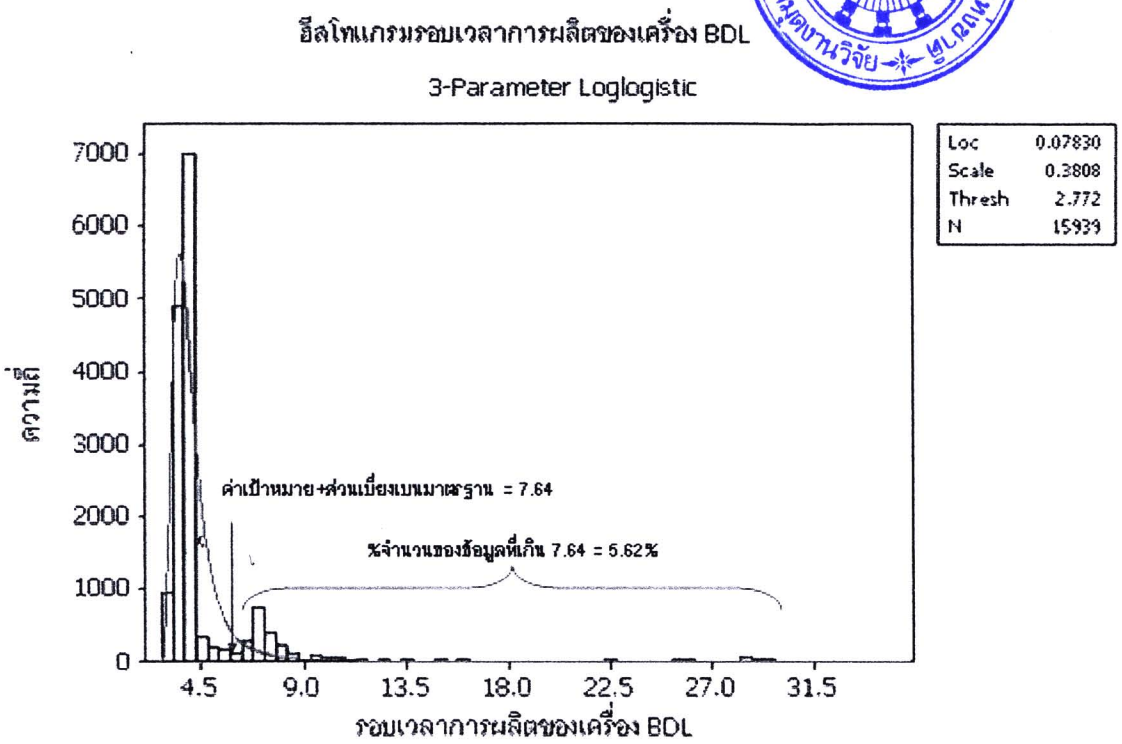
ซึ่งสามารถแสดงวิธีการคำนวณหาค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิต ของกลุ่มข้อมูลที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมายกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักร BDL ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงวิธีการคำนวณหาค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิต ของกลุ่มข้อมูลที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมายกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักร

หลังจากที่คัดแยกข้อมูลของรอบเวลาที่เกิดการทำงานที่ผิดปกติของเครื่องจักร โดยการนำข้อมูลที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมาย คือ 4.5 วินาที กับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักรนั้นๆแล้ว นำจำนวนของข้อมูลชุดนั้นหารด้วยจำนวนของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด คือ 15,939 ก็จะได้เปอร์เซ็นต์จำนวนของข้อมูลที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมายกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักรนั้นๆ

ซึ่งสามารถแสดงวิธีการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์จำนวนของข้อมูลที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมายกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักร BDL ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แสดงวิธีการคำนวณเปอร์เซ็นต์จำนวนของข้อมูลที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมายกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักร

โดยสามารถสรุปค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิตของกลุ่มข้อมูล ที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมายกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักร เปอร์เซ็นต์จำนวนของข้อมูลที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมายกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักร และโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาที ของทั้ง 38 เครื่องจักรดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิตของข้อมูล ทีมีรอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมายคือ 4.5 วินาทีกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เครื่องจักร	ค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิต	ค่าเป้าหมายรอบเวลาการผลิตของสายการประกอบ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเป้าหมาย+ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่เกินค่าเป้าหมาย+ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	%ของจำนวนข้อมูลที่มาค่ามากกว่าค่าเป้าหมาย+ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	โอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาที	ลำดับการปรับปรุง
BDL	4.65	4.50	3.14	7.64	13.45	5.62%	22.60%	2
LVI	3.94	4.50	1.62	6.12	0.22	0.12%	0.37%	34
VS1	4.60	4.50	2.86	7.36	5.87	3.14%	9.93%	14
VS2	4.75	4.50	3.28	7.78	6.84	3.68%	11.60%	10
BFI	4.02	4.50	2.35	6.85	1.01	0.52%	1.72%	27
BFV	3.87	4.50	2.02	6.52	0.62	0.35%	1.05%	30
DSI	4.29	4.50	3.25	7.75	5.84	3.41%	9.98%	12
CSI1	4.10	4.50	1.44	5.94	9.39	5.01%	16.10%	4
CSI2	4.06	4.50	1.25	5.75	0.43	0.21%	0.74%	32
SS1	4.24	4.50	1.71	6.21	3.85	2.02%	6.65%	20
SS2	4.38	4.50	2.14	6.64	5.76	3.21%	9.96%	13
SS3	4.22	4.50	1.25	5.75	4.44	2.51%	7.70%	17
SS4	4.25	4.50	1.79	6.29	3.26	1.89%	5.67%	21
BLM1	3.87	4.50	1.40	5.90	1.34	0.81%	2.33%	26
BLM2	3.83	4.50	1.25	5.75	0.02	0.01%	0.04%	37
BLV1	3.79	4.50	0.91	5.41	0.01	0.01%	0.02%	38
BLV2	4.23	4.50	2.20	6.70	2.66	1.23%	4.68%	24
SS21	4.35	4.50	2.07	6.57	5.29	2.99%	9.33%	15
SS22	4.28	4.50	1.66	6.16	4.16	2.41%	7.36%	18

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิตของข้อมูล ทีมีรอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมายคือ 4.5 วินาทีกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่อ)

เครื่องจักร	ค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิต	ค่าเป้าหมายรอบเวลาการผลิตของลายการประกอบ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเป้าหมาย+ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่เกินค่าเป้าหมาย+ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	%ของจำนวนข้อมูลที่มาค่ามากกว่าค่าเป้าหมาย+ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	โอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาที	ลำดับการปรับปรุง
HSI1	3.31	4.50	1.05	5.55	0.65	0.43%	1.16%	29
HSI2	3.06	4.50	0.67	5.17	2.81	1.65%	5.00%	22
FS1	3.87	4.50	1.74	6.24	0.85	0.50%	1.51%	28
FS2	3.72	4.50	1.31	5.81	0.03	0.02%	0.06%	36
HMM1	3.13	4.50	1.05	5.55	0.15	0.10%	0.27%	35
HMM2	3.07	4.50	0.77	5.27	2.78	1.52%	5.00%	23
UVI	4.27	4.50	1.56	6.06	4.59	2.78%	8.29%	16
VS3	4.24	4.50	2.25	6.75	7.95	4.72%	14.40%	6
RFI	3.95	4.50	2.10	6.60	6.00	3.52%	10.90%	11
TCI	4.55	4.50	2.59	7.09	13.90	6.28%	23.50%	1
CS1	3.71	4.50	1.32	5.82	3.95	2.21%	6.83%	19
CS2	2.43	4.50	1.14	5.64	0.58	0.31%	1.01%	31
CS3	4.60	4.50	2.70	7.20	11.26	5.49%	19.60%	3
CS4	3.62	4.50	1.30	5.80	1.63	0.98%	2.85%	25
CS5	4.44	4.50	2.22	6.72	7.94	4.01%	13.90%	8
CS6	4.61	4.50	2.77	7.27	8.03	4.41%	14.10%	7
CS7	4.49	4.50	2.46	6.96	7.21	3.78%	12.70%	9
CS8	4.57	4.50	2.58	7.08	8.21	4.88%	14.50%	5
CS9	3.70	4.50	1.20	5.70	0.24	0.15%	0.43%	33

จากตารางที่ 4.4 พบว่าค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิต ของกลุ่มข้อมูลรอบเวลาการผลิตมากกว่า ผลรวมของค่าเป้าหมาย คือ 4.5 วินาที กับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักรจะเป็นลำดับเดียวกันกับ %ของจำนวนข้อมูลที่มาค่ามากกว่าค่าเฉลี่ย+ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาที ดังนั้น การเลือกที่จะทำการศึกษาเพื่อลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีทั้งหมด 38 เครื่อง ผู้วิจัยจะเลือกทำการศึกษาเครื่องที่มีความแปรปรวนมากที่สุด หรือเครื่องที่มีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีมากที่สุดลำดับแรกก่อนซึ่งก็คือเครื่อง TCI เพื่อที่จะส่งผลต่อความแปรปรวนของทั้งสายการประกอบมากที่สุด

4.5 การวิเคราะห์การไหลของกระบวนการผลิต

การวิเคราะห์กระบวนการผลิตเป็นงานขั้นตอนแรกที่สำคัญของการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพราะผลจากการตรวจวิเคราะห์จะทำให้สามารถทราบสาเหตุที่แท้จริงของความบกพร่องที่มีผลจริง ๆ ต่อคุณภาพของกระบวนการผลิต เพราะการสรุปที่มองข้ามสาเหตุที่ถูกซ่อนเร้นและสาเหตุที่ไม่ใช่สาเหตุที่แท้จริงของปัญหาแล้วทำการแก้ไขไปทันที อาจจะได้ผลเพียงระยะสั้น แต่ในที่สุดก็จะเกิดปัญหาขึ้นมาอีกซึ่งอาจจะมีผลกระทบรุนแรงกว่าก็เป็นไปได้

การค้นหาหรือตรวจพิเคราะห์เพื่อหาจุดบกพร่องของกระบวนการผลิตอันเป็นสาเหตุของความบกพร่องของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมานั้น กระทำได้หลายวิธีเช่น การระดมความคิดจากผู้มีประสบการณ์หรือจากพนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่นั้น โดยการทดลอง การตั้งสมมติฐาน หรือโดยการป้อนข้อมูลทางสถิติที่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างถูกวิธีและมีปริมาณข้อมูลที่เพียงพอ

