สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

วิธีการอย่างเป็นระบบของการซ่อมบำรุงบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือของเครื่องเป่าฟิล์มบรรจุภัณฑ์

พิทักษ์ คร้ามทุ่ง

31 ส.ค. 2559
365502 TH00 ล43 28

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
พฤศจิกายน 2555
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบปากเปล่าวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ พิทักษ์ คร้ามทุ่ง ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ดร. ฤภูวัลย์ จันทรสา)

คณะกรรมการสอบปากเปล่าวิทยานิพนธ์

.....ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิทธิพร พิมพ์สกุล)

.....กรรมการ
(ดร. ฤภูวัลย์ จันทรสา)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย ศรีวิริยรัตน์)

คณะวิศวกรรมศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ดร. อาณัติ ดีพัฒนา)
วันที่ 15 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ 2555

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ดร. ฤภูวัลย์ จันทรสา อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบปากเปล่าวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง รวมถึงตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณครอบครัว รวมทั้งเพื่อน ๆ ที่ให้กำลังใจ และสนับสนุนผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง

คุณค่าและคุณประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ผู้วิจัยเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

พิทักษ์ คร้ามทุ่ง

4992532: สาขาวิชา: วิศวกรรมอุตสาหการ; วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
คำสำคัญ: ระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกัน/ ความน่าเชื่อถือ/ ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ/
เครื่องเป่าฟิล์ม

พิทักษ์ คร้ามทุ่ง: วิธีการอย่างเป็นระบบของการซ่อมบำรุงบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือของเครื่องเป่าฟิล์มบรรจุภัณฑ์ (A SYSTEMATIC APPROACH OF RELIABILITY BASED MAINTENANCE FOR A FILM BLOWER MACHINE) อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์: ดร. ฤฎูวัลย์ จันทรสา, 190 หน้า. ปี พ.ศ. 2555.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการอย่างเป็นระบบของการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ และพัฒนาโปรแกรมช่วยตัดสินใจในการกำหนดระยะเวลาการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องเป่าฟิล์ม ระบบการซ่อมบำรุงที่พัฒนาขึ้นจะช่วยลดเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นจากปัญหาการขัดข้องและเสียหายของเครื่องจักรอย่างกะทันหันในระหว่างการผลิตของเครื่องเป่าฟิล์ม ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่มีค่าใช้จ่ายในการดั้งเครื่องจักรสูง การศึกษาได้วิเคราะห์อาการผิดปกติและผลกระทบความเสียหายของเครื่องจักร เพื่อกำหนดมาตรฐานการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ในส่วนของรอบการบำรุงรักษาได้ทำการวิเคราะห์โหมดการแจกแจงของข้อมูลตามรอบการบำรุงรักษาและช่วงเวลาการขัดข้องของเครื่องจักรด้วยโปรแกรมช่วยตัดสินใจการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ การประเมินด้านความน่าเชื่อถือของช่วงเวลาการบำรุงรักษา จะกำหนดที่ร้อยละ 95 และการประเมินด้านค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาจะพิจารณาตามรอบการบำรุงรักษาที่มีค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาต่ำสุด โดยเปรียบเทียบจากค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขและค่าความน่าเชื่อถือของส่วนประกอบจากข้อมูลย้อนหลัง 1 ปี การเปรียบเทียบผลการปรับปรุงด้วยโปรแกรมตัดสินใจ การบำรุงรักษาเชิงป้องกันทำให้ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันลดลง 255,467 บาท คิดเป็น 83.35% แต่ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขเพิ่มขึ้น 15,144 บาท คิดเป็น10.79% สามารถลดค่าใช้จ่ายรวมของการบำรุงรักษาลง 240,323 บาท ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความถี่ของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเดิมที่กำหนดมากเกินความจำเป็น

49925632: MAJOR: MASTER OF INDUSTRIAL ENGINEERING; M.Eng. (INDUSTRAIL ENGINEERING)

KEYWORDS: PREVENTIVE MAINTENANCE/ RELIABILITY/ DECISION SUPPORT SYSTEM/ FILM BLOWER MACHINE

PITHAK KHRAMTUNG: A SYSTEMATIC APPROACH OF RELIABILITY BASED MAINTENANCE FOR A FILM BLOWER MACHINE. ADVISOR: RUEPHUWAN CHANTRASA, Ph.D., 190 PAGES. 2012.

This research aims to develop the reliability based systematic approach for the film blower machine maintenance and a decision support system (DSS) to identify an appropriate maintenance period for each part of the machine. This development would reduce the time consumed from an unexpected breakdown of the machine during the film blowing process which has high cost for resetting the machine. To develop the standard procedure for preventive maintenance, the failure modes of the machine breakdown and the effect from machine breakdown were analyzed. The decision support system was divided into two parts. The first part was the evaluation of the reliability of the maintenance period which was set at 95%. In the other part, the optimal maintenance period was determined by considering the minimum maintenance cost. The optimum maintenance period was compared by considering the preventive maintenance cost, corrective maintenance cost and the reliability of machine part form the historical data in the past year. The results from DSS program showed that the new maintenance plan caused reduction in the preventive maintenance cost by 255,467 baht, or 83.35% reduction. Whereas, the corrective maintenance cost was increased by 15,144 baht, or 10.79% increasing. As the result, the total maintenance cost was reduced by 240,323 baht, indicating the exceed frequency of the former maintenance plan.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 4

ขอบเขตของการวิจัย 4

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 5

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

หลักการพื้นฐานของระบบอัดรีด 6

กรรมวิธีผลิตฟิล์มโดยการเป่า (Blown Film Extrusion) 8

รูปแบบการบำรุงรักษา 15

การบำรุงรักษาแบบปรับปรุง (Improvement Maintenance) 15

การบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance) 16

การบำรุงรักษาแบบแก้ไข (Corrective Maintenance) 18

ความน่าเชื่อถือและการทำกิจกรรมบำรุงรักษาเครื่องจักร 19

ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือ (The Reliability Function) 19

ชนิดของฟังก์ชันความน่าเชื่อถือ 20

ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่สำคัญ 21

การประมาณค่าพารามิเตอร์ความน่าเชื่อถือ (Reliability Parameters Estimation) 31

วิศวกรรมความน่าเชื่อถือ (Reliability Engineering) 35

ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษา (Maintenance Costs) 37

นโยบายการบำรุงรักษาที่ดีที่สุด (Optimal Maintenance Policies) 38

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	เกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกนโยบายการบำรุงรักษาที่ดีที่สุด	39
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	40
3	วิธีดำเนินงานวิจัย	50
	ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลเชิงสถิติการชำรุดของเครื่องจักร	51
	กำหนดรูปแบบความเสียหาย	58
	วิเคราะห์แจกแจงข้อมูลการชำรุดและโหมดการเสีย	59
	รูปแบบการวิเคราะห์การบำรุงรักษาเครื่องจักรบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ	59
	รูปแบบการวิเคราะห์การบำรุงรักษาเครื่องจักรค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม	60
	สร้างโปรแกรมการตัดสินใจการบำรุงรักษาเครื่องจักร	60
	โปรแกรมการประเมินรูปแบบการบำรุงรักษาด้านความน่าเชื่อถือ	60
	โปรแกรมการประเมินรูปแบบการบำรุงรักษาด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม	63
	จัดทำแผนการบำรุงรักษาและการซ่อมบำรุงรักษา	67
	มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร	68
	แผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	68
	ประเมินผลการปรับปรุงและข้อเสนอแนะ	71
4	ผลการดำเนินงานวิจัย	72
	ศึกษาข้อมูลของโรงงานตัวอย่าง	72
	สภาพการผลิตโดยรวมของโรงงานตัวอย่าง	73
	ส่วนประกอบหลักของเครื่องเป่าฟิล์ม	75
	ชุดดูดเม็ดและชุดผสมเม็ดพลาสติก (Blender)	75
	ชุดหลอมเม็ดพลาสติกและตะแกรงกรองสิ่งแปลกปลอม (Extruder)	76
	ชุดเป่าขึ้นรูปฟิล์ม (Die Head)	76
	ชุดเป่าลมเย็นให้ฟิล์มเซ็ตตัว (IBC Airing)	77
	ชุดทำความเย็น (Chiller Unit)	77
	ชุดปรับหนา-บางและหน้ากว้างฟิล์ม	78
	ชุดรีดลม (Bubble Cage)	79

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	ชุดเกลี่ยความหนาฟิล์ม (Hual Off)	79
	ชุดระเบิดผิวฟิล์ม (Corona Treatment)	80
	ชุดเก็บม้วนฟิล์ม (Winder)	80
	ผลิตภัณฑ์หลักของโรงงานกรณีศึกษา	81
	รวบรวมข้อมูลเชิงสถิติการชำรุดของเครื่องจักร	83
	รูปแบบการประเมินการบำรุงรักษาด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม	84
	วิเคราะห์แจกแจงข้อมูลการชำรุด และโหมดการเสีย	92
	ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์สรุปตามรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	93
	รูปแบบการประเมินการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้านความน่าเชื่อถือ	97
	รวบรวมช่วงเวลาความเสียหาย (Time to Failure) ของชิ้นส่วน	97
	สร้างโปรแกรมการตัดสินใจรอบการบำรุงรักษาเครื่องจักร	103
	โปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้านความน่าเชื่อถือ	117
	โปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม	122
	ทวนสอบผลของโปรแกรมด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม	123
	กำหนดรูปแบบความเสียหาย	131
	จัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	133
	มาตรฐานการบำรุงรักษา	133
	แผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	133
	ประเมินผลการปรับปรุง	140
5	อภิปรายและสรุปผล	145
	สรุปผลการศึกษา	145
	สรุปและอภิปรายผล	148
	ข้อเสนอแนะ	149
บรรณานุกรม		150

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก	153
ภาคผนวก ก	154
ภาคผนวก ข	158
ภาคผนวก ค	176
ประวัติย่อของผู้วิจัย	190

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	ข้อดี-ข้อเสียหัวไดแบบพลาสติกเข้าทางด้านข้าง	9
2-2	ข้อดี-ข้อเสียหัวไดแบบพลาสติกเข้าทางด้านล่าง	10
2-3	ข้อดี-ข้อเสียหัวไดแบบแกนเป็นเกลียวเลื้อย	11
3-1	ตัวอย่างการสรุปความถี่ของการขัดข้องของเครื่องจักรรอบการบำรุงรักษาทุก 1 ปี	56
3-2	ตัวอย่างการสรุปความถี่ของการขัดข้องของเครื่องจักรรอบการบำรุงรักษาทุกเดือน	57
3-3	ข้อมูลตามช่วงเวลาความเสียหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์	58
3-4	วิธีการทดสอบภาวะสารูปสนิทดี (Goodness of Fit Test) ในแต่ละการแจกแจง	60
3-5	แบบฟอร์มมาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร	69
4-1	รายละเอียดของพลาสติกที่ใช้กับผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ	73
4-2	รูปแบบของการประเมินรูปแบบบำรุงรักษาแต่ละส่วนประกอบ	83
4-3	ความถี่ของการขัดข้องของส่วนประกอบหลังจากการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	84
4-4	อัตราค่าแรงงานเฉลี่ยของพนักงานฝ่ายผลิต	86
4-5	สรุปรายการอุปกรณ์ที่ทำการเปลี่ยนและมูลค่าใตแต่ละปี	86
4-6	ปริมาณความเสียหายด้านวัตถุดิบของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	87
4-7	สรุปค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเฉลี่ยขณะหยุดเครื่องเป่าฟิล์มของส่วนประกอบชุดเป่าลมเย็นให้ฟิล์มเซ็ตตัว (IBC Air Ring)	88
4-8	สรุปค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเฉลี่ยขณะหยุดเครื่องเป่าฟิล์มในช่วงปี พ.ศ. 2550-2553	89
4-9	สรุปค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขของส่วนประกอบชุดเป่าลมเย็นให้ฟิล์มเซ็ตตัว (IBC Airing)	91
4-10	สรุปค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขเฉลี่ยของส่วนประกอบเครื่องเป่าฟิล์ม	92
4-11	ผลการเปรียบเทียบค่า Anderson Darling (AD*) ของชุดเป่าลมเย็นให้ฟิล์มเซ็ตตัว (IBC Air Ring)	95
4-12	ผลการเปรียบเทียบค่า Anderson Darling (AD*) ของส่วนประกอบเครื่องเป่าฟิล์ม	96
4-13	ผลของค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงของส่วนประกอบเครื่องเป่าฟิล์ม	96
4-14	ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหาย (Time to Failure: TTF) ของชุดเป่าขึ้นรูปฟิล์ม (Die Head)	97

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4-15 วิธีการทดสอบภาวะสารูปสนิทดี (Goodness of Fit Test) ในแต่ละการแจกแจง .. 98

4-16 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ของ Kolmogorov-Smirnov Test ในการทดสอบข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดหัวได (Die Head) 99

4-17 แสดงข้อมูลช่วงเวลาความเสียหาย (Time to Failure: TTF) ของชุด Chiller Unit 100

4-18 การคำนวณค่าพารามิเดอร์ของ Kolmogorov-smirnov Test ในการทดสอบข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของ Chiller Unit 102

4-19 ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหาย (Time to Failure: TTF) ของชุดเป่าขึ้นรูปฟิล์ม (Die Head) 119

4-20 การกำหนดรูปแบบความเสียหายของชุดเป่าขึ้นรูปฟิล์ม (Die Head) 132

4-21 มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักรในส่วนของ Extruder 134

4-22 ผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาก่อน-หลังการปรับปรุง 141

4-23 ผลการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยของการขัดข้องของเครื่องจักร (MTBF) และเวลาเฉลี่ยของการซ่อมแซมเครื่องจักร (MTTR) 142

5-1 รอบเวลาการบำรุงรักษา ตามช่วงความน่าเชื่อถือ 95% 146

5-2 ผลการปรับปรุงตามรอบเวลาการบำรุงรักษา ตามช่วงความน่าเชื่อถือ 95% 146

5-3 ผลการเปรียบเทียบรอบเวลารอบเวลาการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน 147

5-4 ผลการปรับปรุงรอบค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาที่เหมาะสม 148

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	ค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาของโรงงานกรณีศึกษาช่วงปี 2553	2
1-2	เวลาการขัดข้องของส่วนประกอบเครื่องเป่าฟิล์ม (BF1) ช่วงปี 2553	3
2-1	หลักการของระบบ Extrusion	6
2-2	เครื่องเป่าฟิล์ม	7
2-3	เครื่องอัดรีด (Extruder)	8
2-4	หัวไดแบบพลาสติกเข้าทางด้านข้าง	9
2-5	หัวไดแบบพลาสติกเข้าทางด้านล่าง	10
2-6	หัวไดแบบแกนเป็นเกลียวเลื้อย	10
2-7	แหวนหล่อเย็นแบบปากเดียว (ภาพตัดทางด้านซ้ายมือ) และสองปาก (ภาพตัดทางด้านขวามือ)	11
2-8	การควบคุมลูกโป่งในการหล่อเย็นภายใน	12
2-9	กรอบบีบลูกโป่งพร้อมลูกกลิ้งดึง	13
2-10	ไดอะแกรมแสดงการเรียงตัวของฟิล์ม 3 ชั้น จากการใช้ Extruder ร่วม 3 ตัว	15
2-11	รูปแบบการบำรุงรักษาแบบปรับปรุง	16
2-12	รูปแบบการบำรุงรักษาแบบป้องกัน	17
2-13	รูปแบบการบำรุงรักษาแบบแก้ไข	18
2-14	ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือ (The Reliability Function)	20
2-15	ฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็น ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม และฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบไวบูลล์	23
2-16	ฟังก์ชันแสดงความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบไวบูลล์ เมื่อพารามิเตอร์แสดงรูปร่างคงที่ และพารามิเตอร์แสดงสเกลไม่คงที่	23
2-17	ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบไวบูลล์ เมื่อพารามิเตอร์แสดงรูปร่างไม่คงที่และพารามิเตอร์แสดงสเกลคงที่	24
2-18	ฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็น ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม และฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบนอร์มอล	25
2-19	ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบนอร์มอล เมื่อพามามิเตอร์แสดงค่าเฉลี่ยคงที่และพารามิเตอร์แสดงความแปรปรวนไม่คงที่	26

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

2-20 ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบนอร์มอล เมื่อพารามิเตอร์แสดงความแปรปรวนคงที่ และพารามิเตอร์แสดงค่าเฉลี่ยไม่คงที่ 26

2-21 ฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็น ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม และฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบล็อกปกติ 27

2-22 ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบล็อกปกติ เมื่อพารามิเตอร์แสดงค่าเฉลี่ยคงที่และพารามิเตอร์แสดงความแปรปรวนไม่คงที่ 28

2-23 ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบล็อกปกติ เมื่อพารามิเตอร์แสดงความแปรปรวนคงที่ และพารามิเตอร์แสดงค่าเฉลี่ยไม่คงที่ 29

2-24 ฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็น ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม และฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล 30

2-25 ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล เมื่อพารามิเตอร์แสดงรูปร่างมีค่าไม่คงที่ 30

2-26 วงจรชีวิตรูปอ่างน้ำ (Bath Curve) 36

2-27 ระดับความพยายามของการดำเนินกิจกรรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ดีที่สุด 39

3-1 ลำดับขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย 50

3-2 แบบฟอร์มใบแจ้งซ่อม 51

3-3 แบบฟอร์มประวัติเครื่องจักร 52

3-4 แบบฟอร์มประวัติค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไข 52

3-5 แบบฟอร์มประวัติค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน 54

3-6 รูปแบบของการประเมินรูปแบบบำรุงรักษา 55

3-7 การกำหนดรูปแบบความเสียหาย 58

3-8 หน้าต่างโปรแกรมการประเมินรูปแบบด้านความน่าเชื่อถือ 62

3-9 การเลือกรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม 63

3-10 หน้าต่างรูปแบบการประเมินรูปแบบการบำรุงรักษา การแจกแจงแบบปกติ 64

3-11 หน้าต่างรูปแบบการประเมินรูปแบบการบำรุงรักษา การแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 65

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3-12	หน้าต่างรูปแบบการประเมินรูปแบบการบำรุงรักษา การแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล	66
3-13	หน้าต่างรูปแบบการประเมินรูปแบบการบำรุงรักษา การแจกแจงแบบไวบูลล์	67
3-14	แบบฟอร์มแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	70
4-1	หลักการทำงานของเครื่องเป่าฟิล์ม	75
4-2	ชุดดูดเม็ดและชุดผสมเม็ดพลาสติก (Blender)	76
4-3	ชุดหลอมเม็ดพลาสติกและตะแกรงกรองสิ่งแปลกปลอม (Extruder)	76
4-4	ชุดเป่าขึ้นรูปฟิล์ม (Die Head)	77
4-5	ชุดเป่าลมเย็นให้ฟิล์มเซ็ตตัว (IBC Airing)	77
4-6	ชุดทำความเย็น (Chiller Unit)	78
4-7	ชุดปรับหนา-บางและหน้ากว้างฟิล์ม	78
4-8	ชุดรีดลม (Bubble Cage)	79
4-9	ชุดเกลี่ยความหนาฟิล์ม (Hual Off)	79
4-10	ชุดระเบิดผิวฟิล์ม (Corona Treatment)	80
4-11	ชุดเก็บม้วนฟิล์ม (Winder)	80
4-12	กระบวนการผลิตฟิล์มบรรจุภัณฑ์	81
4-13	กระบวนการผลิตซองบรรจุภัณฑ์	82
4-14	ผลที่ได้จากการวิเคราะห์การแจกแจงแบบไวบูลล์ (Weibull Distribution)	93
4-15	ผลที่ได้จากการวิเคราะห์การแจกแจงเลขชี้กำลัง (Exponential Distribution)	94
4-16	ผลที่ได้จากการวิเคราะห์การแจกแจงปกติ (Normal Distribution)	94
4-17	ผลที่ได้จากการวิเคราะห์การแจกแจงล็อคปกติ (Lognormal Distribution)	95
4-18	การกระจายของข้อมูลของชุด Die Head	98
4-19	การกระจายข้อมูลของชุดทำความเย็น (Chiller Unit)	101
4-20	หน้าต่างเมนูหลักของโปรแกรมคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	103
4-21	แผนภูมิของโปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้านความน่าเชื่อถือ	104

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-22 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมหมวดด้านความน่าเชื่อถือ ของการแจกแจงแบบปกติ 105

4-23 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมหมวดด้านความน่าเชื่อถือ ของการแจกแจงแบบล็อกปกติ 106

4-24 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมหมวดด้านความน่าเชื่อถือ ของการแจกแจงแบบไวบูลล์ 107

4-25 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมหมวดด้านความน่าเชื่อถือ ของการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง 108

4-26 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมหมวดด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม 109

4-27 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมหมวดด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม ของการแจกแจงแบบปกติ 110

4-28 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมหมวดด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม ของการแจกแจงแบบล็อกปกติ 112

4-29 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมหมวดด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม ของการแจกแจงแบบไวบูลล์ 114

4-30 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมหมวดด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม ของการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง 116

4-31 หน้าต่างเมนูหลักของโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันชุดหัวไค 118

4-32 หน้าต่างเมนูหลักของโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันชุดทำความเย็น 120

4-33 การประมวลผลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน 122

4-34 แผนการบำรุงรักษา 138

4-35 กราฟผลการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยของการขัดข้องของเครื่องจักรก่อน-หลังปรับปรุง 143

4-36 กราฟผลการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยของการซ่อมเครื่องจักร 144

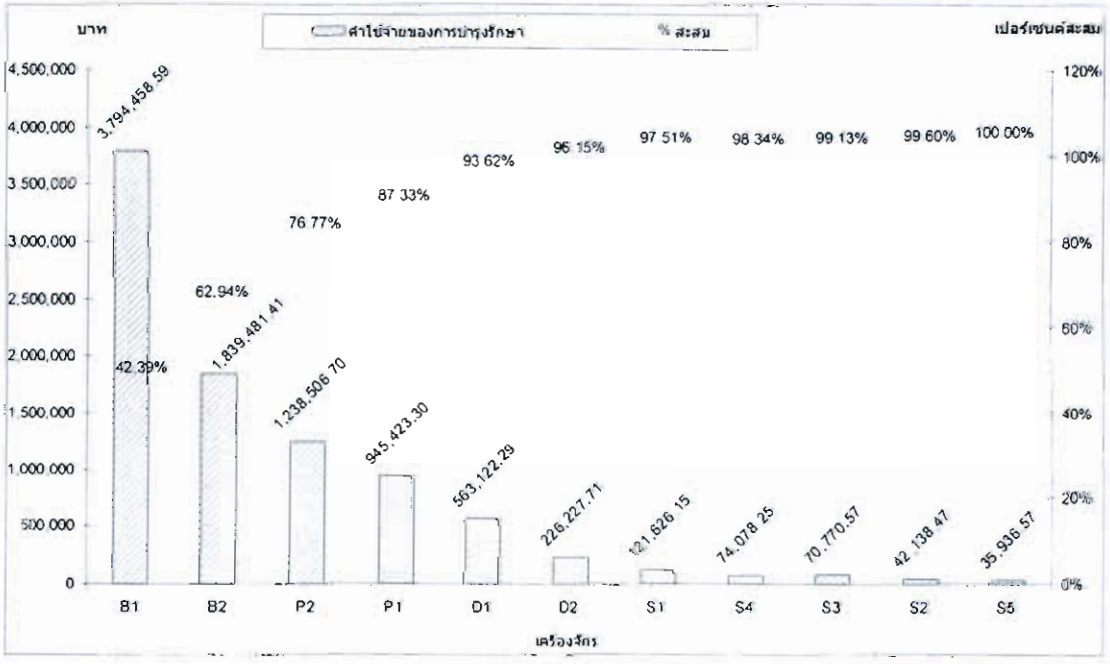
บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ภาวะเศรษฐกิจของประเทศไทยที่มีการขยายตัวสูงอย่างต่อเนื่องในอดีตที่ผ่านมา ผลักดันให้มีผู้ประกอบการรายใหม่ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์พลาสติกภายในประเทศมากขึ้น และการแทรกแซงตลาดภายในประเทศจากผู้ประกอบการจากประเทศใกล้เคียงเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอัตราภาษีนำเข้าที่ลดลง ทำให้ในอุตสาหกรรม Flexible Packaging Industry มีจำนวนผู้ผลิตขนาดใหญ่มากกว่า 20 ราย ประกอบกับภาวะเศรษฐกิจที่ชะลอตัวตั้งแต่ปี 2541 เป็นต้นมา ส่งผลให้กำลังการผลิตมีมากเกินความต้องการของตลาดผู้บริโภค ดังนั้นการแข่งขันมีความรุนแรงมากขึ้นโดยใช้นโยบายการตัดราคาเพื่อความอยู่รอด อีกทั้งผู้ผลิตสินค้าอุปโภคบริโภครายใหญ่ที่เป็นบริษัทข้ามชาติได้ใช้นโยบายการจัดหาบรรจุภัณฑ์โดยวิธีการประมูลงานตามความต้องการของทั้งภูมิภาค เป็นสาเหตุให้การแข่งขันในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ขยายขอบเขตเป็นในระดับภูมิภาค ภาวะการตลาดของบรรจุภัณฑ์พลาสติกไทยมีทั้งตลาดภายในประเทศ และต่างประเทศ โดยรวมแล้วมีการแข่งขันทั้งในด้านราคา ด้านคุณภาพและรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ โดยผู้ผลิตแต่ละรายพยายามนำเทคนิคการผลิตใหม่ ๆ มาใช้ เช่น เทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ CAD/ CAM/ CAE มาช่วยในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อเปลี่ยนแปลงรูปแบบให้มีลักษณะเหมาะสม สวยงามและสะดวกต่อการใช้งานในสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าได้มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมการผลิตเพื่อการส่งออก ขณะที่ผู้ผลิตรายย่อยมุ่งตลาดในประเทศ โดยให้ความสำคัญกับการผลิตตามคำสั่งซื้อเพื่อป้อนอุตสาหกรรมการผลิตอื่น ๆ เป็นสำคัญบรรจุภัณฑ์พลาสติกนอกจากจะผลิตเพื่อสนองความต้องการใช้ภายในประเทศ ซึ่งมีถึงร้อยละ 70 แล้ว ยังเป็นการผลิตเพื่อทดแทนการนำเข้า ซึ่งปัจจุบันสามารถส่งออกไปจำหน่ายในตลาดต่างประเทศ และนำรายได้เข้าประเทศเป็นมูลค่านับพันล้านบาทในแต่ละปี บรรจุภัณฑ์พลาสติกที่มีแนวโน้มในการส่งออกที่ดี ได้แก่ ถุง กล่อง กระสอบ และขวด ตลาดส่งออกบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่สำคัญของไทยได้แก่ ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร และออสเตรเลีย (สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

จากข้อมูลดังกล่าวสถานการณ์ของอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์พลาสติกภายในประเทศมีการแข่งขันกันรุนแรง บริษัทส่วนใหญ่ต่างหาวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้สามารถแข่งขันกับคู่แข่งได้ทั้งด้านราคา คุณภาพ และการส่งมอบสินค้าที่ตรงเวลา ดังนั้นเครื่องจักรจะต้องได้รับการบำรุงรักษา

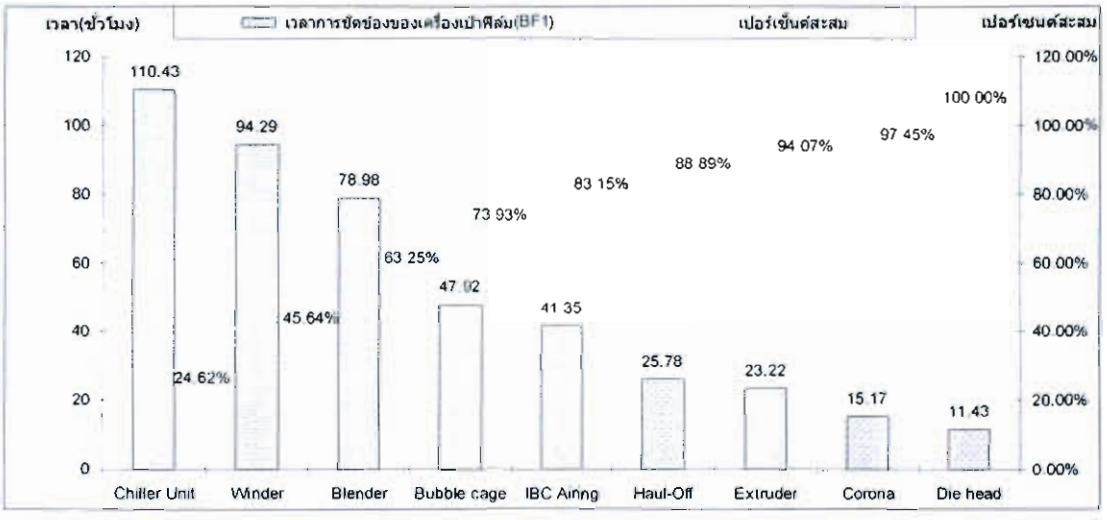
อย่างถูกต้องและต่อเนื่องเพื่อให้เกิดความพร้อมใช้งานเครื่องจักร อุปกรณ์ ตลอดเวลา เพื่อที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ให้ส่งมอบสินค้าได้ทันเวลาและยังทำให้ต้นทุนในการผลิตทั้งทางตรงและทางอ้อมต่ำลง และเพิ่มความน่าเชื่อถือของลูกค้าที่มีต่อบริษัทมากขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการปรับปรุงอัตราการเดินเครื่องของเครื่องจักร โดยการศึกษากระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งงานวิจัยนี้เลือกปรับปรุงเครื่องเป่าฟิล์ม จากสาเหตุเครื่องเป่าฟิล์มมีความสำคัญต่อการผลิตฟิล์มบรรจุภัณฑ์ในลำดับต้น ๆ เพราะถ้าเครื่องเป่าไม่พร้อมทำงานหรือไม่อยู่ในสภาพพร้อมทำงานย่อมส่งผลต่อแผนกการผลิตอื่น ๆ เนื่องจากแผนกเป่าฟิล์มเป็นต้นน้ำของการผลิตฟิล์มบรรจุภัณฑ์ ดังนั้น ถ้าเครื่องเป่าฟิล์มไม่มีความน่าเชื่อถือในการทำงานแล้ว ส่งผลให้ไม่สามารถส่งของให้ลูกค้าได้ตามระยะเวลาที่กำหนด ทำให้ลูกค้าขาดความมั่นใจในการผลิตทำให้ลูกค้ามองหาผู้ผลิตรายอื่นที่สามารถรองรับความต้องการตามที่กำหนดได้ ส่งผลให้โรงงานมียอดการสั่งซื้อลดลง และอีกปัจจัย คือ เมื่อเครื่องเป่าฟิล์ม (B1) เกิดการขัดข้องส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาที่สูงกว่าเครื่องจักรอื่น ๆ โดยคิดเป็น 42.39% ของค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเครื่องจักรทั้งโรงงานกรณีศึกษา แสดงดังภาพที่ 1-1



ภาพที่ 1-1 ค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาของโรงงานกรณีศึกษาช่วงปี 2553

สาเหตุที่แผนกเป่าฟิล์มมีค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาที่สูงกว่าเครื่องจักรอื่น ๆ เนื่องจากการหยุดเครื่องเป่าฟิล์มจะต้องมีวิธีการหยุด โดยใช้เม็ดพลาสติกชนิด Processing Aid ที่มี

คุณสมบัติช่วยเวลาหยุดเครื่องจักร เนื่องจากมีสารเทปล่อน เคลือบเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ กั้นอยู่ ดังนั้นช่วงเครื่องจักรทำงานใหม่อีกครั้ง พลาสติกที่ค้างอยู่ภายในชุดหลอมเม็ดพลาสติกและตะแกรงกรองสิ่งแปลกปลอม (Extruder) จะได้รับความร้อนใหม่อีกครั้ง ซึ่งก็จะไม่ได้รับความร้อนโดยตรง เนื่องจากมีแผ่นฟิล์มที่เป็นสารเทปล่อนเคลือบติดอยู่ โอกาสที่เสื่อมสภาพของพลาสติกหรือเกิดการไหม้ก็ลดลงด้วย ทำให้ลดการสูญเสียจากจุดดำบนแผ่นฟิล์มน้อยลงด้วยช่วงขึ้นฟิล์มแรก ๆ และในส่วนวัตถุดิบที่ต้องสูญเสียในการตั้งงาน แต่ละครั้งจะต้องทำการตั้งเครื่องใหม่ทุกครั้ง ซึ่งจะปรับให้หน้ากว้างและความหนาฟิล์มให้ได้ตามที่กำหนด ด้วยสาเหตุนี้ส่งผลให้เกิดของเสียจากการหยุดเครื่องจักรและการตั้งเครื่องสูญเสียเฉลี่ย 397 กิโลกรัม/ ครั้ง คิดเป็นมูลค่าที่สูญเสีย 5,558 บาท/ครั้ง (อ้างอิงราคาเม็ดพลาสติกที่ 34 บาท/ กิโลกรัม และราคาขายเศษฟิล์ม 20 บาท/ กิโลกรัม) จากภาพที่ 1-1 พบว่าแผนกเป่าฟิล์มมีค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษาของเครื่องเป่าฟิล์ม (BF1) สูงสุด ดังนั้นงานวิจัยนี้เลือกเครื่องจักรเครื่องเป่าฟิล์ม (BF1) เพื่อทำการปรับปรุง ในการศึกษาเวลาการขัดข้องของเครื่องเป่าฟิล์ม (BF1) แยกตามส่วนประกอบของเครื่องจักรพบว่าในส่วนของชุดทำความเย็น (Chiller Unit) มีเวลาการขัดข้องมากที่สุดคือ 110.43 ชั่วโมงหรือคิดเป็น 24.62% โดยมีรายละเอียดของเวลาการขัดข้องของส่วนประกอบเครื่องเป่าฟิล์ม (BF1) แสดงดังภาพที่ 1-2



ภาพที่ 1-2 เวลาการขัดข้องของส่วนประกอบเครื่องเป่าฟิล์ม (BF1) ช่วงปี 2553

จากปัญหาที่กล่าวมา ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาโปรแกรมสำเร็จรูปด้านการบำรุงรักษา เพื่อนำมาแก้ปัญหาดังกล่าวแต่จากการศึกษาโปรแกรมสำเร็จรูปด้านการบำรุงรักษา

ทั่วไปยังขาดความยืดหยุ่นเหมาะสมกับงานด้านการบำรุงรักษาเครื่องเป่าฟิล์ม ในเงื่อนไขดังกล่าว และโปรแกรมสำเร็จรูปมีราคาที่สูง จากปัญหาที่กล่าวมางานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาโปรแกรมคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ โดยบูรณาการปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความน่าเชื่อถือของแต่ละส่วนประกอบของเครื่องจักร ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขและป้องกัน ค่าสูญเสียโอกาสทำกำไร ของเสียจากการขัดข้องของเครื่องจักร นำมาประเมินเพื่อกำหนดระยะเวลาการบำรุงรักษาที่เหมาะสม ซึ่งจะเกิดค่าใช้จ่ายต่ำสุดและนำไปกำหนดในแผนการบำรุงรักษาเพื่อทำการปรับปรุง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. พัฒนาวิธีการอย่างเป็นระบบของการบำรุงรักษาเครื่องจักรบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือสำหรับเครื่องเป่าฟิล์ม
2. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ ในการกำหนดระยะเวลาการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องเป่าฟิล์ม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ได้ระบบการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือสำหรับเครื่องเป่าฟิล์ม
2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือของเครื่องเป่าฟิล์มที่มีประสิทธิภาพ
3. ใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงการบำรุงรักษาสายการผลิตฟิล์ม (BF1) เพื่อเพิ่มอัตราการเดินเครื่องของเครื่องจักรของโรงงานกรณีศึกษา
4. ระยะเวลาเฉลี่ยของการขัดข้องของเครื่องจักรเพิ่มขึ้น
5. สามารถประยุกต์ใช้ในสายการผลิตอื่นที่ใกล้เคียงได้
6. สามารถลดค่าใช้จ่ายจากการบำรุงรักษาของเครื่องเป่าฟิล์ม

ขอบเขตของการวิจัย

1. พัฒนาโปรแกรมช่วยตัดสินใจ ช่วงเวลาการบำรุงรักษาของเครื่องเป่าฟิล์มเท่านั้น
2. ศึกษาความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร และค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษา ของสายการผลิตฟิล์มในโรงงานกรณีศึกษาเท่านั้น

3. ประยุกต์ระบบการบำรุงรักษาที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ ในการปรับปรุงการจัดทำแผนมาตรฐานการบำรุงรักษาและแผนการบำรุงรักษาของเครื่องเป่าฟิล์มเท่านั้น

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

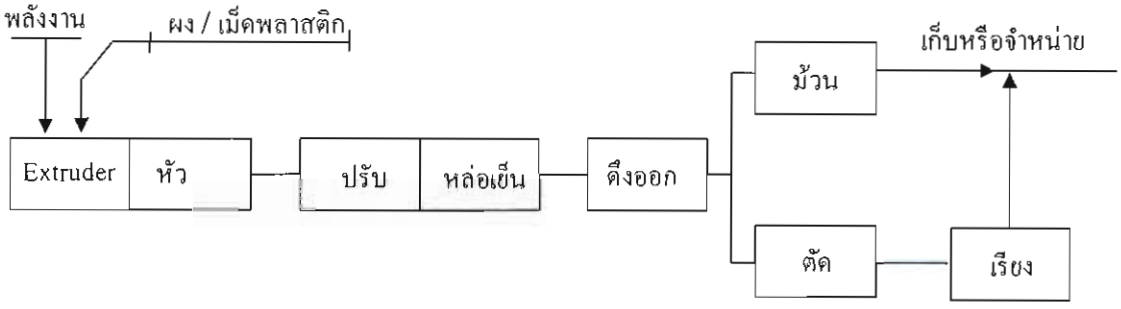
1. รวบรวมข้อมูลเชิงสถิติการชำรุดของเครื่องจักร
2. กำหนดรูปแบบความเสียหาย
3. วิเคราะห์แจกแจงข้อมูลการชำรุด และโหมดการเสีย
4. สร้างโปรแกรมการตัดสินใจการบำรุงรักษาของเครื่องเป่าฟิล์ม
5. จัดทำแผนการบำรุงรักษาและการซ่อมบำรุงรักษา
6. ประเมินผลการปรับปรุง
7. สรุปผลและเสนอแนะ
8. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและได้นำมาประยุกต์ใช้วิทยานิพนธ์นี้ประกอบด้วย แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

หลักการพื้นฐานของระบบอัดรีด

เครื่องอัดรีด (Extruder) แสดงดังภาพที่ 2-1 เป็นส่วนสำคัญที่สุด หลักการของเครื่องอัดรีด คือ มีเกลียวหนอน (Screw) อยู่ในเรือนทรงกระบอก (Barrel) ทำการหมุนอัดหลอมและผสมพลาสติก ซึ่งเติมลงมาจากกรวยเติม (Hopper) ซึ่งประกอบอยู่ด้านบนกระบอกและดันพลาสติกเหลวออกไปผ่านหัวไดทางด้านหน้า (บรรเลง ศรนิล, 2551)

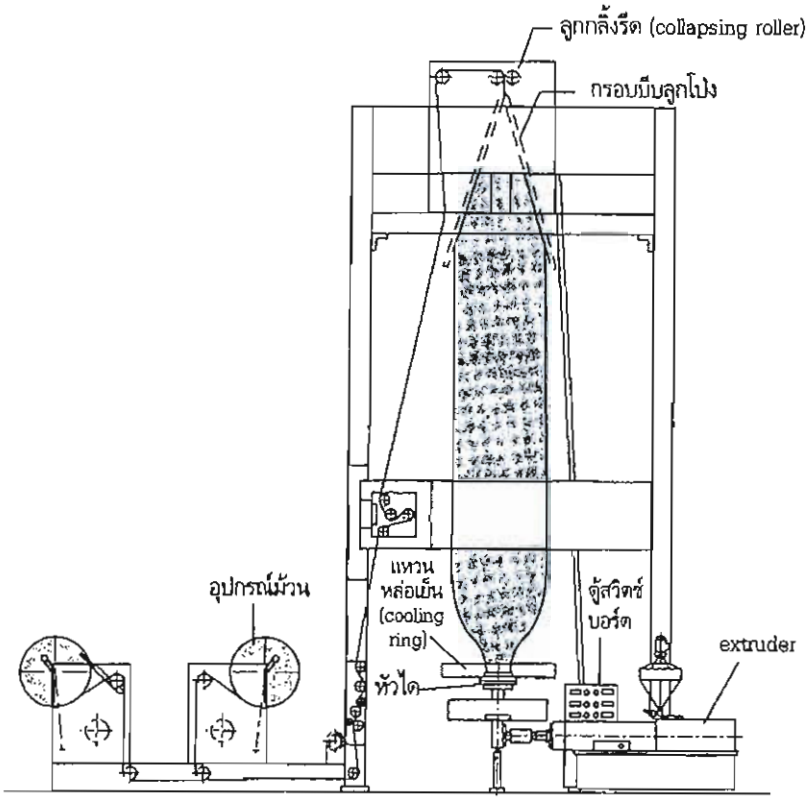


ภาพที่ 2-1 หลักการของระบบ Extrusion

เทอร์โมพลาสติกทุกชนิดสามารถจะทำการอัดรีดขึ้นรูปได้ แต่มีข้อจำกัด คือ พลาสติกนั้นเมื่ออ่อนตัวจะต้องมีความหนืดสูง เพื่อว่าพลาสติกผ่านหัวไดออกมาจะต้องคงรูปได้ชั่วระยะเวลาหนึ่ง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกชนิดของพลาสติกที่เหมาะสมสำหรับงานอัดรีดหรือใช้พลาสติกบางชนิดที่ความหนืดต่ำกว่าเล็กน้อยที่มี Polymerization Degree สูงขึ้นในกระบอกหรือเมื่อเติมสารผสมลงไปแล้วทำให้หนืดขึ้น

การผลิตจะเริ่มต้นจากการนำเอาพลาสติกมาหลอมในเครื่องอัดรีด ซึ่งสกรูจะขับเป็นเนื้อพลาสติกเหลวไปผ่านหัวไดทรงกลม (Circular Die) ออกมาเป็นหลอดทรงกลม ซึ่งต่อมาหลอดจะถูกดึงขึ้นในทางตั้งและถูกเป่าให้พองออกเป็นลูกโป่ง (Bubble) พร้อม ๆ กันนั้นตรงบริเวณปากไดจะมีแหวนหล่อเย็น เป่าลมออกมาหล่อเย็นโดยรอบลูกโป่ง หลังจากนั้นลูกโป่งจะถูกชุดบีบ (Collapsing- Unit) ซึ่ง

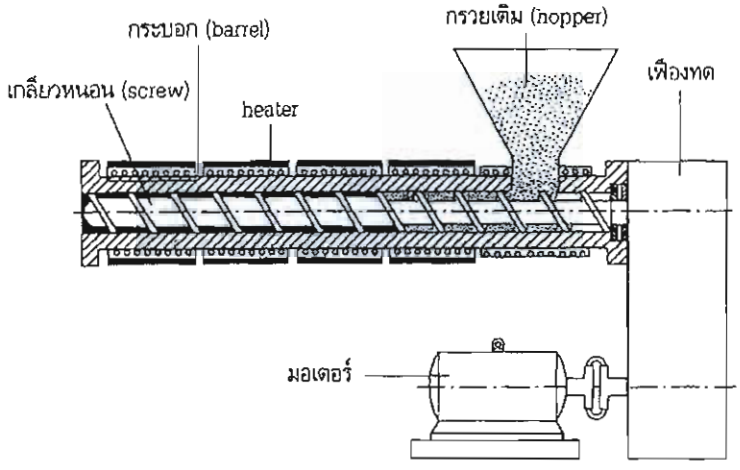
อยู่ด้านบนบีบให้แฟบก่อนที่จะถูกลูกกลิ้งรีดให้เรียบ เพื่อให้สามารถดึงไปม้วนเก็บด้วยเครื่องดึง (Haul-Off Unit) ได้สะดวก (บรรเลง ศรนิล, 2551) แสดงดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 เครื่องเป่าฟิล์ม

1. เครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดี่ยว (Single Screw Extruder)

ประกอบด้วยมอเตอร์ขับเฟืองทดความเร็ว กระบอก (Barrel) พร้อมเกลียวหนอน (Screw) ประกอบอยู่ภายในและกรวยเติมพลาสติก แสดงดังภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 เครื่องอัดรีด (Extruder)

ทุกขั้นตอนที่มีการให้ความร้อนส่วนมากจะมีอุปกรณ์หล่อเย็นประกอบอยู่ด้วยเสมอ เพื่อให้สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่แน่นอนได้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันพลาสติกหลอมตัวตรงช่องเข้าหรือที่โคนเกลียวหนอน ซึ่งจะทำให้ป้อนพลาสติกเข้าได้ไม่เต็มที่

2. เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ (Twin-Screw Extruder)

ในกลุ่มของเกลียวหนอนคู่แบ่งออกเป็นสองชนิด คือ แบบสกรูหมุนไปทางเดียวกัน (Co-Rotating) และแบบหมุนสวนทางกัน (Counter Rotating) ทั้งนี้รวมเกลียวหนอนคู่แบบเรียวด้วย นอกจากนี้ยังแบ่งออกตามลักษณะของการขบกันของฟันเฟือง คือ ทั้งแบบฟันเกลียวขบกันในร่องและแบบไม่ขบกัน ฟันเกลียวแบบขบกันยังแบ่งออกเป็นแบบขบกันสนิทกับขบกันแบบหลวม ๆ

กรรมวิธีผลิตฟิล์มโดยการเป่า (Blown Film Extrusion)

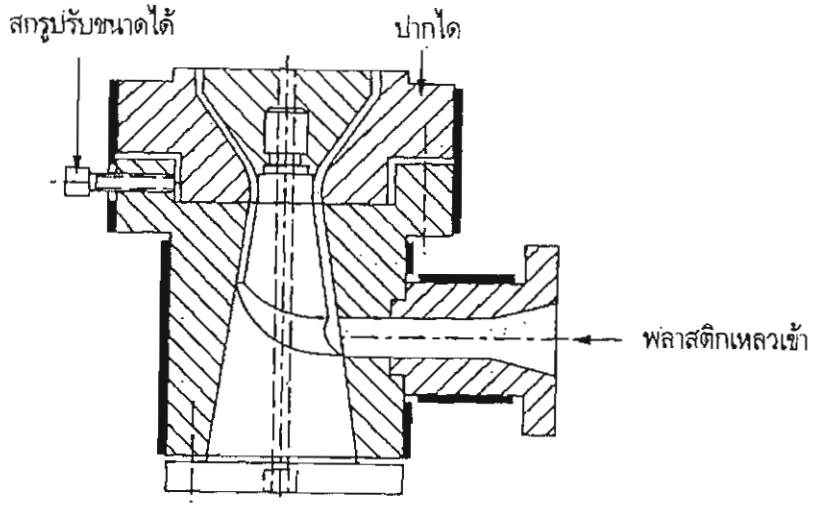
ฟิลม์เป็นผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้อย่างแพร่หลาย ทั้งในชีวิตประจำวัน และกิจการอื่น ๆ เช่น การบรรจุภัณฑ์ในการเกษตร อุตสาหกรรม ทางการแพทย์ เป็นต้น วัสดุที่นำมาทำฟิลม์ส่วนใหญ่จะใช้ LDPE, HDPE และ LLDPE, EVA, PP และ PA ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน กรรมวิธีผลิตฟิลม์ที่ใช้กันนั้น การผลิตฟิลม์โดยวิธีเป่า (Blown Film Extrusion) เป็นกรรมวิธีที่ใช้กันผลิตมากที่สุด เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตต่ำและเทคนิคการผลิตไม่ยุ่งยาก

หัวไค (Die Head)

หัวไดที่ใช้ในการผลิตฟิลม์เป่าจะมีลักษณะของช่องทางออกของพลาสติกเป็นวงกลม จึงซึ่งเรียกว่า Circular Die ซึ่งมีอยู่ 3 ลักษณะ คือ แบบพลาสติกเข้าทางด้านข้าง (Side Feed Die)

แสดงดังภาพที่ 2-4 แบบพลาสติกเข้าทางด้านล่าง (Bottom Feed Die) แสดงดังภาพที่ 2-5 และแบบแกนเป็นเกลียวเลื้อย (Spiral Mandrel Die) ภาพที่ 2-6 ซึ่งแต่ละชนิดจะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันดังนี้

1. หัวไดแบบพลาสติกเข้าทางด้านข้าง (Side Feed Die)

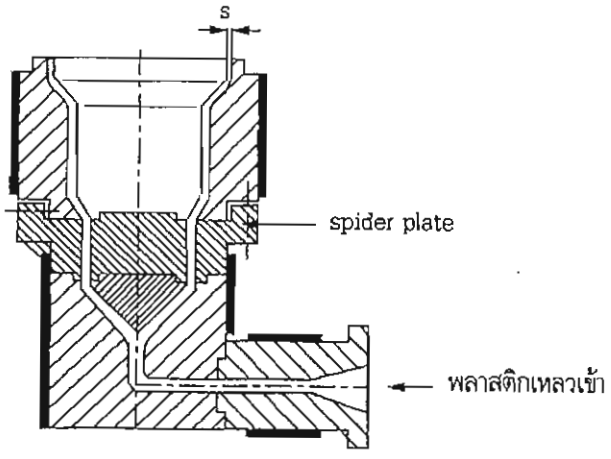


ภาพที่ 2-4 หัวไดแบบพลาสติกเข้าทางด้านข้าง

ตารางที่ 2-1 ข้อดี-ข้อเสียหัวไดแบบพลาสติกเข้าทางด้านข้าง

ข้อดีของหัวไดแบบพลาสติกเข้าทางด้านข้าง	ข้อเสียของหัวไดแบบพลาสติกเข้าทางด้านข้าง
1. ราคาต้นทุนการผลิตต่ำ	1. แกนกีดขวางทางเดินของพลาสติก ทำให้การไหลของพลาสติกไม่สะดวก
2. สามารถปรับปากไดได้ง่าย	2. การไหลของพลาสติกเหลวไม่สม่ำเสมอ
3. ใช้กับพลาสติกที่มีความหนืดสูงได้ (Low Flow Materials)	3. ไม่สามารถหมุนหัวไดได้
	4. มีแนวประสานของฟิลม์หนึ่งแนว

2. หัวไดแบบพลาสติกเข้าทางด้านล่าง (Bottom Feed Die)

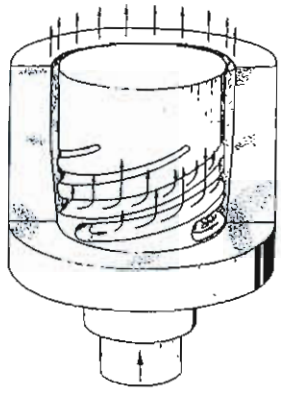


ภาพที่ 2-5 หัวไดแบบพลาสติกเข้าทางด้านล่าง

ตารางที่ 2-2 ข้อดี-ข้อเสียหัวไดแบบพลาสติกเข้าทางด้านล่าง

ข้อดีของหัวไดพลาสติกเข้าทางด้านล่าง	ข้อเสียของหัวไดพลาสติกเข้าทางด้านล่าง
1. ความกว้างของปากไดแน่นอน	1. ราคาต้นทุนการผลิตสูง
2. สามารถหมุนหัวไดได้	2. ทำความสะอาดได้ยาก
3. ใช้กับพลาสติกที่มีความหนืดสูงได้	3. มีแนวเชื่อมประสานหลายแห่ง

3. หัวไดแบบแกนเป็นเกลียวเลื้อย (Spiral Mandrel Die)



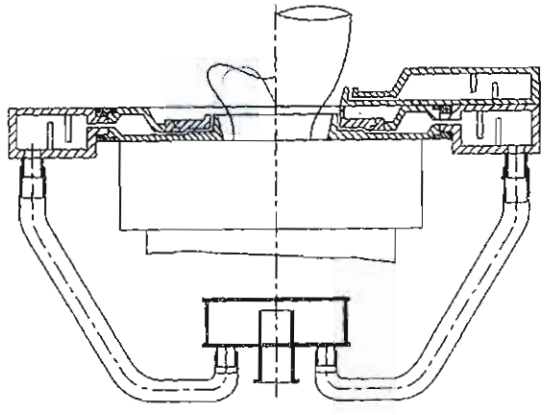
ภาพที่ 2-6 หัวไดแบบแกนเป็นเกลียวเลื้อย

ดารางที่ 2-3 ข้อดี-ข้อเสียหัวไดแบบแกนเป็นเกลียวเลื้อย

ข้อดีของหัวไดแบบแกนเป็นเกลียวเลื้อย	ข้อเสียของหัวไดแบบแกนเป็นเกลียวเลื้อย
1. ไม่มีแนวประสานที่ฟิลม์	1. ต้องใช้ความดันส่งพลาสติกสูง
2. ความกว้างของปากไดแน่นอน	2. ไม่สามารถใช้กับวัสดุที่มีความหนืดสูงที่ไม่ได้ปรับปรุงคุณสมบัติได้
3. ทำความสะอาดง่าย	
4. สามารถหมุนหัวไดได้	
5. ความใสของฟิลม์ดีขึ้น	

แหวนลมหล่อเย็น (Cooling Ring)

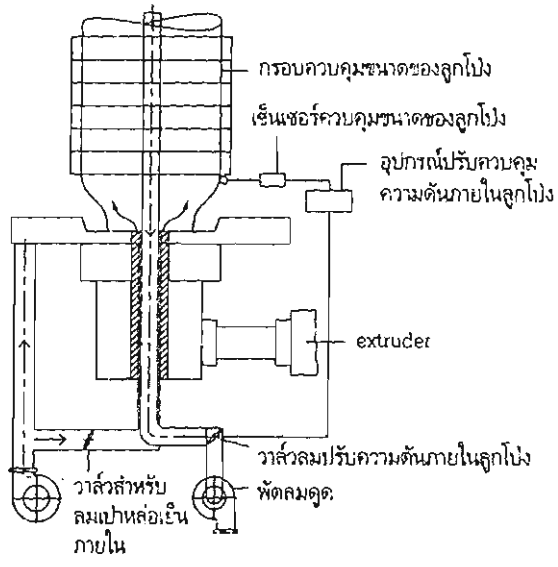
การหล่อเย็นฟิลม์โดยปกติจะใช้ลมเป่ารอบ ๆ ลูกโป่ง โดยใช้แหวนหล่อมเย็นเป็นตัวกระจายลม ซึ่งต้องทำหน้าที่หลัก ๆ 3 ประการ คือ ต้องมีขีดความสามารถในการหล่อเย็นได้อย่างเพียงพอ ต้องประคองลูกโป่งให้คงที่ (ไม่แกว่งหรือสั่น) และส่งกระแสลมเย็นได้อย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นการออกแบบแหวนหล่อเย็นจะต้องพิจารณาจุดต่าง ๆ ให้เป็นไปตามหลักการ 3 ประการข้างต้น โดยต้องพิจารณาตั้งแต่ปากของแหวนเป่าลม (Cooling-Ring Lips) มุมที่เป่าไปยังลูกโป่ง และอัตราส่วนของปริมาณ และความเร็วลมที่ใช้ แสดงดังภาพที่ 2-7



ภาพที่ 2-7 แหวนหล่อเย็นแบบปากเดียว (ภาพตัดทางด้านซ้ายมือ) และสองปาก (ภาพตัดทางด้านขวามือ)

การหล่อมเย็นภายในลูกโป่ง (Internal Bubble Cooling)

การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตฟิลม์เป่าในปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาระบบการหล่อเย็นฟิล์มให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยการส่งลมเข้าไปทำการหล่อเย็นภายในลูกโป่ง แทนที่จะหล่อเย็นภายนอกอย่างเดียว การหล่อเย็นฟิลม์ทั้งด้านในและด้านนอกจะทำให้สามารถเป่าลมหล่อเย็นภายนอกด้วยความเร็วสูงได้ เนื่องจากมีการควบคุมความดันภายในลูกโป่งได้คงที่ ทำให้สัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนสูงขึ้น และการแลกเปลี่ยนลมเป่าภายในลูกโป่งจะทำให้อุณหภูมิของอากาศภายในลูกโป่งไม่ร้อนมาก โดยหลักการนี้จะทำให้ผลผลิตสูงขึ้นกว่าการหล่อเย็นภายนอกอย่างเดียว 30-50% แสดงดังภาพที่ 2-8



ภาพที่ 2-8 การควบคุมลูกโป่งในการหล่อเย็นภายใน

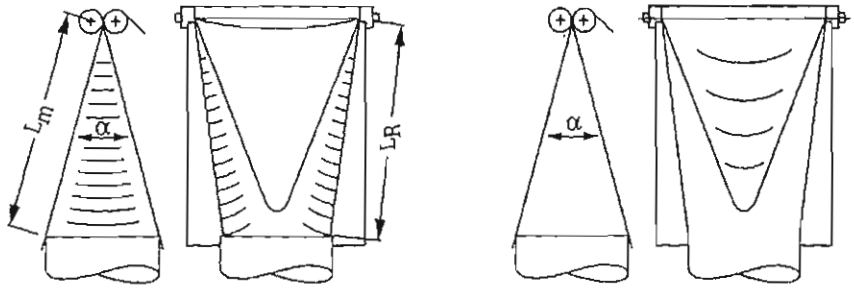
การทำงานควบคุมขนาดของลูกโป่งให้อยู่ในพิกัดที่กำหนด โดยพัดลมจะเป่าลมเย็นเพื่อหล่อเย็นภายนอกเป็นส่วนใหญ่และส่วนหนึ่งจะผ่านวาล์วเข้าไปยังลูกโป่ง เพื่อทำการเป่าลูกโป่งให้พองและทำการหล่อเย็นภายใน นอกจากนี้จะต้องมีพัดลมดูดลมออกโดยผ่านวาล์วลมให้ปริมาตรอากาศภายในลูกโป่งคงที่ ถ้าความดันภายในลูกโป่งมากเกินไป เซ็นเซอร์ควบคุมลูกโป่งจะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ควบคุมความดันภายในลูกโป่งให้ลดปริมาณลมลง และในทางตรงข้าง ถ้าความดันภายในลูกโป่งต่ำเกินไปเซ็นเซอร์ควบคุมลูกโป่งจะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ควบคุมความดันภายในลูกโป่งให้เปิดวาล์วลมหล่อเย็นภายในให้มากขึ้น เพื่อปรับความสมดุลของความดันภายในลูกโป่ง

อุปกรณ์ดึงและม้วนฟิลม์

อุปกรณ์ดึงและม้วนฟิล์มจะประกอบด้วย กรอบบีบลูกโป่ง (Collapsing Frame) และลูกกลิ้งบีบ (Collapsing Rolls) หลังจากนั้นจึงจะส่งไปยังอุปกรณ์ม้วนฟิล์ม

กรอบบีบลูกโป่งจะมีลักษณะเป็นแผง ทำมุมเอียงคล้ายลิ่ม สามารถปรับมุมได้ตามต้องการ ส่วนใหญ่จะทำด้วยไม้ผิวเรียบ หรือทำด้วยลูกล้อเล็ก ๆ หมุนได้อย่างอิสระ สิ่งที่ควรระวังในการบีบก็คือ ต้องใช้แรงบีบน้อยที่สุดและความฝืดของการสัมผัสระหว่างฟิล์มกับกรอบบีบต้องน้อยที่สุด มิฉะนั้นจะทำให้ฟิล์มย่น เนื่องมาจากความยาวของฟิล์มตอนประกบกันต่างกันหรือมีความหนืดระหว่างฟิล์มกับกรอบบีบ

ลูกกลิ้งดึงส่วนใหญ่จะใช้เหล็กหุ้มไว้ด้วยยางแข็งและต้องสามารถปรับแรงบีบได้ เพื่อป้องกันการแตกที่รอยพับ บริเวณลูกกลิ้งดึงอาจจะต้องควบคุมอุณภูมิไม่ให้สูงเกินไป เพราะอาจจะเกิดการเกาะติดกันของฟิล์มประกอบกัน แสดงดังภาพที่ 2-9



(ก) ความยาวต่างกัน (ข) ความฝืดของผิวสัมผัสมาก

ภาพที่ 2-9 กรอบบีบลูกโป่งพร้อมลูกกลิ้งดึง

เครื่องม้วนฟิล์ม (Film Winder) ส่วนใหญ่จะใช้ม้วนสัมผัส (Contact Winder) โดยจะใช้ลูกกลิ้งเหล็กหุ้มยางหรือชุบโครเมียมเป็นลูกกลิ้งขับม้วนฟิล์ม ทั้งนี้จะทำให้ความเร็วขอบหรือความเร็วม้วนคงที่ไม่ว่าม้วนฟิล์มจะโตขึ้นเท่าไรก็ตาม แรงกดในการม้วนฟิล์มจะใช้ระบบกลไกหรือแรงจากลูกสูบลม (Pneumatic Piston) ที่ควรจะต้องระวัง ก็คือ แกนของม้วนจะต้องขนานกับลูกกลิ้งขับ มิฉะนั้นจะทำให้ฟิล์มเรียงตัวกันไม่สม่ำเสมอหรือม้วนฟิล์มไม่ขนาน ในที่สุดขนาดของม้วนฟิล์มที่ใช้วิธีม้วนสัมผัสจะทำได้ถึง 1,500 มิลลิเมตร หน้ากว้าง 3,200 มิลลิเมตร

ในอุตสาหกรรมที่ต้องการกำลังการผลิตสูงขึ้น ความตึงของฟิล์มต่ำ ๆ จะใช้อุปกรณ์ม้วนฟิล์มแบบส่งกำลังขับที่ม้วนแกน (Central Winder) โดยใช้มอเตอร์ส่งกำลังขับที่แกนม้วนโดยตรง ซึ่งอุปกรณ์นี้จะมีความยุ่งยากในการควบคุมสูงและราคาสูงกว่าอุปกรณ์ม้วนสัมผัสมาก

การผลิตฟิล์มหลายชั้นโดยวิธีเป่า (Multi-Layers Blown Film)

เนื่องจากมีความต้องการใช้ฟิล์มในลักษณะพิเศษ เช่น ป้องกันการซึมผ่านของความชื้น ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ มีความเหนียวสูง มีความใส และสามารถพิมพ์สีติดได้ง่าย จึงได้มีการพัฒนาวิธีการผลิตฟิล์มหลายชั้นขึ้นมาใช้ โดยพลาสติกแต่ละชั้นจะมีคุณลักษณะเฉพาะ เมื่อนำมาเรียงกันหลาย ๆ ชั้นจะสามารถสนองความต้องการได้ครบ

1. พลาสติกที่นำมาเป็นชั้นต่าง ๆ ของฟิล์ม

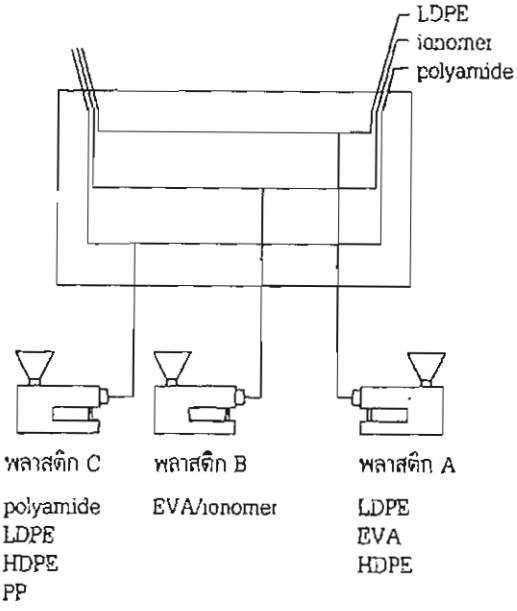
พลาสติกชนิดต่าง ๆ ที่นำมาประกบกันเป็นชั้น บางชนิดไม่สามารถเชื่อมประสานกับชนิดอื่น ซึ่งเป็นชั้นอยู่ติดกันได้ จำเป็นจะต้องมีชั้นประสาน (Tie-Layer) ซึ่งทำจากพลาสติกที่มีคุณสมบัติเป็นตัวประสาน (Bonding Agent) กับพลาสติกสองชนิดที่อยู่ติดกัน ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ Ionomer ซึ่งสามารถประสานได้ดีระหว่าง LDPE กับ PA และ EVA กับ LLDPE และใช้ Modified EVA ซึ่งสามารถเป็นตัวประสาน LLDPE, EVA, PA, EVOH, PC และ PET

2. การใช้ Extruder ร่วมในการผลิตฟิล์มเป่า (Blown Film Co-extrusion)

เนื่องจากพลาสติกที่นำมาทำชั้นต่าง ๆ มีคุณสมบัติต่างกัน เช่น อุณหภูมิหลอมละลาย ดังนั้นการควบคุมอุณหภูมิของ Extruder แต่ละตัวต้องสามารถทำได้อิสระและเนื่องจากหัวไดมีช่องพลาสติกเหลวแยกจากกัน และพลาสติกมีความหนืดต่างกัน จึงไม่เกิดความยุ่งยากในการเรียงตัวของฟิล์มแต่ละชั้น การควบคุมความหนาของฟิล์มแต่ละชั้นสามารถกระทำได้โดยการปรับความเร็วของ Extruder โดยไม่ต้องปรับที่หัวได

3. หัวไดในการรีดฟิล์มเป่าหลายชั้น (Multi-Layers Blown Film Die)

ออกแบบหัวไดรีดฟิล์มเป่าหลายชั้นแสดงดังภาพที่ 2-10 มีหลักการที่สำคัญ ก็คือ การจัดช่องทางไหลของพลาสติกเหลวให้ไหลมาบรรจบกันและประกบเป็นชั้นอย่างมีระเบียบเป็นช่องทางไหลมาประกบกันของพลาสติกสองชนิด (AB) ที่เชื่อมประสานกันได้ b แสดงช่องทางไหลประกบกันของพลาสติกสองชนิด (AB) ที่ต้องอาศัยชั้นประสาน (TL) c แสดงช่องทางไหลประกบกันของพลาสติกสามชนิด (ABC) ที่สามารถเชื่อมประสานกันได้และ d เป็นช่องทางการไหลประกบกันของพลาสติกสามชนิดที่เรียงตัวกันเป็นฟิล์ม 5 ชั้น (ABCBA)



ภาพที่ 2-10 ไดอะแกรมแสดงการเรียงตัวของฟิล์ม 3 ชั้น จากการใช้ Extruder ร่วม 3 ตัว

รูปแบบการบำรุงรักษา

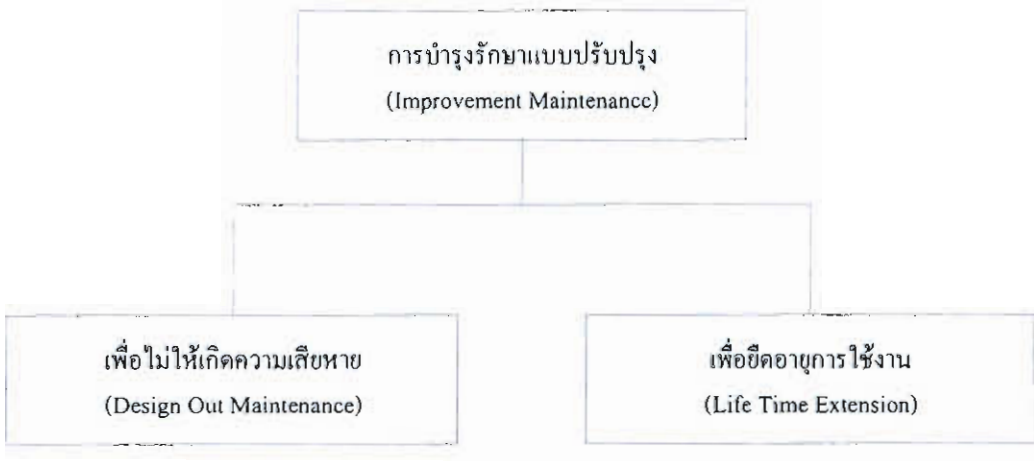
รูปแบบการบำรุงรักษาสามารถแบ่งตามกิจกรรมที่ดำเนินการเพื่อให้ระบบทำงานได้ตามกำหนด ดังนี้

1. การบำรุงรักษาแบบปรับปรุง (Improvement Maintenance)

การบำรุงรักษาแบบปรับปรุง หมายถึงการทำกิจกรรมบำรุงรักษาโดยปรับปรุงหรือดัดแปลงให้ระบบไฟฟ้ามีสภาพดีขึ้น หรือคุณภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้าดีขึ้น ซึ่งทำให้ระบบมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น มักเป็นการปรับปรุงครั้งเดียว วัตถุประสงค์ของการบำรุงรักษาแบบนี้ มี 2 แบบดังแสดงภาพที่ 2-11

1.1 การปรับปรุงเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหาย (Design Out: DO)

การปรับปรุงเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายเป็นการออกแบบระบบเพื่อขจัดปัญหา ซึ่งเป็นการบำรุงรักษาแบบแรกที่ต้องพิจารณาว่าสามารถทำได้หรือไม่ และคุ้มกับการลงทุนหรือไม่ เพราะจะทำให้ความต้องการของการบำรุงรักษาลดลงและสมรรถนะความพร้อมใช้งานและประสิทธิภาพของระบบจะสูงขึ้น เช่น การเปลี่ยนแปลงชนิดสายจากสายเปลือยเป็นสาย SAC (Spaced Aerial Cable) หรือการเปลี่ยนจากสายเปลือยเป็นสายใต้ดิน ในพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดไฟฟ้าดับเนื่องจากต้นไม้หรือเนื่องจากมีวัตถุมาแตะสายเปลือยได้ เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้ไม่เกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้องหรือเกิดน้อยลง