การวิเคราะห์กระบวนการผลิตอย่างละเอียดสามารถทำให้เข้าใจกระบวนการและวิเคราะห์สาเหตุอย่างแท้จริงได้ เนื่องจากบางครั้งกระบวนการที่ซ้อนเร้นอยู่ (Hidden Factory) อาจเป็นสาเหตุสำคัญก่อให้เกิดปัญหาซึ่งมิควรจะละเลย

4.5.1 การวิเคราะห์การไหลของกระบวนการผลิตโดยรวม (Macro process mapping)

การวิเคราะห์การไหลของกระบวนการผลิตโดยรวมคือการเข้าใจกระบวนการผลิตทั้งหมดเพื่อเป็นการเห็นความสัมพันธ์ของทั้งกระบวนการผลิต วัตถุดิบ วิธีการ และการทำงานของทั้งสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟโดยจะอธิบายเป็นการทำงานของแต่ละเครื่องจักร

1. เครื่อง BDL คือเครื่องที่ทำหน้าที่หยิบฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Basedeck) จากอุปกรณ์ใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมาวางบนสายพานลำเลียงเพื่อเคลื่อนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไปประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ

2. เครื่อง LVI คือเครื่องที่ทำหน้าที่หยิบตัวเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กด้านล่าง (Lower voice coil magnet) จากอุปกรณ์ใส่ที่ทำจากพลาสติกมาวางบนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ตรงตำแน่งที่มีการตั้งค่าไว้

3. เครื่อง VS1 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดตัวเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กด้านล่างกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ตำแหน่งที่ 1

4. เครื่อง VS2 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดตัวเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กด้านล่างกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ตำแหน่งที่ 2

5. เครื่อง BFI คือเครื่องที่ทำหน้าที่หยิบตัวระบายความชื้น (Breather filter) จากอุปกรณ์ใส่ที่ทำจากพลาสติกมาวางบนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ตรงตำแน่งที่มีการตั้งค่าไว้

6. เครื่อง BFV คือเครื่องตรวจวัดตำแหน่งของตัวระบายความชื้นที่ติดตั้งเข้าไปว่าตำแหน่งมีความคลาดเคลื่อนหรือไม่ โดยใช้ระบบกล้องถ่ายภาพ

7. เครื่อง DSI คือเครื่องทีทำหน้าที่หยิบแผ่นบันทึกข้อมูล สเปเซอร์ และ เซปาเรเตอร์จากอุปกรณ์ใส่ที่ทำจากพลาสติกและสแตนเลสมาวางบนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ตรงตำแน่งที่มีการตั้งค่าไว้

8. เครื่อง CSI1 คือเครื่องทีทำหน้าที่หยิบแคลมป์จากอุปกรณ์ใส่ที่ทำจากสแตนเลสมาวางบนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ตรงตำแน่งที่มีการตั้งค่าไว้

9. เครื่อง CSI2 คือเครื่องทีทำหน้าที่หยิบแคลมป์จากอุปกรณ์ใส่ที่ทำจากสแตนเลสมาวางบนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ตรงตำแน่งที่มีการตั้งค่าไว้

10. เครื่อง SS1 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดเซปาเรเตอร์กับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ตำแหน่งที่ 1

11. เครื่อง SS2 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดเซปาเรเตอร์กับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ตำแหน่งที่ 2

12. เครื่อง SS3 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดเซปาเรเตอร์กับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ตำแหน่งที่ 3

13. เครื่อง SS4 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดเซปาเรเตอร์กับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ตำแหน่งที่ 4

14. เครื่อง BLM1 คือเครื่องที่ทำหน้าที่วัดระนาบจานแม่เหล็กว่าได้ระนาบตามที่ต้องการหรือไม่พร้อมทั้งใส่วงแหวนถ่วงน้ำหนัก (Balance ring) เพื่อปรับระนาบให้ได้ตามข้อกำหนด

15. เครื่อง BLM2 คือเครื่องที่ทำหน้าที่วัดระนาบจานแม่เหล็กว่าได้ระนาบตามที่ต้องการหรือไม่พร้อมทั้งใส่วงแหวนถ่วงน้ำหนัก (Balance ring) เพื่อปรับระนาบให้ได้ตามข้อกำหนด

16. เครื่อง BLV1 คือเครื่องที่ทำหน้าที่วัดระนาบจานแม่เหล็กว่าได้ระนาบหลังจากทำการถ่วงด้วยวงแหวนถ่วงน้ำหนักหรือไม่

17. เครื่อง BLV2 คือเครื่องที่ทำหน้าที่วัดระนาบจานแม่เหล็กว่าได้ระนาบหลังจากทำการถ่วงด้วยวงแหวนถ่วงน้ำหนักหรือไม่

18. เครื่อง SS21 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดเซปาเรเตอร์กับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ตำแหน่งที่ 5

19. เครื่อง SS21 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดเซปาเรเตอร์กับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ตำแหน่งที่ 6

20. เครื่อง HSI1 คือเครื่องทีทำหน้าที่หยิบหัวอ่านหัวเขียนจากอุปกรณ์ใส่ที่ทำจากพลาสติกมาวางบนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ตรงตำแน่งที่มีการตั้งค่าไว้

21. เครื่อง HSI2 คือเครื่องทีทำหน้าที่หยิบหัวอ่านหัวเขียนจากอุปกรณ์ใส่ที่ทำจากพลาสติกมาวางบนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ตรงตำแน่งที่มีการตั้งค่าไว้

22. เครื่อง FS1 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดแผงวงจรของตัวหัวอ่านหัวเขียนกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ตำแหน่งที่ 1

23. เครื่อง FS2 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดแผงวงจรของตัวหัวอ่านหัวเขียนกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ตำแหน่งที่ 2

24. เครื่อง HMM1 คือเครื่องผลักตัวบันทึกและอ่านข้อมูลให้อยู่บนจานแม่เหล็กเพื่อที่จะอยู่ในตำแหน่งที่สามารถอ่านและเขียนได้

25. เครื่อง HMM2 คือเครื่องผลักตัวบันทึกและอ่านข้อมูลให้อยู่บนจานแม่เหล็กเพื่อที่จะอยู่ในตำแหน่งที่สามารถอ่านและเขียนได้

26. เครื่อง UVI คือเครื่องที่ทำหน้าที่หยิบตัวเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กด้านล่าง (Upper voice coil magnet) จากอุปกรณ์ใส่ที่ทำจากพลาสติกมาวางบนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ตรงตำแน่งที่มีการตั้งค่าไว้

27. เครื่อง VS3 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดตัวเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กด้านบนกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

28. เครื่อง RFI คือเครื่องที่ทำหน้าที่หยิบตัวกรองฝุ่น (Recirculating filter) จากอุปกรณ์ใส่ที่ทำจากพลาสติกมาวางบนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ตรงตำแน่งที่มีการตั้งค่าไว้

29. เครื่อง TCI คือเครื่องที่ทำหน้าที่หยิบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Topcover) จากอุปกรณ์ใส่ที่ทำจากพลาสติกและแตนเลสมาวางบนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ตรงตำแน่งที่มีการตั้งค่าไว้

30. เครื่อง CS1 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตำแหน่งที่1

31. เครื่อง CS2 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตำแหน่งที่2

32. ‘เครื่อง CS3 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตำแหน่งที่3

33. เครื่อง CS4 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตำแหน่งที่4

34. เครื่อง CS5 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตำแหน่งที่5

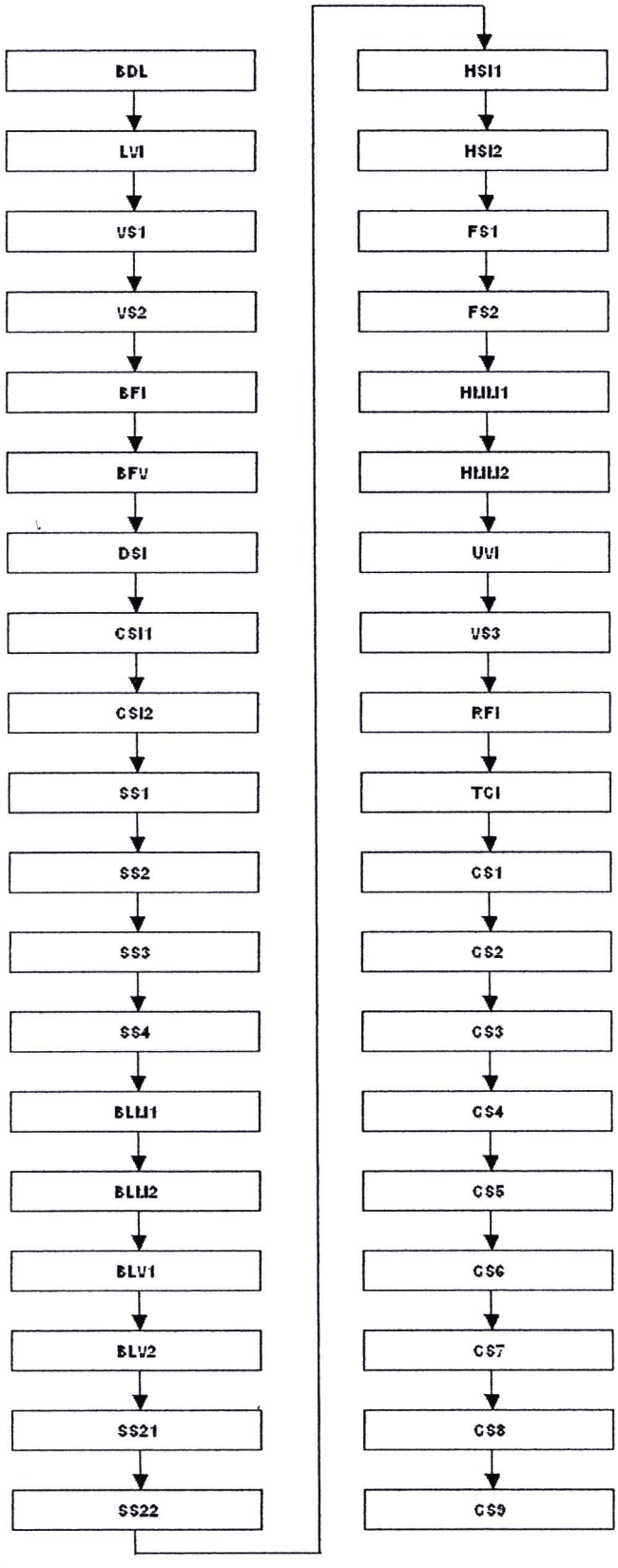
35. เครื่อง CS6 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตำแหน่งที่6