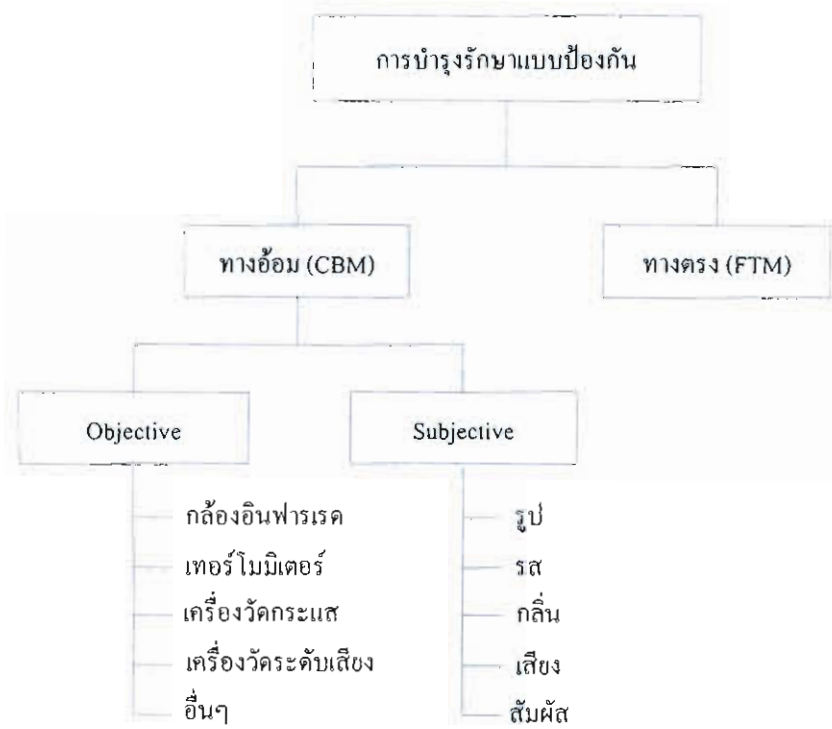
ภาพที่ 2-11 รูปแบบการบำรุงรักษาแบบปรับปรุง

1.2 การปรับปรุงเพื่อยืดอายุการใช้งาน (Life Time Extension: LTE)

การปรับปรุงเพื่อยืดอายุการใช้งานเป็นการปรับปรุงเพื่อยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์หรือระบบให้มากที่สุด การปรับปรุงดังกล่าวเป็นการบำรุงรักษาอันดับสองรองจากการปรับปรุงเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหาย ต้องพิจารณาว่าสามารถทำได้หรือไม่ ถ้าหากไม่สามารถทำการบำรุงรักษาแบบปรับปรุงเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายได้ (Design Out) การบำรุงรักษาแบบปรับปรุงเพื่อยืดอายุการใช้งานเป็นการช่วยลดจำนวนครั้งเสียหายของอุปกรณ์ให้น้อยลง การบำรุงรักษาแบบปรับปรุงเพื่อยืดอายุการใช้งานด้านไฟฟ้าที่ใช้กันมาก ได้แก่ การใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าไม่เต็มกำลัง เช่น การใช้โหลดของหม้อแปลงโดยจำกัดไม่ให้เกิน 80% ของพิกัดหม้อแปลง เพื่อยืดอายุการใช้งานของหม้อแปลง หรืออีกตัวอย่างของการบำรุงรักษาแบบปรับปรุงเพื่อยืดอายุการใช้งาน ได้แก่ การใช้ตัวหรี่ไฟกับหลอดอินแคนเดสเซนต์เพื่อยืดอายุการใช้งานของหลอดไส้จาก 1,000 ชั่วโมง เป็น 5,000-8,000 ชั่วโมง เป็นต้น

2. การบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance)

การบำรุงรักษาแบบป้องกัน หมายถึงการทำกิจกรรมบำรุงรักษาเพื่อป้องกัน หรือลดการเกิดความเสียหายของระบบ หรือก่อนที่ความเสียหายนั้นจะลุกลามต่อไป แสดงดังภาพที่ 2-12 แสดงประเภทของการบำรุงรักษาแบบป้องกันซึ่งแบ่งได้เป็น 2 แบบดังนี้



ภาพที่ 2-12 รูปแบบการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

2.1 การบำรุงรักษาแบบป้องกันทางอ้อม (Indirect Preventive Maintenance)

การบำรุงรักษาแบบป้องกันทางอ้อมเป็นการบำรุงรักษาเพื่อค้นหาจุดขัดข้องที่เพิ่งจะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ในระบบก่อนที่จะทำให้ระบบเสียหายหรือกระทบต่อการจ่ายไฟฟ้า ซึ่งจะใช้วิธีการตรวจวัดสภาพของอุปกรณ์ เพื่อให้ทราบถึงสภาพการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ ซึ่งมักจะเรียกว่า "การบำรุงรักษาตามสภาพ (Condition Based Maintenance: CBM)" การบำรุงรักษาแบบป้องกันทางอ้อมนั้นจะไม่ส่งผลโดยตรงต่อสภาพของอุปกรณ์ แต่จะนำไปใช้ในการวางแผนการบำรุงรักษาแบบป้องกันต่อไป การบำรุงรักษาแบบป้องกันทางอ้อมแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ

2.1.1 Objective คือ การใช้เครื่องมือในการตรวจสอบความผิดปกติที่เกิดขึ้นในระบบ เช่น การใช้กล้องส่องความร้อน เครื่องวัดกระแส เป็นต้น

2.1.2 Subjective คือ การใช้สัมผัสทั้งห้า ได้แก่ รูป รส กลิ่น เสียง และการสัมผัสในการตรวจสอบความผิดปกติที่เกิดขึ้น ซึ่งวิธีนี้ต้องอาศัยความชำนาญและประสบการณ์ของผู้ที่ทำการตรวจสอบ

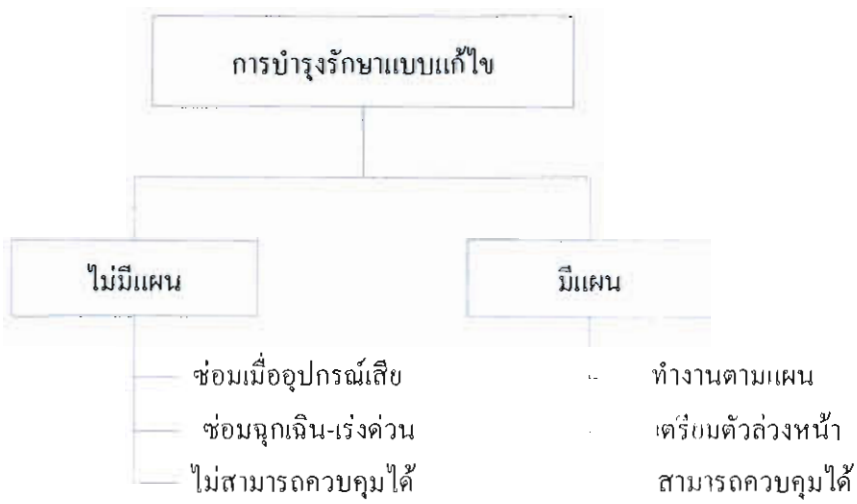
2.2 การบำรุงรักษาแบบป้องกันทางตรง (Direct Preventive Maintenance)

การบำรุงรักษาแบบป้องกันทางตรงเป็นการบำรุงรักษาเพื่อมิให้อุปกรณ์ในระบบเกิดความเสียหาย โดยจะส่งผลโดยตรงต่อตัวอุปกรณ์ที่ได้ทำการบำรุงรักษา เช่น การเปลี่ยนอะไหล่ของ

อุปกรณ์ในระบบตามกำหนดเวลา การทำความสะอาดลูกถ้วย เป็นต้น การบำรุงรักษาแบบป้องกันทางตรง มักจะใช้เวลาในการควบคุมการทำกิจกรรม ซึ่งอาจเป็นรอบระยะเวลาตามปฏิทิน จำนวนชั่วโมงการใช้งาน หรือจำนวนครั้งของการทำงาน เป็นต้น ทั้งนี้มักจะเรียกการบำรุงรักษาทั้งหมดที่ถูกควบคุมด้วยเวลาหรือจำนวนครั้งที่แน่นอนว่า "การบำรุงรักษาตามกำหนดเวลา (Fixed Time Maintenance: FTM)" การบำรุงรักษาแบบป้องกันทางตรงทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าดีขึ้นเพราะได้มีการเปลี่ยนแปลงอะไหล่หรืออุปกรณ์ย่อยเป็นระยะตามกำหนด การบำรุงรักษาแบบป้องกันทางตรงเหมาะสำหรับอุปกรณ์ที่ไม่สามารถตรวจได้ด้วยการตรวจสภาพหรืออุปกรณ์ที่ใช้ตรวจสภาพอาจมีราคาสูงมากจนทำให้ต้องหันมาใช้การบำรุงรักษาแบบป้องกันทางตรง

3. การบำรุงรักษาแบบแก้ไข (Corrective Maintenance)

การบำรุงรักษาแบบแก้ไข หมายถึงการทำกิจกรรมบำรุงรักษาเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า ซึ่งเมื่อก่อนอาจเรียกกันว่า การบำรุงรักษาแบบฉุกเฉิน (Emergency Maintenance) หรือการบำรุงรักษาเมื่อเสียหาย (Breakdown Maintenance) ซึ่งอาจไม่ถูกต้องนัก เพราะการบำรุงรักษาแบบแก้ไข ไม่จำเป็นต้องเป็นการบำรุงรักษาเมื่อเสียหายหรือการบำรุงรักษาแบบฉุกเฉินเท่านั้นเนื่องจากบางครั้งอาจจะเป็นการแก้ไขสิ่งบกพร่องที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์ก่อนที่จะลุกลามมากไปจนเสียหายฉุกเฉิน การบำรุงรักษาแบบแก้ไขแบ่งเป็น 2 แบบ แสดงดังภาพที่ 2-13



ภาพที่ 2-13 รูปแบบการบำรุงรักษาแบบแก้ไข

3.1 การบำรุงรักษาแบบแก้ไขแบบไม่มีแผน (Unplanned Corrective Maintenance)

การบำรุงรักษาแบบแก้ไขแบบไม่มีแผน คือ การบำรุงรักษาที่ไม่สามารถวางแผนล่วงหน้าได้ หรือเวลาที่ทราบล่วงหน้าเพื่อเตรียมการบำรุงรักษาน้อยมาก จนไม่สามารถวางแผน

เกี่ยวกับการเตรียมจำนวนคน เอกสาร อุปกรณ์และอะไหล่ได้ก่อนที่จะเริ่มการทำงาน ซึ่งการบำรุงรักษาแบบนี้จะทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูงมาก และอาจต้องหยุดจ่ายไฟฟ้าอย่างฉุกเฉิน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟจำนวนมาก และถือว่าการสูญเสียเนื่องจากจ่ายไฟไม่ได้นี้เป็นค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาทางอ้อม

3.2 การบำรุงรักษาแบบแก้ไขแบบมีแผน (Planned Corrective Maintenance)

การบำรุงรักษาแบบแก้ไขแบบมีแผนเป็นการบำรุงรักษาที่ได้มีการวางแผนไว้ล่วงหน้าเมื่อทราบว่าระบบมีปัญหาและอาจเกิดการขัดข้องได้ถ้าไม่ได้รับการแก้ไข เป็นผลจากการดำเนินการบำรุงรักษาแบบป้องกันทางอ้อม ทำให้ทราบว่าอุปกรณ์และระบบส่วนใดกำลังจะเสียหาย ทำให้สามารถเตรียมเครื่องมือและอื่น ๆ ที่ต้องใช้ในการซ่อม ทำให้ลดเวลาในการรอและเวลาในการซ่อมลง ซึ่งจะช่วยลดความสูญเสียเนื่องจากการจ่ายไฟไม่ได้

ความน่าเชื่อถือและการทำกิจกรรมบำรุงรักษาเครื่องจักร

1. ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือ (The Reliability Function)

ความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร คือ ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรจะทำงานตั้งแต่เวลา 0 จนถึงเวลา t โดยไม่เกิดเหตุการณ์ชำรุด และถ้ากำหนดให้ T คือ เวลาที่ชำรุดเป็นตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง เมื่อ $T \geq 0$ แล้ว ความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$R(t)=\Pr\{T \geq t\} \tag{2-1}$$

ซึ่ง $R(t) \geq 0$ และ $\lim_{t\to\infty} R(t)=0$ เมื่อกำหนดค่าของเวลา t , R(t) เป็นความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรจะชำรุด ณ เวลา t หรือหลังเวลา t ถ้ากำหนดให้

$$F(t)=1-R(t)=\Pr\{T < t\} \tag{2-2}$$

ซึ่ง $F(0)=0$ และ $\lim_{t\to\infty} F(t)=1$ โดยที่ $F(t)$ เป็นความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรจะชำรุดก่อนเวลา t ดังนั้น $R(t)$ คือ ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือ และ $F(t)$ คือ ฟังก์ชันสะสมของการแจกแจงการชำรุด (CDF) ฉะนั้นได้ฟังก์ชันความน่าจะเป็นหนาแน่น (PDF) ดังสมการที่ 2-3 ซึ่งฟังก์ชันนี้อธิบายการแจกแจงการชำรุดของเครื่องจักร

$$f(t)=\frac{dF(t)}{dt}=\frac{dR(t)}{dt} \tag{2-3}$$

ฟังก์ชันความน่าจะเป็นหนาแน่น (PDF) มีคุณสมบัติ 2 อย่าง คือ

$$f(t) \geq 0 \text{ และ } \int_0^{\infty} f(t)\,dt = 1$$

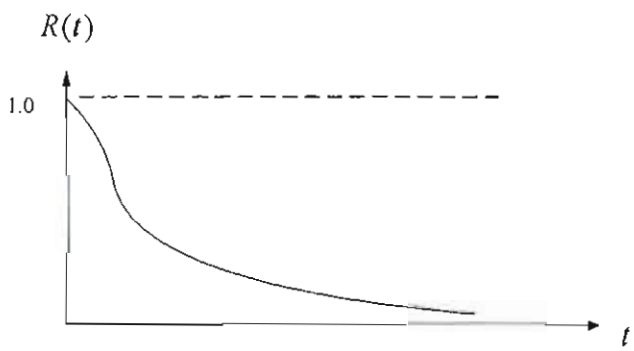
ดังนั้น

$$F(t) = \int_0^{t} f(t')\,dt' \tag{2-4}$$

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t')\,dt' \tag{2-5}$$

ทั้งฟังก์ชันความน่าเชื่อถือและฟังก์ชันสะสมของการแจกแจงแบบชำรุด ถูกแสดงโดยพื้นที่ใต้กราฟของฟังก์ชันความหนาแน่น (PDF) ดังภาพที่ 2-14 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 ดังนั้น

$$0 \leq R(t) \leq 1 \text{ และ } 0 \leq F(t) \leq 1$$



ภาพที่ 2-14 ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือ (The Reliability Function)

2. ชนิดของฟังก์ชันความน่าเชื่อถือ

สำหรับตัวแปรสุ่มชั่วชีวิตสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ ตัวแปรสุ่มชนิดไม่ต่อเนื่อง และตัวแปรสุ่มชนิดต่อเนื่อง โดยที่ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือสำหรับอธิบายตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงชนิดไม่ต่อเนื่อง จะเรียกว่าฟังก์ชันความน่าเชื่อถือชนิดไม่ต่อเนื่อง และฟังก์ชันความน่าเชื่อถือสำหรับอธิบายตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงชนิดต่อเนื่อง จะเรียกว่าฟังก์ชันความน่าเชื่อถือชนิดต่อเนื่อง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือชนิดไม่ต่อเนื่อง

กำหนดให้ T เป็นตัวแปรสุ่มชนิดไม่ต่อเนื่อง แทนด้วย $t_1, t_2, \ldots, t_i, \ldots$ โดยที่ $0 < t_1 < t_2 < \ldots < t_i < \ldots$ จะได้ว่าฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็น คือ

$$p(t_j) = P(T = t_j) \text{ สำหรับ } j = 1, 2, 3, \ldots$$

และฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม สามารถพิจารณาได้ดังนี้

จาก $F(t_j)=P(T<t_j)$

$$=P(T=t_1)+P(T=t_2)+\ldots+P(T=t_{j-1})$$

$$=p(t_1)+p(t_2)+\ldots+p(t_{j-1}) \quad (2\text{-}6)$$

ดังนั้น $F(t_1)=\sum_{t=1}^{j-1}p(t_1)$

และฟังก์ชันความน่าเชื่อถือ กำหนดโดย

$$R(t_i)=P(T\geq t_i)=\sum_{t=j}^{\infty}p(t_i) \quad (2\text{-}7)$$

หรือ $$R(t_i)=1-F(t_i)=1-P(T<t_i) \quad (2\text{-}8)$$

2.2 ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือชนิดต่อเนื่อง

กำหนดให้ T เป็นตัวแปรสุ่มชนิดต่อเนื่อง โดยที่ $t>0$ และมีฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็น คือ $f(t)$ สามารถกำหนดฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม ได้ดังนี้

$$F(t)=P(T<t)=\int_0^{\infty}f(t)\,dt \quad (2\text{-}9)$$

และฟังก์ชันความน่าเชื่อถือ กำหนดโดย

$$R(t)=P(T\geq t)=\int_0^{\infty}f(t)\,dt \quad (2\text{-}10)$$

หรือ $$R(t)=1-F(t) \quad (2\text{-}11)$$

3. ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่สำคัญ

สำหรับหัวข้อนี้จะได้กล่าวถึงฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงชั่วชีวิตชนิดต่อเนื่องที่สำคัญ 4 การแจกแจงอันประกอบไปด้วย ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบไวบูลล์ อินเวอร์สเกาส์เซียน ล็อก-นอร์มอล และเอกซ์โปเนนเชียล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบไวบูลล์

ถ้า T เป็นตัวแปรสุ่มชั่วชีวิตที่มีการแจกแจงแบบไวบูลล์ จะได้ว่าฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็นของการแจกแจงแบบไวบูลล์ที่มี 3 พารามิเตอร์กำหนดโดย

$$f(t)=\left[\frac{\beta}{\alpha}\right]\left[\frac{(t-\theta)}{\alpha}\right]^{\beta-1}\exp\left[-\left(\frac{(t-\theta)}{\alpha}\right)^{\beta}\right] \quad , t\geq\theta \tag{2-12}$$

โดยที่ θ คือ พารามิเตอร์แสดงตำแหน่ง (Location Parameter), $\theta > 0$

β คือ พารามิเดอร์แสดงรูปร่าง (Shape Parameter), $\beta > 0$

α คือ พารามิเตอร์แสดงสเกล (Scale Parameter), $\alpha > 0$

ถ้ากำหนดพารามิเดอร์แสดงตำแหน่งมีค่าเป็น 0 จะได้ว่าฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็นที่กำกับการแจกแจงแบบไวบูลล์ที่มี 2 พารามิเตอร์กำหนดโดย

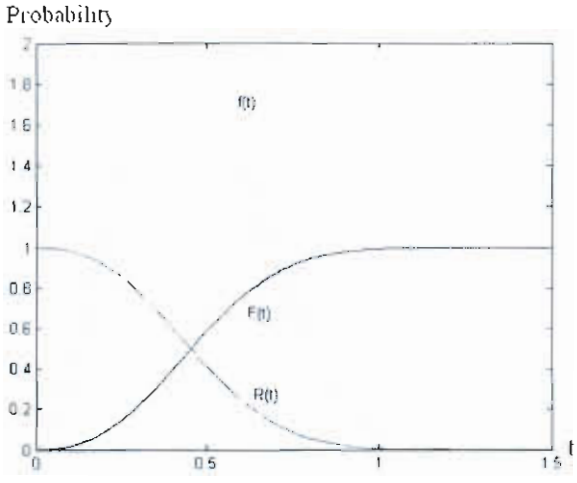
$$f(t)=\left[\frac{\beta}{\alpha}\right]\left[\frac{t}{\alpha}\right]^{\beta-1}\exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}\right] \quad , \quad t\geq\theta \tag{2-13}$$

นอกจากนี้แล้วยังสามารถพิจารณาความน่าจะเป็นที่แต่ละหน่วยที่ทำการศึกษายังคงมีชีวิตหรือแต่ละหน่วยจะรอดชีพเมื่อเวลาผ่านไป t ในรูปฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบไวบูลล์ได้ดังนี้

$$R(t)=\exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}\right] \tag{2-14}$$

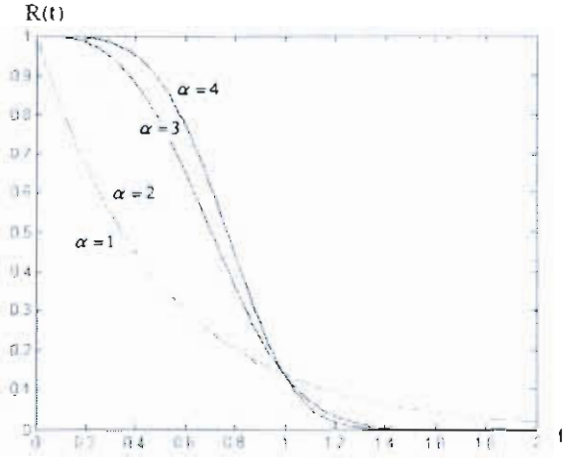
เมื่อกำหนดพารามิเตอร์แสดงรูปร่างเป็น 5 พารามิเตอร์แสดงสเกลเป็น 2.5 สามารถเขียนเส้นโค้งแสดงฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็น ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม และฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบไวบูลล์ พบว่าฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็นมีลักษณะเบ้ขวาฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมเป็นฟังก์ชันเพิ่มอย่างเดียว และฟังก์ชันความน่าเชื่อถือเป็นฟังก์ชันลดอย่างเดียว ซึ่งสามารถพิจารณาได้ดังภาพที่ 2-15

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131



ภาพที่ 2-15 ฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็น ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม และฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบไวบูลล์

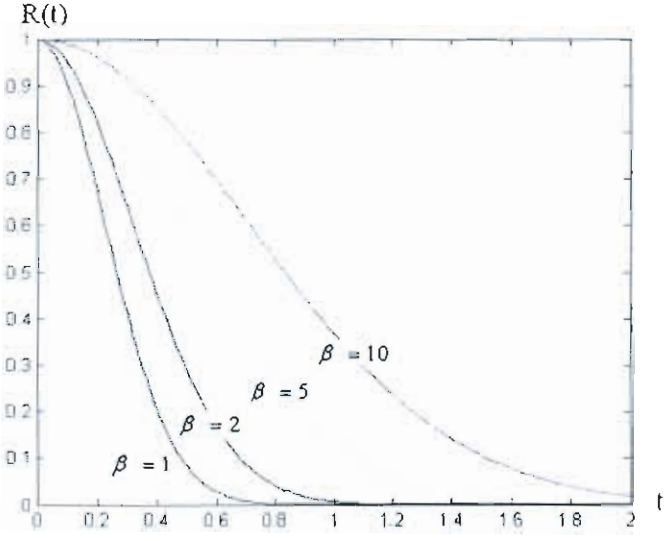
เมื่อกำหนดพารามิเตอร์แสดงรูปร่างเป็น 1, 2, 5 และ 10 พารามิเตอร์แสดงสเกลเป็น 2 พบว่าฟังก์ชันความน่าเชื่อถือเป็นฟังก์ชันลดอย่างเดียวและถ้าพิจารณาฟังชันความน่าเชื่อถือสามารถพิจารณาได้ 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาที่ค่าความน่าเชื่อถือแปรผันตามพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง และช่วงเวลาที่ค่าความน่าเชื่อถือแปรผกผันกับพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง ณ เวลา t เดียวกัน แสดงดังภาพที่ 2-16



ภาพที่ 2-16 ฟังก์ชันแสดงความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบไวบูลล์ เมื่อพารามิเตอร์แสดงรูปร่างคงที่ และพารามิเดอร์แสดงสเกลไม่คงที่

365502

เมื่อกำหนดพารามิเตอร์แสดงรูปร่างเป็น 2 พารามิเตอร์แสดงสเกลเป็น 1, 2, 3 และ 4 พบว่าเส้นโค้งฟังก์ชันความน่าเชื่อถือจะลดลงเร็วกว่าเมื่อพารามิเตอร์แสดงสเกลมีค่าน้อย หรือค่าความน่าเชื่อถือ จะแปรผันตามพารามิเดอร์แสดงสเกล เมื่อพิจารณา ณ เวลาเดียวกันดังภาพที่ 2-17



ภาพที่ 2-17 ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบไวบูลล์ เมื่อพารามิเตอร์แสดงรูปร่างไม่คงที่และพารามิเตอร์แสดงสเกลคงที่

3.2 ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบปกติ

ถ้า T เป็นตัวแปรสุ่มชั่วชีวิตที่มีการแจกแจงแบบนอร์มอล จะได้ว่าฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็นที่กำกับการแจกแจงแบบล็อก-นอร์มอล คือ

$$f(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}}e^{\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad ; t>0 \tag{2-15}$$

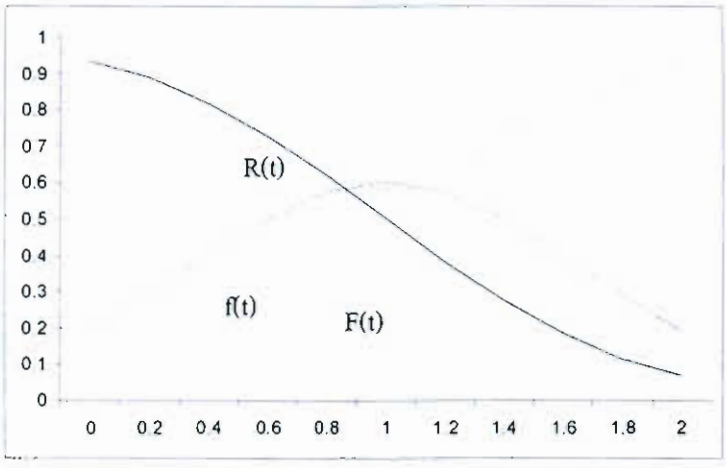
โดยที่ μ คือ พารามิเตอร์แสดงค่าเฉลี่ย

σ^2 คือ พารามิเตอร์แสดงความแปรปรวน

และสามารถเขียนฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบนอร์มอลได้ดังนี้

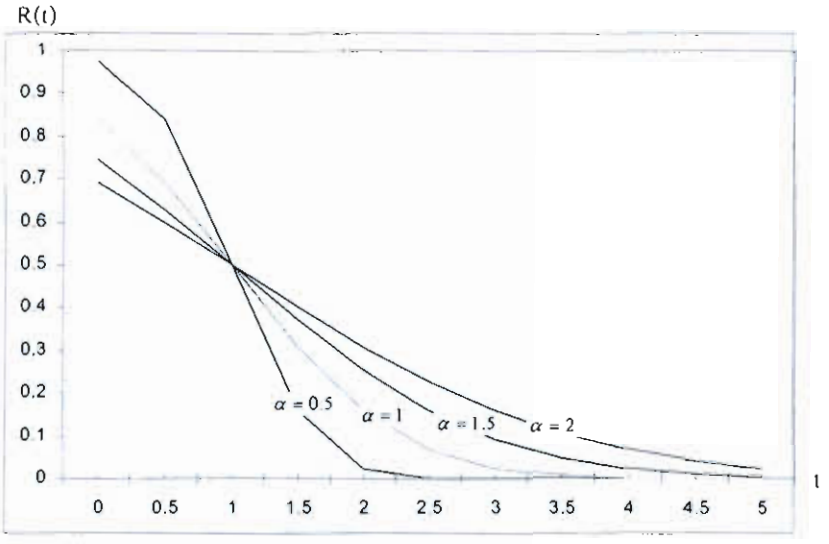
$$R(t)=1-\phi_{nor}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right) \tag{2-16}$$

เมื่อกำหนดค่าเฉลี่ยเป็น 0 พารามิเตอร์แสดงความแปรปรวนเป็น 0.25 สามารถเขียนเส้นโค้งแสดงฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็น ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม และฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบนอร์มอล พบว่าฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็นมีลักษณะเบ้ขวา ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมเป็นฟังก์ชันเพิ่มอย่างเดียว และฟังก์ชันความน่าเชื่อถือเป็นฟังก์ชันลดอย่างเดียว ซึ่งสามารถพิจารณาได้ดังภาพที่ 2-18



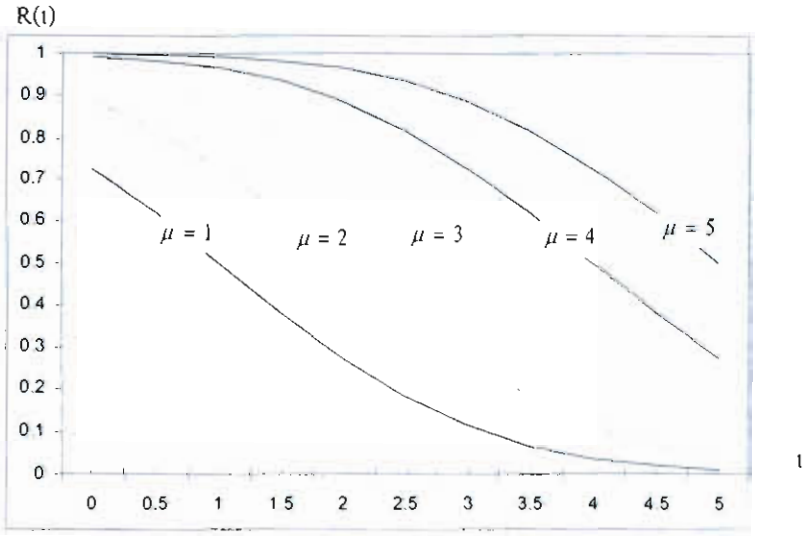
ภาพที่ 2-18 ฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็น ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม และฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบนอร์มอล

เมื่อกำหนดพารามิเตอร์แสดงค่าเฉลี่ยเป็น 1 และพารามิเตอร์แสดงความแปรปรวนเป็น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 พบว่าสำหรับช่วงต้นของเวลาที่พิจารณาเส้นโค้งของฟังก์ชันความน่าเชื่อถือจะลดลงเร็วกว่าเมื่อความแปรปรวนมีค่าน้อย หรือค่าความน่าเชื่อถือจะแปรผันตามพารามิเตอร์แสดงความแปรปรวน และเป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามในช่วงปลายของเวลาที่พิจารณา แสดงดังภาพที่ 2-19



ภาพที่ 2-19 ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบนอร์มอล เมื่อพารามิเตอร์แสดงค่าเฉลี่ยคงที่และพารามิเตอร์แสดงความแปรปรวนไม่คงที่

เมื่อกำหนดพารามิเตอร์แสดงค่าเฉลี่ยเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 และพารามิเตอร์แสดงความแปรปรวนเป็น 1.50 พบว่าเส้นโค้งของฟังก์ชันความน่าเชื่อถือเป็นฟังก์ชันลดอย่างเดียวและเมื่อพิจารณาที่เวลาเดียวกันฟังก์ชันความน่าเชื่อถือสำหรับความแปรปรวนที่มีค่าน้อยจะมีค่าความน่าเชื่อถือน้อยกว่าที่มีความแปรปรวนมาก ซึ่งสามารถพิจารณาได้ดังภาพที่ 2-20



ภาพที่ 2-20 ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบนอร์มอล เมื่อพารามิเตอร์แสดงความแปรปรวนคงที่ และพารามิเตอร์แสดงค่าเฉลี่ยไม่คงที่

3.3 ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบล็อกปกติ

ถ้า T เป็นตัวแปรสุ่มชั่วชีวิตที่มีการแจกแจงแบบล็อกปกติ จะได้ว่าฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็นที่กำกับการแจกแจงแบบล็อกปกติ คือ

$$f(t)=\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma t}}\exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{lnt-\mu}{\sigma}\right)\right\}\ ;\ t>0 \qquad (2\text{-}17)$$

โดยที่ μ คือ พารามิเตอร์แสดงค่าเฉลี่ย

σ^2 คือ พารามิเตอร์แสดงความแปรปรวน

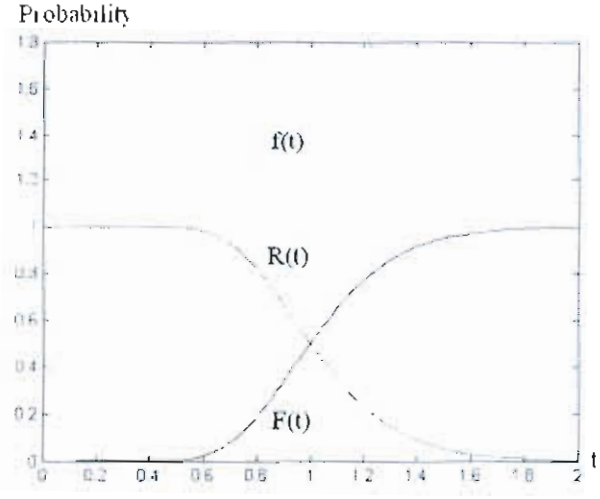
และสามารถเขียนฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบล็อกปกติได้ดังนี้

$$R(t)=1-\phi_{nor}\left(\frac{\ln t-\mu}{\sigma}\right) \qquad (2\text{-}18)$$

โดย

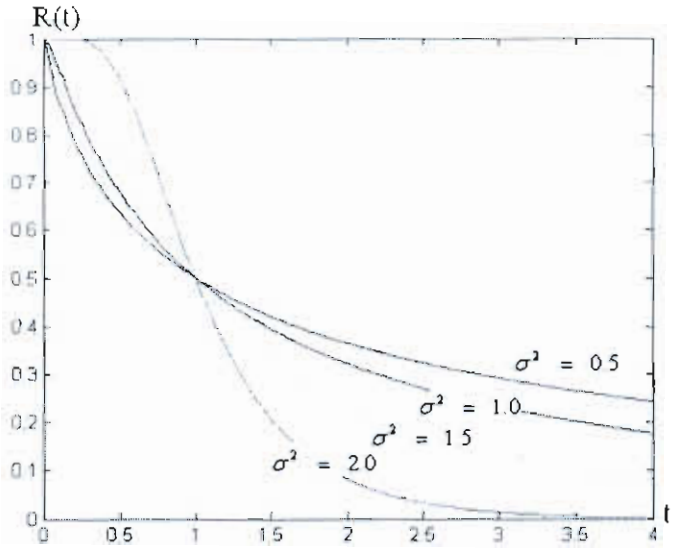
$$\phi_{nor}=\int_{-\infty}^{x}\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\exp\left\{-\frac{u^2}{2}\right\}du \qquad (2\text{-}19)$$

เมื่อกำหนดค่าเฉลี่ยเป็น 0 พารามิเตอร์แสดงความแปรปรวนเป็น 0.25 สามารถเขียนเส้นโค้งแสดงฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็น ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม และฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบล็อกปกติ พบว่าฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็นมีลักษณะเบ้ขวา ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมเป็นฟังก์ชันเพิ่มอย่างเดียว และฟังก์ชันความน่าเชื่อถือเป็นฟังก์ชันลดอย่างเดียว ซึ่งสามารถพิจารณาได้ดังภาพที่ 2-21