36. เครื่อง CS7 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตำแหน่งที่7

37. เครื่อง CS8 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตำแหน่งที่8

38. เครื่อง CS9 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตำแหน่งที่9

โดยสามารถเขียนแผนภาพกระบวนการผลิตทั้งหมดดังแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดงแผนภาพการวิเคราะห์การไหลของกระบวนการผลิต

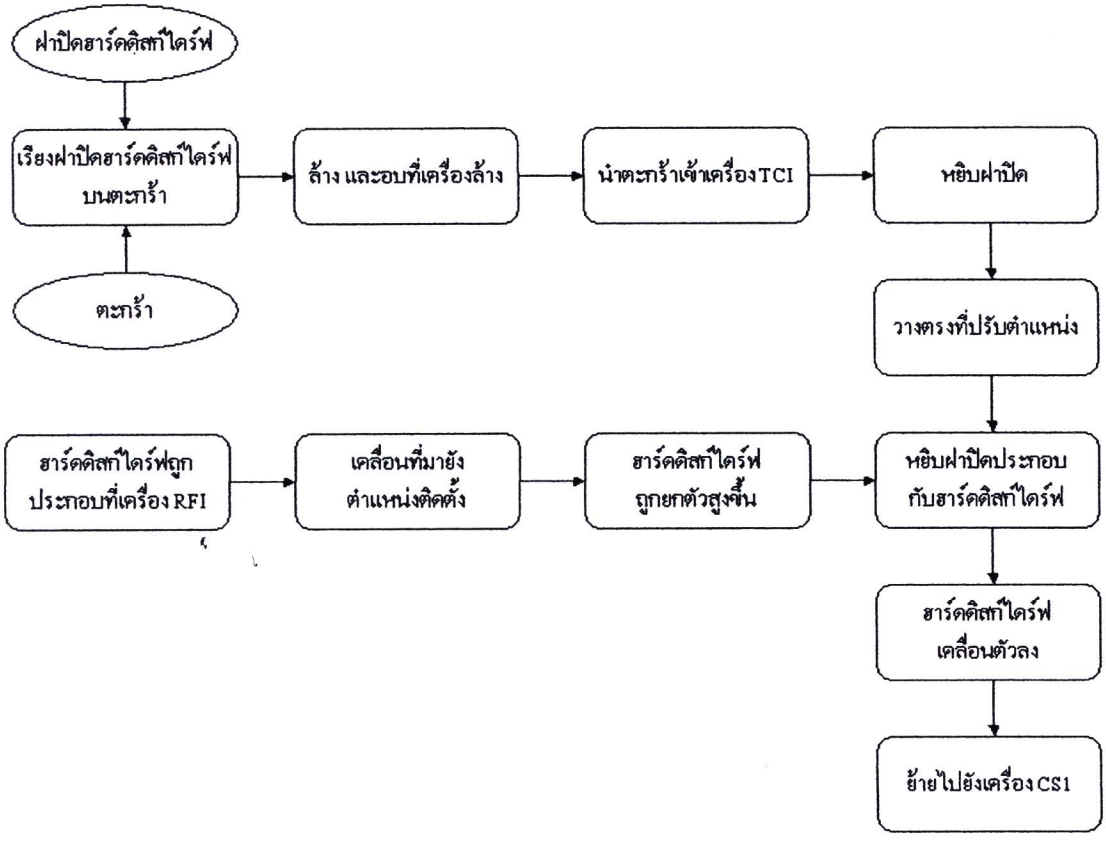
4.5.2 การวิเคราะห์การไหลของกระบวนการผลิตโดยละเอียด (Micro process mapping)

การวิเคราะห์การไหลของกระบวนการผลิตโดยละเอียดจะทำการตรวจวิเคราะห์ทุกขั้นตอนของการประกอบชิ้นงานเพื่อสามารถเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่มีโอกาสจะก่อให้เกิดปัญหา เนื่องจากปัญหาเหล่านั้นอาจถูกมองข้ามหรือซ่อนเร้นได้ โดยปัญหาเหล่านั้นอาจจะเป็นสิ่งที่แอบซ่อนโดยที่ไม่ได้นำมาแก้ไข เพราะอาจจะเป็นสิ่งที่ปฏิบัติกันอย่างต่อเนื่องและมองข้ามปัญหาเหล่านั้นไป

การวิเคราะห์การไหลโดยละเอียดจะทำการวิเคราะห์ที่กระบวนการที่เลือกจะปรับปรุงคือกระบวนการประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟโดยสามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (TCI) ได้ดังนี้

1. ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะถูกนำออกจากถุงบรรจุและนำมาวางเรียงใส่ตะกร้าสำหรับเข้าเครื่องล้างชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยที่สามารถใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้ 30 ชิ้นต่อ 1 ตะกร้า
2. ตะกร้าที่บรรจุฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะถูกนำมาใส่เข้าเครื่องล้างเพื่อทำความสะอาดชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยจะมีการล้างด้วยน้ำบริสุทธิ์และอบให้แห้ง
3. ตะกร้าที่บรรจุฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะถูกเคลื่อนย้ายมายังหน้าเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ แล้วทำการวางตะกร้าลงบนตำแหน่งป้อนงานเข้าเครื่อง
4. แขนกลตัวที่1 จะจับฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากตะกร้าที่ละชิ้นมาวางตรงตำแหน่งปรับระยะ
5. ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะเคลื่อนที่มายังตำแหน่งติดตั้งฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟและถูกยกขึ้นยังตำแหน่งที่ตั้งค่าไว้
6. แขนกลตัวที่2 จะจับฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากตำแหน่งปรับระยะมาวางบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ
7. ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะเคลื่อนที่ลงบนสายพานลำเลียงและเคลื่อนที่ไปยังสถานีงานต่อไป

โดยสามารถแสดงแผนภาพการทำงานอย่างละเอียดของเครื่อง TCI ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 แสดงแผนภาพการวิเคราะห์การไหลอย่างละเอียดของเครื่อง TCI

4.6 การวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยผังแสดงเหตุและผล

ผังแสดงเหตุและผลเป็นผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของเป้าหมายที่ต้องการทำการปรับปรุง กับปัจจัยต่าง ๆ ในการระบุหาสาเหตุของปัญหา ต้องกระทำโดยวิธีการระดมสมองจากกลุ่มคนที่มีความเชี่ยวชาญหรือคุ้นเคยในกระบวนการผลิตนั้น ๆ เพราะการละเว้นหรือมองข้ามปัจจัยบางอย่างอาจจะทำให้แก้ปัญหาผิดจุดได้ สาเหตุที่ระบุได้จากผังแสดงเหตุและผลจะเป็นการกำหนดปัจจัย เพื่อที่จะทำการวิเคราะห์ด้วยหลักทางสถิติต่อไป

เมื่อพิจารณาถึงหลักการของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จะพบว่ามีหลายปัจจัยที่มีโอกาสมีผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร ซึ่งรายละเอียดของผังแสดงเหตุและผลของการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ได้ดังนี้

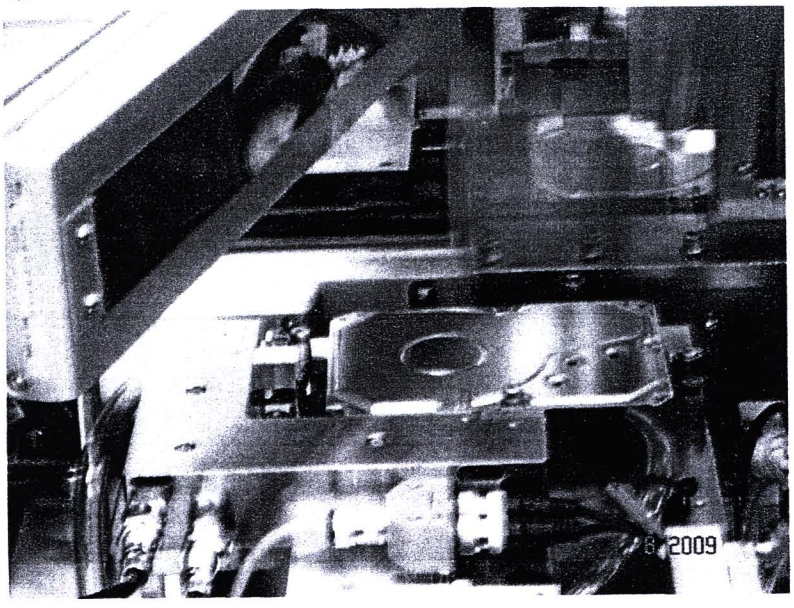
4.6.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากเครื่องจักร

4.6.1.1 การตั้งค่าการทำงานของระบบแขนกลตัวที่1

ระบบแขนกลที่ทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายฝาใสฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากตะกร้ามายังตำแหน่งปรับระยะ เนื่องจากตะกร้าวางฝาปิดมีตำแหน่งที่วางฝาปิดทั้ง 30ชิ้น ที่แตกต่างกัน ซึ่งแต่ละตำแหน่งจะต้องตั้งค่าการเคลื่อนที่ของแขนกลมาหยิบที่แตกต่างกัน การตั้งค่าระยะการเคลื่อนที่ที่ไม่เหมาะสมย่อมส่งผลต่อการหยิบฝาปิดที่ผิดพลาด ซึ่งทำให้ฝาปิดหล่นแล้วต้องมีการเริ่มต้นการทำงานใหม่ ย่อมส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตของรอบการผลิตนั้น ๆ