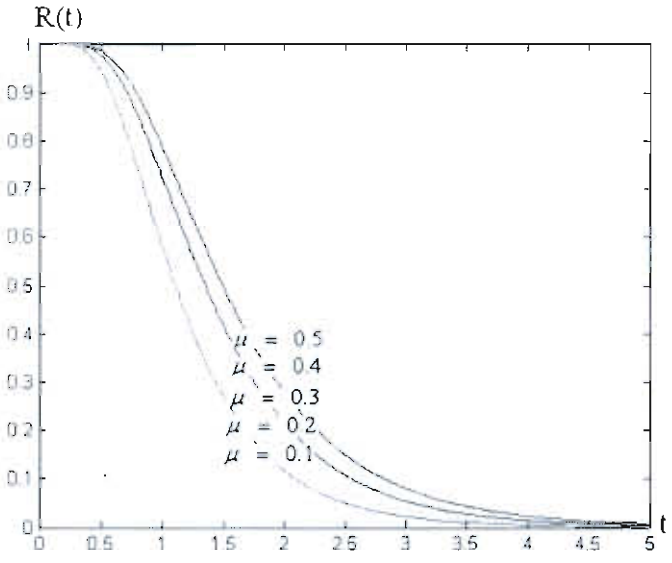
ภาพที่ 2-21 ฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็น ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม และฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบล็อกปกติ

เมื่อกำหนดพารามิเตอร์แสดงค่าเฉลี่ยเป็น 0 และพารามิเตอร์แสดงความแปรปรวนเป็น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 พบว่าสำหรับช่วงต้นของเวลาที่พิจารณาเส้นโค้งของฟังก์ชันความน่าเชื่อถือจะลดลงเร็วกว่าเมื่อความแปรปรวนมีค่าน้อย หรือค่าความน่าเชื่อถือจะแปรผันตามพารามิเตอร์แสดงความแปรปรวน และเป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามในช่วงปลายของเวลาที่พิจารณา แสดงดังภาพที่ 2-22



ภาพที่ 2-22 ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบล็อกปกติ เมื่อพารามิเตอร์แสดงค่าเฉลี่ยคงที่และพารามิเตอร์แสดงความแปรปรวนไม่คงที่

เมื่อกำหนดพารามิเตอร์แสดงค่าเฉลี่ยเป็น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 และพารามิเตอร์แสดงความแปรปรวนเป็น 0.50 พบว่าเส้นโค้งของฟังก์ชันความน่าเชื่อถือเป็นฟังก์ชันลดอย่างเดียว และเมื่อพิจารณาที่เวลาเดียวกันฟังก์ชันความน่าเชื่อถือสำหรับความแปรปรวนที่มีค่าน้อยจะมีค่าความน่าเชื่อถือน้อยกว่าที่มีความแปรปรวนมาก ซึ่งสามารถพิจารณาได้ดังภาพที่ 2-23



ภาพที่ 2-23 ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบล็อกปกติ เมื่อพารามิเตอร์แสดงความแปรปรวนคงที่ และพารามิเตอร์แสดงค่าเฉลี่ยไม่คงที่

3.4 ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล

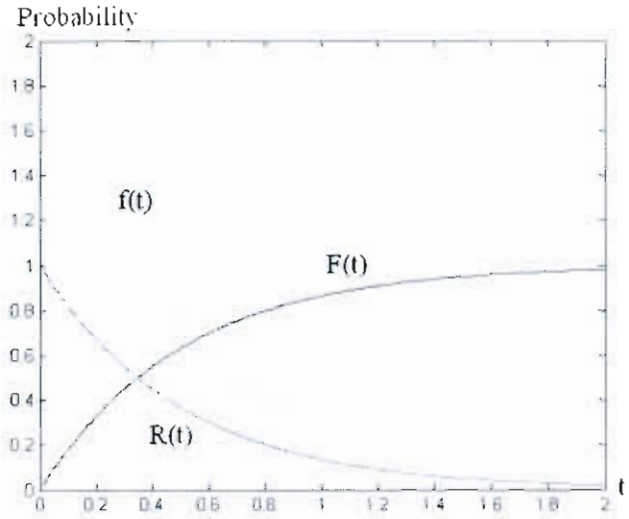
ถ้า T เป็นตัวแปรสุ่มชั่วชีวิต จะได้ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็นที่กำกับการแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล คือ

$$f(t)=\frac{1}{\theta}\exp\left\{-\frac{1}{\theta}\right\}\ ;\ t\geq 0 \tag{2-20}$$

โดยที่ θ เป็นพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง และสามารถเขียนฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียลได้ดังนี้

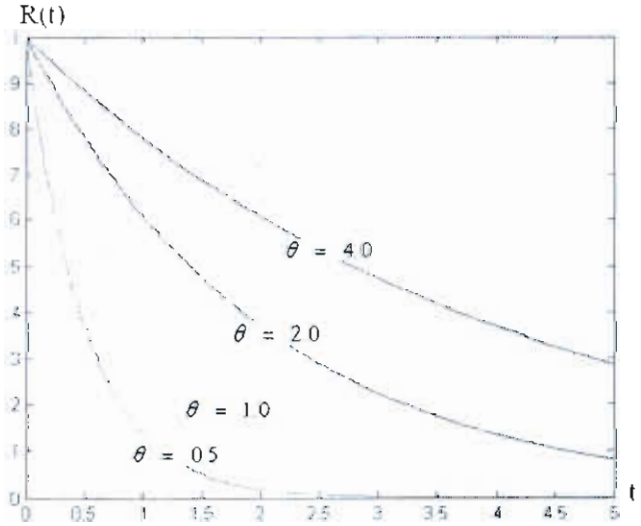
$$R(t)=\exp\left(-\frac{t}{\theta}\right) \tag{2-21}$$

เมื่อกำหนดพารามิเตอร์แสดงรูปร่างเป็น 0.5 สามารถเขียนเส้นโค้งแสดงฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็น ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม และฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล พบว่าฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็นมีลักษณะเบ้ขวา ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมเป็นฟังก์ชันเพิ่มอย่างเดียว และฟังก์ชันความน่าเชื่อถือเป็นฟังก์ชันลดอย่างเดียว ซึ่งสามารถพิจารณาได้ดังภาพที่ 2-24



ภาพที่ 2-24 ฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็น ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม และฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล

เมื่อกำหนดพารามิเตอร์แสดงรูปร่างเป็น 0.50, 1.00, 2.00 และ 4.00 พบว่าฟังก์ชันความน่าเชื่อถือเป็นฟังก์ชันลดอย่างเดียวและฟังก์ชันความน่าเชื่อถือจะลดลงเร็ว เมื่อค่าพารามิเตอร์แสดงรูปร่างมีค่าน้อยและลดลงอย่างช้า ๆ เมื่อพารามิเตอร์ดังกล่าวมีค่ามาก ซึ่งสามารถพิจารณาได้ดังภาพที่ 2-25



ภาพที่ 2-25 ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล เมื่อพารามิเตอร์แสดงรูปร่างมีค่าไม่คงที่

การประมาณค่าพารามิเตอร์ความน่าเชื่อถือ (Reliability Parameters Estimation)

การหาค่าความน่าเชื่อถือจะสามารถหาได้โดยการแทนค่าความเสียหาย (Failure) ด้วยฟังก์ชันการแจกแจงต่าง ๆ เพื่อใช้พยากรณ์อายุการใช้งาน (Lifetime) ในอนาคตของชิ้นส่วนหรือโอกาสที่จะเกิดความเสียหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์นั้น ๆ โดยวิธีการเลือกฟังก์ชันการแจกแจงเพื่อทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ความน่าเชื่อถือของระบบหรือชิ้นส่วนอุปกรณ์สามารถพิจารณาได้จากวิธีการดังต่อไปนี้

1. การวาดกราฟความน่าจะเป็น (Probability Plotting) คือ เทคนิคที่มีประโยชน์อย่างมากในการประเมินหารูปแบบการแจกแจงด้วยขนาดตัวอย่างที่มีค่อนข้างน้อย โดยสามารถแสดงผลได้เป็นภาพเชิงกราฟ (Graphical Picture) และระบุเกี่ยวกับจำนวน (Quantitative) ว่ารูปแบบการแจกแจงสนิทกับข้อมูลที่มีอยู่ได้ดีเพียงใด และถ้าขนาดของตัวอย่างมีเป็นจำนวนมากเทคนิคการวาดกราฟความน่าจะเป็นเพื่อหารูปแบบการแจกแจงก็จะมีความแม่นยำมากขึ้นในการประมาณค่าพารามิเตอร์

2. วิธีกำลังสองน้อยสุด (Least Square Method) ได้ถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อใช้วาดกราฟความน่าจะเป็นและทำการพิจารณารูปแบบการแจกแจงที่สนิทกับข้อมูลโดยสังเกตดังนี้

2.1 ดูจากจุดที่เกาะบนเส้นของการแจกแจง ถ้าจุดอยู่บนเส้นดีมากแสดงว่าข้อมูลสนิทกับการแจกแจงนั้นมาก

2.2 ดูจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ถ้ามีค่ามากที่สุดที่เข้าใกล้ 1 แสดงว่าข้อมูลสนิทกับการแจกแจงนั้นมาก โดยรูปแบบการแจกแจงที่นิยมนำมาตรวจสอบคือ การแจกแจงไวบูลล์ (Weibull Distribution) การแจกแจงเลขชี้กำลัง (Exponential Distribution) การแจกแจงปกติ (Normal Distribution) และการแจกแจงล็อกปกติ (Lognormal Distribution) ทั้งนี้เนื่องจากเป็นการแจกแจงทางสถิติที่พบได้บ่อยในงานด้านความน่าเชื่อถือ (Reliability)

3. การทดสอบภาวะสารูปสนิทดี (Goodness of Fit Test) เป็นการทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลว่ามีลักษณะการแจกแจงตามทฤษฎีหรือไม่ โดยการประยุกต์ของสถิติทดสอบในการเปรียบเทียบ การทดสอบนี้จะเป็นประโยชน์ในกรณีที่เราต้องการมั่นใจว่าข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้นั้นจะมีการแจกแจงแบบที่เราต้องการหรือไม่ โดยสถิติทดสอบที่ใช้สามารถแบ่งตามลักษณะการแจกแจงดังนี้

3.1 การแจกแจงเลขชี้กำลัง (Exponential Distribution) ใช้สถิติทดสอบ คือ Bartlett's Test โดยมีสมมติฐาน คือ

H_0: ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายเป็นการแจกแจงเลขชี้กำลัง (Exponential Distribution)

H_1 : ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายไม่เป็นการแจกแจงเลขชี้กำลัง (Exponential Distribution)

สูตรที่ใช้ในการทดสอบทางสถิติ คือ

$$B = \frac{2r\left[\ln\left(\left(\frac{1}{r}\right)\sum_{i=1}^{r} t_i\right) - \left(\frac{1}{r}\right)\ln t_i\right]}{1+(r+1)/6r} \tag{2-22}$$

โดยที่

t_i คือ เวลาความเสียหายที่ i

r คือ จำนวนความเสียหายทั้งหมด

B คือ ค่าทางสถิติของวิธีการ Bartlett's Test

สถิติทดสอบ B สามารถแทนได้ด้วยการแจกแจงไคสแควร์ (Chi-Square Distribution) ที่มีค่าองศาแห่งความเป็นอิสระ (Degrees of Freedom) เท่ากับ r-1 ซึ่งในการทดสอบนี้ ถ้า

$$X^2_{1-\alpha/2,r-1} < B < X^2_{\alpha/2,r-1} \tag{2-23}$$

ดังนั้น การทดสอบสมมติฐานนี้จะยอมรับ H0 (หรือปฏิเสธ H1) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายเป็นการแจกแจงเลขชี้กำลัง

3.2 การแจกแจงปกติ (Normal Distribution) และการแจกแจงล็อกปกติ (Lognormal Distribution) ใช้สถิติทดสอบ คือ Kolmogorov-Smirnov Test โดยมีสมมติฐาน คือ

H_0 : ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายเป็นการแจกแจงปกติ/ล็อกปกติ (Normal/ Lognormal Distribution)

H_1 : ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายไม่เป็นการแจกแจงปกติ/ล็อกปกติ (Normal/ Lognormal Distribution)

สูตรที่ใช้ในการทดสอบทางสถิติสำหรับการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) คือ

$$D_n = \max\{D_1, D_2\} \tag{2-24}$$

โดยที่

D_n คือ ค่าทางสถิติของวิธีการ Kolmogorov-Smirnov Test ซึ่ง

$$D_1 = \max_{1\le i\le n}\{\Phi\left(\frac{t_i - \bar{t}}{s}\right) - \frac{i-1}{n}\} \tag{2-25}$$

$$D_2 = \max_{1\le i\le n}\left\{\frac{i}{n} - \phi\left(\frac{t_i - \bar{t}}{s}\right)\right\} \tag{2-26}$$

และ

$$\bar{t} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} t_i \tag{2-27}$$

$$s^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n} (t_i - \bar{t})^2 \tag{2-28}$$

โดยที่

$\bar{t}$ คือ เวลาความเสียหายเฉลี่ยของการแจกแจงปกติ (Normal Distribution)

s^2 คือ ค่าความแปรปรวนของเวลาความเสียหายของการแจกแจงปกติ (Normal Distribution)

แต่การทดสอบทางสถิติสำหรับการแจกแจงล็อกปกติ (Lognormal Distribution) จะมีการคำนวณหาค่าที่แตกต่างดังนี้

$$D_1 = \max_{1\le i\le n}\left\{\phi\left(\frac{1}{s}\ln\frac{t_i}{t_{med}}\right) - \frac{i-1}{n}\right\} \tag{2-29}$$

$$D_2 = \max_{1\le i\le n}\left\{\frac{i}{n} - \phi\left(\frac{1}{s}\ln\frac{t_i}{t_{med}}\right)\right\} \tag{2-30}$$

ซึ่ง

$$\mu = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \ln t_i \tag{2-31}$$

$$t_{med} = e^{\mu} \tag{2-32}$$

$$s^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} (\ln t_i - \mu)^2 \tag{2-33}$$

โดยที่

μ คือ เวลาความเสียหายเฉลี่ยของการแจกแจงล็อกปกติ (Lognormal Distribution)

t_{med} คือ เวลาความเสียหายมัธยฐาน (Median) ของการแจกแจงปกติ (Normal Distribution)

s^2 คือ ค่าความแปรปรวนของเวลาความเสียหายของการแจกแจงปกติ (Normal Distribution)

ถ้า $D_n < D_{critical}$ ดังนั้น การทดสอบสมมติฐานนี้จะยอมรับ H0 แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้า $D_n > D_{critical}$ ดังนั้น การทดสอบสมมติฐานนี้จะยอมรับ H1 โดยค่า $D_{critical}$ สามารถหาได้จากการเปิดตาราง Kolmogorov-Smirnov Test

3.3 การแจกแจงไวบูลล์ (Weibull Distribution) ใช้สถิติทดสอบ คือ Mann's Test โดยมีสมมติฐาน คือ

H_0 : ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายเป็นการแจกแจงไวบูลล์ (Weibull Distribution)

H_1 : ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายไม่เป็นการแจกแจงไวบูลล์ (Weibull Distribution)

สูตรที่ใช้ในการทดสอบทางสถิติ คือ

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} \left[\ln(t_{i+1} - \ln t_i) / M_i \right]}{k_2 \sum_{i=1}^{k1} \left[\ln(t_{i+1} - \ln t_i) / M_i \right]} \tag{2-34}$$

ซึ่ง

$$k_1 = \left[\frac{r}{2} \right] \tag{2-35}$$

$$k_2 = \left[\frac{r-1}{2} \right] \tag{2-36}$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i \tag{2-37}$$

$$Z_i = \ln\left[-\ln\left(1 - \frac{i - 0.5}{n + 0.25} \right) \right] \tag{2-38}$$

โดยที่

k_1 คือ ค่าจำนวนเต็มที่น้อยกว่าหรือเท่ากับระดับชั้นของจำนวนที่เป็นส่วนในเลขเศษส่วน (Denominator)

k_2 คือ ค่าจำนวนเต็มที่น้อยกว่าหรือเท่ากับระดับชั้นของจำนวนที่เป็นเศษในเลขเศษส่วน (Numerator)

M คือ ค่าทางสถิติของวิธีการ Mann's Test

โดยถ้า M< $F_{critical}$ ดังนั้น การทดสอบสมมติฐานนี้จะยอมรับ H_0 โดยค่า $F_{critical}$ สามารถหาได้จากการเปิดตารางการแจกแจง F (F-Distribution) ที่มีค่าองศาแห่งความเป็นอิสระ (Degrees of Freedom) สำหรับจำนวนที่เป็นเศษในเลขเศษส่วน (Numerator) คือ $2k_2$ และค่าองศาแห่งความเป็นอิสระ (Degrees of Freedom) สำหรับจำนวนที่เป็นส่วนในเลขเศษส่วน (Denominator) คือ $2k_1$ เพื่อทราบถึงรูปแบบการแจกแจงที่สนิทกับข้อมูล

วิศวกรรมความน่าเชื่อถือ (Reliability Engineering)

สำหรับการกำหนดระดับความน่าเชื่อถือในงานวิศวกรรมจะดำเนินในช่วงกระบวนการออกแบบ ตั้งแต่ช่วงการออกแบบเบื้องต้นจนกระทั่งช่วงการพัฒนาต้นแบบ รวมทั้งช่วงการทดสอบต้นแบบและการทบทวนการออกแบบ ดังนั้นนิยามความน่าเชื่อถือจึงเป็นความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรหรือระบบสามารถทำงานได้ในช่วงเวลาที่กำหนด โดยแสดงความสัมพันธ์ด้วยตัวแปรทางคณิตศาสตร์ดังนี้ (สมภพ ตลับแก้ว, 2550)

$$R(t) = e^{-\lambda t} \tag{2-39}$$

โดยที่

$R(t)$ = ความน่าจะเป็นที่อุปกรณ์สามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ในช่วงเวลา 0 ถึง t

e = ค่าลอการิธึมธรรมชาติ (Natural logarithms) มีค่าประมาณ 2.71828...

λ = อัตราความชำรุดเสียหาย (Failure Rate)

สำหรับอัตราความชำรุดเสียหายโดยรวมของระบบจะแสดงด้วยความสัมพันธ์ดังนี้

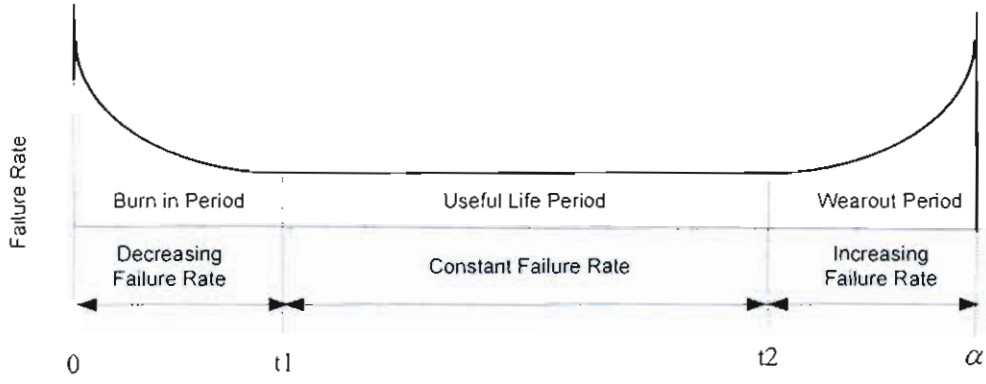
$$\lambda_{sys}(t) = \sum \lambda_i(t) \quad \text{ i = 1} \tag{2-40}$$

โดยที่

i = 1, 2, 3,...n

ความน่าเชื่อถือ คือ ความน่าจะเป็นที่ชิ้นส่วน ระบบหรือเครื่องจักรจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่ไม่เกิดการชำรุดเสียหาย ภายใต้ช่วงที่ระยะเวลากำหนดไว้ และภายใต้ข้อกำหนดการทำงาน โดยที่ความน่าเชื่อถือจะมีค่าแปรผันผกผันกับอัตราความเสียหาย อัตราความเสียหายมีความสำคัญมากสำหรับการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล รวมทั้งการบำรุงรักษา เนื่องจากค่าอัตราความเสียหายจะนำไปประมาณค่าช่วงเวลาการใช้งานก่อนที่ชิ้นส่วนหรือเครื่องจักรจะเกิดการเสียหาย (Time To Failure: TTF) หรือค่าความพร้อมของระบบ (Availability)

เป็นต้น ภาพที่ 2-26 แสดงถึงค่าอัตราความเสียหายที่เกิดขึ้นตลอดอายุการใช้งานของชิ้นส่วนหรือเครื่องจักร ซึ่งเส้นโค้งดังกล่าวนี้จะมีรูปทรงคล้ายอ่างน้ำ (Bath-Tub Curve) สามารถอธิบายได้ดังนี้



ภาพที่ 2-26 วงจรชีวิตรูปอ่างน้ำ (Bath Curve)

ช่วงที่ 1: ช่วงเวลา T = 0 ถึง T = t1

ในช่วงเวลาเริ่มแรก (T = 0) ถึงแม้ว่าจะเป็นช่วงเริ่มแรก แต่ชิ้นงานเหล่านี้อาจจะมีค่าความเสี่ยงสูงที่จะเสียหาย ค่าอัตราความเสียหายในช่วงเริ่มแรกนี้จะมีค่ามากแล้วค่อย ๆ ลดลง เรียกช่วงนี้ว่าการเกิดความเสียหายในช่วงแรก (Early Failure Region หรือ Burn-in Period) ซึ่งความเสียหายในช่วงนี้จะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่ไม่จำเป็นในการซ่อมแซม หรือสร้างความไม่พอใจของลูกค้าที่มีต่อตัวสินค้า ซึ่งเป็นที่น่าสงสัยว่าชิ้นงานเพิ่งจะผลิตและยังไม่ได้ผ่านการใช้งานเลยทำไมจึงมีอัตราความเสียหาย สาเหตุที่เป็นไปได้ก็อาจจะมาจาก

1. ความไม่ได้มาตรฐานในการผลิตหรือความผิดพลาดในการควบคุมคุณภาพ (Type I Error)
2. ความผิดพลาดจากการออกแบบ
3. ความผิดพลาดที่เกิดจากการติดตั้ง (Installation) สาเหตุนี้ค่อนข้างสำคัญเพราะว่าผู้ใช้งานอาจจะยังไม่มีความรู้ ความเข้าใจอย่างเต็มที่ในการใช้อุปกรณ์ นั้น ๆ
4. ความผิดพลาดจากการใช้งานผิดประเภทและจากข่าวในหน้าหนังสือพิมพ์ที่มักจะเห็นข่าวที่เกี่ยวกับผู้ซื้อรถยนต์มือหนึ่งหรือป้ายแดงมีการประท้วงผู้ผลิตรถยนต์อยู่เป็นประจำ ซึ่งคนทั่วไปมักจะเข้าใจไปว่า รถใหม่ป้ายแดงจะต้องไม่มีปัญหาอะไร แต่ความเชื่อเช่นนี้ไม่ถูกต้องและสามารถอธิบายได้ด้วย เส้นโค้งอ่างน้ำ ในช่วงที่ 1

ช่วงที่ 2: ช่วงเวลา T = t1 ถึง T = t2

ช่วงเวลานี้เรียกว่าช่วงที่เกิดความเสียหายแบบคงที่ (Constant Failure Rate Region) เพราะว่าอัตราความเสียหายในช่วงนี้จะไม่ขึ้นอยู่กับเวลาการใช้งาน แต่จะขึ้นอยู่กับ ภาระงาน (Load) ที่มากระทำต่อชิ้นงาน เช่นถ้าภาระงานมีค่ามาก อาจจะก่อให้เกิดความเค้นที่มากเกินไปสะสมอยู่ภายในชิ้นส่วน ขณะเดียวกันถ้ามีค่าภาระงานต่ำก็อาจจะทำให้เกิดการเสื่อมสภาพภายในเนื้อวัสดุของชิ้นส่วน เช่นรถยนต์ที่ไม่ค่อยได้นำมาขับอาจจะทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้ไม่เต็มสมรรถนะของเครื่องยนต์ ในส่วนกลไกต่าง ๆ อาจจะเสื่อมได้ และรวมทั้งข้อบกพร่องทางคุณสมบัติทางกลหรือทางไฟฟ้าของเนื้อวัสดุ ก็อาจจะเป็นสาเหตุหนึ่งของอัตราความเสียหายในช่วงนี้ได้เช่นกัน

ช่วงที่ 3: ช่วงเวลา T = t2 ถึง T = ∞

ช่วงเวลานี้เรียกว่าช่วงการสึกหรอ (Wear-out Region) ในช่วงเวลานี้อัตราความเสียหายจะไม่ได้เกิดขึ้นแบบสุ่ม (Random) แต่จะมีสาเหตุหลัก ๆ มาจาก

1. อายุการใช้งาน
2. การสึกหรอของชิ้นส่วนต่าง ๆ

ค่าอัตราความเสียหายจะเพิ่มขึ้นอย่างมาก (Linearly Increasing Failure Rate) ในช่วงปลายอายุการใช้งาน หากต้องการที่จะลดผลกระทบของความเสียหายที่เกิดขึ้นในช่วงนี้ อาจจะทำได้โดยการวางแผนระบบการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) หรือการเปลี่ยนและทดแทนชิ้นส่วน (Replacement)

ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษา (Maintenance Costs)

บริษัทและองค์กรต่าง ๆ ที่มีความสนใจในการลดค่าใช้จ่ายบำรุงรักษา ส่วนมากมักมีความเข้าใจผิดว่า ผลผลิตก่อให้เกิดรายรับ การบำรุงรักษาก่อให้เกิดรายจ่าย แต่ที่จริงแล้วการไม่ให้ความสำคัญต่อการบำรุงรักษาจะก่อความสูญเสียอย่างมหาศาล ต้นทุนการบำรุงรักษาทางตรง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของงบประมาณด้านการบำรุงรักษาประกอบด้วยต้นทุนต่อไปนี้ คือ ต้นทุนแรงงาน, ต้นทุนวัสดุและอะไหล่, ต้นทุนค่าเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นในการบำรุงรักษา, ค่าโสหุ้ย เป็นต้น

นอกจากนี้ในกรณีที่กิจกรรมด้านการบำรุงรักษา ดำเนินไปอย่างขาดประสิทธิภาพยังสามารถส่งผลกระทบให้เกิดต้นทุนอื่น ๆ ตามมาอีกทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งต้นทุนต่าง ๆ เหล่านี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของธุรกิจ สำหรับกรณีของการผลิต ตัวอย่างต้นทุนที่เกิดขึ้นได้แก่

1. ต้นทุนในส่วนที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ เกิดจากการเร่งการเสื่อมสภาพหรือการสึกกร่อนให้เร็วขึ้น เนื่องจากการบำรุงรักษาไม่ดีพอ

1.1 มีการสะสมอะไหล่ไว้มากเกินความจำเป็น

1.2 มีอุปกรณ์ที่ไม่จำเป็นมากเกินไป

1.3 มีการใช้พลังงานมากเกินความจำเป็น

2. ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการผลิต

2.1 เกิดการแก้ไขงาน

2.2 มีส่วนสูญเสียและสิ้นเปลืองวัตถุดิบมากเกินไป

2.3 เกิดการว่างงานของคนเนื่องจากเครื่องจักรและอุปกรณ์หยุดทำงาน

2.4 เกิดการรองาน

3. ต้นทุนในส่วนที่เกี่ยวข้องกับตัวสินค้า

3.1 เกิดปัญหาด้านคุณภาพและความน่าเชื่อถือ

3.2 ลูกค้าไม่พึงพอใจ

ซึ่งต้นทุนการบำรุงรักษา ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจะถูกรวบรวมเข้าไว้ เป็นต้นทุนในการดำเนินกิจกรรมด้านการบำรุงรักษา หรือเรียกว่าต้นทุนการบำรุงรักษาซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทตามลักษณะการดำเนินกิจกรรมด้านการบำรุงรักษา ดังนี้

1) ต้นทุนการบำรุงรักษาเชิงแก้ไข เป็นต้น ทุนที่เกิดจาการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขหรือการซ่อมชิ้นส่วนที่เกิดขัดข้องให้กลับมาอยู่ในสภาพที่ใช้การได้

2) ต้นทุนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เป็นต้น ทุนที่เกิดจาการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เพื่อรักษาชิ้นส่วนให้อยู่ในสภาพที่ใช้การได้ และเพื่อป้องกันความขัดแย้งที่อาจจะเกิดขึ้นกับชิ้นส่วน

นโยบายการบำรุงรักษาที่ดีที่สุด (Optimal Maintenance Policies)

นโยบายการบำรุงรักษา หมายถึง การกำหนดแนวทางของการดำเนินกิจกรรมด้านการบำรุงรักษา โดยมีจุดประสงค์ คือ

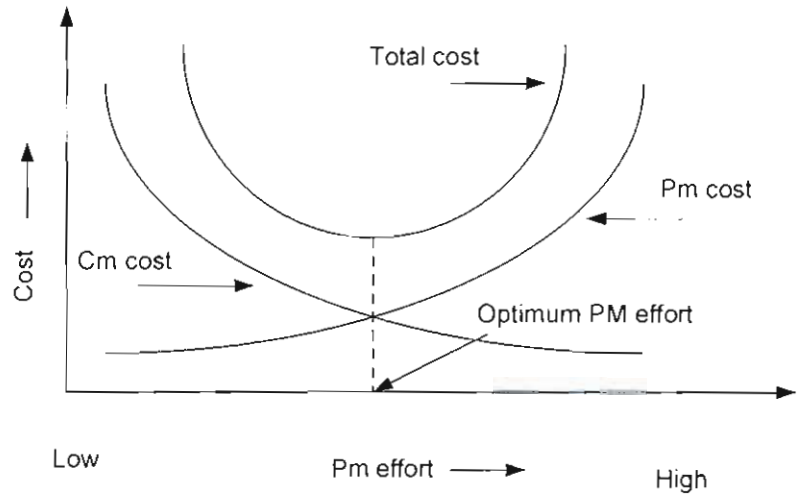
1. เพื่อปรับปรุงความน่าเชื่อถือของระบบ

2. เพื่อป้องกันความขัดข้องที่อาจจะเกิดขึ้นกับระบบ

3. เพื่อลดต้นทุนการบำรุงรักษา

ในกรณีที่การดำเนินกิจกรรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกันอยู่ในระดับต่ำ ต้นทุนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจะต่ำแต่ต้นทุนคาดหวังของการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขจะสูงเมื่อการดำเนินกิจกรรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสูงขึ้น ต้นทุนการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขจะลดลงและต้นทุนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจะเพิ่มขึ้น ดังนั้นนโยบายการบำรุงรักษาที่ดีที่สุด

จึงหมายถึง ระดับความพยายามในการดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ดีที่สุด ทำให้ต้นทุนการบำรุงรักษารวมมีค่าต่ำสุด แสดงดังภาพที่ 2-27



ภาพที่ 2-27 ระดับความพยายามของการดำเนินกิจกรรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ดีที่สุด

เกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกนโยบายการบำรุงรักษาที่ดีที่สุด

การบำรุงรักษามีจุดประสงค์เพื่อปรับปรุงความน่าเชื่อถือ และลดความถี่ของการเกิดความขัดข้องและการหยุดทำงานของเครื่องจักร และอุปกรณ์แต่อย่างไรก็ตามการดำเนินกิจกรรมด้านการบำรุงรักษาก็ย่อมต้องมีต้นทุน ดังนั้นการตัดสินใจนโยบายการบำรุงรักษาที่ดีที่สุดจึงหมายถึงการตัดสินใจเลือกแนวทางด้านการบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุดทั้งในแง่ของความน่าเชื่อถือและในแง่ของต้นทุน โดยตัวชี้วัดที่สำคัญในแง่ของความน่าเชื่อถือได้แก่ ความน่าเชื่อถือ ความพร้อมใช้งาน เวลาเฉลี่ยระหว่างการเกิดความขัดข้องแต่ละครั้ง ความถี่ของการเกิดความขัดข้อง เป็นต้น และดัชนีชี้วัดโดยต้นทุนต่อหน่วยเวลา จะใช้กรณีนโยบายการบำรุงรักษาภายในช่วงเวลาที่มีขอบเขตสิ้นสุด (Finite Time Span) ส่วนดัวชี้วัดโดยต้นทุนต่อหน่วยเวลา จะใช้ในกรณีนโยบายการบำรุงรักษาที่มีระยะเวลาเป็นอนันต์หรือไม่มีขอบเขตสิ้นสุด (Infinite Time Span) ดังนั้นเกณฑ์การตัดสินใจเลือกนโยบายการบำรุงรักษาที่ดีที่สุด สามารถแบ่งได้ดังนี้

1. ใช้เกณฑ์ต้นทุนรวม/ ต้นทุนต่อหน่วยเวลา ของการบำรุงรักษาที่ต่ำที่สุด
2. ใช้เกณฑ์ตัวชี้วัดระดับความน่าเชื่อถือที่สูงที่สุด
3. ใช้เกณฑ์ต้นทุนรวม/ ต้นทุนต่อหน่วยเวลา ของการบำรุงรักษาที่ต่ำที่สุด ภายใต้ระดับความน่าเชื่อถือที่ยอมรับได้

4. ใช้เกณฑ์ตัวชี้วัดระดับความน่าเชื่อถือที่สูงที่สุด ภายใต้ต้นทุนการบำรุงรักษาที่กำหนด

การศึกษาแบบจำลองของนโยบายการบำรุงรักษาที่ดีที่สุด ส่วนใหญ่แล้วมักจะใช้เกณฑ์ต้นการบำรุงรักษาต่ำสุด แต่มักจะไม่พิจารณาความน่าเชื่อถือ อย่างไรก็ตามจุดประสงค์การบำรุงรักษา คือ ปรับปรุงความน่าเชื่อถือของระบบ ดังนั้นนโยบายการบำรุงรักษาที่ดีที่สุดต้องไม่เพียงแต่มีความเหมาะสมด้านต้นทุน แต่ยังต้องพิจารณาเรื่องความน่าเชื่อถือ นั่นหมายความว่าการได้มาซึ่งระบบที่มีสมรรถนะที่ดีที่สุดนั้น นโยบายการบำรุงรักษาจำเป็นต้องพิจารณาตัวชี้วัดทั้งในแง่ของต้นทุนและความน่าเชื่อถือพร้อม ๆ กัน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมเกียรติ พัชรนฤมล (2547) ได้ทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรด้วยระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โรงงานผลิตเม็ดพลาสติก ปัจจัยที่ทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรต่ำมาจากการหยุดเครื่องกระทันหัน ด้วยการจัดตั้งระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จัดการจัดตั้งระบบด้วยระบบการบำรุงรักษาด้วยตนเองส่งผลให้ประสิทธิภาพรวมของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นจาก 76.98% เป็น 86.93% ค่า MTBF เพิ่มขึ้นจาก 34.19 ชั่วโมงเป็น 67.60 ชั่วโมง หรือเท่ากับ 97.72% และค่า MTTR ลดลงจาก 4.60 ชั่วโมงเป็น 1.36 ชั่วโมงหรือเท่ากับ 70.43%

จุดเด่นงานวิจัย

1. มีการจัดแผนการฝึกอบรม เพื่อให้พนักงานมีทักษะและมีความตระหนักถึงข้อดีของการบำรุงรักษาเครื่องจักร

ข้อเสนอแนะ

1. ควรจะมีการประเมินความเข้าใจหลังจากการอบรมระบบการบำรุงรักษาด้วยตนเองเพื่อดูความเข้าใจของพนักงานและทำการปรับแผนการอบรมในครั้งต่อไป

2. ควรมีการใช้การวิเคราะห์ประเมินรูปแบบ ผลกระทบของปัญหาและความสำคัญของส่วนประกอบเพื่อการกำหนดความถี่การบำรุงรักษา

3. ประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการเก็บข้อมูล ซึ่งง่ายต่อการสืบค้นหาข้อมูลการบำรุงรักษา และวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น

พลัฏฐ์ อนันต์วัฒนาศิริ (2548) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตของเครื่องผลิตฟิล์มถนอมอาหาร พบว่าเครื่องจักรเก่ามากมีการเสื่อมสภาพสูง ไม่มีมาตรฐานและระบบ

การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ไม่มีการทำระบบเอกสารการบำรุงรักษา โดยการบำรุงรักษาวิเคราะห์ปัญหาการขัดข้องของเครื่องจักรร่วมกับพนักงานด้วยแผนผังก้างปลาและนำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาแก้ไขปัญหา จัดทำมาตราฐานการบำรุงรักษา แผนการบำรุงรักษา การตรวจสอบ การวิเคราะห์แก้ไข เครื่องจักรจากการวิจัยในครั้งนี้ทำให้สามารถเพิ่มค่าอัตราการเดินเครื่องจากร้อยละ 83 เพิ่มเป็นร้อยละ 91

จุดเด่นงานวิจัย

1. มีการประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาเครื่องจักรด้วยตนเองอย่างอัตโนมัติ

2. มีการเขียนคู่มือมาตรฐานการปฏิบัติการบำรุงรักษา ซึ่งจะช่วยให้พนักงานเข้าใจวิธีการบำรุงรักษาเครื่องจักรมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการเก็บข้อมูล ซึ่งง่ายต่อการสืบค้นหาข้อมูลการบำรุงรักษา และวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น

2. ควรทำมาตราฐานการปฏิบัติการบำรุงรักษา ในส่วนอื่น ๆ นอกเหนือจากในส่วนของ T-die

ภานุวัฒน์ เลาหสม (2547) ได้ทำการศึกษาเพื่อลดเวลาการสูญเสียจากการขัดข้องของเครื่องจักร ในโรงงานผลิตปลากระป๋อง จากการศึกษาพบสาเหตุมาจาการขาดมาตราฐานการปรับแต่งเครื่องจักรและขาดระบบการบำรุงรักษาที่เหมาะสม โดยได้ทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังก้างปลา และทำการแก้ไขโดยกำหนดมาตราฐานการปรับแต่งเครื่องเปิดฝากระป๋องและมาตราฐานระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ประกอบด้วย การทำความสะอาด การหล่อลื่น การวางแผน การตรวจสอบและจัดทำระบบเอกสารการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ผลการปรับปรุง คือ อัตราการใช้งานของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.67 สมรรถนะการใช้งานของเครื่องเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.89 อัตราคุณภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.02

จุดเด่นงานวิจัย

1. มีการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบของพนักงานในแต่ละส่วนอย่างชัดเจน

2. มีการกำหนดแผนการตรวจสอบเครื่องจักรตามระยะเวลาและตามปริมาณการผลิต

ข้อเสนอแนะ

1. แผนการบำรุงรักษาควรมีการกำหนดเวลามาตราฐาน เพื่อง่ายต่อการติดตามและการวางแผนการผลิต

2. ประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการเก็บข้อมูล ซึ่งง่ายต่อการสืบค้นหาข้อมูลการบำรุงรักษา และวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น

ชิระ เด่นแสงอรุณ (2547) ได้ทำการปรับปรุงการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องปั้มโลหะแบบเชิงกล พบว่าการบำรุงรักษาส่วนใหญ่จะเป็นการบำรุงรักษาเชิงแก้ไข โดยไม่มีการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์แก้ไข โดยงานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยการเก็บข้อมูลมาทำการวิเคราะห์หาสาเหตุ มีการจัดทำระบบเอกสาร ควบคุมการปฏิบัติ จัดทำแผนการบำรุงรักษาและจัดทำวิธีการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ผลก่อนการปรับปรุงเวลาเฉลี่ยการเกิดเหตุขัดข้อง 1,776 นาที หลังปรับปรุงเวลาเฉลี่ยการเกิดเหตุขัดข้อง 15,265 นาที ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องปั้มโลหะเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 83.79 เป็นร้อยละ 96.35

จุดเด่นงานวิจัย

1. มีการจัดลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนต่าง ๆ ตามปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่องจักร เพื่อนำมากำหนดระดับของการบำรุงรักษา

2. มีการจัดการฝึกอบรมที่สอดคล้องกับกิจกรรมการบำรุงรักษา ทำให้การบำรุงรักษามีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการเก็บข้อมูล ซึ่งง่ายต่อการสืบค้นหาข้อมูลการบำรุงรักษา และวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น

เยกสรร สิงห์ธนู (2550) ได้ทำการศึกษาการบำรุงรักษาเชิงแผนงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรกรณีศึกษาสายการบรรจุน้ำยาทำความสะอาดสุขภัณฑ์ ปัญหาพบว่าระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันขาดประสิทธิภาพ ส่งผลให้เครื่องจักรขัดข้องบ่อย และเครื่องจักรมีอายุการใช้งานสูง ได้ทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังก้างปลาและทำการปรับปรุงโดยการดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษาด้วยตนเอง และจัดทำระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการกำหนดรายละเอียดของแผนการบำรุงรักษา เพื่อให้เครื่องจักรให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน และเพิ่มอัตราการเดินเครื่องจักรผลการปรับปรุงทำให้ ส่งผลให้ค่าประสิทธิผลโดยรวมของสายการผลิตมีค่าเพิ่มขึ้น จากเดิมร้อยละ 73.70 เพิ่มเป็นร้อยละ 84.10 และค่า MTBF เพิ่มขึ้น จากเดิม 5,670 นาที เพิ่มเป็น 7,146 นาที

จุดเด่นงานวิจัย

1. มีการกำหนดมาตราฐานสารหล่อลื่น และมีการควบคุมโดยการใช้โค๊ดสีเป็นตัวควบคุมประเภทสารหล่อลื่นแต่ละชนิด ง่ายต่อการควบคุมและป้องกันใช้สารหล่อลื่นผิดประเภท

2. มีการแสดงรายละเอียดของปัญหา สาเหตุของปัญหา นำมาสู่แนวทางแก้ไขป้องกัน

3. มีการดำเนินกิจกรรมการบำรุงรักษาด้วนคนเอง

ข้อเสนอแนะ

1. ขาดการพิจารณาช่วงเวลาการบำรุงรักษาที่เหมาะสม ควรพิจารณาจากความน่าเชื่อถือหรือค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษา

สรัณญา ศิลาอาสน์ (2551) ได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของเครื่องจักรใช้หลักการบำรุงรักษาเชิงป้องกันในโรงงานผลิตเครื่องดื่ม จุดประสงค์เพื่อเพิ่มอัตราความพร้อมใช้งาน ศึกษาและวิเคราะห์อาการที่ผิดปกติและผลกระทบของความเสียหายของเครื่องจักร โดยนำโปรแกรมระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกันมาทำการวิเคราะห์อาการผิดปกติและผลกระทบของความเสียหาย เพื่อหาระดับความเสี่ยงของเครื่องจักร และนำข้อมูลที่ได้มาทำการวางแผนการบำรุงรักษาที่เหมาะสมแต่ละเครื่องจักรให้เป็นมาตรฐานในการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกันมาใช้ในโรงงานตัวอย่าง ทำให้อัตราการใช้งานของเครื่องจักรเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 70.87 เป็น ร้อยละ 78.61 และค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 13.88

จุดเด่นงานวิจัย

1. ได้ประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการเก็บข้อมูล ซึ่งง่ายต่อการสืบค้นหาข้อมูลการบำรุงรักษา และวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น

2. ใช้การวิเคราะห์ประเมินรูปแบบและผลกระทบของปัญหาและจัดทำแผนการบำรุงรักษา

3. มีการวิเคราะห์ทรัพย์สินทดแทนจะเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเปลี่ยนเครื่องจักรหรือซ่อมแซมอุปกรณ์

ข้อเสนอแนะ

1. ยังขาดการนำข้อมูลทางสถิติมาวิเคราะห์เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือมากขึ้น

วัฒนา วิเชียรรัตน์ (2550) ได้ทำการศึกษาเหตุขัดข้องของอุปกรณ์เพื่อปรับปรุงระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติให้มีความน่าเชื่อถือสูงขึ้นหาช่วงเวลาบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการเปลี่ยนอะไหล่ 2ค รั้ง 4 ครั้ง และ 8 ครั้งต่อปี ทำการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในกรณีที่เกิดเครื่องจักรหยุด หาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อการลงทุน การสูญเสียโอกาสในการทำกำไร ความพร้อมใช้งานของระบบนำมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนอุปกรณ์ปีละ 2 ครั้ง ทำให้อัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุนเป็น 18.9 ต่อ 1 มีความพร้อมใช้งานเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 89.46 เป็นร้อยละ 94.96 ลดการสูญเสียโอกาสในการผลิตลงเป็นมูลค่าประมาณ 3,271,907 ดอลลาร์สหรัฐต่อปี

จุดเด่นงานวิจัย

1. มีการเปรียบเทียบอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อการลงทุนของทางเลือกในการปรับตารางการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการเปลี่ยนอะไหล่

ข้อเสนอแนะ

1. ควรจะทดลองเปรียบเทียบช่วงเวลาการเปลี่ยนอุปกรณ์ที่น้อยกว่าปีละ 2 ครั้ง เพื่อเปรียบเทียบความถี่ในการบำรุงรักษาที่เหมาะสมด้วย และเปรียบเทียบการบำรุงรักษาแบบอื่น ๆ

2. ยังขาดการนำข้อมูลทางสถิติมาวิเคราะห์เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือมากขึ้น

3. ควรปรับแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเป็นแบบอื่น ๆ (การทำความสะอาด, การตรวจสอบ, การหล่อลื่น) นอกจากวิธีการเปลี่ยนอุปกรณ์อย่างเดียว

ปรารถนา วณิตย์ธนาคม (2551) ได้ทำการบำรุงรักษาแบบใช้ความน่าเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลาง สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้าส่วนภูมิภาค อำเภอบางปะกง การแจงแจงสาเหตุการขัดข้องของระบบไฟฟ้า โดยใช้หลักของเปอร์เซนต์ไทล์ จัดระดับความถี่ของแต่ละรูปแบบความเสียหาย และนำมากำหนดกิจกรรมบำรุงรักษาแบบป้องกันของแต่ละรูปแบบความเสียหายจะกำหนดแผนงาน 6 แผน และกำหนดกิจกรรมดังนี้ ความถี่การตัดต้นไม้ การส่องกล้องความร้อน การตรวจสอบระบบจำหน่าย จะหาแผนงานที่ทำให้ค่าใช้จ่ายในการป้องกันต่ำที่สุดและเกิดจำนวนเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องน้อยจากการปรับปรุงทำให้ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาแบบป้องกันเพิ่มขึ้น ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาแบบแก้ไขที่ลดลง แต่มูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟที่ลดลง

จุดเด่นงานวิจัย

1. มีการกำหนดระดับความรุนแรง ในช่วงค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 75 ขึ้นไป

2. มีการนำค่าใช้จ่ายการปรียบเทียบแผนการบำรุงรักษากับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น เพื่อหาแผนการบำรุงรักษาที่ให้ผลตอบแทนสูงสุด

3. มีการกำหนดความถี่ของกิจกรรมการบำรุงรักษาจากการเปรียบเทียบความคุ้มค่าของกิจกรรมไม่วิกฤต (EVnon) กับความคุ้มค่าของกิจกรรมวิกฤต (EVcritical)

ข้อเสนอแนะ

1. การประมาณงบประมาณในการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ความถี่ของการบำรุงรักษาและจำนวนเหตุการณ์ที่ไฟฟ้าขัดข้องลดลงใช้การประเมินจากพนักงานอาจทำให้ผลที่ได้ออกมาคลาดเคลื่อน ควรจะประเมินจากข้อมูลทางสถิติที่ผ่านมา

2. ควรกำหนดวิธีการ เครื่องมือและทรัพยากรที่ใช้ในแผนการปฏิบัติงานบำรุงรักษาเพื่อที่จะควบคุมค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น

กาญจนา จิตรจุน (2551) ได้ทำการศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกล จากการศึกษาพบปัญหาว่าโรงงานไม่มีมาตรฐานในการบำรุงรักษาเครื่องจักรอย่างเป็นระบบ โดยการบำรุงรักษาส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นเมื่อเครื่องจักรเกิดขัดข้องหรือมีอุปกรณ์เสีย และขาดการวางแผนงานในการจัดหาอะไหล่สำรอง โดยได้จัดทำโปรแกรมการบำรุงรักษาเครื่องจักรการดำเนินตามขั้นตอนของ RCM และการวิเคราะห์รูปแบบและผลกระทบของความเสียหาย มาทำการวิเคราะห์ความเสียหายและระดับความเสี่ยง ผลที่ได้ทำให้อัตราความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 82.73 ความถี่ในการเกิดความเสียหายลดลงเฉลี่ยร้อยละ 46.44

จุดเด่นงานวิจัย

1. มีการประยุกต์ใช้แนวทางความน่าเชื่อถือ ในการบำรุงรักษา

2. ประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ความสำคัญของเครื่องจักร ซึ่งง่ายต่อการสืบค้นหาข้อมูลการบำรุงรักษา และวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ยังขาดการนำข้อมูลทางสถิติมาวิเคราะห์เพื่อให้ข้อมูลเกิดความน่าเชื่อถือมากขึ้น

2. ขาดการพิจารณาช่วงเวลาการบำรุงรักษาที่เหมาะสม ควรพิจารณาจากความน่าเชื่อถือหรือค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษา

S.Srikishna, GS Yadava and P.N Rao (1996) ได้ทำการประยุกต์การบำรุงรักษาแบบความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางกับโรงไฟฟ้าย่อย ทำการเลือกส่วนประกอบย่อยจากค่าวิกฤตและเกณฑ์ทางค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษา นำค่าเวลาการขัดข้องของเครื่องจักรมาทำการหาค่าสหสัมพันธ์ (r) คำนวณค่า B,n,r จากรูปแบบความขัดข้องแบบ Weibull เพื่อคำนวณหาค่าเวลาเฉลี่ยของการขัดข้อง (MTBF) ทำการประเมินลำดับการตัดสินใจจากการขัดข้องแบ่งตามการตรวจพบโดยพนักงานเพื่อทราบลักษณะของการขัดข้องทำการประเมินกิจกรรมการบำรุงรักษา เพื่อให้ทราบถึงรูปแบบของการบำรุงรักษาของอุปกรณ์แต่ละส่วน โดยแบ่งการบำรุงรักษาดังนี้ ฟังก์ชั่นแผนการประเมินการทดสอบและตรวจสอบ ประเมินจากการเสื่อมสภาพ, การแก้ไขและซ่อมแซม, แผนการเปลี่ยนอุปกรณ์ด่ออายุ, แผนการบำรุงรักษาเชิงแก้ไข, ติดตามสภาพแวดล้อม

การคำนวณคาบเวลาของการบำรุงรักษา โดยนำค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการขัดข้อง, ค่าความเชื่อถือที่น้อยกว่า 0.7 นำมาคำนวณหาค่าช่วงเวลาที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด นำช่วงเวลาที่ได้กำหนดลงในแผนการบำรุงรักษา การคำนวณจะใช้การเขียนภาษา C++ ผลที่ได้คือลดค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาจากเดิม 46.7/ mill/ ชั่วโมงทำงาน

จุดเด่นงานวิจัย

1. นำค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษามาคำนวณช่วงเวลาการบำรุงรักษาที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุดเพื่อกำหนดเวลาการบำรุงรักษา

ข้อเสนอแนะ

1. การประมาณการแจกแจงของข้อมูลการขัดข้องของเครื่องจักร อาจจะไม่เป็นรูปแบบของ Weibull ควรมีการทดสอบหาค่าการแจกแจงของตัวแปรก่อน

2. วิธีดังกล่าวยังเป็นเรื่องยากที่จะนำมาประยุกต์ใช้และการรวบรวมข้อมูลการขัดข้อง

Marvin Rausand (1998) ได้ทำการศึกษาแนวทางการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถืออย่างเป็นระบบ การบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือพัฒนามาจากการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน มีจุดประสงค์เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาหรือปรับปรุงความน่าเชื่อถือของระบบ มีการประยุกต์ใช้เครื่องมือ FFA and FMECA ค่าวิกฤตของอุปกรณ์จากปัจจัยด้านการใช้งาน, สูญเสียของวัตถุดิบ, ด้านความปลอดภัยและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อหาสาเหตุการขัดข้องและแนวทางการแก้ไข มีการประเมินรูปแบบของการบำรุงรักษาจะนำข้อมูลด้านเวลาเฉลี่ยของการขัดข้อง, เวลาเฉลี่ยของการซ่อมแซม, ฟังก์ชั่นอัตราการขัดข้องนำมาวิเคราะห์การแจกแจ้งของข้อมูลในรูปแบบ Weibull, Lognormal, Birnbaum-Saunders, Inverse Gaussian. เพื่อหาค่า α และประเมินจากแผนผัง การเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาดังนี้

1. การบำรุงรักษาจากการวิเคราะห์สิ่งแวดล้อม
2. การบำรุงรักษาเชิงปรับปรุง (เมื่อ α >1)
3. การเปลี่ยนชิ้นส่วน (α <1)
4. การทดสอบหน้าที่การทำงาน
5. การใช้งานจนกระทั่งเครื่องจักรขัดข้อง

ในกรณีที่เครื่องจักรมีค่าวิกฤตสูงจะมีการพัฒนาเพื่อปรับปรุงแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ระยะสั้น, แนวทางกิจกรรมระยะกลาง, แนวทางแก้ไขระยะยาว มีการกำหนดกลยุทธ์การบำรุงรักษาจะทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบจากค่าอัตราการใช้งานและค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษา

จุดเด่นงานวิจัย

1. มีการประยุกต์เครื่องมือ FFA and FMECA เพื่อประเมินปัจจัยที่สำคัญ, สาเหตุขัดข้องและแนวทางแก้ไข

2. มีการนำข้อมูลด้านเวลาเฉลี่ยของการขัดข้อง, เวลาเฉลี่ยของการซ่อมแซม, ฟังก์ชั่นอัตราการขัดข้องมาวิเคราะห์แจกแจงทางสถิติ

3. มีแนวทางการปรับปรุงเครื่องจักรที่มีค่าวิกฤติสูง มีการกำหนดกลยุทธ์เป็น 3 ระดับ สำหรับระยะสั้นเพื่อที่จะแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว ระยะกลางเพื่อลดปัญหาที่แก้ไขจากระยะสั้น และระยะยาว เพื่อให้ปัญหาที่เกิดขึ้นไม่กลับมาเกิดขึ้นอีก

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีกำหนดระดับน้ำหนักของแต่ละปัจจัยจะให้ความสำคัญด้านใดเป็นลำดับแรก เช่น ในกรณีสายการบินและโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มีการให้น้ำหนักความปลอดภัยเป็นอันดับแรก

2. ควรมีการนำค่าใช้จ่ายมาคิดคำนวณ เพราะบางครั้งการมีอัตราการใช้งานที่สูง แต่ต้นทุนการบำรุงรักษาก็สูง ควรจะหาจุดที่เหมาะสมมากำหนดเป็นช่วงเวลาการบำรุงรักษา

Sohrab Asgarpoor and Mohamad Doghman (2003) ได้เสนอแนวทางการบำรุงรักษาที่เหมาะสมในระบบสายส่งและระบบจ่ายไฟฟ้า มีการกำหนดกลยุทธ์ต่าง ๆ เข้ามารวมกัน เช่น กลยุทธ์การบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ (มีขั้นตอนดังนี้) ประมาณรักษาระดับความสำคัญ, กำหนดกิจกรรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกันตามค่าวิกฤติของอุปกรณ์ กลยุทธ์การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ข้อมูลจากผู้ผลิต, ประวัติการบำรุงรักษา, ประสบการณ์ของพนักงาน) การบำรุงรักษาเชิงแก้ไข (ข้อมูลจากผู้ผลิต, ประวัติการบำรุงรักษา, ประสบการณ์ของพนักงาน) และการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (เครื่องมือวัดสัญญาณอัตราโซนิกส์, วิเคราะห์แก๊ส-น้ำมันในหม้อแปลง, ตรวจจับการรั่วของไฟฟ้า) เข้ามารวมกัน

จุดเด่นงานวิจัย

1. มีการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ตรวจจับช่วยพยากรณ์การขัดข้องที่เกิดขึ้นได้

2. มีการรวมกลยุทธ์ต่าง ๆ เข้ามาปรับปรุงวิธีการบำรุงรักษา

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการนำข้อมูลย้อนหลังมาวิเคราะห์ทางสถิติและค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษา เพื่อหาช่วงเวลาการบำรุงรักษาที่เหมาะสม

M.C.ETI, S.O.T OGAJI และ S.D. PROBERT (2006) ได้ทำการพัฒนาและปรับปรุงวิธีการปฏิบัติของการบำรุงรักษาในอุตสาหกรรมไนจีเรีย ส่วนใหญ่ขาดการให้ความสำคัญกับการบำรุงรักษา ส่งผลให้โรงงานเกิดค่าใช้จ่ายสูง ปัญหาส่วนหนึ่งมาจากผู้จัดการอาวุโสส่วนใหญ่ขาดประสบการณ์ด้านการบำรุงรักษา, ไม่มีการสอนเกี่ยวกับการบำรุงรักษาที่มหาวิทยาลัยไนจีเรีย, ขาดการสนับสนุนต้นทุนด้านการบำรุงรักษาไม่เพียงพอ จากปัญหาที่เกิดขึ้นส่งผลให้บริษัทในประเทศไนจีเรีย มีค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษาสูงถึงร้อยละ 40 ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด ซึ่งการแก้ปัญหาดังกล่าวได้มีการกำหนดภาระกิจของการบำรุงรักษา, มีการกำหนดกลยุทธ์ เพื่อทำให้ภาระกิจการบำรุงรักษาสำเร็จและกำหนดนโยบายเกี่ยวกับการจัดการการเกิดขัดข้อง (กิจกรรม

การป้องกัน, การกระทำปกติ เช่น การค้นหาการขัดข้องจากการออกแบบและการทำงานจนกะทั่งขัดข้อง), มีการประยุกต์เครื่องมือต่าง ๆ เช่น การบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ, เครื่องมือที่ใช้ในการตัดสินใจ, การศึกษาความเสี่ยง, FMEA, ระบบผู้เชี่ยวชาญ, การติดตามสภาวะของเครื่องจักร, การออกแบบอุปกรณ์เน้นความนาเชื่อถือ, การเปลี่ยนวิธีการคิดในองค์กรเกี่ยวกับการมีส่วนร่วม (การทำงานเป็นทีมและมีความยืดหยุ่น)

จุดเด่นงานวิจัย

1. มีการกำหนดเป็นภาระกิจการบำรุงรักษา จะทำให้บุคคลากรในองค์กรมีความตระหนักในเรื่องการบำรุงรักษา

2. มีการรวบรวมเครื่องมือต่าง ๆ เข้ามาเพื่อรองรับกับนโยบายที่กำหนดขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการเสนอวิธีการประยุกต์ใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในงานบำรุงรักษาให้สามารถนำไปปฏิบัติได้ง่ายและสะดวก เพราะผู้จัดการอาวุโสส่วนใหญ่ยังขาดประสบการณ์ด้านการบำรุงรักษา

Dongyan Chen and Kishor S.Trivedi (2005) ได้ทำการศึกษาความเหมาะสมสำหรับการบำรุงรักษาอ้างอิงสภาวะด้วยการตัดสินใจแบบกึ่งมาร์คอฟ จะช่วยเติมเต็มเครื่องมือที่ใช้การตัดสินใจกระบวนการที่ไม่แน่นอน ลักษณะการเกิดขัดข้องของระบบเป็นแบบเฉียบพลันมากว่าแบบเสื่อมทีละน้อย ในการขัดข้องจากการเสื่อม จะเป็นการแจกแจงแบบ Poisson งานวิจัยนี้สร้างกระบวนการตัดสินใจแบบกึ่งมาร์คอฟ สำหรับนโยบายการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของการบำรุงรักษาอ้างอิงสภาวะ การสร้างอัลกอริทึมการตัดสินใจกระบวนการแบบกึ่งมาร์คอฟนำข้อมูลค่าใช้จ่ายของการเกิดขัดข้องและค่าใช้จ่ายของการซ่อมบำรุง, การขัดข้อง, รอบเวลาการตรวจสอบ, รูปแบบการกระทำจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 0 ไม่มีการกระทำ, 1 การบำรุงรักษาแบบน้อยสุด (การซ่อมแซม) 2. การบำรุงรักษาแบบสำคัญ (เปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่) ขั้นตอนทำการเปรียบเทียบนโยบายกำหนดขอบเขต (การบำรุงรักษาแบบน้อยสุดเท่ากับ 2 และการบำรุงรักษาแบบสำคัญเท่ากับ 5) กับนโยบายการตัดสินใจกระบวนการแบบกึ่งมาร์คอฟ ผลที่ได้ คือ นโยบายการตัดสินใจกระบวนการแบบกึ่งมาร์คอฟมีค่าอัตราการใช้งานที่สูงสุด ที่อัตราการตรวจสอบ 0.021 ให้อัตราการใช้งาน 0.962 จากนั้นทำการหาความสัมพันธ์อัตราการตรวจสอบกับนโยบายการบำรุงรักษา ถ้าค่าของอัตราการตรวจสอบมีค่าสูง จะทำให้ค่าของอัตราการบำรุงรักษาแบบน้อยสุด และการบำรุงรักษาแบบสำคัญ มีค่ามากแสดงว่าใกล้เกิดการขัดข้อง ในการจะลดค่าใช้จ่ายของระบบ หรือเพิ่มอัตราการใช้งานควรทำการลดความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นด้วยการทำให้กราฟอัตราการบำรุงรักษแบบน้อยสุดนั้นราบเรียบที่สุดไม่เช่นนั้นจะทำให้ระบบเสื่อมลงสูงขึ้น

จุดเด่นงานวิจัย

1. มีการรวบรวมพารามิเตอร์เกี่ยวกับการบำรุงรักษา โดยนำมาประมวลผลด้วยอัลกอริทึม เพื่อหาเงื่อนไขที่ดีที่สุด

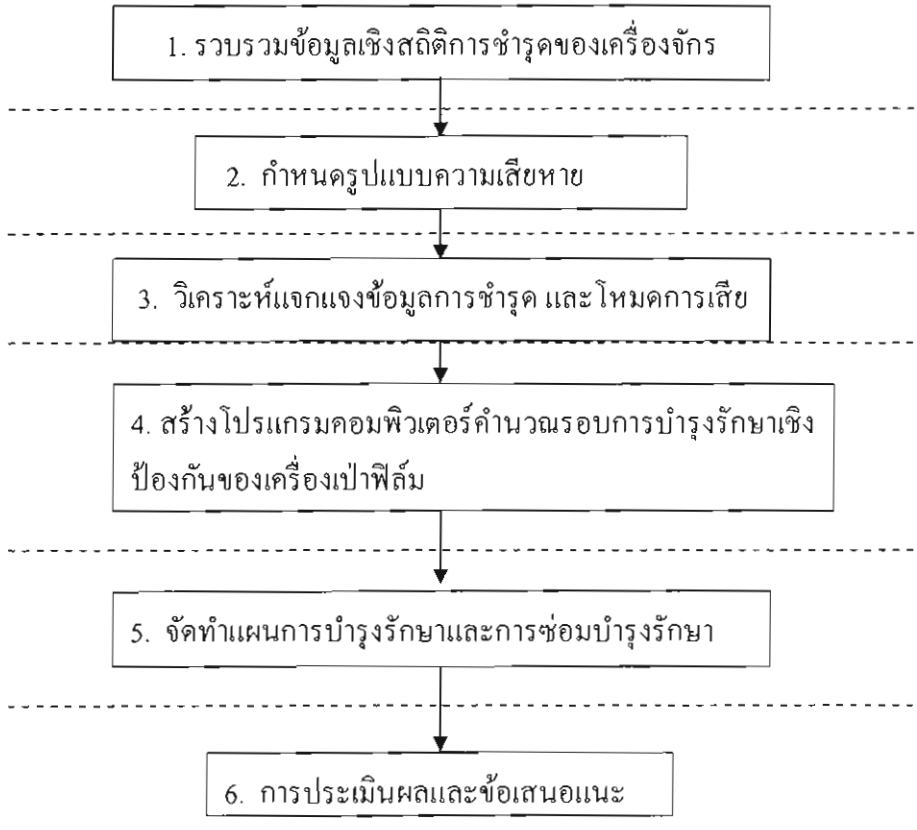
ข้อเสนอแนะ

1. พารามิเตอร์มิเตอร์ของการขัดข้องเป็นการสมมติ เช่น ค่าที่เกิดจากการขาดการบำรุงรักษา ในความเป็นจริงไม่เป็นเช่นนั้น จึงมองว่าเป็นเรื่องยากที่จะนำมาประยุกต์ใช้

สรุป จากทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่องการบำรุงรักษา ที่ได้ศึกษามาพบว่า งานวิจัยเหล่านี้ได้นำเสนอ แนวคิดและวิธีการปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาที่แตกต่างกัน โดยมุ่งเน้นให้เกิดค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาต่ำสุดและอัตราการใช้งานสูง อย่างไรก็ตามรูปแบบการบำรุงรักษาบนพื้นฐานของความน่าเชื่อถือที่งานวิจัยเหล่านี้ได้นำเสนอ เป็นโมเดลที่ซับซ้อน ซึ่งนำไปใช้ในงานปฏิบัติในสถานการณ์จริงได้ยาก และงานวิจัยที่ได้ศึกษามายังไม่ได้เน้นในการศึกษาเพื่อกำหนดวิธีการหาช่วงเวลาการบำรุงรักษาที่เหมาะสมอย่างเป็นระบบ โดยพิจารณาจากข้อมูลทางสถิติที่ผ่านมาและคำนวณหาช่วงเวลาการบำรุงรักษาที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายต่ำสุด เพื่อกำหนดความถี่การบำรุงรักษาในแผนการบำรุงรักษา เพื่อนำมาใช้ปรับปรุงต่อไป ระบบการบำรุงรักษาให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

บทนี้นำเสนอวิธีการบำรุงรักษาอย่างเป็นระบบ เพื่อจัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับเครื่องเป่าฟิล์ม ซึ่งเป็นการประยุกต์หลักการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือและลักษณะการต่อกันของส่วนประกอบของเครื่องจักรอิสระกัน โดยลักษณะการเสียหายจากส่วนประกอบหนึ่ง ไม่มีผลกระทบต่อส่วนประกอบอื่น ๆ ซึ่งมีขั้นตอนวิธีดำเนินการประกอบด้วยการรวบรวมข้อมูลเชิงสถิติการชำรุดของเครื่องจักร เพื่อการวิเคราะห์หาช่วงเวลาการบำรุงรักษาบนความน่าเชื่อถือที่เหมาะสม ที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาต่ำสุด โดยช่วงเวลาการบำรุงรักษาบนความน่าเชื่อถือที่เหมาะสมจะนำมากำหนดระยะเวลาการบำรุงรักษาเชิงป้องกันในแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและประเมินผลพร้อมข้อเสนอแนะเป็นขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งแสดงเป็นขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังนี้



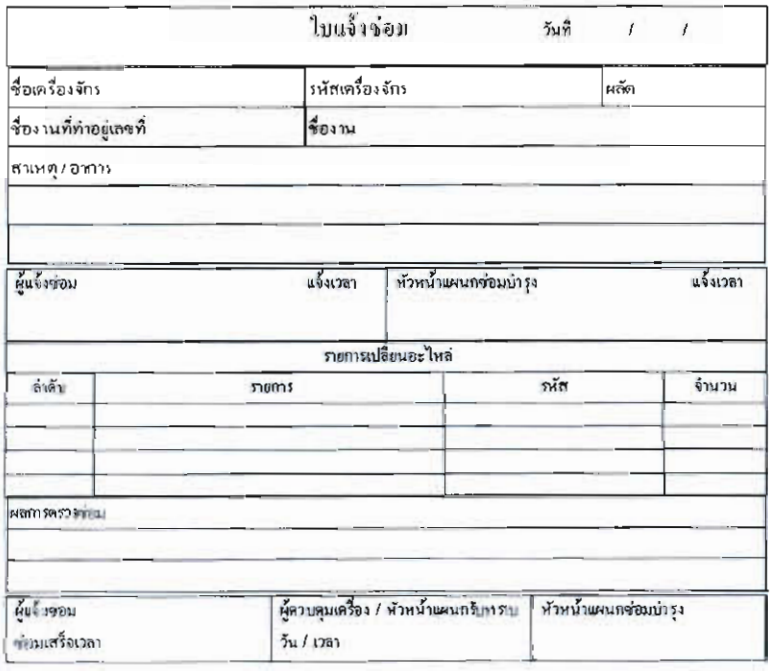
ภาพที่ 3-1 ลำดับขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลเชิงสถิติการชำรุดของเครื่องจักร

ในการรวบรวมข้อมูลเชิงสถิติของการชำรุดของเครื่องจักรในโรงงานกรณีศึกษา จะรวบรวมตามรูปแบบวิธีการบำรุงรักษา 2 แบบ ได้แก่ การบำรุงรักษาเชิงแก้ไขหรือการบำรุงรักษาแบบฉุกเฉิน (Breakdown Maintenance) และการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การบำรุงรักษาเชิงแก้ไขหรือการบำรุงรักษาแบบฉุกเฉิน (Breakdown Maintenance)

การซ่อมบำรุงวิธีนี้เกิดขึ้นเมื่อเครื่องจักรเกิดการเสียหายอย่างฉับพลันโดยไม่ทราบล่วงหน้า พนักงานหน่วยงานผลิตจะแจ้งหัวหน้างาน เพื่อพิจารณาความรุนแรงของปัญหา เพื่อทำการแก้ไขการขัดข้องของเครื่องจักร ในกรณีที่ปัญหาการขัดข้องของเครื่องจักรนั้นรุนแรงแก้ไขเองไม่ได้ หัวหน้างานทำการโทรแจ้งมายังหน่วยงานซ่อมบำรุงพร้อมกับเขียนใบแจ้งซ่อม เพื่อที่หน่วยงานซ่อมบำรุงรับทราบแล้วก็จะส่งช่างเข้าไปประเมินสภาพเครื่องจักรและหาแนวทางในการซ่อมต่อไป พร้อมทั้งจดบันทึกอาการเสียหายที่เกิดขึ้น ในใบแจ้งซ่อมดังภาพที่ 3-2 และประวัติเครื่องจักรดังภาพที่ 3-3



ใบแจ้งซ่อม วันที่ / /

ชื่อเครื่องจักร	รหัสเครื่องจักร	ผลิต
ชื่องานที่ทำอยู่เลขที่	ชื่องาน	
สาเหตุ / อาการ		