4.6.1.2 การตั้งค่าที่ปรับตำแหน่งฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก่อนที่จะถูกหยิบด้วยแขนกลตัวที่สองไปประกอบจะต้องถูกวางที่ตำแหน่งปรับระยะก่อน เพื่อให้แขนกลตัวที่สองหยิบได้ตรงตามระยะที่จะไปวางลงบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ การปรับแต่งที่ปรับระยะของฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟดังแสดงในรูปที่ 4.12 ที่ไม่เหมาะสม ย่อมส่งผลต่อการวางฝาปิดกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ไม่เหมาะสมหรือผิดพลาดได้



รูปที่ 4.12 แสดงที่ปรับตำแหน่งของฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

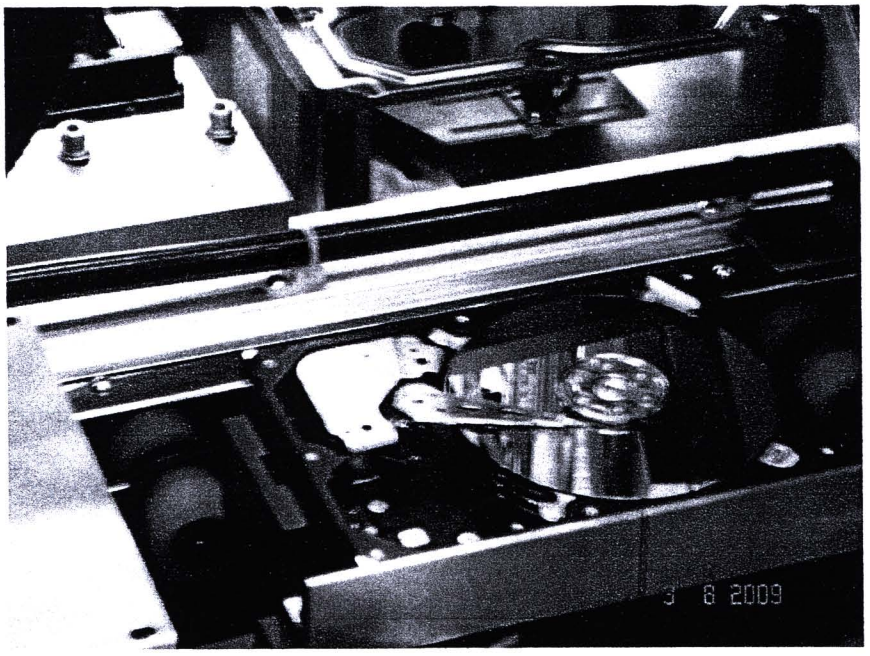
4.6.1.3 การตั้งค่าการทำงานของระบบแขนกลตัวที่2

แขนกลตัวที่สองทำหน้าที่ในการหยิบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากตำแหน่งปรับระยะมาวางบนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะเคลื่อนที่มาบนสายพานลำเลียง ดังนั้น

การปรับตั้งตำแหน่งและระยะการเคลื่อนที่ที่ไม่เหมาะสมย่อมส่งผลต่อความผิดพลาดในการหยิบจับและการวางฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

4.6.1.4 การตั้งค่าตำแหน่งหยุดและยกฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

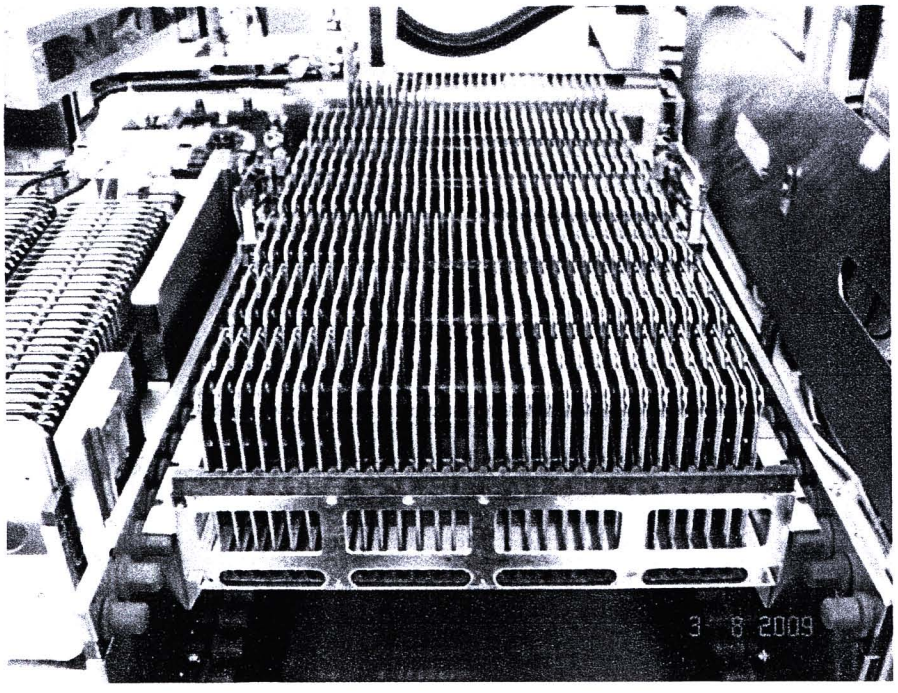
ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทีทำการประกอบชิ้นส่วนจากเครื่อง RFI แล้ว ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะเคลื่อนที่มาบนสายพานลำเลียงและเข้ามายังตำแหน่งพร้อมทำงาน เมื่องานตัวก่อนหน้าทำงานเสร็จ ชิ้นงานก็จะเคลื่อนที่มายังตำแหน่งทำงาน และจะถูกยกขึ้นเพื่อประกอบฝาปิด และเมื่อประกอบเสร็จก็จะถูกยกลงและเคลื่อนที่ไปยังเครื่องจักรถัดไป การปรับตั้งตำแหน่งหยุดดังแสดงในรูปที่ 4.13 ยกขึ้น และยกลง ย่อมมีผลต่อการประกบฝาปิดกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ



รูปที่ 4.13 แสดงตำแหน่งยกขึ้น ลง ของฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเพื่อประกอบกับฝาปิด

4.6.1.5 การตั้งค่าระบบการเคลื่อนย้ายตะกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ฝาปิดที่อยู่บนตะกร้าจะถูกลำเลียงเข้าเครื่องจักรเพื่อทำการประกอบ ดังแสดงในรูปที่ 4.14 โดยเครื่องจะทำการหยิบจากตะกร้าทีละใบจนครบ 30 ฝาปิด แล้วก็จะทำการเปลี่ยนตะกร้าใหม่โดยกลับตะกร้าที่หมดลงด้านล่าง แล้วตะกร้าถัดไปก็จะเข้ามายังตำแหน่งทำงานแทน การตั้งระยะและทิศทางของตะกร้าย่อมส่งผลต่อความผิดพลาดของการหยิบของแขนกลตัวที่ 1 ต่อฝาปิดเช่นกัน



รูปที่ 4.14 แสดงระบบการลำเลียงตะกร้าฝาปิด

4.6.1.6 ความผิดพลาดของการทำงานของโปรแกรมของเครื่องจักร

การประมวลผลของโปรแกรมที่ผิดพลาดหรือไม่สามารถประมวลผลได้ ย่อยต้องมีการเริ่มประมวลผลใหม่ทำให้การทำงานของเครื่องจักรต้องเสียเวลามากขึ้น

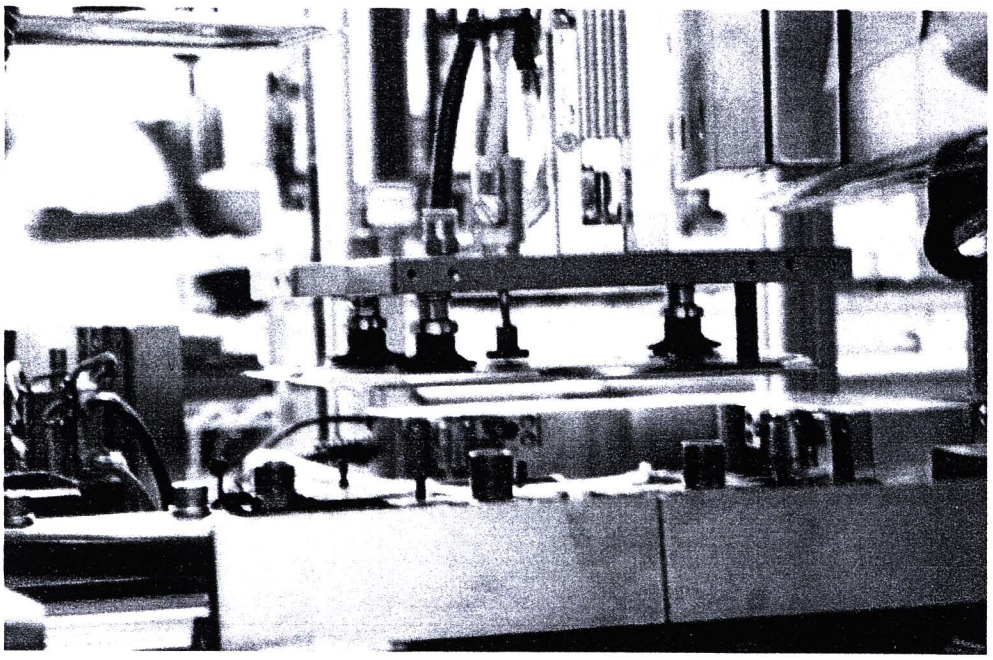
4.6.1.7 ส่วนประกอบของเครื่องจักรที่เป็นส่วนประกอบในการเคลื่อนที่ของเครื่องจักร

การเคลื่อนที่ของเครื่องปรกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟต้องทำใน 3 แกนคือ X, Y และ Z โดยการเคลื่อนที่จะมี 2 ระบบคือการเคลื่อนที่ด้วยมอเตอร์และการเคลื่อนที่ด้วยกระบอกสูบ ซึ่งความแม่นยำและความคงที่ของการเคลื่อนที่ด้วยมอเตอร์จะมีมากกว่า ส่วนการเคลื่อนที่ด้วยกระบอกสูบอาจจะมีความผันแปรของกระบวนการจากการต่อระบบลม ความแรงลม ซึ่งจะส่งผมต่อรอบเวลาการชักเข้าออก ของกระบอกสูบ ซึ่งจะส่งผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของของเครื่องจักรได้เช่นกัน