ผู้แจ้งซ่อม แจ้งเวลา	หัวหน้าแผนกซ่อมบำรุง แจ้งเวลา

รายการเปลี่ยนอะไหล่

ลำดับ	รายการ	รหัส	จำนวน

ผลการตรวจซ่อม		
ผู้แจ้งซ่อม ซ่อมเสร็จเวลา	ผู้ควบคุมเครื่อง / หัวหน้าแผนกรับทราบ วัน / เวลา	หัวหน้าแผนกซ่อมบำรุง

ภาพที่ 3-2 แบบฟอร์มใบแจ้งซ่อม

ประวัติเครื่องจักร

ชื่อเครื่องจักร			รหัสเครื่องจักร		ส่วนประกอบ			
ว ด ป	เลขที่	เวลาแจ้งซ่อม	รายละเอียด	วิธีการแก้ไข	เวลาการซ่อม	อะไหล่ที่ใช้	ปริมาณ	ผู้บันทึก

ภาพที่ 3-3 แบบฟอร์มประวัติเครื่องจักร

การสรุปค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขหรือการบำรุงรักษาแบบฉุกเฉิน (Breakdown Maintenance) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นหลังจากที่เครื่องจักรอุปกรณ์ได้เกิดความชำรุดขึ้นมาแล้ว เพื่อการแก้ไขให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างเดิม การเกิดความเสียหายของเครื่องจักรในลักษณะนี้ จะทำให้เกิดผลเสียอย่างร้ายแรงกับระบบการผลิตในการสรุปจากใบแจ้งซ่อมลงในแบบฟอร์มประวัติค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไข โดยแยกประวัติตามส่วนประกอบของเครื่องจักร ดังแสดงแบบฟอร์มในภาพที่ 3-4

ชื่อเครื่องจักร					รหัสเครื่องจักร			ส่วนประกอบ							
ว ด ป	เลขที่	ค่าแรงงาน พนักงานซ่อมบำรุง			ค่าแรงงาน พนักงานฝ่ายผลิต			ค่าอะไหล่		ค่าวัตถุดิบ		ค่าสูญเสียโอกาสการทำกำไร		ค่าใช้จ่ายรวม(บาท) =(A×B×C)+(D×E)+(F×C)+(H×C)	ผู้บันทึก
		A	B	C	D	E	C	F	G	H	C	I	C		

ภาพที่ 3-4 แบบฟอร์มประวัติค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไข

กำหนดให้ A คือ อัตราค่าแรงงานเฉลี่ยของพนักงานซ่อมบำรุง (บาท/ ชั่วโมง)

B คือ จำนวนพนักงานบำรุงรักษาเครื่องจักร

C คือ เวลาการสูญเสียจากการซ่อมเครื่องจักร (ชั่วโมง)

D คือ อัตราค่าแรงงานเฉลี่ยของพนักงานฝ่ายผลิต (บาท/ ชั่วโมง)

E คือ จำนวนพนักงานฝ่ายผลิต

F คือ ราคาอะไหล่ (บาท/ ชิ้น)

G คือ จำนวนอะไหล่ที่ใช้

H คือ ราคาวัตถุดิบ (บาท/ หน่วย)

I คือ อัตราการทำกำไร (บาท/ ชั่วโมง)

2. การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) พนักงานแผนกเป่าฟิล์ม จะดำเนินการตรวจเช็คตามแผนงานการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกันตามที่กำหนด โดยมีหน้าที่ในการทำความสะอาดตรวจเช็ค หล่อลื่นและเปลี่ยนอะไหล่ตามรายการแผนงานการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน ซึ่งแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน นั้นขาดการพิจารณาช่วงเวลาการบำรุงรักษาและวิธีการที่เหมาะสม สังเกตจากการเกิดการขัดข้องของเครื่องจักรที่สูง ซึ่งข้อมูลที่ทำการรวบรวมจากใบแจ้งซ่อมและประวัติเครื่องจักร จะแยกตามส่วนประกอบของเครื่องจักร ข้อมูลในส่วนนี้ได้แก่ ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไข การประเมินรูปแบบบำรุงรักษาและรวบรวมช่วงเวลาความเสียหายของชิ้นส่วน มีรายละเอียดดังนี้

การสรุปค่าใช้จ่ายเชิงบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เป็นค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาเพื่อให้เครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ยังคงสภาพการใช้งานตามปกติ โดยไม่เกิดการขัดข้องหรือชำรุดขณะใช้งาน ตัวอย่างกิจกรรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เช่น การทำความสะอาดเครื่องจักรและบริเวณโรงงาน การหล่อลื่น การตรวจสภาพ การปรับแต่งและการเปลี่ยนชิ้นส่วน โดยทำการสรุปจากแบบฟอร์มประวัติค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยแยกประวัติตามส่วนประกอบของเครื่องจักร ดังแบบฟอร์มประวัติค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันในภาพที่ 3-5

ชื่อเครื่องจักร		รหัสเครื่องจักร							ส่วนประกอบ			
ว /ด /ป	เลขที่	ค่าแรงงาน			ค่าอะไหล่		ค่าวัตถุดิบ		ค่าสูญเสียโอกาสการทำกำไร		ค่าใช้จ่ายรวม(บาท) =(A×B×C)+(D×E)+(F×C)+(H×C)	ผู้บันทึก
		A	B	C	D	E	F	C	H	C		

ภาพที่ 3-5 แบบฟอร์มประวัติค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

กำหนดให้ A คือ อัตราค่าแรงงานเฉลี่ย (บาท/ ชั่วโมง)

B คือ จำนวนพนักงานบำรุงรักษาเครื่องจักร

C คือ เวลาการสูญเสียจากการบำรุงรักษาเครื่องจักร (ชั่วโมง)

D คือ ราคาอะไหล่ (บาท/ ชิ้น)

E คือ จำนวนอะไหล่ที่ใช้

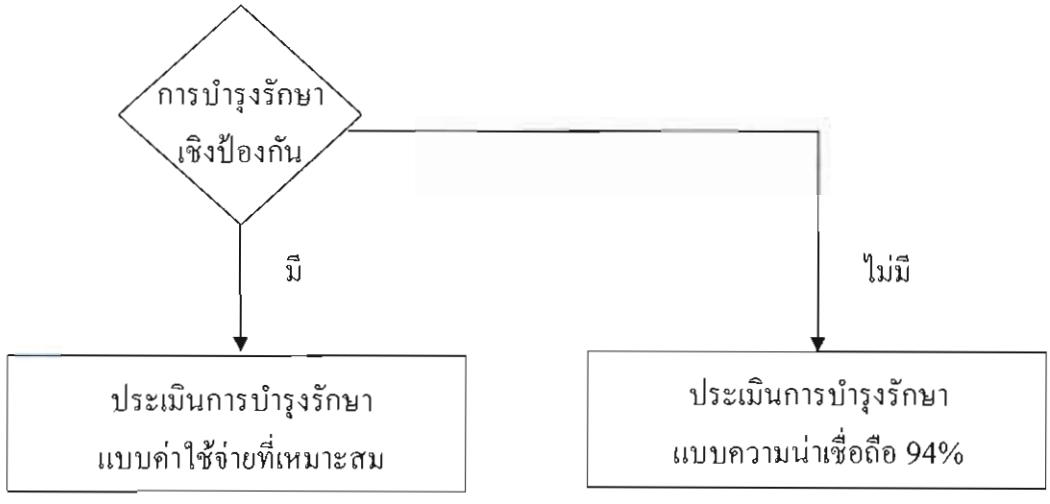
F คือ ราคาวัตถุดิบ (บาท/ หน่วย)

H คือ อัตราการทำกำไร (บาท/ ชั่วโมง)

3. ประเมินรูปแบบการบำรุงรักษาและรวบรวมช่วงเวลาความเสียหายของส่วนประกอบของเครื่องจักร

ในการประเมินรูปแบบการบำรุงรักษาจะทำการพิจารณาส่วนประกอบเครื่องจักรในแต่ละส่วน สามารถพิจารณาเงื่อนไขจากที่ผ่านมาแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันว่ามีหรือไม่ เพื่อที่จะนำไปกำหนดวิธีการประเมินการบำรุงรักษา ในกรณีที่มีแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจะมีค่าใช้จ่ายจากการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเกิดขึ้นในส่วนนี้และมีค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขจากการเกิดขัดข้องของเครื่องจักร เพื่อที่จะนำไปหาจุดที่เกิดมีค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษารวมต่ำสุด และในกรณีที่ไม่มีแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จะขาดข้อมูลค่าใช้จ่ายจากการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกพิจารณารูปแบบของการประเมินรูปแบบบำรุงรักษาแบบความน่าเชื่อถือ โดยกำหนดค่าความน่าเชื่อถือของส่วนประกอบนั้นที่ 94% ซึ่งเป็นนโยบายของผู้บริหารของ

โรงงานกรณีศึกษาที่กำหนดในดัชนีชี้วัดความสำเร็จ (Key Performance Indicator: KPI) ของเครื่องเป่าฟิล์ม ซึ่งข้อมูลที่นำไปประเมินการบำรุงรักษาแบบความน่าเชื่อถือคือข้อมูลตามช่วงเวลาความเสียหาย (Time To Failure: TTF) ซึ่งรูปแบบของการประเมินรูปแบบบำรุงรักษาแสดงดังภาพที่ 3-6



ภาพที่ 3-6 รูปแบบของการประเมินรูปแบบบำรุงรักษา

ในการเก็บข้อมูลการรวบรวมช่วงเวลาการขัดข้องของเครื่องจักร เพื่อนำมาวิเคราะห์รูปแบบการกระจายตัวของการขัดข้องของเครื่องจักรและความน่าจะเป็นของชิ้นส่วนอุปกรณ์ ว่ามีรูปแบบการกระจายตัวแบบใดทำการสรุปความถี่ของการขัดข้องของเครื่องจักรในช่วงเวลาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 จนถึงปี พ.ศ. 2553 จากแบบฟอร์มประวัติเครื่องจักร โดยการรวบรวมช่วงเวลาการขัดข้องของเครื่องจักร 2 รูปแบบดังนี้ คือ

1. รวบรวมข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายตามรอบของการบำรุงรักษา วิธีการนี้เป็นการประเมินรูปแบบการบำรุงรักษาค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม เพื่อหารอบของการบำรุงรักษาที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุด ซึ่งรอบเวลาที่นำมาพิจารณาเป็นรอบการบำรุงรักษาที่มีความถี่ของการบำรุงรักษาทุกเดือน สรุปลงในแบบฟอร์มสรุปความถี่ของการขัดข้องของเครื่องจักรรอบการบำรุงรักษาทุก 1 ปี เพื่อพิจารณารอบการขัดข้องของเครื่องจักรหลังจากการบำรุงรักษาเครื่องจักร ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1.1 สรุปความถี่ของการขัดข้องของเครื่องจักรในแต่ละเดือน ถ้าในเดือนนั้นเกิดขัดข้องของเครื่องจักรให้ใส่ความถี่ของการขัดข้องลงในเดือนที่เกิดขัดข้อง ลงในแบบฟอร์มสรุปความถี่ของการขัดข้องของเครื่องจักรรอบเวลาทุก 1 ปี ดังภาพที่ 3-7

1.2 ทำการรวมความถี่ของการเกิดขัดข้องในแต่ละเดือนในช่อง "รวม" ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ตัวอย่างการสรุปความถี่ของการขัดข้องของเครื่องจักรรอบการบำรุงรักษาทุก 1 ปี

ลำดับ	จำนวนครั้งขัดข้อง / ช่วงเวลา	เดือน											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	ก.ค. 51												
2	ส.ค. 51												
3	ก.ย. 51												
4	ต.ค. 51												
5	พ.ย. 51												
6	ธ.ค. 51									1			
7	ม.ค. 52												
8	ก.พ. 52												
9	มี.ค. 52												
10	เม.ย. 52												
11	พ.ค. 52												
12	มิ.ย. 52												
13	ก.ค. 52												
14	ส.ค. 52									1			
15	ก.ย. 52												
16	ต.ค. 52				1								
17	พ.ย. 52												
18	ธ.ค. 52												
19	ม.ค. 53												
20	ก.พ. 53											1	
21	มี.ค. 53												
22	เม.ย. 53												
23	พ.ค. 53												
24	มิ.ย. 53												
25	ก.ค. 53												
26	ส.ค. 53												
27	ก.ย. 53												
28	ต.ค. 53												
29	พ.ย. 53												1
30	ธ.ค. 53												
31	ม.ค. 54												
32	ก.พ. 54												
33	มี.ค. 54												
	รวม	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1	1

ทำการสรุปจำนวนครั้งการขัดข้องของเครื่องจักรจากแบบฟอร์มสรุปความถี่ของการขัดข้องของเครื่องจักรรอบเวลาการบำรุงรักษาทุก 1 ปี โดยทำการเรียงจำนวนครั้งการขัดข้องของเครื่องจักรในแต่ละเดือนดังตารางที่ 3-1 ซึ่งจำนวนครั้งขัดข้องของเครื่องจักรที่เกิดหลังจากการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ตารางที่ 3-2 ตัวอย่างการสรุปความถี่ของการขัดข้องของเครื่องจักรรอบการบำรุงรักษาทุกเดือน

เดือน	จำนวนครั้งขัดข้อง
1	0
2	0
3	0
4	1
5	0
6	0
7	0
8	0
9	2
10	0
11	1
12	1

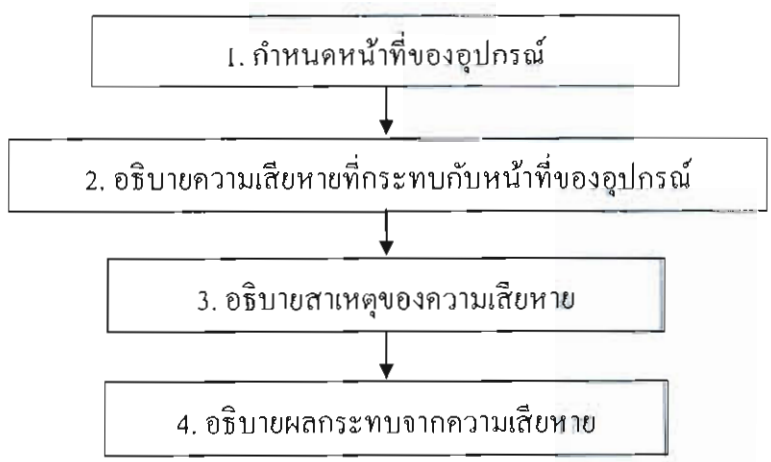
2. รวบรวมข้อมูลเวลาการการขัดข้อง (Time To Failure: TTF) ของชิ้นส่วนตามส่วนประกอบของเครื่องจักร ในขั้นตอนแรกจะเป็นการดำเนินการรวบรวมข้อมูลเวลาการขัดข้องของชิ้นส่วนอุปกรณ์ในอดีต เพื่อใช้ทำการวิเคราะห์รูปแบบการกระจายความเสียหายและความน่าจะเป็นของชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ใช้งานในปัจจุบันว่ามีรูปแบบการกระจายของข้อมูลว่ามีรูปแบบการแจกแจงแบบใด ซึ่งข้อมูลการเวลาการขัดข้องของชิ้นส่วนที่ได้รวบรวมนั้นจะถูกเรียงลำดับจากน้อยไปมาก จะทำการหาค่าความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ต่อไปเพื่อกำหนดในแผนการบำรุงรักษา ซึ่งแสดงตารางข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายได้ในตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 ข้อมูลตามช่วงเวลาความเสียหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์

ครั้งที่	ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์ (Time To Failure: TTF) (นาที)
1	
2	
3	
4	
5	
6	

กำหนดรูปแบบความเสียหาย

ในการทำการปรับสภาพเครื่องจักรให้กลับสู่สภาพที่พร้อมใช้งานนั้นจะประกอบด้วย การตรวจสอบสภาพของเครื่องจักร เพื่อทราบถึงสภาพความพร้อมใช้งานของชิ้นส่วนของเครื่องจักรต่าง ๆ และเมื่อทราบถึงสภาพของเครื่องจักรอย่างละเอียดแล้วขั้นตอนต่อไป คือ การกำหนดแนวทางการปรับปรุงสภาพของเครื่องจักรเพื่อให้เกิดสภาพความพร้อมใช้งานที่สูงที่สุด และขั้นตอนสุดท้าย คือ การปรับปรุงสภาพของเครื่องจักรให้กลับสู่สภาพที่พร้อมใช้งาน ซึ่งมีวิธีการโดยนำข้อมูลรายการของอุปกรณ์ในส่วนประกอบของเครื่องจักร มาวิเคราะห์รูปแบบการกำหนดรูปแบบความเสียหายของอุปกรณ์ ดังภาพที่ 3-7



ภาพที่ 3-7 การกำหนดรูปแบบความเสียหาย

1. กำหนดหน้าที่ของอุปกรณ์ ทำการกำหนดและระบุหน้าที่ของแต่ละอุปกรณ์ที่นำมาพิจารณา โดยรูปแบบการจำแนกหน้าที่การทำงานของอุปกรณ์ระบบมีดังนี้ คือ การจำแนกว่าแต่ละระบบหรืออุปกรณ์มีหน้าที่อะไรตัวอย่าง เช่น

- โอเวอร์โหลดรีเลย์ มีหน้าที่ป้องกันกระแสเกิน
- เซอร์กิดเบรกเกอร์ มีหน้าที่ป้องการลัดวงจรของระบบไฟฟ้า
- มอเตอร์ไฟฟ้ามีหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ฯลฯ

2. อธิบายความเสียหายที่กระทบกับหน้าที่ของอุปกรณ์ อธิบายความขัดข้องของหน้าที่ของอุปกรณ์ว่ามีการเบี่ยงเบนไปจากมาตรฐานอย่างไร เพื่อนำไปใช้ในการพิจารณาสาเหตุได้อย่างครอบคลุม เพราะการบ่งบอกลักษณะความเสียหายจะเป็นจุดเริ่มต้นของการวิเคราะห์เพื่อกำหนดว่าอุปกรณ์ใดมีความสำคัญมากน้อยอย่างไร ทำให้สามารถกำหนดแผนการบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุด

3. อธิบายสาเหตุของความเสียหาย ความขัดข้องเชิงหน้าที่เกิดขึ้นได้อย่างไร โดยอธิบายครอบคลุมสาเหตุความขัดข้อง เนื่องจากต้องทราบสาเหตุของการเสียจึงจะสามารถกำหนดการป้องกันที่เหมาะสมได้ ซึ่งสาเหตุของการเสียแต่ละแบบนั้นจำเป็นต้องทราบว่า ทำไมจึงเกิดสาเหตุของความเสียหายนั้นขึ้น

4. อธิบายผลกระทบจากความเสียหายที่เกิดขึ้น อธิบายให้รายละเอียดของผลกระทบที่เกิดจากสาเหตุความขัดข้อง แต่ละรูปแบบว่ามีระดับความรุนแรงในการกระทบต่อหน้าที่ของอุปกรณ์นั้น ๆ อย่างไรบ้าง

วิเคราะห์แจกแจงข้อมูลการชำรุดและโหมดการเสีย

รูปแบบการวิเคราะห์แจกแจงข้อมูลการชำรุดและโหมดการเสียหาย สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนดังนี้

1. รูปแบบการวิเคราะห์การบำรุงรักษาเครื่องจักรบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ

ในการรวบรวมข้อมูลช่วงเวลาความเสียหาย (Time To Failure: TTF) ของชิ้นส่วนอุปกรณ์ในขั้นตอนแรกจะเป็นการดำเนินการรวบรวมข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์ในอดีต เพื่อใช้ทำการวิเคราะห์รูปแบบการกระจายความเสียหายและความน่าจะเป็นของชิ้นส่วนอุปกรณ์ ว่ามีรูปแบบการกระจายของข้อมูลในลักษณะใด สำหรับข้อมูลที่ได้รวบรวมนั้นจะถูกเรียงลำดับจากน้อยไปมากและวิเคราะห์การแจกแจงด้วยการวาดกราฟ ในขั้นตอนนี้ใช้โปรแกรม Minitab 14 ในการวาดกราฟความน่าจะเป็นโดยวิธีกำลังสองน้อยสุด (Least Square

Method) จะสามารถพิจารณาว่าการแจกแจงรูปแบบไหนที่สนิทได้กับข้อมูลที่รวบรวมไว้โดยพิจารณาจากข้อสังเกตดังนี้

1.1 ดูจากจุดที่เกาะบนเส้นของการแจกแจง ถ้าจุดอยู่บนเส้นดีมากแสดงว่าข้อมูลสนิทกับการแจกแจงนั้นมาก

1.2 ดูจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ถ้ามีค่ามากที่สุดที่เข้าใกล้ 1 แสดงว่าข้อมูลสนิทกับการแจกแจงนั้นมาก

ตารางที่ 3-4 วิธีการทดสอบภาวะสารูปสนิทดี (Goodness of Fit Test) ในแต่ละการแจกแจง

การแจกแจง	สถิติที่ใช้ทดสอบ
Normal/Lognormal	Kolmogorov-Smirnov Test
Exponential	Bartlett's Test
Weibull	Mann's Test

2. รูปแบบการวิเคราะห์การบำรุงรักษาเครื่องจักรค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม

ทำการหารูปแบบของการแจกแจงของข้อมูลแต่ละส่วนประกอบเครื่องจักรจากสมการการแจกแจงแบบไวบูลล์ (Weibull Distribution) การแจกแจงเลขชี้กำลัง (Exponential Distribution) การแจกแจงปกติ (Normal Distribution) การแจกแจงล็อกปกติ (Lognormal Distribution) ด้วยโปรแกรม Minitab R14 โดยการนำข้อมูลรอบการขัดข้องของเครื่องจักรตามรอบการบำรุงรักษามาทำการวิเคราะห์ค่าการกระจายตัวของข้อมูลแต่ละรูปแบบการแจกแจงโดยใช้ฟังก์ชัน Stat > Reliability/Survival > Distribution Analysis (Right Censoring) > Distribution Overview Plot โดยใช้สถิติทดสอบในภาวะสารูปสนิทดี (Goodness of-Fit Test) โดยใช้หลักการของ Anderson Darling (AD*) เพื่อหารูปแบบการแจกแจงของข้อมูล โดยพิจารณาค่าของ Anderson Darling (AD*) ที่มีค่าน้อยที่สุด

สร้างโปรแกรมการตัดสินใจการบำรุงรักษาเครื่องจักร

1. โปรแกรมการประเมินรูปแบบการบำรุงรักษาด้านความน่าเชื่อถือ

มีจุดประสงค์เพื่อที่จะหาช่วงเวลาการบำรุงรักษาที่มีค่าความเชื่อมั่นที่ 90-98% เพื่อกำหนดในแผนการบำรุงรักษา โดยคำนวณจากสมการในรูปฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่มีการแจกแจงของข้อมูลดังนี้

การแจกแจงแบบไวบูลล์ (Weibull Probability Distribution)

มีฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบไวบูลล์ได้ดังนี้

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}\right] \tag{3-1}$$

โดยที่ $R(t)$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของช่วงเวลา t

t คือ ค่าเวลาการที่พิจารณา

θ คือ พารามิเตอร์แสดงตำแหน่ง (Location Parameter), $\theta > 0$

β คือ พารามิเตอร์แสดงรูปร่าง (Shape Parameter), $\beta > 0$

α คือ พารามิเตอร์แสดงสเกล (Scale Parameter), $\alpha > 0$

การแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution)

มีฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียลได้ดังนี้

$$R(t) = \exp\left(-\frac{t}{\theta}\right) \tag{3-2}$$

โดยที่ $R(t)$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของช่วงเวลา t

t คือ ค่าเวลาการที่พิจารณา

θ คือ พารามิเตอร์แสดงตำแหน่ง

การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

มีฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบปกติ ได้ดังนี้

$$R(t) = 1 - \phi_{nor}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \tag{3-3}$$

โดยที่ $R(t)$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของช่วงเวลา t

t คือ ค่าเวลาการที่พิจารณา

μ คือ พารามิเตอร์แสดงค่าเฉลี่ย

σ^2 คือ พารามิเตอร์แสดงค่าความแปรปรวน

การแจกแจงแบบล็อก-นอร์มอล (Log-Normal Distribution)

มีฟังก์ชันความน่าเชื่อถือที่กำกับการแจกแจงแบบล็อก-นอร์มอล ได้ดังนี้

$$R(t) = 1 - \phi_{nor}\left(\frac{\ln t-\mu}{\sigma}\right) \tag{3-4}$$

โดยที่ $R(t)$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของช่วงเวลา t

t คือ ค่าเวลาการที่พิจารณา

μ คือ พารามิเตอร์แสดงค่าเฉลี่ย

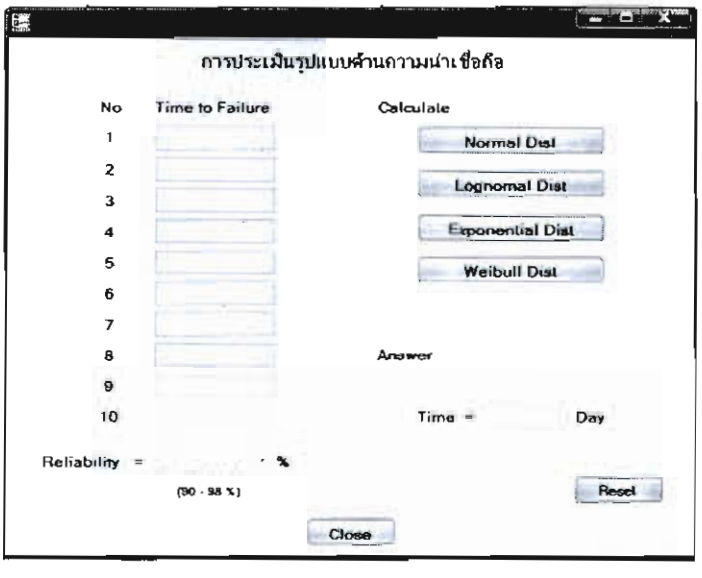
σ^2 คือ พารามิเตอร์แสดงค่าความแปรปรวน

ในส่วนของโปรแกรมการประเมินรูปแบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้านความน่าเชื่อถือ แสดงหน้าต่างโปรแกรมการประเมินรูปแบบด้านความน่าเชื่อถือดังภาพที่ 3-9 ซึ่งมีขั้นตอนคีย์ข้อมูลดังนี้

1. ทำการคีย์ข้อมูลเวลาการขัดข้องของเครื่องจักรลงในช่องของ Time to Failure เรียงลำดับจากน้อยไปหามาก

2. กำหนดค่าความน่าเชื่อถือที่ต้องการในช่อง Reliability

3. กำหนดรูปแบบการแจกแจง ซึ่งได้จากการวิเคราะห์สาระรูปสนิทดีจากขั้นตอนวิเคราะห์แจกแจงข้อมูลการชำรุด และโหมดการเสีย มีทั้งหมด 4 รูปแบบ ดังนี้ การแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล การแจกแจงแบบไวบูลล์ การแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบล็อกปกติ ผลที่ได้ช่วงเวลาการบำรุงรักษา เพื่อไปกำหนดในแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันในขั้นตอนต่อไป



ภาพที่ 3-8 หน้าต่างโปรแกรมการประเมินรูปแบบด้านความน่าเชื่อถือ

2. โปรแกรมการประเมินรูปแบบการบำรุงรักษาด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม

ในกรณีที่เลือกรูปแบบการประเมินรูปแบบการบำรุงรักษาด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม จะทำเลือกรูปแบบการแจกแจงที่ได้จากขั้นตอนวิเคราะห์แจกแจงข้อมูลการชำรุด และโหมดการเสีย มีทั้งหมด 4 รูปแบบ ดังนี้ การแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล แบบล็อกนอร์มอล แบบไวบูลล์ แสดงดังภาพที่ 3-9

ภาพที่ 3-9 การเลือกรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม

โปรแกรมการประเมินรูปแบบการบำรุงรักษาด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมมีจุดประสงค์เพื่อที่จะหาช่วงเวลาที่มีค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาต่ำสุด ซึ่งโปรแกรมจะคำนวณหาค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาของการบำรุงรักษา เพื่อนำช่วงเวลาดังกล่าวไปกำหนดในแผนการบำรุงรักษา โดยคำนวณหาค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาที่เกิดขึ้นจากสมการที่ 3-6

$$E(C) = C_p + [1 - R(T)]C_f \qquad (3\text{-}6)$$

กำหนดให้ $E(C)$ คือ ค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม

C_p คือ ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเชิงป

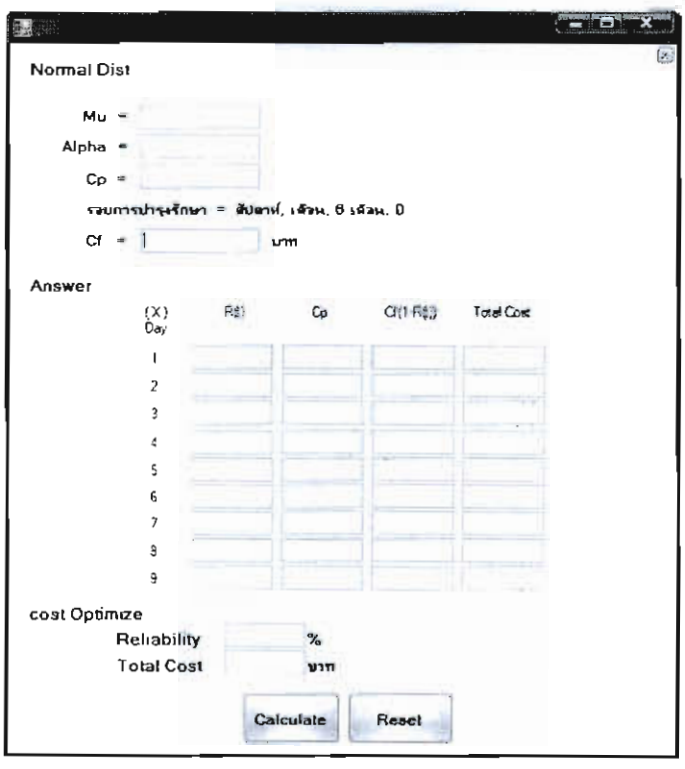
C_f คือ ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเชิงแก้ไข

$R(T)$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบ

2.1 รูปแบบการประเมินรูปแบบการบำรุงรักษา การแจกแจงแบบปกติ

ทำการใส่ข้อมูล Mu (μ) และ Alpha (α) ซึ่งได้จากขั้นตอนวิเคราะห์แจกแจงข้อมูลการชำรุด และโหมดการเสีย และค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน(C_p) ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไข (C_f) และกำหนดรอบการบำรุงรักษาที่ผ่านมา ผลที่ได้จะเลือกค่าใช้จ่ายบำรุงรักษารวม

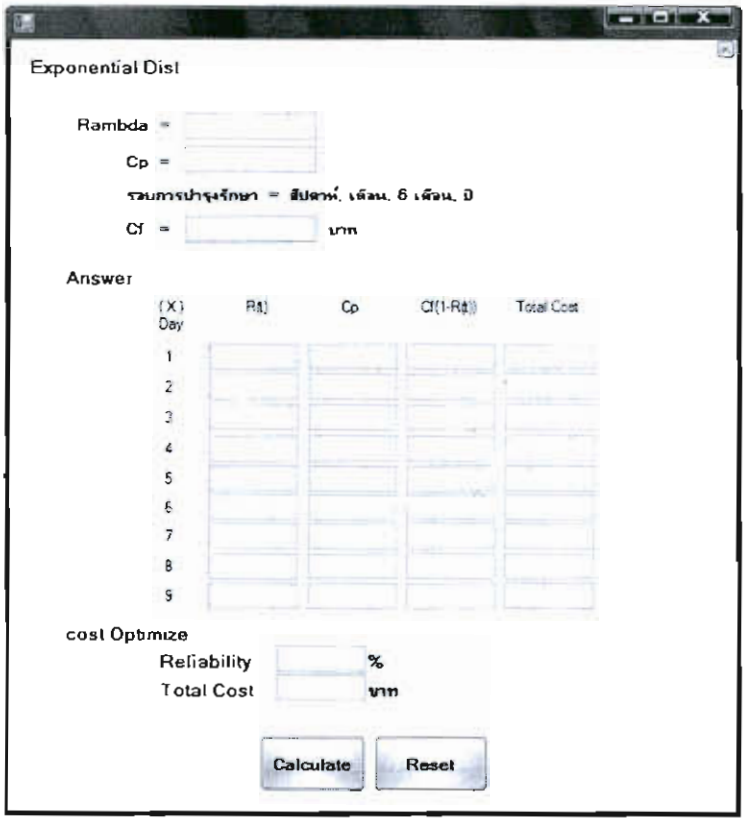
ต่ำสุด แสดงเป็นช่วงเวลาที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุด เพื่อนำช่วงเวลาดังกล่าวไปกำหนดในแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน



ภาพที่ 3-10 หน้าต่างรูปแบบการประเมินรูปแบบการบำรุงรักษา การแจกแจงแบบปกติ

2.2 รูปแบบการประเมินรูปแบบกาบำรุงรักษา การแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล

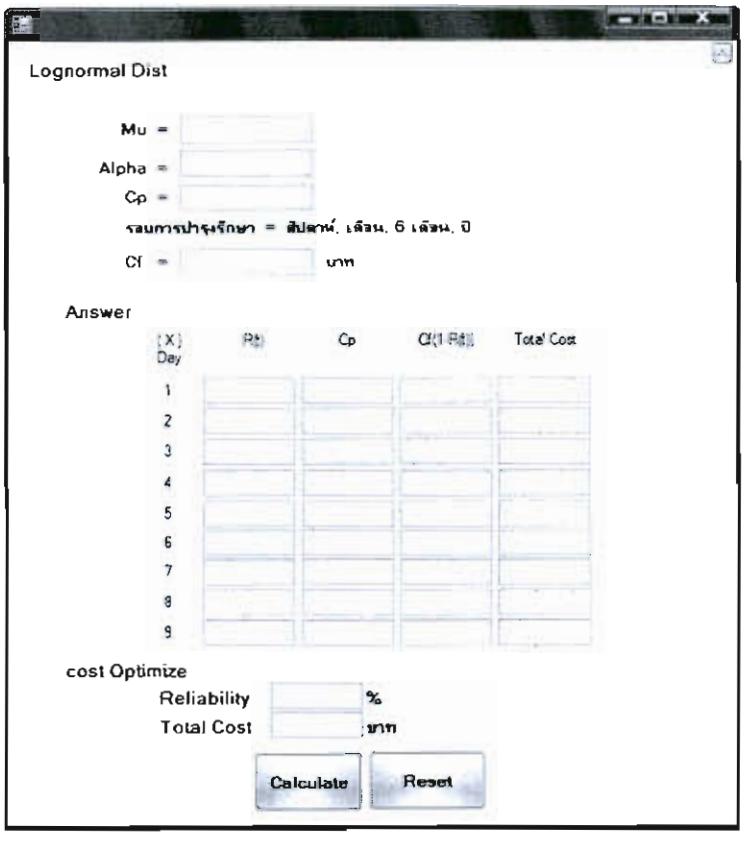
ทำการใส่ข้อมูล Ramda (λ) ซึ่งได้จากขั้นตอนวิเคราะห์แจกแจงข้อมูลการชำรุดและโหมดการเสีย และค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (C_p) ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไข (C_f) และกำหนดรอบการบำรุงรักษาที่ผ่านมา ผลที่ได้จะเลือกค่าใช้จ่ายบำรุงรักษารวมต่ำสุด แสดงเป็นช่วงเวลาที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุด เพื่อนำช่วงเวลาดังกล่าวไปกำหนดในแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน



ภาพที่ 3-11 หน้าต่างรูปแบบการประเมินรูปแบบการบำรุงรักษา การแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล

2.3 รูปแบบการประเมินรูปแบบกาบำรุงรักษา การแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล

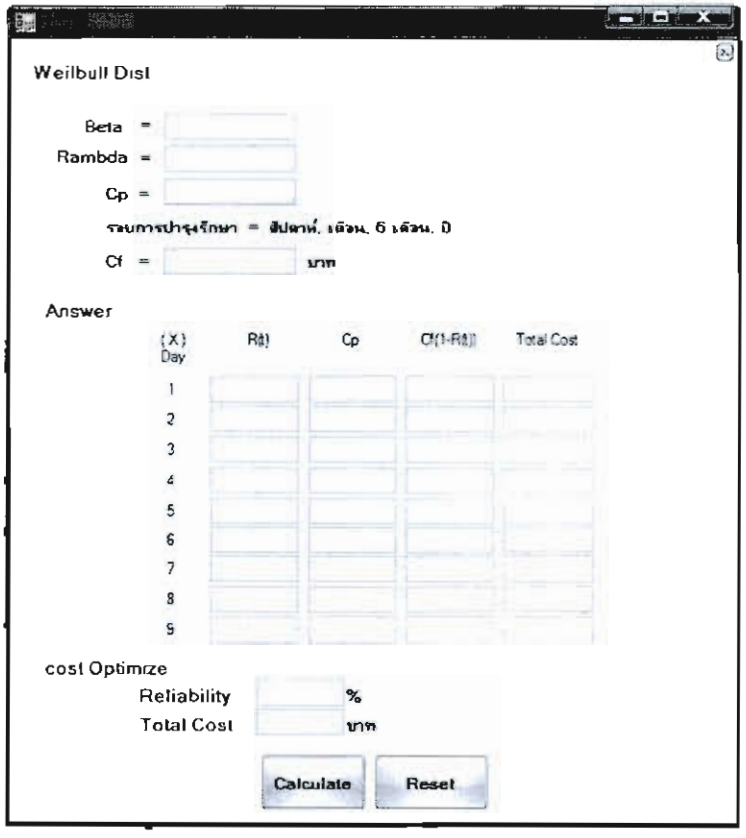
ทำการใส่ข้อมูล Mu (μ) และ Alpha (σ) ซึ่งได้จากขั้นตอนวิเคราะห์แจกแจงข้อมูลการชำรุด และโหมดการเสีย และค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (C_p) ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไข (C_f) และกำหนดรอบการบำรุงรักษาที่ผ่านมา ผลที่ได้จะเลือกค่าใช้จ่ายบำรุงรักษารวมต่ำสุด แสดงเป็นช่วงเวลาที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุด เพื่อนำช่วงเวลาดังกล่าวไปกำหนดในแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน



ภาพที่ 3-12 หน้าต่างรูปแบบการประเมินรูปแบบการบำรุงรักษา การแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล

2.4 รูปแบบการประเมินรูปแบบการบำรุงรักษา การแจกแจงแบบไวบูลล์

ทำการใส่ข้อมูล Beta (β) และ Ramda (λ) ซึ่งได้จากขั้นตอนวิเคราะห์แจกแจงข้อมูลการชำรุด และโหมดการเสีย และค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (C_p) ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไข (C_f) และกำหนดรอบการบำรุงรักษาที่ผ่านมา ผลที่ได้จะเลือกค่าใช้จ่ายบำรุงรักษารวมต่ำสุด แสดงเป็นช่วงเวลาที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุด เพื่อนำช่วงเวลาดังกล่าวไปกำหนดในแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน



ภาพที่ 3-13 หน้าต่างรูปแบบการประเมินรูปแบบการบำรุงรักษา การแจกแจงแบบไวบูลล์

จัดทำแผนการบำรุงรักษาและการซ่อมบำรุงรักษา

การวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จะนำข้อมูลสาเหตุขัดข้องของเครื่องจักรเพื่อนำมาวิเคราะห์ค้นหาสาเหตุและวิธีการแก้ไขเมื่อเกิดผิดปกติ เพื่อการป้องกันการขัดข้องของเครื่องจักร ที่ไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ การที่ต้องหยุดเครื่องจักรขณะกำลังผลิตทำให้สูญเสียวัสดุและพลังงานพร้อมทั้งสูญเสียโอกาสทางการตลาดตลอดจนทำให้ลูกค้าขาดความเชื่อถือที่ไม่สามารถส่งสินค้าได้ตามกำหนด ดังนั้นการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน หมายถึง การบำรุงรักษาเครื่องจักรเพื่อดำเนินการป้องกันการหยุดของเครื่องจักรโดยเหตุฉุกเฉิน ผู้จัดทำใช้ทำการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยพิจารณาเป็น 2 ช่วง คือ ขณะที่เครื่องเป่าฟิล์มกำลังปฏิบัติงานอยู่และขณะหยุดการปฏิบัติงาน ซึ่งเน้นในช่วงที่เครื่องเป่าหยุดการปฏิบัติงาน เพราะช่วงนี้จะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสูง เช่น ค่าแรงงานในการบำรุงรักษา, ค่าอะไหล่ของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน, ค่าวัตถุดิบที่จะต้องสูญเสียในการที่เครื่องเป่าหยุด, ค่าสูญเสียโอกาสการทำกำไร เป็นต้น ส่วนในช่วงที่เครื่องเป่าฟิล์มกำลังปฏิบัติงาน การบำรุงรักษาส่วนใหญ่จะเป็นการทำความสะอาดเครื่องจักรและบริเวณโดยรอบ และการตรวจสอบบางจุด ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น

มีเฉพาะค่าแรงงานในการบำรุงรักษา ซึ่งส่วนใหญ่พนักงานจะว่างงานในช่วงที่รองานระหว่างล็อต ซึ่งค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จึงไม่พิจารณา ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เสนอวิธีการบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้ข้อเสนอแนะและได้ดำเนินการในบางส่วนตามเทคนิคต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. การทำความสะอาดเครื่องจักรและบริเวณโดยรอบ (Cleaning)
2. การหล่อลื่น (Lubrication)
3. การตรวจสภาพการขันแน่น (Inspection)
4. การปรับแต่งและการเปลี่ยนชิ้นส่วน (Adjustment and Part Replacement)

แผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจะประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วนดังนี้ คือ

1. มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร เป็นเอกสารที่ใช้ควบคู่กับแผนการบำรุงรักษา ใช้เป็นแนวทางการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องจักร ข้อมูลที่นำมากำหนดในมาตรฐานการบำรุงรักษาเชิงป้องกันได้มาจากขั้นตอนการกำหนดรูปแบบความเสียหาย ของอุปกรณ์ในแต่ละส่วนประกอบของเครื่องเป่าฟิล์ม ซึ่งกิจกรรมที่ระบุลงในมาตรฐานการบำรุงรักษา จุดประสงค์ของมาตรฐานการบำรุงรักษาเพื่อให้พนักงานทุกคนสามารถที่จะปฏิบัติกิจกรรมการบำรุงรักษานั้น ๆ ได้เป็นมาตรฐานเดียวกัน

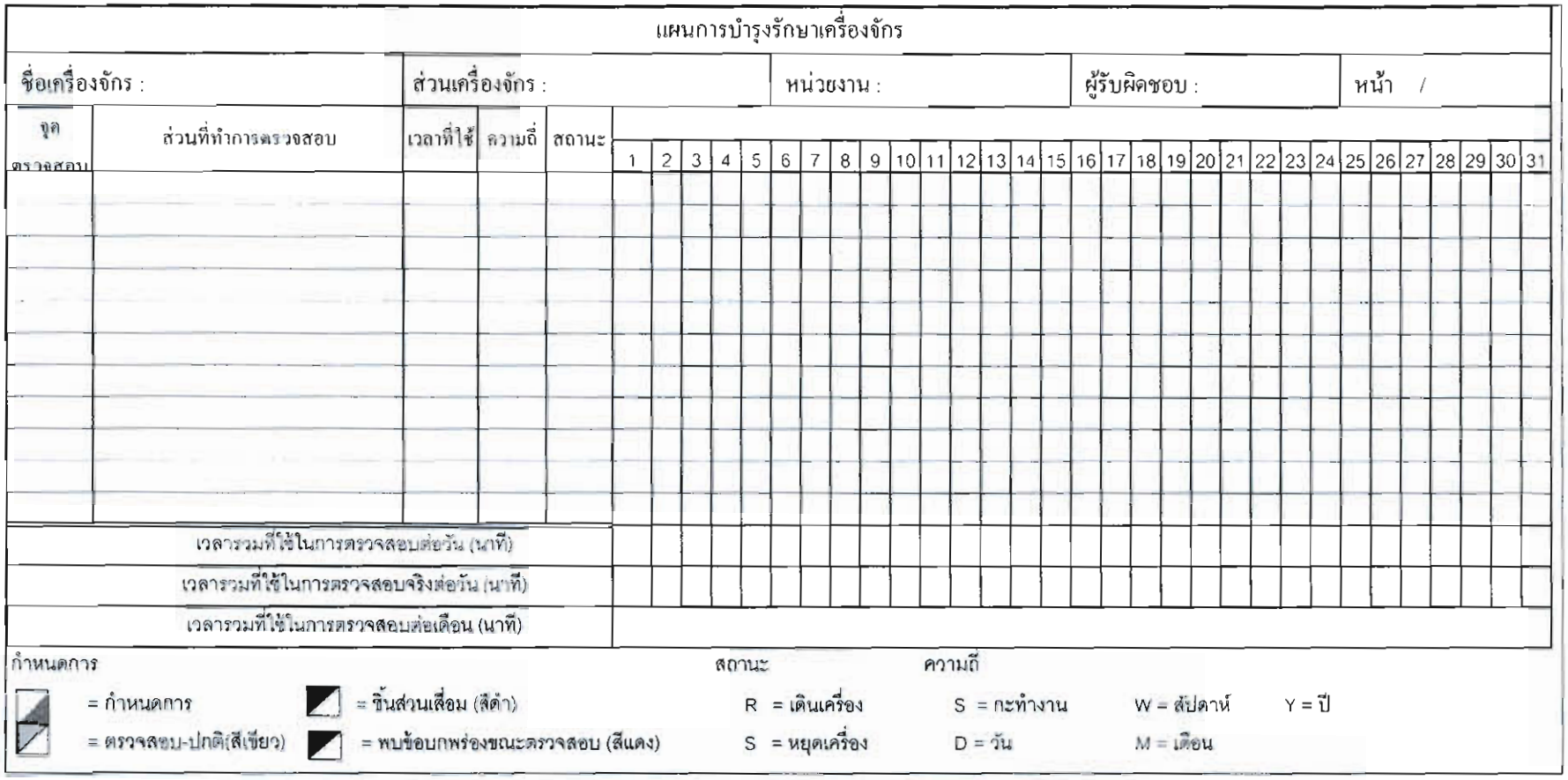
2. แผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร เป็นเอกสารที่ควบคุมการปฏิบัติงาน แสดงดังภาพที่ 3-15 แบบฟอร์มแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เอกสารนี้มีจุดประสงค์ เพื่อให้แน่ใจว่าพนักงานได้ลงมือกระทำตามช่วงเวลาที่กำหนดจริง โดยความถี่ของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจะแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ

2.1 ช่วงขณะที่เครื่องเป่าฟิล์มกำลังปฏิบัติงานอยู่ ความถี่ของกิจกรรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจะกำหนดความถี่ทุกวัน

2.2 ช่วงขณะเครื่องเป่าฟิล์มหยุดการปฏิบัติงาน เพื่อทำการบำรุงรักษาให้เครื่องเป่าฟิล์มอยู่ในสภาพสมบูรณ์พร้อมใช้งาน ซึ่งความถี่ของรอบการบำรุงรักษาในส่วนนี้จะได้จากโปรแกรมคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังที่กล่าวมา คือ รอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ค่าความน่าเชื่อถือที่ 94% และรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุด

ตารางที่ 3-5 แบบฟอร์มมาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร

มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร									
ชื่อเครื่องจักร:			**ส่วนเครื่องจักร:**	**หน่วยงาน:**		**ผู้รับผิดชอบ:**		หน้า จาก	
ลำดับ	สถานะ	ส่วนที่ทำการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	สาเหตุ	วิธีการ	เครื่องมือ	วิธีการเมื่อไม่ปกติ	ความถี่	เวลา (นาที)



แผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร

ชื่อเครื่องจักร :

ส่วนเครื่องจักร :

หน่วยงาน :

ผู้รับผิดชอบ :

หน้า /

จุดตรวจสอบ	ส่วนที่ทำการตรวจสอบ	เวลาที่ใช้	ความถี่	สถานะ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	เวลารวมที่ใช้ในการตรวจสอบต่อวัน (นาที)																																		
	เวลารวมที่ใช้ในการตรวจสอบจริงต่อวัน (นาที)																																		
	เวลารวมที่ใช้ในการตรวจสอบต่อเดือน (นาที)																																		

กำหนดการ

= กำหนดการ

= ตรวจสอบ-ปกติ(สีเขียว)

= ชิ้นส่วนเสื่อม (สีดำ)

= พบข้อบกพร่องขณะตรวจสอบ (สีแดง)

สถานะ

R = เดินเครื่อง

S = หยุดเครื่อง

ความถี่

S = กะทำงาน

D = วัน

W = สัปดาห์

M = เดือน

Y = ปี

ภาพที่ 3-14 แบบฟอร์มแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ประเมินผลการปรับปรุงและข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยนำข้อมูลข้างต้นมาใช้โปรแกรมการบำรุงรักษาเครื่องจักรและการวิเคราะห์รูปแบบความเสียหาย และผลกระทบ มาวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยอาศัยหลักของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และได้นำดัชนีที่ใช้วัดผลการดำเนินงานดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาเชิงป้องกัน
2. ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาเชิงแก้ไข
3. ค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องจักร (Mean Time Between Failure: MTBF)

$$\text{MTBF} = \frac{\sum_{i=1}^{n} BFi}{n} \qquad (3\text{-}7)$$

BFi คือ เวลาการขัดข้องของเครื่องจักรในแต่ละครั้ง

n คือ จำนวนครั้งของการขัดข้องของเครื่องจักร

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ศึกษาข้อมูลเครื่องจักรจากโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งเป็นโรงงานที่ผลิตฟิล์มบรรจุภัณฑ์ โดยมีสถานที่ตั้งอยู่ที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ในการศึกษาครั้งนี้ ปัญหาที่พบในโรงงานจากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลังดังกล่าวที่บริษัทมีให้เบื้องต้น ซึ่งทำให้เห็นได้ว่ายังขาดการดำเนินการด้านการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพซึ่งในบทนี้จะทำการวิเคราะห์ปัญหาของโรงงานตัวอย่าง ซึ่งจะมีขั้นตอนการปรับปรุงดังนี้

ศึกษาข้อมูลของโรงงานตัวอย่าง

โรงงานกรณีศึกษานี้เป็นโรงงานประเภทประกอบกิจการเกี่ยวกับการผลิตฟิล์มบรรจุภัณฑ์ โรงงานตัวอย่างเป็นโรงงานที่ผลิตสินค้าตามคำสั่งซื้อของลูกค้า ผลิตภัณฑ์ของโรงงานมี 2 ชนิด คือ

1. ฟิล์มบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่นำมาใช้ในการทำบรรจุภัณฑ์เป็นชนิด เทอร์โมพลาสติก จะใช้พลาสติก เช่น Low Density Polyethylene (LLDPE), High Density Polyethylene (HDPE), Ethylene Vinyl Acetate (EVA), Ethylene Vinyl Alcohol Polymer (EVOH) เป็นต้น โดยการเลือกใช้ชนิดของพลาสติกจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติที่ต้องการของซองบรรจุภัณฑ์แต่ละประเภทและความต้องการของลูกค้า

2. บรรจุภัณฑ์ประเภทอ่อน ชนิดฟิล์มที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ประเภทอ่อนจะใช้พลาสติก เช่น Low Density Polyethylene (LLDPE), High Density Polyethylene (HDPE), Orientation Polypropylene (OPP) , Cast Polypropylene (CPP), Polyethylene Terephthalate (PET), Metallising Polyethylene Terephthalate (Mpet), Polyvinylidene Chloride (PVDC) เป็นต้น

ตารางที่ 4-1 รายละเอียดของชนิดพลาสติกที่ใช้กับผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

ผลิตภัณฑ์	พลาสติกที่ใช้สำหรับการบรรจุหีบห่อ	เหตุผล
1. ลูกกวาด	- Polyethylene Terephthalate (PET) - Cast Polypropylene (CPP)	- เงาวาว พิมพ์ได้สวย - คงรูป ปิดผนึกได้สวย - Heat Seal Medium
2. น้ำยาล้างห้องน้ำ	- Polyethylene Terephthalate (PET) - Low Density Polyethylene (LLDPE)	- คงรูป - กันไอน้ำได้ - เงาวาว พิมพ์ได้สวย
3. ซองผงซักฟอก	- Polyethylene Terephthalate (PET) - Metallising Polyethylene Terephthalate (Mpet) - Low Density Polyethylene (LLDPE)	- กันไอน้ำและก๊าซได้ดี - กันก๊าซและกลิ่นได้ดี - เงาวาว พิมพ์ได้สวย
4. ไส้กรอก	- Nylon	- กันกลิ่นได้ดี - กันน้ำมันได้ - ปิดผนึกผ่านน้ำมันได้ - ทนต่อการทิ่มแทงได้
5. อาหารทะเล	- Serlyn	- กันกลิ่นได้ดี - ปิดผนึกแบบสูญญากาศได้

ฟิล์มที่ใช้ในการบรรจุภัณฑ์เบื้องต้น (Primary Package) ภาชนะบรรจุภัณฑ์ตัวสินค้า ฟิล์มที่ใช้ในการบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ CPP (Cast Polypropylene) เช่น บรรจุภัณฑ์บรรจุผงซักฟอก, บรรจุภัณฑ์บรรจุบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป, บรรจุภัณฑ์บรรจุลูกอม เป็นต้น บรรจุภัณฑ์รอง (Secondary Package) เพื่อรองรับเพิ่มเติมจากบรรจุภัณฑ์เบื้องต้นหรือถุงอื่น ๆ ที่ใช้บรรจุอีกชั้น เช่น บรรจุภัณฑ์บรรจุสบู่, บรรจุภัณฑ์บรรจุอาหารแช่แข็ง เป็นต้น

สภาพการผลิตโดยรวมของโรงงานตัวอย่าง

โรงงานผลิตฟิล์มบรรจุภัณฑ์แห่งนี้ มีการผลิต 2 ผลิตภัณฑ์ที่สำคัญ คือ การผลิตฟิล์มที่นำมาใช้ทำบรรจุภัณฑ์และการผลิตซองบรรจุภัณฑ์ โดยการผลิตจะทำการผลิตแบบผลิตตามสั่งของ

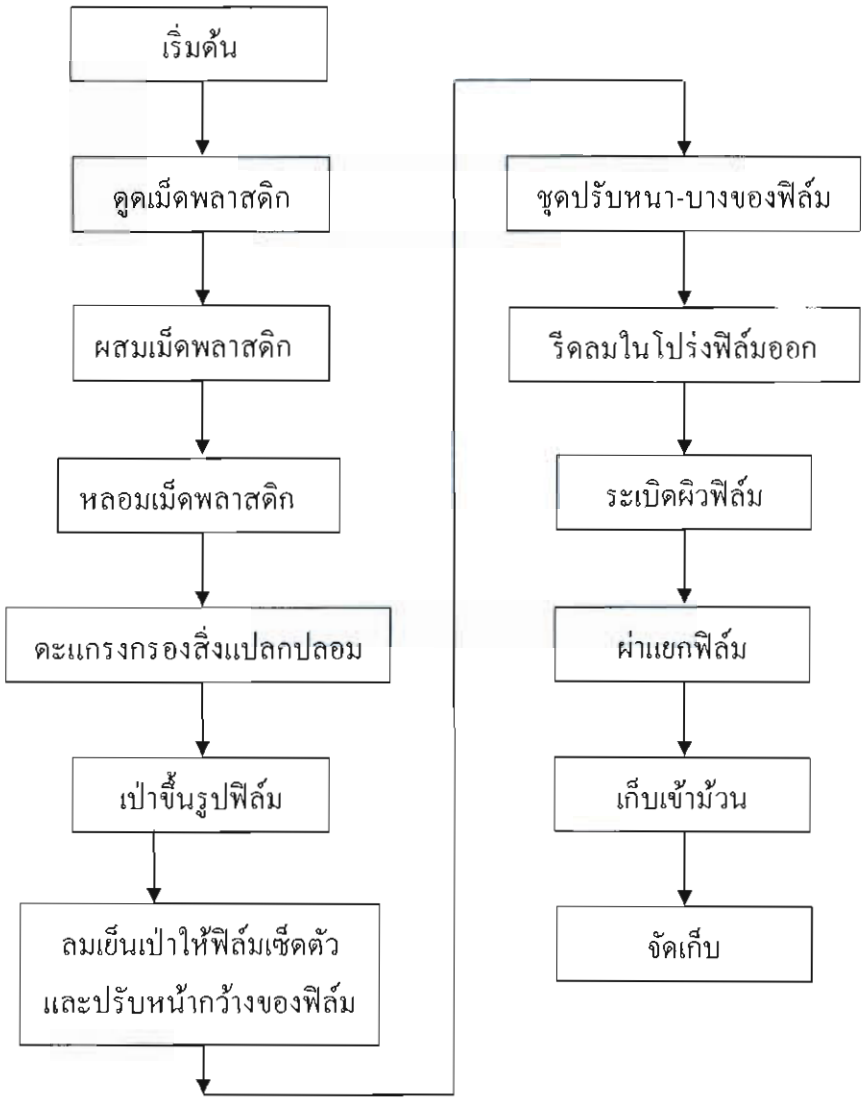
ลูกค้า ในการผลิตฟิล์มบรรจุภัณฑ์แบ่งการผลิตเป็น 2 กะ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำงานหมุนเวียนกะทุก 2 สัปดาห์ มีพนักงานคุมเครื่องละ 3 คน แบ่งหน้าที่การทำงานดังนี้

1. หัวหน้ากะ มีหน้าที่คุมเครื่องจักรและนำม้วนฟิล์มออกจากเครื่อง

2. พนักงานตรวจสอบคุณภาพ มีหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพของฟิล์มและนำม้วนฟิล์มออกจากเครื่อง

3. พนักงานเติมเม็ด มีหน้าที่เติมเม็ดพลาสติกและนำม้วนฟิล์มออกจากเครื่อง

ขั้นตอนในการผลิตจะเริ่มจากนำวัตถุดิบ คือ นำเม็ดพลาสติกใส่ในถัง ชนิดเม็ดพลาสติกที่ใช้ในการเป่าฟิล์ม นำไปใส่ในแต่ละหัวดูดเม็ดแบ่งออกเป็น 3 หัว A B C ตามลำดับชั้นฟิล์มที่เป่ามาจะมี 3 ชั้น ขึ้นอยู่กับสูตรของฟิล์มที่ต้องการและเม็ดพลาสติกถูกดูดขึ้นไปสู่ถังเก็บ (Hopper) และจะมีชุดปล่อยเม็ดที่จะเป็นตัวกำหนดอัตราส่วนของเม็ดพลาสติกที่ชั้นฟิล์มและอัตราส่วนของเม็ดพลาสติกในแต่ละชั้น และส่งลำเลียงลงสู่สกรูส่งซึ่งมีตัวให้ความร้อน (Heater) ที่อุณหภูมิประมาณ 200 องศาเซลเซียส และส่งพลาสติกที่ถูกหลอมเหลวผ่านหัวได (Die) ซึ่งรักษาความร้อนไว้โดยฮีตเตอร์ อุณหภูมิประมาณ 180 องศาเซลเซียส โดยพลาสติกที่หลอมเหลว จะมีการหล่อเย็นฟิล์มโดยปกติจะใช้ลมเป่ารอบ ๆ ลูกโป่ง โดยใช้แหวนหล่อมเย็นเป็นตัวกระจายลม ซึ่งต้องทำหน้าที่หลัก ๆ 3 ประการ คือ ต้องมีขีดความสามารถในการหล่อเย็นได้อย่างเพียงพอ ต้องประคองลูกโป่งให้คงที่ (ไม่แกว่งหรือสั่น) และส่งกระแสลมเย็นและจะมีเซ็นเซอร์ควบคุมความหนาและขนาดของฟิล์มที่เป่าออกมาและส่งผ่านไปยังอุปกรณ์ดึงม้วนฟิล์มจะทำการรีดลมที่อยู่ในลูกโป่งหลังจากนั้นฟิล์มผ่านไปยังใบมีดผ่าข้างซึ่งจะทำหน้าที่แยกฟิล์มที่เป่าออกมาเป็นลักษณะท่อให้แยกออกเป็นแผ่น ถูกลำเลียงผ่านชุดเก็บม้วน (Winder) ฟิล์มจะถูกกรอเข้าม้วน ฟิล์มที่ได้จะมีขนาดความยาวและความกว้างที่กำหนด โดยหลักการทำงานของเครื่องเป่าฟิล์มตามภาพที่ 4-1

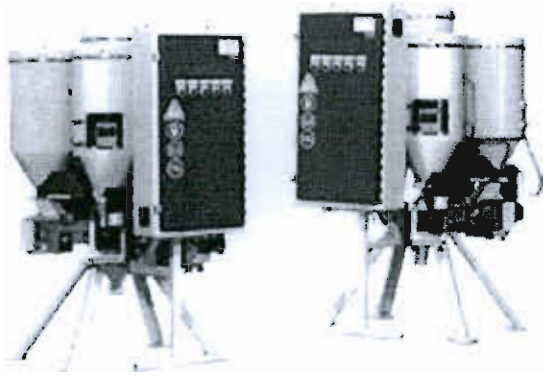


ภาพที่ 4-1 หลักการทำงานของเครื่องเป่าฟิล์ม

ส่วนประกอบหลักของเครื่องเป่าฟิล์ม

1. ชุดดูดเม็ดและชุดผสมเม็ดพลาสติก (Blender)

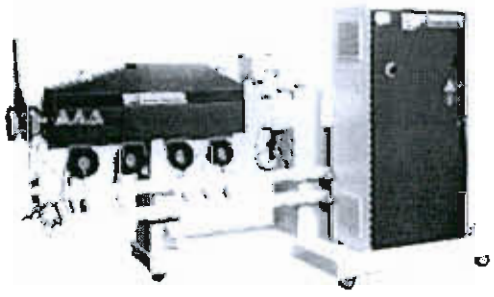
เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ผสมเม็ดพลาสติกให้ได้ตามสัดส่วนที่กำหนด ประกอบด้วย 3 ชุด คือ A- B-C แยกตามชุดหลอมเม็ดพลาสติก และแต่ละชุดจะสามารถผสมพลาสติกได้ 3 ชนิด ตัวอย่างชุดA จะมี Am-A1-A2 โดยชุดดูดเม็ดและชุดผสมเม็ดพลาสติกประกอบด้วยชิ้นส่วน เช่น โครงสร้างของเครื่องผสมเม็ดพลาสติก, มอเตอร์ผสมเม็ดพลาสติก ชุด A-B-C, แปรงถ่านมอเตอร์ เติมเม็ดพลาสติก, ชุด Am-A1-A2, ชุด Bm-B1-B2, ชุด Cm-C1-C2, ชุดโหลดเซลล์, ชุดแปรง สัญญาณโหลดเซลล์และกระบอกลมไฮดรอลิกส์ เป็นต้น แสดงดังภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-2 ชุดดูดเม็ดและชุดผสมเม็ดพลาสติก (Blender)

2. ชุดหลอมเม็ดพลาสติกและตะแกรงกรองสิ่งแปลกปลอม (Extruder)

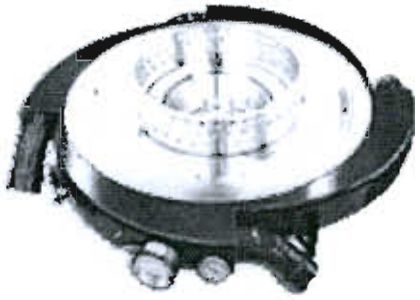
เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับเม็ดพลาสติกจากชุดผสมเม็ดมาทำการหลอมเม็ดพลาสติกด้วยชุดฮีตเตอร์และชุดสกรูจะหมุนดันพลาสติกที่หลอมออกที่ชุดหัวไดมีส่วนประกอบหลัก เช่น มอเตอร์ Extruder A-B-C, มอเตอร์ระบายความร้อน Extruder A-B-C, ชุดฮีตเตอร์, ชุดเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและชุดสกรู เป็นต้น แสดงดังภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-3 ชุดหลอมเม็ดพลาสติกและตะแกรงกรองสิ่งแปลกปลอม (Extruder)

3. ชุดเป่าขึ้นรูปฟิล์ม (Die Head)

เป็นอุปกรณ์ที่รับพลาสติกที่หลอมจากชุดหลอมเม็ดพลาสติก A, B, C มารวมกันที่ชุดเป่าขึ้นรูปฟิล์มก่อนที่จะทำให้ฟิล์มที่หลอมเป่าออก มีส่วนประกอบหลัก เช่น ชุดหัวได, ชุดฮีตเตอร์และชุดเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เป็นต้น ดังภาพที่ 4-4



ภาพที่ 4-4 ชุดเป่าขึ้นรูปฟิล์ม (Die Head)

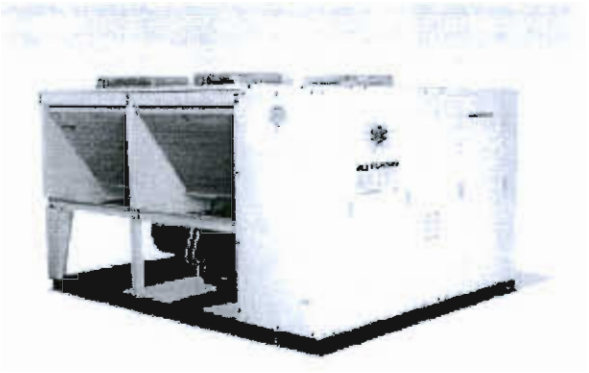
4. ชุดเป่าลมเย็นให้ฟิล์มเซ็ตตัว (IBC Airing)

เป็นชุดที่ทำหน้าที่เป่าลมเย็นให้ฟิล์มที่หลอมออกมาจากหัวไดเซ็ตตัวและเป็นชุดที่ปรับขนาดความกว้างของฟิล์มด้วยการเพิ่มลดลมที่อยู่ในโปร่งฟิล์ม ทำให้โปร่งฟิล์มขยายขนาดกว้างมีส่วนประกอบหลัก เช่น ชุดพัดลมดูดลมออกและชุดควบคุมขนาดของโปร่งฟิล์ม เป็นต้น แสดงดังภาพที่ 4-5

ภาพที่ 4-5 ชุดเป่าลมเย็นให้ฟิล์มเซ็ตตัว (IBC Airing)

5. ชุดทำความเย็น (Chiller Unit)

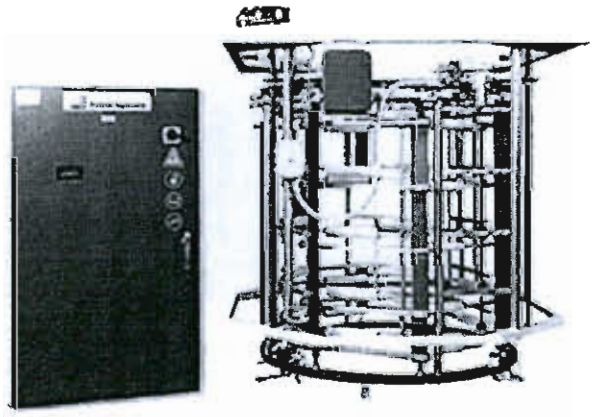
เป็นชุดที่ทำหน้าที่สร้างลมเย็นส่งให้ชุดเป่าลมเย็นให้ฟิล์มเซ็ดตัว (IBC Airing) เพื่อส่งให้กับชุดเป่าลมเย็นให้ฟิล์มเซ็ตตัว (IBC Airing) มีส่วนประกอบหลัก เช่น คอมเพรสเซอร์, ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน, แผงคอล์ยร้อน, แผงคอล์ยเย็น, มอเตอร์โบลเวอร์วาล์ว, ปั๊มน้ำ, หอผึ่งน้ำเย็นและชุดโซลินอยล์ เป็นต้น แสดงดังภาพที่ 4-6



ภาพที่ 4-6 ชุดทำความเย็น (Chiller Unit)

6. ชุดปรับหนา-บางและหน้ากว้างฟิล์ม

เป็นชุดที่ทำหน้าที่อ่านขนาดความหนาและหน้ากว้างของฟิล์มที่เป่าขึ้นรูปขึ้นมาเพื่อควบคุมให้ความหนาอยู่ในสเป็ค ในกรณีที่ฟิล์มหนา-บางกว่าสเป็คจะส่งสัญญาณสั่งให้ฮีตเตอร์ที่อยู่รอบหัวไดให้ปรับหนา-บางของฟิล์ม และกรณีที่ฟิล์มมีขนาดหน้ากว้างไม่ได้สเป็คจะส่งสัญญาณแจ้งให้ชุดเป่าลมเย็นให้ฟิล์มเซ็ตตัว (IBC Airing) เพื่อปรับลมที่จ่ายให้โปร่งฟิล์ม มีส่วนประกอบหลัก เช่น หัวอ่านหนา-บาง, สายพานขับหัวอ่าน, ชุดฮีตเตอร์รอบหัวไต, ชุดจ่ายลมเข้าโปร่งฟิล์ม และลูกกลิ้ง เป็นต้น แสดงดังภาพที่ 4-7



ภาพที่ 4-7 ชุดปรับหนา-บางและหน้ากว้างฟิล์ม

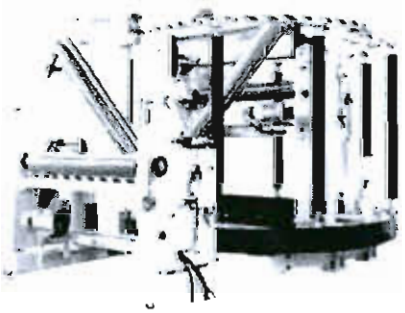
7. ชุดรีดลม (Bubble Cage)

เป็นชุดที่ทำหน้าที่รีดลมในโปร่งฟิล์มออก เพื่อควบคุมให้ขนาดของหน้ากว้างฟิล์มคงที่และง่ายต่อการส่งในกระบวนการต่อไป มีส่วนประกอบหลัก เช่น ชุดลูกกลิ้งหนีบและชุดกระบอกลมไฮดรอลิกส์ เป็นต้น แสดงดังภาพที่ 4-8

ภาพที่ 4-8 ชุดรีดลม (Bubble Cage)

8. ชุดเกลี่ยความหนาฟิล์ม (Hual Off)