4.6.1.8 ส่วนประกอบของเครื่องจักรที่เป็นส่วนประกอบในการจับชิ้นงาน

ระบบหยิบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะใช้ยางสัมผัสกับฝาปิดดังแสดงในรูปที่ 4.15 แล้วทำการดูดลมออกเพื่อให้เกิดเป็นสุญญากาศ ทำให้สามารถยกฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขึ้นมาได้ และเมื่อต้องการวาง ก็เพียงแต่ปล่อยให้อากาศไหลเข้าไปเพื่อหยุดการเกิดระบบสุญญากาศ ทำให้สามารถวาง

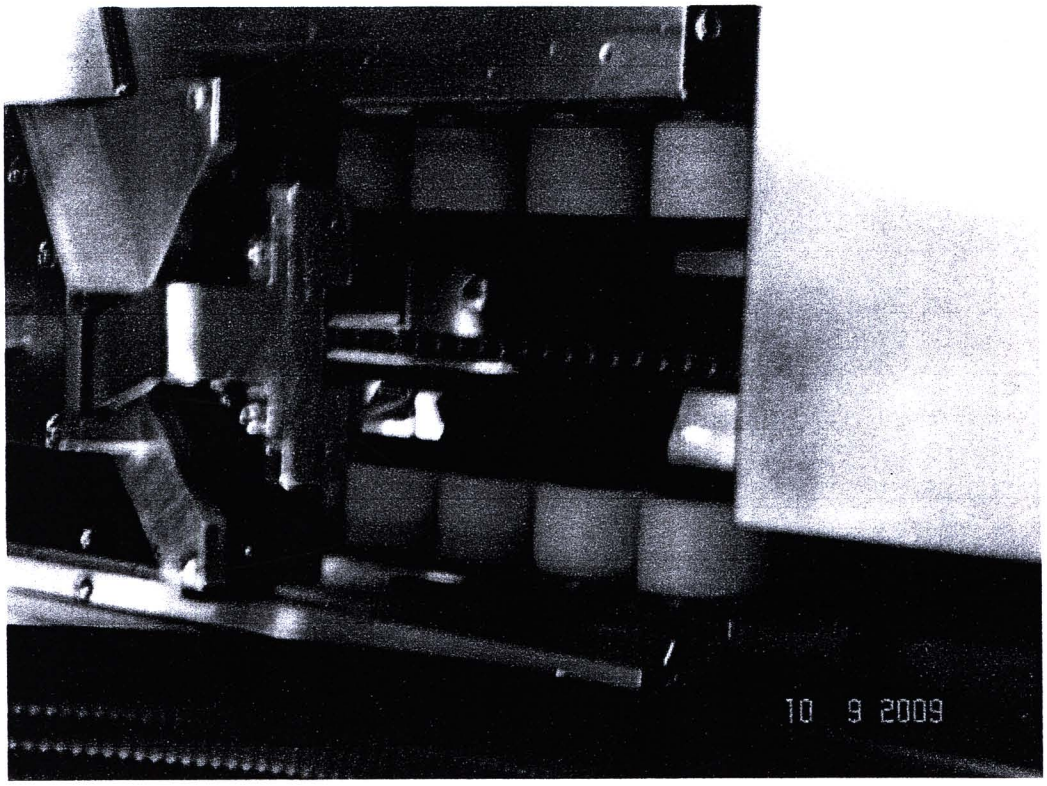
ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟลงได้ ยางที่ใช้สัมผัสกับฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก็จะมีอายุการใช้งาน ซึ่งสภาพของยางก็มีผลต่อการทำงานของระบบการหยิบจับ เช่น ถ้ายางคุณภาพไม่ดีก็จะเกิดการผิดพลาดในการหยิบจับและส่งผลต่อรอบเวลาการทำงานของเครื่องจักรได้เช่นกัน



รูปที่ 4.15 ระบบการหยิบจับฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

4.6.1.9 สายพานลำเลียงฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ระบบการลำเลียงฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากเครื่องจักรหนึ่งไปยังอีกเครื่องจักรหนึ่ง จะใช้ระบบสายพานลำเลียง โดยสายพานจะทำมาจากพลาสติกแข็งหุ้มด้วยพลาสติกอ่อนดังรูปที่ 4.16 เพื่อลดแรงกระแทกที่อาจจะเกิดขึ้นกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ความเร็วรอบของการหมุนของสายพานลำเลียงหรือความฝืดของพลาสติกที่สัมผัสกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก็มีส่วนต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรเช่นกัน

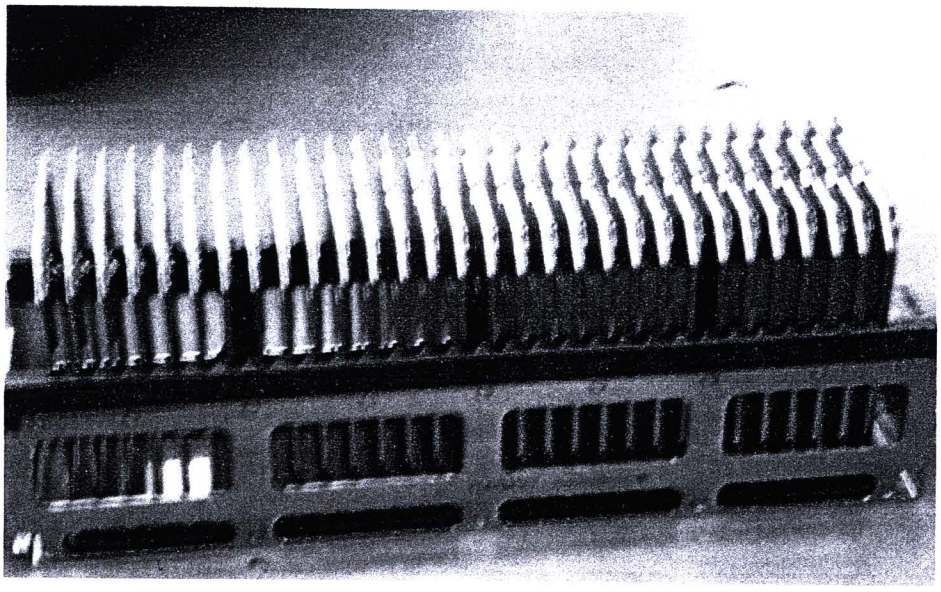


รูปที่ 4.16 สายพานลำเลียงของสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

4.6.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากวิธีการทำงาน

4.6.2.1 การหยิบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ต่างตำแหน่งกัน

เนื่องจากฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟถูกวางใส่ตะกร้าเพื่อล้างชิ้นงานก่อนเข้าเครื่องจักร โดยสามารถใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้ 30 ชิ้นต่อ 1 ตะกร้า ดังรูปที่ 4.17 ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะถูกป้อนเข้าเครื่องจักรในขณะที่อยู่ในตะกร้า แขนกลตัวที่ 1 จะทำการหยิบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ละชิ้นเพื่อไปประกอบ เนื่องจากตำแหน่งของฝาปิดตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 30 มีระยะต่างกัน ทำให้ระยะการเคลื่อนที่ของแขนกลมีระยะที่ต่างกัน ซึ่งจะส่งผลต่อความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในแต่ละรอบ



รูปที่ 4.17 การวางฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟบนตะกร้า

4.6.2.2 การเปลี่ยนตะกร้าเมื่อฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟหมดตะกร้า

เนื่องจากสามารถใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้ 30 ชิ้นต่อตะกร้าทำให้เมื่อเวลาฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟหมดตะกร้า เครื่องจักรจะต้องทำการเปลี่ยนตะกร้าใหม่ ซึ่งรอบเวลาการผลิตของชิ้นงานที่ต้องมีการเปลี่ยนตะกร้าด้วยอาจจะมีผลต่อรอบเวลาการผลิตที่เพิ่มขึ้น ทำให้ส่งผลกระทบต่อความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร

4.6.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากสภาพแวดล้อม

4.6.3.1ระบบลมที่ใช้ในเครื่องจักร

เครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟต้องอาศัยแรงลมในการเคลื่อนที่และการหยิบจับฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมาประกอบ ความไม่สม่ำเสมอของระบบลมที่จ่ายให้เครื่องจักรทำให้การทำงานของเครื่องจักรทั้งระบบการเคลื่อนที่ ระบบการหยิบจับมีโอกาสผิดพลาดหรือมีโอกาสทำให้เวลาการทำงานของเครื่องจักรมีความแปรปรวนเกิดขึ้นได้ โดยระบบลมที่ใช้ในเครื่องจักรจะเป็นระบบลมจากศูนย์กลางซึ่งปล่อยมาให้แต่ละสายงานการประกอบในห้องสะอาดและจะถูกแยกออกมาในแต่ละสายงานการประกอบ แล้วจึงถูกแยกออกมาในแต่ละเครื่องจักรอีกทีหนึ่ง

4.6.3.2 ระบบไฟที่ใช้ในเครื่องจักร

เครื่องจักรต้องใช้ไฟฟ้าเพื่อเป็นตัวขับเคลื่อนการเคลื่อนที่ของระบบแขนกลและระบบหยิบจับฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ อีกทั้งยังมีผลกับระบบการกำหนดระยะเคลื่อนที่และการกำหนดตำแหน่ง ระบบการจ่ายไฟที่อาจจะมีความไม่สม่ำเสมอเกิดขึ้นย่อมส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องจักรได้เช่นกัน

4.6.3.3 การสั่นสะเทือนของเครื่องจักร

ในการผลิตในห้องสะอาด ห้องสะอาดหนึ่ง ๆ จะบรรจุสายการประกอบและแยกชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟประมาณ 18 สายงาน โดยแต่ละสายงานจะมีจำนวนเครื่องจักรในการทำงานประมาณ 30 ถึง 40 เครื่อง และยังมีการขนส่งส่วนประกอบที่ต้องทำการขนย้ายโดยพนักงาน ซึ่งย่อมก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนเกิดขึ้นได้บนพื้นการของห้องสะอาด การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นย่อมมีผลกระทบกับการประกอบชิ้นส่วนที่ต้องอาศัยความละเอียดสูงในการประกอบ ซึ่งการสั่นสะเทือนก็อาจจะเป็นสาเหตุหนึ่งของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรเช่นกัน

4.6.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากพนักงานผู้ปฏิบัติงาน

4.6.4.1 ความชำนาญของผู้ปฏิบัติงานประจำเครื่องจักร

พนักงานที่มีหน้าที่ดูแลเครื่องจักรจะต้องทำการใส่ตะกร้าที่บรรจุฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าไปในเครื่องเมื่อฝาปิดถูกหยับไปประกอบจนเกือบหมด การวางตะกร้าของพนักงานที่ไม่ได้ระยะตามที่กำหนดก็ส่งผลต่อการหยิบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไปประกอบได้เช่นกัน อีกทั้งเมื่อเครื่องจักรเกิดการขัดข้องเล็กน้อยซึ่งต้องอาศัยการทำงานของพนักงานเข้าไปแก้ไข ความชำนาญและความรวดเร็วในการแก้ไขก็ส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตด้วยเช่นกัน

4.6.4.2 การบังระบบความปลอดภัยของเครื่องจักร

เนื่องจากเครื่องจักรถูกออกแบบให้มีระบบรักษาความปลอดภัย เพื่อป้องกันมิให้พนักงานยื่นอวัยวะเข้าไปในตัวเครื่องขณะที่เครื่องทำงานอยู่เพื่อป้องกันมิให้เกิดอุบัติเหตุและอันตรายต่อตัวพนักงาน แต่ก็มีบางกรณีที่พนักงานมักปิดบังระบบเซนเซอร์ของเครื่องทำให้เครื่องต้องมีการหยุดทำงานกลางคันและต้องเริ่มทำงานใหม่ ทำให้รอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรมีค่าสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อความแปรปรวนที่เพิ่มขึ้นด้วย

4.6.5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากวัตถุดิบ

4.6.5.1 แหล่งผู้ผลิตฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

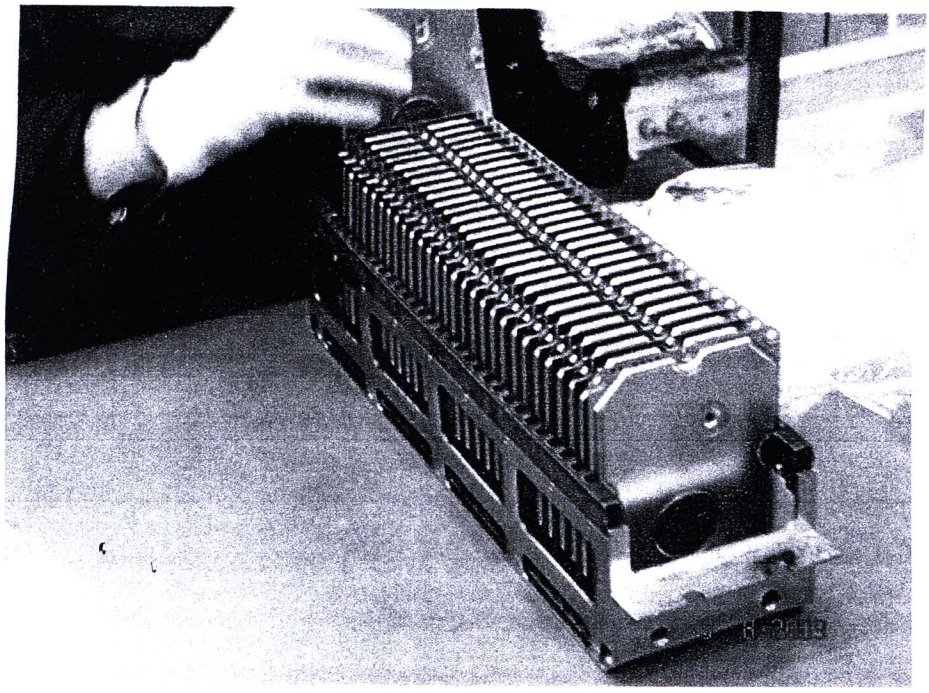
ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของผลิตภัณฑ์รุ่นนี้ จะถูกสั่งซื้อกับผู้ผลิตทั้งหมดสามที่ ซึ่งกระบวนการผลิตของทั้งสามที่อาจจะมีข้อแตกต่างกันออกไป และคุณภาพของฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่ว่าจะเป็น ขนาดกว้าง ยาว สูง ความเรียบ ความมัน น้ำหนัก ก็ย่อมมีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละผู้ผลิต ซึ่งความแตกต่างเหล่านี้ย่อมส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตของเครื่องจักร ละอาจจะส่งผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยก็ได้

4.6.5.2 ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่ผ่านข้อกำหนดเข้ามาปะปนในกระบวนการผลิต

การที่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ไม่ผ่านข้อกำหนดเช่น ขนาดกว้าง ยาว สูง ไม่ได้มาตรฐาน ปะปนเข้ามาสู่กระบวนการผลิต ทำให้เครื่องจักรไม่สามารถหยิบหรือติดตั้งได้ตามที่ได้ตั้งค่าของเครื่องจักรไว้ ทำให้ต้องมีการเสียจังหวะในรอบการผลิตนั้นไป ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตทำให้เกิดความแปรปรวนเกิดขึ้น

4.6.5.3 ตะกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ตะกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟดังแสดงในรูปที่ 4.18 ต้องผ่านกระบวนการล้าง อบด้วยอุณหภูมิสูง ทำให้พลาสติกส่วนที่เป็นตัวรองและประคองชิ้นงาน อาจจะเสียรูป ทำให้ชิ้นงานมีการวางในตำแหน่งที่ไม่สามารถหยิบได้โดยแขนกล หรือตะกร้าที่ขนาดไม่ได้มาตรฐานปะปนเข้ามาในกระบวนการผลิต ทำให้เครื่องจักรไม่สามารถทำงานได้ ซึ่งจะส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตซึ่งจะทำให้ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตสูงขึ้น

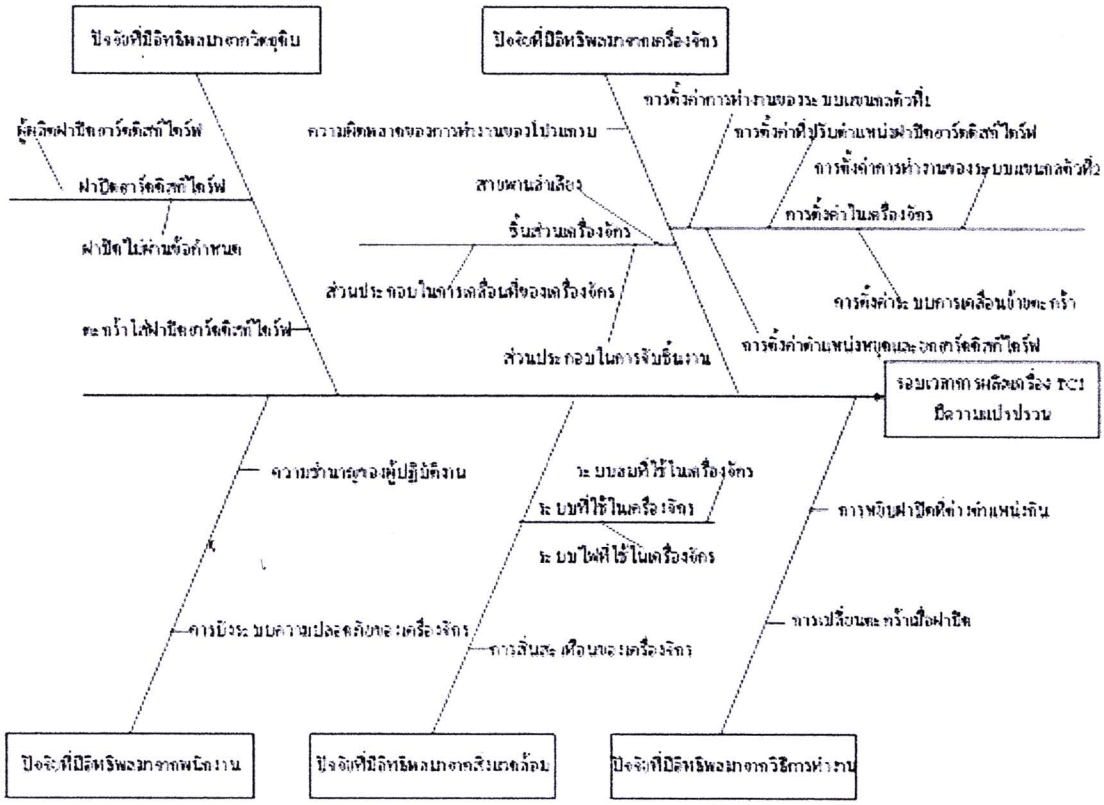


รูปที่ 4.18 แสดงการใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในตะกร้า

4.6.5.4 ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่นำมาประกอบฝาปิด

เนื่องจากฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก่อนที่จะนำมาประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ต้องประกอบด้วยชิ้นส่วนอื่น ๆ มาก่อนจนเกือบทุกชิ้นส่วนก่อนถูกปิดฝา ซึ่งความผันแปรของชิ้นส่วนที่ถูกประกอบมาก่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนประกอบที่เรียกว่าฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Motor base assembly: MBA) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะต้องถูกวางประกบปิดโดยตรง ดังนั้นความผันแปรของขนาด น้ำหนัก ของฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก็อาจจะมีผลต่อกระบวนการประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก็เป็นไปได้

โดยเมื่อทำการระดมความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดสามารถเขียนแผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ที่อาจจะเป็นสาเหตุให้เกิดความรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 แสดงผังเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)
ของสาเหตุความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI

4.7 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ

เมื่อได้ระดมความคิดเพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เกิดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปก็จะเป็นการวิเคราะห์ว่าสาเหตุใดมีผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิต มีโอกาสการเกิดข้อผิดพลาดขึ้น และมีระบบตรวจจับความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด โดยจะใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA)

โดยเริ่มต้นของการทำ FMEA จะต้องทำการกำหนดมาตรฐานของการให้ระดับคะแนนของความรุนแรงของผลกระทบที่เกิด (Severity of Effect: S) ความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาด (Occurrence, Probability of Failure: O) และระบบตรวจจับความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น (Detection, Likelihood that control will detect Failure: D) โดยสามารถแบ่งระดับของ S, O และ D ซึ่งการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของเครื่อง TCI สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

4.7.1 การกำหนดระดับความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร TCI (Severity of Effect: S)

จากการเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร TCI พบว่า รอบเวลาการผลิตสูงสุดที่พบคือ 28.4 วินาที ในขณะที่รอบเวลาการผลิตเป้าหมายคือ 4.5 วินาที เมื่อต้องการแบ่งระดับความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร TCI เป็น 10 ระดับ ดังนั้นการทำงานของเครื่องจักรที่มีค่าเกิน 4.5 วินาทีถือได้ว่าทำงานผิดพลาด ซึ่งสามารถแบ่งช่วงระดับของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรได้โดยการคำนวณนี้

$$\text{ช่วงของรอบเวลาการผลิต} = \frac{\text{รอบเวลาการผลิตสูงสุด} - \text{รอบเวลาการผลิตเป้าหมาย}}{\text{จำนวนของระดับที่ต้องการ}}$$

เมื่อแทนค่าจะได้

$$\text{ช่วงของรอบเวลาการผลิต} = \frac{28.4 - 4.5}{10}$$

$$= 2.39 \text{ วินาที}$$

เพราะฉะนั้นระดับความรุนแรงที่ช่วงที่ 1 จะมีค่าของรอบเวลาการผลิตตั้งแต่ 4.5 ถึง 4.5+2.39 วินาที ซึ่งก็คือ 4.5 ถึง 6.89 วินาทีนั่นเอง ส่วนช่วงที่สองจะมีค่าของรอบเวลาการผลิตตั้งแต่ 6.90 ถึง 6.90+2.39 วินาที ซึ่งก็คือ 6.90 ถึง 9.29 วินาทีนั่นเอง ซึ่งจะได้ระดับความรุนแรงทั้งหมด 10 ระดับซึ่งก็คือรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ในแต่ละช่วงดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงระดับความรุนแรงของผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI

รายละเอียดความรุนแรงที่เกิดขึ้น	รอบเวลาการผลิต (วินาที)	ระดับความรุนแรง
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 4.50 - 6.89 วินาที	4.50 - 6.89	1
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 6.90 - 9.29 วินาที	6.90 - 9.29	2
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 9.30 - 11.69 วินาที	9.30 - 11.69	3
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 11.10 - 14.09 วินาที	11.10 - 14.09	4
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 14.10 - 16.49 วินาที	14.10 - 16.49	5
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 16.50 - 18.89 วินาที	16.50 - 18.89	6
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 18.90 - 21.29 วินาที	18.90 - 21.29	7
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 21.30 - 23.69 วินาที	21.30 - 23.69	8
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 23.70 - 26.09 วินาที	23.70 - 26.09	9
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่ามากกว่า 26.10 วินาที	26.10 ขึ้นไป	10

4.7.2 ความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดของเครื่อง TCI (Occurrence, Probability of Failure: O)

จากการสุ่มตัวอย่างเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร TCI พบว่า โอกาสที่รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าสูงกว่ารอบเวลาการผลิตเป้าหมายคือ 4.5 วินาที มีค่าเท่ากับ 23.6% ซึ่งถ้ากำหนดระดับของโอกาสที่พบรอบเวลาการผลิตมากกว่าค่าเป้าหมายไว้ที่ 10 ระดับ จะมาสามารถกำหนดโอกาสในแต่ละช่วงระดับได้จากการคำนวณดังนี้

$$\text{ช่วงของโอกาส} = \frac{\text{โอกาสที่รอบเวลาการผลิตสูงกว่าค่าเป้าหมาย}}{\text{จำนวนของระดับที่ต้องการ}}$$

เมื่อแทนค่าจะได้

$$\text{ช่วงของโอกาส} = \frac{23.6}{10}$$

$$= 2.36\ \%$$

เพราะฉะนั้นระดับของโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ที่ช่วงที่ 1 จะมีค่าตั้งแต่ 0.00% ถึง 2.36% ส่วนช่วงที่สองจะมีค่าของรอบเวลาการผลิตตั้งแต่ 2.37% ถึง 4.73% ซึ่งจะได้ระดับระดับความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ทั้งหมด 10 ระดับดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงระดับความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI

รายละเอียดความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาด	โอกาสที่เกิดข้อผิดพลาด	ระดับโอกาส
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 0 - 2.36 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	0.00 - 2.36 %	1
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 2.37 - 4.73 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	2.37 - 4.73 %	2
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 4.74 - 7.10 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	4.74 - 7.10 %	3
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 7.11 - 9.47 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	7.11 - 9.47 %	4
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 9.48 - 11.84 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	9.48 - 11.84 %	5
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 11.85 - 14.21 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	11.85 - 14.21 %	6
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 14.22 - 16.58 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	14.22 - 16.58%	7
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 16.59 - 18.95 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	16.59 - 18.95 %	8
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 18.96 - 21.32 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	18.96 - 21.32 %	9
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 21.33 ตัวขึ้นไปจากการผลิต 100 ตัว	21.33 % ขึ้นไป	10

4.7.3 ระบบตรวจจับความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นของเครื่อง TCI (Detection, Likelihood that control will detect Failure: D)

การที่ระบบการตรวจวัดกระบวนการทำงานที่ผิดพลาดของเครื่องจักร หรือวัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน เกิดความผิดพลาดเกิดขึ้น ทำให้มีความผิดพลาดหลุดเข้ามาสู่ระบบ จำนวนความผิดพลาดที่มีโอกาสเข้ามาสู่ระบบโดยระบบการตรวจวัดผิดพลาดสามารถแบ่งแยกออกเป็น 10 ระดับ ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงระดับถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบ

รายละเอียดระบบตรวจจับความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น	ความผิดพลาดหลุดเข้าสู่ระบบ	ระดับการตรวจจับ
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 10,000	1 ใน 10,000	1
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 5,000	1 ใน 5,000	2
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 2,000	1 ใน 2,000	3
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 1,000	1 ใน 1,000	4
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 500	1 ใน 500	5
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 200	1 ใน 200	6
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 100	1 ใน 100	7
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 50	1 ใน 50	8
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 20	1 ใน 20	9
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 10	1 ใน 10	10

4.7.4 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI

กระบวนการ	ข้อบกพร่องเกิดมาจาก	ข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้น	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น	SEV	สาเหตุที่เป็นไปได้	OCC	วิธีการควบคุมในปัจจุบัน	DET	RPN
เครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ TCI	วิธีการทำงาน	การหยิบฝาปิดที่แตกต่างตำแหน่งกัน	ระยะเคลื่อนตัวของแขนกลเพื่อไปหยิบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ต่างตำแหน่งกัน	1	การวางฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในตระกร้าที่ตำแหน่งต่างกัน	2	พนักงานสามารถวางได้ในช่องที่กำหนดเท่านั้นเนื่องจากการออกแบบของตระกร้า	2	4
		เกิดการรอระหว่างการเปลี่ยนตะกร้าเมื่อฝาปิดหมด	เกิดการรอระหว่างขั้นตอนการเปลี่ยนตระกร้า	2	เมื่อฝาปิดถูกใช้จนครบ 30 ชิ้น	2	ไม่มี	9	36
	สิ่งแวดล้อม	การสั่นสะเทือนของเครื่องจักร	ทำให้การเคลื่อนที่ไปยังระยะที่ตั้งไว้ผิดพลาด	4	การสั่นสะเทือนที่เกิดจากเครื่องจักร TCI เองและเครื่องจักรที่ติดกัน	5	ไม่มี	9	180
		ระบบไฟที่ใช้ในเครื่องจักร	ทำให้การเคลื่อนที่ของเครื่องจักรผิดตำแหน่ง หรือช้าไป	2	การจ่ายไฟเพื่อใช้ในเครื่องจักรไม่สม่ำเสมอ	2	อุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้า	2	8
		ระบบลมที่ใช้ในเครื่องจักร	ทำให้การเคลื่อนที่ของเครื่องจักรผิดตำแหน่ง หรือช้าไป	2	การจ่ายลมเพื่อใช้ในเครื่องจักรไม่สม่ำเสมอ หรือระดับน้อยกว่าที่ต้องการ	3	มีระบบเกจวัดลม	2	12
	พนักงาน	ปังระบบความปลอดภัยของเครื่องจักร	เครื่องหยุดการทำงาน	2	พนักงานเผลอ	2	มีระบบการฝึกอบรม ข้อควรระวังและจะมีเสียงเตือนเมื่อมีการปังระบบความปลอดภัย	8	32
		ความชำนาญของผู้ปฏิบัติงาน	การแก้ไขข้อผิดพลาดการทำงานใช้เวลานาน	7	พนักงานใหม่ ไม่มีความเชี่ยวชาญ	5	ระบบการบันทึกการฝึกอบรม	6	210
	วัตถุดิบ	ผู้ผลิตฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีมาตรฐานแตกต่างกันซึ่งส่งผลต่อการตั้งค่าต่างๆของเครื่องจักรที่ผิดพลาด	3	คุณภาพของแต่ละผู้ผลิตแตกต่างกัน	4	มีแผนภูมิควบคุมจากผู้ผลิตและการสุ่มตรวจ	2	24
		ฝาปิดไม่ผ่านข้อกำหนด	เครื่องจักรไม่สามารถวางฝาปิดได้	7	ขนาดของฝาปิดไม่ได้มาตรฐาน	3	มีแผนภูมิควบคุมจากผู้ผลิตและการสุ่มตรวจ	2	42
		ตระกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ไม่ได้มาตรฐาน	การหยิบฝาปิดผิดพลาด	7	ขนาดของตระกร้าไม่ได้มาตรฐาน หรือมีการเปลี่ยนรูปร่างระหว่างกระบวนการผลิต	5	ดูด้วยตา	8	280
	เครื่องจักร	การทำงานที่ผิดพลาดจากการตั้งค่าการทำงานของแขนกลตัวที่ 1	ไม่สามารถหยิบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากตระกร้าได้	7	การตั้งค่าระยะการเคลื่อนที่ที่ผิดพลาด	5	มีการระบุการตั้งค่าที่เป็นมาตรฐานของแต่ละเครื่อง	4	140
		ระบบการเคลื่อนย้ายตระกร้าไม่ตรงตามตำแหน่ง	ไม่สามารถหยิบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากตระกร้าได้	7	การตั้งค่าระยะการเคลื่อนที่ที่ผิดพลาด	3	มีการระบุการตั้งค่าที่เป็นมาตรฐานของแต่ละเครื่อง	4	84
		การตั้งค่าที่ปรับตำแหน่งฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ไม่เหมาะสม	การวางฝาปิดกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟผิดพลาดได้	5	การปรับตั้งระยะไม่ได้มาตรฐาน	3	มีเกจในการปรับตั้งเครื่องจักร	4	60
		ความผิดพลาดของการทำงานของโปรแกรม	ตั้งเริ่มทำงานของโปรแกรมใหม่	4	การเขียนโปรแกรมผิดพลาด	2	ก่อนการลงโปรแกรมใหม่จะมีการทดสอบโดยวิศวกรผู้ออกแบบ	2	16
		การทำงานที่ผิดพลาดจากการตั้งค่าการทำงานของแขนกลตัวที่ 2	ไม่สามารถหยิบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากที่ปรับตำแหน่งฝาปิด	5	การตั้งค่าระยะการเคลื่อนที่ที่ผิดพลาด	5	มีการระบุการตั้งค่าที่เป็นมาตรฐานของแต่ละเครื่อง	4	100
		ส่วนประกอบการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรเสื่อมสภาพ	การเคลื่อนที่ด้วยกระบอกสูบอาจจะมีความผันแปร	4	ขาดการบำรุงรักษาที่ดี	5	มีระบบการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน	4	80
		การตั้งค่าตำแหน่งหยุดและยกฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่เหมาะสม	การประกบฝาปิดกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	4	การปรับตั้งระยะไม่ได้มาตรฐาน	4	มีการระบุการตั้งค่าที่เป็นมาตรฐานของแต่ละเครื่อง	4	64
		ส่วนประกอบในการจับชิ้นงานเสื่อมสภาพ	ทำให้ยางไม่แนบกับฝาปิดและเกิดการหยิบที่ผิดพลาด	7	การใช้งานที่เป็นเวลานานเกินไป	4	ช่างเทคนิคตรวจสอบดูสภาพ	4	112

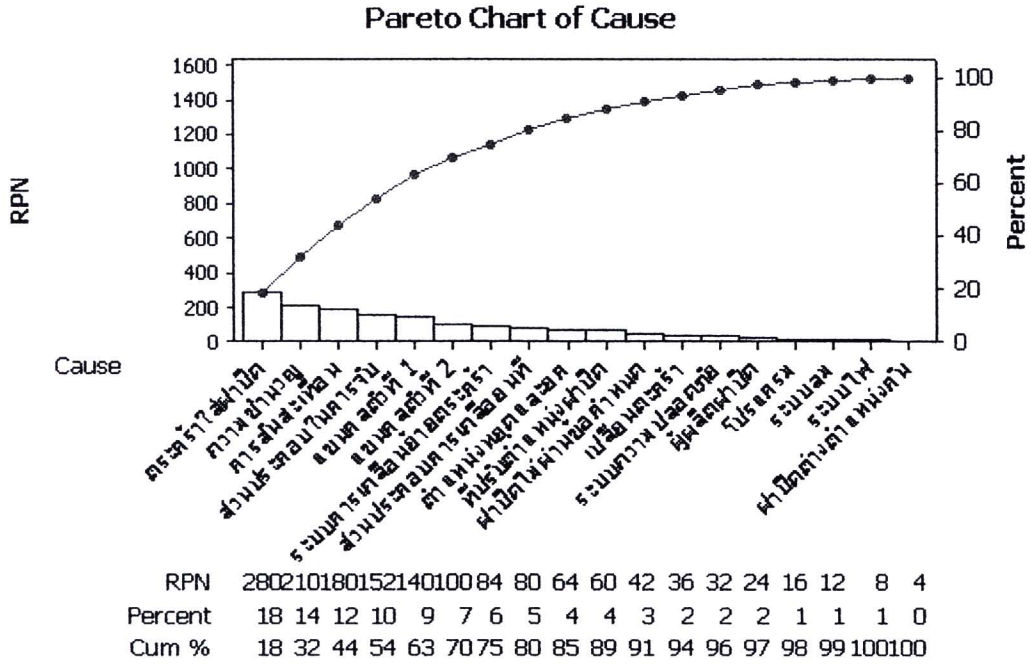
รูปที่ 4.20 แสดงการวิเคราะห์ FMEA ของเครื่อง TCI

หลังจากที่ทำการกำหนดระดับคะแนนของค่าระดับผลกระทบ ความถี่ และความสามารถในการตรวจจับ ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องจะทำการให้คะแนนของแต่ละสาเหตุของปัญหาดัง

แสดงในรูปที่ 4.20 ก็สามารถกำหนดระดับ RPN (Risk Priority Number) ของแต่ละสาเหตุ ซึ่งสาเหตุของปัญหาที่มีค่า RPN สูงสุดในลำดับต้นๆ 60% แรกคือ

1. สาเหตุจากตะกร้าใส่ฝาปิดไม่ได้มาตรฐานมีค่า RPN ที่ 280
2. สาเหตุจากจากความชำนาญของผู้ปฏิบัติงานมีค่า RPN ที่ 210
3. สาเหตุจากจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรมีค่า RPN ที่ 180
4. สาเหตุจากจากการทำงานที่ผิดพลาดจากการตั้งค่าการทำงานของแขนกลตัวที่ 1 มีค่า RPN ที่ 140
5. สาเหตุจากจากส่วนประกอบในการจับชิ้นงานเสื่อมสภาพมีค่า RPN ที่ 112

จากการวิเคราะห์หาความรุนแรงของสาเหตุของปัญหาจาก FMEA ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI สามารถสรุปเป็นแผนผังพาเรโตของค่า RPN ของแต่ละสาเหตุของปัญหา ได้ดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 แสดงแผนภูมิพาเรโตของความรุนแรงจากการวิเคราะห์ด้วย FMEA ของเครื่อง TCI

4.8 บทสรุป

1. กลุ่มตัวอย่างที่ทำการสุ่มรอบเวลาการผลิตของทุกเครื่องจักรส่วนใหญ่จะมีการกระจายเหมือนกับการกระจายแบบ 3 Parameter Loglogistics มากที่สุด

2. โอกาสที่รอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาที เมื่อเรียงจากมากคือเครื่อง TCI โดยมีโอกาสที่ 23.60% รองลงมาคือเครื่อง BDL โดยมีโอกาสที่ 22.60% และเครื่อง CS3 โดยมีโอกาสที่ 19.60% ตามลำดับ

3. ทำการเลือกที่จะปรับปรุงความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI เป็นลำดับแรก

4. ปัจจัยที่มีโอกาสก่อให้เกิดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตเครื่อง TCI ซึ่งมีค่าระดับ RPN (Risk Priority Number) สูง และถูกเลือกที่จะทำการปรับปรุงสาเหตุของปัญหาในขั้นตอนต่อไป คือ

- อิทธิพลเนื่องมาจากตะกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่ได้มาตรฐาน
- อิทธิพลเนื่องมาจากความชำนาญของผู้ปฏิบัติงาน
- อิทธิพลเนื่องมาจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร
- อิทธิพลเนื่องมาจากการทำงานที่ผิดพลาดจากการตั้งค่าการทำงานของแขนกลตัวที่ 1
- อิทธิพลเนื่องมาจากส่วนประกอบในการจับชิ้นงานเสื่อมสภาพ

5. สามารถสรุปเป็นแผนภาพการลำดับความสำคัญของกระบวนการแก้ไขปัญหา โดยจัดลำดับความสำคัญว่าควรจะปรับปรุงเครื่องจักรอะไรเป็นลำดับแรกจากทั้งหมด 38 เครื่องจักร และแนวทางในการเลือกปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหาของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต ของเครื่องจักรที่เลือกมาทำการปรับปรุง ดังแสดงในรูปที่ 4.22

1. เก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทุกเครื่องจักรในสายการประกอบ

⇩

2. ทดสอบว่าข้อมูลตัวอย่างที่เก็บมามีคุณสมบัติเป็นตัวแปรแบบสุ่ม (Random Sample) หรือไม่ โดยการคุณสมบัติที่ไม่ขึ้นอยู่ด้วยกันและที่มีการกระจายเหมือนกัน (IID)

⇩

3. ทดสอบว่าจำนวนข้อมูลสุ่มมาเป็นตัวอย่างเพียงพอที่ความน่าเชื่อถือ 95%หรือไม่

⇩

4. ทดสอบว่าแต่ละเครื่องมีข้อมูลรอบเวลาการผลิตเหมือนการกระจาย (Distribution) ตัวแบบใดมากที่สุด

⇩

5. นำข้อมูลมาหาค่าทางสถิติซึ่งขึ้นอยู่กับว่าข้อมูลรอบเวลาการผลิตของแต่ละเครื่องจักรเหมือนการกระจายแบบใดในข้อที่ 4

⇩

6. หาโอกาสที่รอบเวลาการผลิตของแต่ละเครื่องจักรว่ามากกว่า 4.5 วินาที ว่าเป็นกี่เปอร์เซ็นต์

⇩

รูปที่ 4.22 แสดงการลำดับความสำคัญของกระบวนการแก้ไขปัญหา

7. เปรียบเทียบว่าเครื่องจักรทั้งหมดเครื่องใดมีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าค่าเป้าหมายมากที่สุด และเลือกมาทำการปรับปรุง

⇩

8. ศึกษารายละเอียดกระบวนการผลิตของเครื่องที่เลือกมาปรับปรุง เพื่อที่จะวิเคราะห์หาสาเหตุได้ครบถ้วนมากขึ้น

⇩

9. Brainstorm หาสาเหตุของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องที่จะปรับปรุงโดยใช้ Cause and Effect diagram

⇩

10. นำทุกสาเหตุที่ได้จากข้อ 9 มาทำFMEA เพื่อจัดลำดับความสำคัญสาเหตุของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

⇩

11. เลือกสาเหตุที่มีค่า RPN สูงสุดใน 60% แรก เพื่อจะทำการปรับปรุงสาเหตุของปัญหาในขั้นตอนต่อไป

รูปที่ 4.22 แสดงการลำดับความสำคัญของกระบวนการแก้ไขปัญหา (ต่อ)