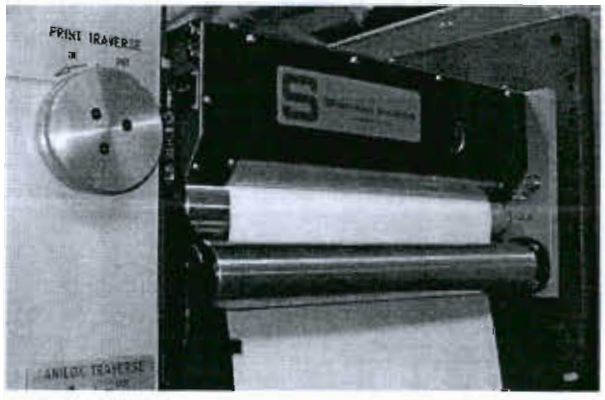
เป็นชุดที่ทำหน้าที่เกลี่ยขนาดความหนาของฟิล์มให้กระจายก่อนทำการเก็บม้วนด้วยการหมุน เพื่อให้ตำแหน่งของฟิล์มขยับเปลี่ยน มีส่วนประกอบหลัก เช่น ชุดลูกกลิ้ง, มอเตอร์ Upper Nip, สายพาน, กรองฝุ่น, มอเตอร์โบลเวอร์ชุด Turning Bar 1, มอเตอร์โบลเวอร์ชุด Turning Bar 2, Pressure Regulator เป็นต้น แสดงดังภาพที่ 4-9



ภาพที่ 4-9 ชุดเกลี่ยความหนาฟิล์ม (Hual Off)

9. ชุดระเบิดผิวฟิล์ม (Corona Treatment)

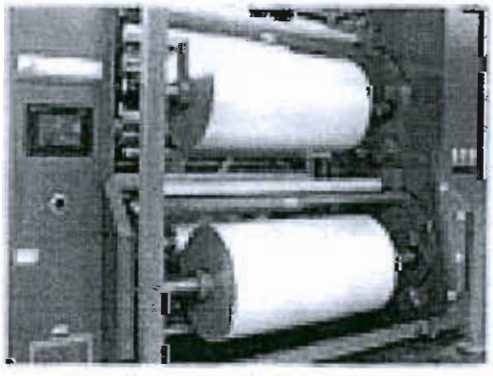
เป็นชุดที่ทำหน้าที่ยิงกระแสไฟฟ้าไปที่ผิวฟิล์ม เพื่อเพิ่มคุณสมบัติให้ผิวฟิล์มสามารถยึดติดกับสิ่งพิมพ์ ในกรณีที่นำไปประกบติด หรือ ยึดติดกับหมึกพิมพ์ ในกรณีที่นำไปใช้ในงานพิมพ์ ซึ่งมีส่วนประกอบหลัก เช่น แท่งอิเล็กโทรดและชุดลูกกลิ้ง เป็นต้น แสดงดังภาพที่ 4-10



ภาพที่ 4-10 ชุดระเบิดผิวฟิล์ม (Corona Treatment)

10. ชุดเก็บม้วนฟิล์ม (Winder)

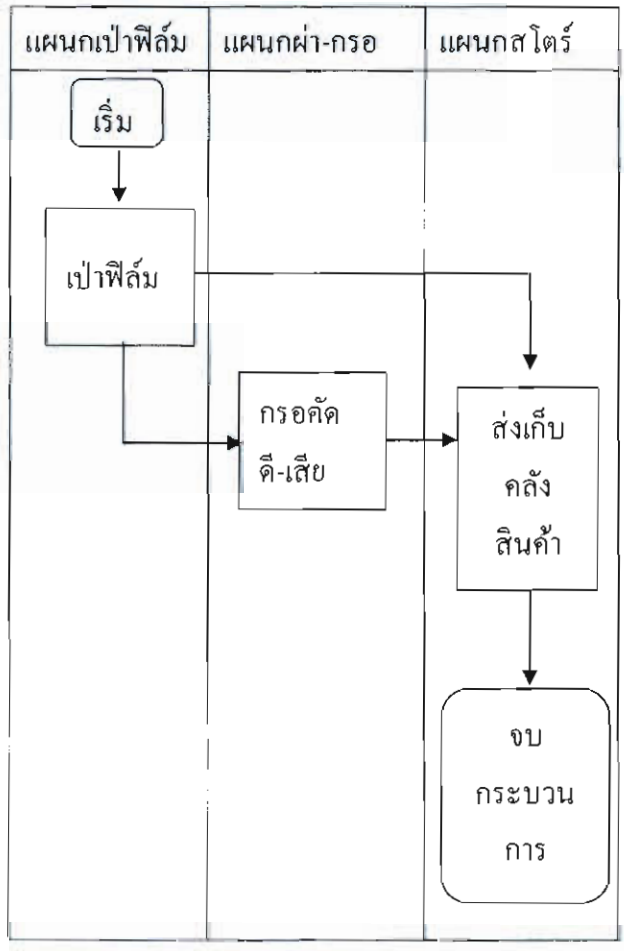
เป็นชุดที่ทำหน้าที่ผ่าช้างเพื่อทำการแยกฟิล์มเป็นแผ่นและทำการม้วนเก็บ ส่วนประกอบหลัก เช่น ชุดมีดผ่าช้าง, มอเตอร์ตีม้วนชุดเก็บม้วนขา A, มอเตอร์ตีม้วนชุดเก็บม้วนขา B, สายพาน, มอเตอร์ และกระบอกลมไฮดรอลิกส์ เป็นต้น แสดงดังภาพที่ 4-11



ภาพที่ 4-11 ชุดเก็บม้วนฟิล์ม (Winder)

ผลิตภัณฑ์หลักของโรงงานกรณีศึกษา

1. ฟิล์มบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่นำมาใช้ในการทำบรรจุภัณฑ์เป็นชนิด เทอร์โมพลาสติก จะใช้พลาสติกประเภทนี้ เช่น Low Density Polyethylene (LLDPE), High Density Polyethylene (HDPE), Ethylene vinyl acetate (EVA), Ethylene Vinyl Alcohol Polymer (EVOH) ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติที่ต้องการของซองบรรจุภัณฑ์แต่ละประเภทและความต้องการของลูกค้า แสดงกระบวนการผลิตดังภาพที่ 4-12



ภาพที่ 4-12 กระบวนการผลิตฟิล์มบรรจุภัณฑ์

2. บรรจุภัณฑ์ประเภทอ่อน ซึ่งมีชนิดฟิล์มที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ประเภทอ่อนดังนี้

2.1 Low Density Polyethylene (LDPE)

2.2 High Density Polyethylene (HDPE)

2.3 Orientation Polypropylene (OPP)

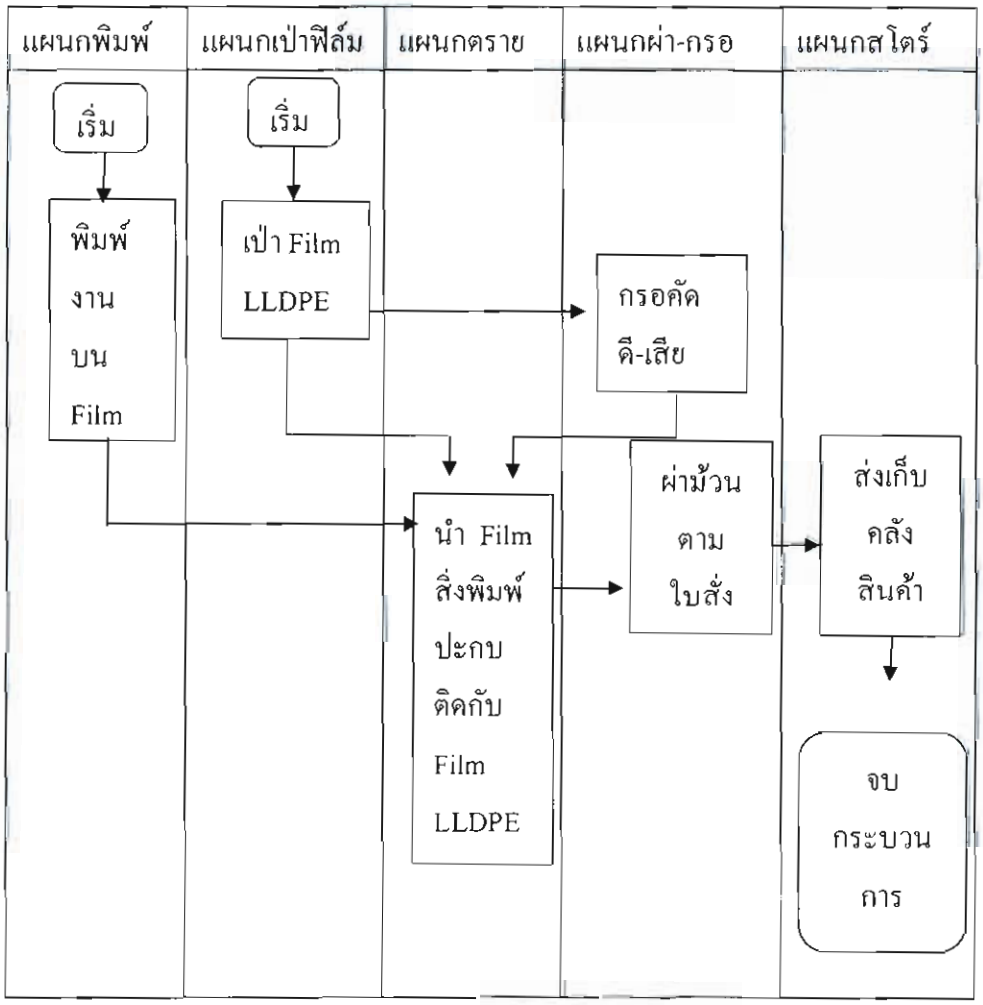
2.4 Cast Polypropylene (CPP)

2.5 Polyethylene Terepthalate (PET)

2.6 Metallising Polyethylene Terepthalate (MPET)

2.7 Metallising Cast Polypropylene (MCPP)

ฟิล์มที่ใช้ในการบรรจุภัณฑ์เบื้องต้น (Primary Package) ภาชนะบรรจุภัณฑ์ตัวสินค้าฟิล์มที่ใช้ในการบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ CPP (Cast Polypropylene) เช่น บรรจุภัณฑ์บรรจุผงซักฟอก, บรรจุภัณฑ์บรรจุบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป, บรรจุภัณฑ์บรรจุลูกอม เป็นต้น และบรรจุภัณฑ์รอง (Secondary Package) เพื่อรองรับเพิ่มเติมจากบรรจุภัณฑ์เริ่มต้น หรือถุงอื่น ๆ ที่ใช้บรรจุอีกชั้น เช่น บรรจุภัณฑ์บรรจุสบู่และบรรจุภัณฑ์บรรจุอาหารแช่แข็ง เป็นต้น ดังแสดงกระบวนการผลิตซองบรรจุภัณฑ์ดังภาพที่ 4-13



ภาพที่ 4-13 กระบวนการผลิตซองบรรจุภัณฑ์

รวบรวมข้อมูลเชิงสถิติการชำรุดของเครื่องจักร

การประเมินรูปแบบบำรุงรักษาที่ผ่านมา โดยเป็นการประเมินหารูปแบบการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของแต่ละส่วนประกอบของเครื่องจักรที่ผ่านมา เพื่อนำไปกำหนดวิธีการประเมินระยะเวลาการบำรุงรักษาที่เหมาะสม แสดงดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 รูปแบบของการประเมินรูปแบบบำรุงรักษาแต่ละส่วนประกอบ

ส่วนประกอบ	แผนบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	รูปแบบการประเมินการบำรุงรักษา
Extruder	มี	ด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม
Blender	มี	ด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม
IBC Airing	มี	ด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม
Bubble cage	มี	ด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม
Haul-Off	มี	ด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม
Corona	มี	ด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม
Winder	มี	ด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม
Die head	ไม่มี	ด้านความน่าเชื่อถือ
Chiller Unit	ไม่มี	ด้านความน่าเชื่อถือ

จากตารางที่ 4-2 รูปแบบการประเมินรูปแบบการบำรุงรักษาที่ผ่านมาพบว่าจะมีบางส่วนประกอบที่ขาดแผนการบำรุงรักษา ทำให้ขาดข้อมูลด้านค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ผ่านมา ดังนั้นผู้วิจัยทำการประเมินเลือกรูปแบบการประเมินด้านการบำรุงรักษาเครื่องจักรดังนี้คือ

1. กรณีมีแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จะใช้รูปแบบการประเมินการบำรุงรักษาด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม เพราะสามารถที่จะรวบรวมต้นทุนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและต้นทุนการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขที่ผ่านมาได้ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการตัดสินใจบำรุงรักษาเชิงป้องกันในจุดที่มีค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษารวมต่ำสุด

2. กรณีไม่มีแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ผ่านมา จะใช้รูปแบบการประเมินการบำรุงรักษาด้านความน่าเชื่อถือ ลักษณะการบำรุงรักษาที่ผ่านมาเป็นแบบเชิงแก้ไข ซึ่งไม่มี

ต้นทุนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันทำให้วิธีการนี้จะทำการตัดสินใจบำรุงรักษาในจุดที่มีค่าความน่าเชื่อถือที่กำหนด

รูปแบบทั้ง 2 กรณี จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์รูปแบบการกระจายตัวของข้อมูลการขัดข้องของส่วนประกอบของเครื่องเป่าฟิล์ม เพื่อหาว่ารูปแบบการกระจายตัวของข้อมูลการขัดข้องของส่วนประกอบของเครื่องเป่าฟิล์ม เป็นรูปแบบการแจกแจงแบบใด โดยทำการเก็บข้อมูลของการขัดข้องของเครื่องจักรตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 จนถึงปี พ.ศ. 2553 จากแบบฟอร์มประวัติเครื่องจักร โดยรูปแบบการประเมินการบำรุงรักษามี 2 รูปแบบ คือ

1. รูปแบบการประเมินการบำรุงรักษาด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม

ลักษณะของการบำรุงรักษาทั่วไป คือมุ่งเน้นให้ เครื่องจักรเสียเป็นศูนย์ นั้นก็ต้องมีค่าใช้จ่ายแต่หากเราทำการบำรุงรักษามากจนเกินไป ค่าใช้จ่ายก็จะสูงขึ้นตาม ซึ่งก็เป็นสิ่งที่ไม่ต้องการ ดังนั้นรูปแบบการบำรุงรักษาที่เหมาะสม คือ มุ่งเน้นให้เกิดค่าใช้จ่ายต่ำสุด โดยทำการหาช่วงเวลาการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เหมาะสม เพื่อทำให้เกิดความสมดุลของค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขและการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เพื่อทำให้เกิดค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาที่ต่ำสุด โดยทำการรวบรวมข้อมูลดังนี้

1.1 รวบรวมข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายตามรอบของการบำรุงรักษา

ความถี่ของการขัดข้องของส่วนประกอบหลังจากการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ข้อมูลในส่วนนี้จะพิจารณาความถี่ของการขัดข้องหลังจากการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เพื่อนำไปหารูปแบบของการแจกแจง และพิจารณารอบการบำรุงรักษาที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุดต่อไป

ตารางที่ 4-3 ความถี่ของการขัดข้องของส่วนประกอบหลังจากการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

เดือน	ความถี่ของการขัดข้องของส่วนประกอบหลังจากการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ครั้ง)						
	Extruder	Blender	IBC Air ring	Bubble cage	Haul-Off	Corona	Winder
1	1	0	0	0	1	0	1
2	0	1	2	0	2	0	2
3	1	0	0	0	0	0	2
4	0	1	0	1	0	1	1
5	0	0	0	0	2	1	0
6	1	0	1	0	0	0	0
7	0	1	0	0	0	0	1

ตารางที่ 4-3 ความถี่ของการขัดข้องของส่วนประกอบหลังจากการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ต่อ)

เดือน	ความถี่ของการขัดข้องของส่วนประกอบหลังจากการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ครั้ง)						
	Extruder	Blender	IBC Air ring	Bubble cage	Haul-Off	Corona	Winder
8	0	0	1	0	0	0	1
9	0	0	1	2	0	1	1
10	0	0	0	0	0	0	1
11	0	2	0	1	0	0	0
12	0	1	0	1	1	1	0

1.2 สรุปค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ขั้นตอนนี้ทำการสรุปค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เช่น ค่าแรงงาน ค่าอะไหล่ ค่าวัตถุดิบ ค่าสูญเสียโอกาสการทำกำไร ของแต่ละรอบของการบำรุงรักษาด้วยวิธีการการเปลี่ยนชิ้นส่วน ซึ่งค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาของงานวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1.2.1 การบำรุงรักษาเชิงป้องกันในขณะที่เครื่องเป่าฟิล์มทำงาน รูปแบบการบำรุงรักษาดังนี้จะไม่กระทบต่อเวลาการผลิต ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในส่วนของค่าแรงงานในการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันดังกล่าวไม่นำมาคิด เพราะลักษณะงานจะทำงานเป็นรอบเวลาขึ้นอยู่กับขนาดความยาวของม้วนงาน โดยเฉลี่ยประมาณ 90 นาที/ ล็อต ช่วงเวลาการรองานไม่กระทบกับค่าใช้จ่ายการผลิต จะมีเฉพาะค่าใช้จ่ายจากการหล่อลื่นที่จะคิดคำนวณค่าใช้จ่ายที่เป็นสารหล่อลื่นเท่านั้นซึ่งน้อยมาก

1.2.2 การบำรุงรักษาเชิงป้องกันในขณะที่เครื่องจักรขณะหยุดเครื่อง สาเหตุที่ต้องทำการบำรุงรักษาในขณะที่เครื่องจักรหยุดทำงาน เพื่อความปลอดภัยของพนักงานที่ตรวจสอบหรือไม่สามารถกระทำในขณะที่เครื่องเป่าฟิล์มทำงาน ในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันในลักษณะจะมีค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาที่สูง เนื่องมาจากจะต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในขณะเครื่องเป่าฟิล์มหยุดทำงานดังนี้

1) ค่าแรงงานของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

พิจารณาจากค่าแรงงานของพนักงานที่คุมเครื่องเป่าฟิล์ม นอกจากจะรับผิดชอบด้านการผลิตฟิล์มบรรจุภัณฑ์แล้ว พนักงานที่คุมเครื่องจักรจะมีหน้าที่รับผิดชอบในการบำรุงรักษาเครื่องจักรให้มีสภาพพร้อมใช้งานและเพื่อยืดอายุชิ้นส่วน อุปกรณ์ให้มีอายุที่ยาวนานขึ้น ซึ่งอัตราค่าแรงงานเฉลี่ยของพนักงานฝ่ายผลิต จะแสดงตามตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 อัตราค่าแรงงานเฉลี่ยของพนักงานฝ่ายผลิต

ตำแหน่ง	เงินเดือน (บาท)	ค่าแรงงานเฉลี่ย (บาท/ ชั่วโมง)
หัวหน้าเครื่อง	13,000	54.17
พนักงานเครื่องเป่าฟิล์ม	8,000	33.33
พนักงานเครื่องเป่าฟิล์ม	8,000	33.33
ค่าแรงงานเฉลี่ย		40.25

2) ค่าอะไหล่

ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ เกิดจากการเปลี่ยนอุปกรณ์ เนื่องจากอุปกรณ์หมดสภาพหรือใกล้หมดสภาพในการใช้งาน จะทำการเปลี่ยนอุปกรณ์ดังกล่าว เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เครื่องจักรเกิดการขัดข้องในช่วงที่เครื่องจักรทำงาน เพื่อลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นในช่วงเครื่องจักรขัดข้อง เพราะการขัดข้องประเภทนี้จะมีค่าใช้จ่ายที่สูง ได้ทำการสรุปรายการอุปกรณ์ที่ทำการเปลี่ยนและมูลค่าในแต่ละปี ดังแสดงในตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 สรุปรายการอุปกรณ์ที่ทำการเปลี่ยนและมูลค่าในแต่ละปี

ส่วนประกอบ	รายการอุปกรณ์ที่ทำการเปลี่ยน
Extruder	- โซ่, ลูกปืน
Blender	- แปรงถ่านมอเตอร์ผสมเม็ดพลาสติก
IBC Air ring	- สายพาน, ซีลมอเตอร์ปั๊มน้ำ
Bubble cage	- ลูกปืน
Haul-Off	- ซีลมอเตอร์ปั๊มน้ำ
Corona	- ยางโคโรน่า, ซี่โคโรน่า
Winder	-โซ่, ลูกปืน

3) ค่าวัตถุดิบ

ปริมาณความเสียหายด้านวัตถุดิบเฉลี่ยของเครื่องเป่าฟิล์ม ในการหยุดเครื่องเป่าฟิล์ม เพื่อทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันต่อปี จะทำการหยุดเครื่องจักรซึ่งจะทำให้สูญเสียในส่วนค่าวัตถุดิบที่ต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายในการหยุดเครื่องจักร เนื่องจากจะต้องมีวิธีการหยุด โดยใช้เม็ดพลาสติกชนิด Processing Aid ที่มีคุณสมบัติช่วยเวลาหยุดเครื่องจักร พลาสติกเหลว ที่ค้างในชุดหลอมเม็ดพลาสติกและตะแกรงกรองสิ่งแปลกปลอม (Extruder) จะไม่ได้สัมผัสกับผนังกระบอกด้านในที่เป็นโลหะโดยตรง เนื่องจากมีสารเทปล่อนเคลือบเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ กั้นอยู่ ดังนั้น ช่วงเครื่องจักรทำงานใหม่อีกครั้ง พลาสติกที่ค้างอยู่ภายในชุดหลอมเม็ดพลาสติกและตะแกรงกรองสิ่งแปลกปลอม (Extruder) จะได้รับความร้อนใหม่อีกครั้ง ซึ่งก็จะไม่ได้รับความร้อนโดยตรง เนื่องจากมีแผ่นฟิล์มที่เป็นสารเทปล่อนเคลือบติดอยู่ โอกาสที่เสื่อมสภาพของพลาสติกหรือเกิดการไหม้ก็ลดลงด้วย ทำให้เกิดการสูญเสียจากจุดดำบนแผ่นฟิล์มน้อยลงด้วยช่วงขึ้นฟิล์มแรก ๆ ในช่วงการหยุดเครื่องจักร เพื่อเป็นการลดปัญหาการเกิดเม็ดไหม้ในชุดหลอมเม็ดพลาสติกและตะแกรงกรองสิ่งแปลกปลอม (Extruder) เนื่องจากยังมีความร้อนสะสมอยู่ โดยวัตถุดิบที่ต้องสูญเสียจะประกอบด้วยวัตถุดิบช่วงหยุดเครื่องจักร และวัตถุดิบที่สูญเสียอีกส่วน คือ การสูญเสียการตั้งงาน โดยการคิดมูลค่าความเสียหายจะเท่ากับราคาเม็ดพลาสติกเฉลี่ย 47 บาท/ กิโลกรัม หักลบราคาขายเศษฟิล์ม (ของเสีย) 31 บาท/ กิโลกรัม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 16 บาท/ กิโลกรัม จะนำค่าดังกล่าวไปคิดมูลค่าความเสียหายด้านวัตถุดิบในแต่ละปี แสดงดังตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 ปริมาณความเสียหายด้านวัตถุดิบของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ว/ด/ป	ปริมาณความเสียหายด้านวัตถุดิบ		
	หยุดเครื่องจักร (กิโลกรัม/ ปี)	การตั้งงาน (กิโลกรัม/ ปี)	มูลค่าความเสียหาย (บาท/ ปี)
3/1/2550	234	158	5,488
3/1/2551	253	135	5,432
3/1/2552	241	157	5,572
3/1/2553	259	150	5,726
มูลค่าความเสียหายเฉลี่ย (บาท/ ปี)			5,555

4) ค่าสูญเสียโอกาสการทำกำไร

ในส่วนนี้เป็นการหาค่าโอกาสการทำกำไรในส่วนของเครื่องเป่าฟิล์ม ในช่วงที่เครื่องจักรหยุดทำงาน และมีวิธีการคำนวณหาค่าสูญเสียโอกาสการทำกำไร แสดงดังต่อไปนี้

ก) ปัจจุบันราคาเม็ดพลาสติก (PVC Resin) = 47 บาท/ กิโลกรัม

ข) ราคาของม้วนฟิล์มบรรจุภัณฑ์ = 115 บาท/ กิโลกรัม

ค) ดังนั้นมูลค่าเพิ่มที่โรงงานได้รับ=105 บาท/ กิโลกรัม – 47 บาท / กิโลกรัม = 58 บาท/ กิโลกรัม

ง) ปัจจุบัน 1 ชั่วโมง เครื่องเป่าฟิล์ม 1 สามารถผลิตได้ = 250 กิโลกรัม แสดงว่าใน 1 ชั่วโมงจะได้มูลค่าเพิ่ม (Value Added) = 58 × 250 = 14,500 บาท/ ชั่วโมง (ค่าที่คำนวณยังไม่ได้หักต้นทุนทางตรงและต้นทุนทางอ้อมของบริษัท)

หลังจากที่ทำการศึกษาโครงสร้างค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ขั้นตอนต่อไปทำการสรุปค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เกิดขึ้นในแต่ละปี ซึ่งค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจะแปรผันโดยตรงกับเวลาที่ใช้ในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยค่าใช้จ่ายในแต่ละปีจะแตกต่างกัน จากสาเหตุด้านเวลาการบำรุงรักษา ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายด้านแรงงานฝ่ายผลิต และค่าสูญเสียโอกาสการทำกำไรไม่เท่ากันในแต่ละปี ดังแสดงตัวอย่างค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของส่วนประกอบชุดเป่าลมเย็นให้ฟิล์มเซ็ตตัว (IBC Air ring) ในตารางที่ 4-7 และทำการสรุปค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเฉลี่ยขณะหยุดเครื่องเป่าฟิล์ม ในส่วนประกอบอื่น ๆ ของเครื่องเป่าฟิล์มดังแสดงในตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-7 สรุปค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเฉลี่ยขณะหยุดเครื่องเป่าฟิล์ม ของส่วนประกอบชุดเป่าลมเย็นให้ฟิล์มเซ็ตตัว (IBC Air Ring)

ชื่อเครื่องจักร: เครื่องเป่าฟิล์ม1				รหัสเครื่องจักร: BF1				ส่วนประกอบ: IBC Air ring		
ว/ด/ป	ค่าแรงงานของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน			ค่าอะไหล่		ค่าวัตถุดิบ		ค่าสูญเสียโอกาสการทำกำไร		ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)
	A	B	C	D	E	F	G	H	C	
3/1/2550	40.25	3	0.4	1,100	3	3,276	2,212	14,500	0.5	14,636
3/1/2551	40.25	3	0.47	1,167	3	3,542	1,890	14,500	0.5	15,805
3/1/2552	40.25	3	0.5	1,210	3	3,374	2,198	14,500	0.5	16,512
3/1/2553	40.25	3	0.7	1,240	3	3,626	2,100	14,500	0.7	19,681
ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเฉลี่ย										16,657

กำหนดให้ A คือ อัตราค่าแรงงานเฉลี่ย (บาท/ ชั่วโมง)

B คือ จำนวนพนักงานพนักงานฝ่ายผลิต

C คือ เวลาการสูญเสียจากการบำรุงรักษาเครื่องจักร (ชั่วโมง)

D คือ ราคาอะไหล่ (บาท/ ชิ้น)

E คือ จำนวนอะไหล่ที่ใช้

F คือ ค่าใช้จ่ายด้านวัตถุดิบที่ต้องสูญเสียเฉลี่ย ในการหยุดเครื่องจักร (บาท/ ครั้ง)

G คือ ค่าใช้จ่ายด้านวัตถุดิบที่ต้องสูญเสียเฉลี่ย ในการตั้งงาน (บาท/ ครั้ง)

H คือ อัตราการทำกำไรของเครื่องเป่าฟิล์ม (บาท/ ชั่วโมง)

ตารางที่ 4-8 สรุปค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเฉลี่ยขณะหยุดเครื่องเป่าฟิล์มในช่วง ปี พ.ศ. 2550-2553

ส่วนประกอบ	ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเฉลี่ย (บาท/ ปี)
Extruder	18,378
Blender	9,372
IBC Airing	25,591
Bubble cage	15,864
Haul-Off	20,065
Corona	205,735
Winder	25,015

1.3 สรุปค่าใช้จ่ายเชิงบำรุงรักษาเชิงแก้ไข

ในการสรุปค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงแก้ไข ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการแก้ไขให้เครื่องจักรสามารถที่จะกลับมาทำงานได้อย่างปกติ โดยค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขจะมีโครงสร้างของค่าใช้จ่ายเหมือนกันกับค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จะแตกต่างเพียงเพิ่มค่าใช้จ่ายของพนักงานซ่อมบำรุงเข้ามาในโครงสร้างของค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ ซึ่งประกอบด้วย ค่าแรงงานพนักงานซ่อมบำรุง, ค่าแรงงานพนักงานฝ่ายผลิต, ค่าอะไหล่, ค่าวัตถุดิบ, ค่าสูญเสียโอกาสการทำกำไร โดยแสดงตัวอย่างข้อมูลค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขของส่วนประกอบชุดเป่าลมเย็นให้เซ็ตตัว (IBC Air ring) ดังตารางที่ 4-9 จากนั้นทำการสรุปค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษา

เชิงแก้ไข ในส่วนอื่น ๆ ของเครื่องเป่าฟิล์ม โดยสรุปค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขเฉลี่ยของส่วนประกอบเครื่องเป่าฟิล์มดังตารางที่ 4-10 โดยข้อมูลในส่วนนี้จะนำไปเพื่อใช้เป็นข้อมูลในโปรแกรมคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องเป่าฟิล์มต่อไป

ตารางที่ 4-9 สรุปค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขของส่วนประกอบชุดเป่าลมเย็นให้ฟิล์มเซ็ตตัว (IBC Airing)

ชื่อเครื่องจักร: เครื่องเป่าฟิล์ม1					รหัสเครื่องจักร : BF1						ส่วนประกอบ: IBC Air ring		
ว/ด/ป	เลขที่	ค่าแรงงาน พนักงานซ่อมบำรุง			ค่าแรงงาน พนักงานฝ่ายผลิต			ค่าอะไหล่	ค่าวัตถุดิบ		ค่าสูญเสียโอกาส การทำกำไร		ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)
		A	B	C	D	E	C	F	G	H	I	C	
13/9/2550	BF#50/09/13	44.44	3	5.5	40.27	3	5.5	34,537	3,770	2,570	14,500	5.5	122,024
11/12/2551	BF#51/12/11	44.44	3	1.5	40.27	3	1.5	14,847	3,520	2,120	14,500	1.5	42,618
22/12/2551	BF#51/12/22	44.44	3	0.5	40.27	3	0.5	2,896	3,080	1,980	14,500	0.5	15,333
12/2/2553	BF#53/02/12	44.44	3	1	40.27	3	1	14,558	3,960	2,340	14,500	1	35,612
ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขเฉลี่ย													53,897 บาท/ ปี

กำหนดให้ A คือ เวลาเฉลี่ยของการแก้ไข (นาที)

B คือ จำนวนพนักงานซ่อมบำรุงที่ทำการซ่อมแก้ไขเครื่องจักร

C คือ ค่าแรงงานของพนักงานเครื่องเป่าฟิล์ม (บาท/ นาที)

D คือ ค่าแรงงานของพนักงานคุมเครื่องเป่าฟิล์ม (บาท/ นาที)

E คือ จำนวนพนักงานคุมมเครื่องจักรซ่อมบำรุงที่ทำการซ่อมแก้ไขเครื่องจักร

F คือ ค่าอะไหล่ที่ใช้ในงานบำรุงรักษาเชิงแก้ไข

G คือ ค่าใช้จ่ายด้านวัตถุดิบที่ต้องสูญเสียเฉลี่ย ในการหยุดเครื่องจักร (บาท/ ครั้ง)

H คือ ค่าใช้จ่ายด้านวัตถุดิบที่ต้องสูญเสียเฉลี่ย ในการตั้งงาน (บาท/ ครั้ง)

I คือ ค่าสูญเสียโอกาสการทำกำไร (14,500 บาท/ ชั่วโมง)

ตารางที่ 4-10 สรุปค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขเฉลี่ยของส่วนประกอบเครื่องเป่าฟิล์ม

ลำดับ	ส่วนประกอบ	ค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขเฉลี่ย(บาท/ ปี)
1	Extruder	57,313
2	Blender	33,958
3	IBC Air ring	53,897
4	Bubble cage	25,121
5	Haul-off	20,065
6	Corona	205,735
7	Winder	11,508

วิเคราะห์แจกแจงข้อมูลการชำรุด และโหมดการเสีย

ในขั้นตอนการวิเคราะห์รูปแบบการกระจายตัวของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความเสียหายว่าสามารถเข้ารูปสนิทกับการแจกแจงในแบบต่าง ๆ ที่เป็นไปได้หรือไม่ โดยรูปแบบการแจกแจงที่ทดสอบ คือ การแจกแจงไวบูลล์ (Weibull Distribution) การแจกแจงเลขชี้กำลัง (Exponential Distribution) การแจกแจงปกติ (Normal Distribution) และการแจกแจงล็อกปกติ (Lognormal Distribution) ทั้งนี้เนื่องจากเป็นการแจกแจงทางสถิติที่พบได้บ่อยในงานด้านความน่าเชื่อถือ

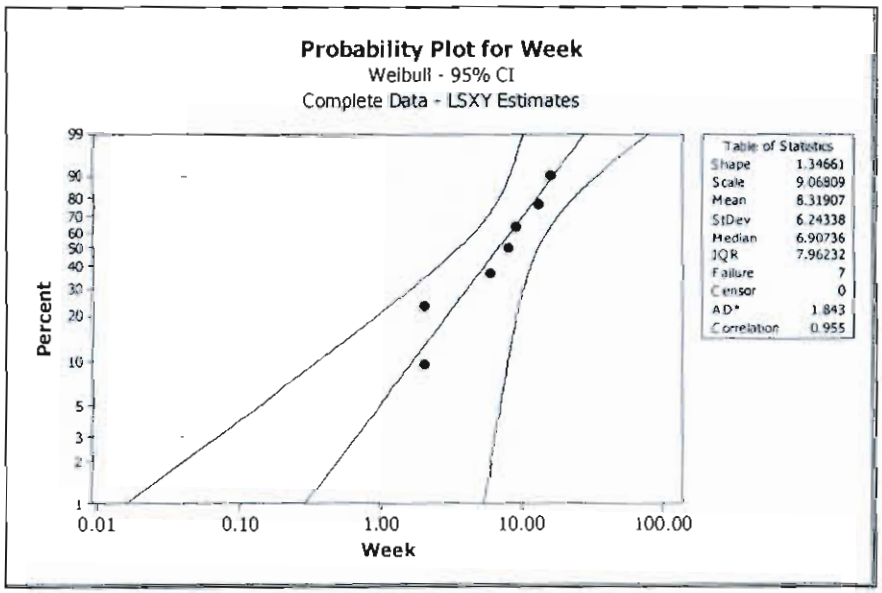
เบื้องต้นการสรุปช่วงเวลาการเสียหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่าง ๆ ด้วยกัน 2 แบบ โดยพิจารณาจากแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน คือ

1. ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์สรุปตามรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

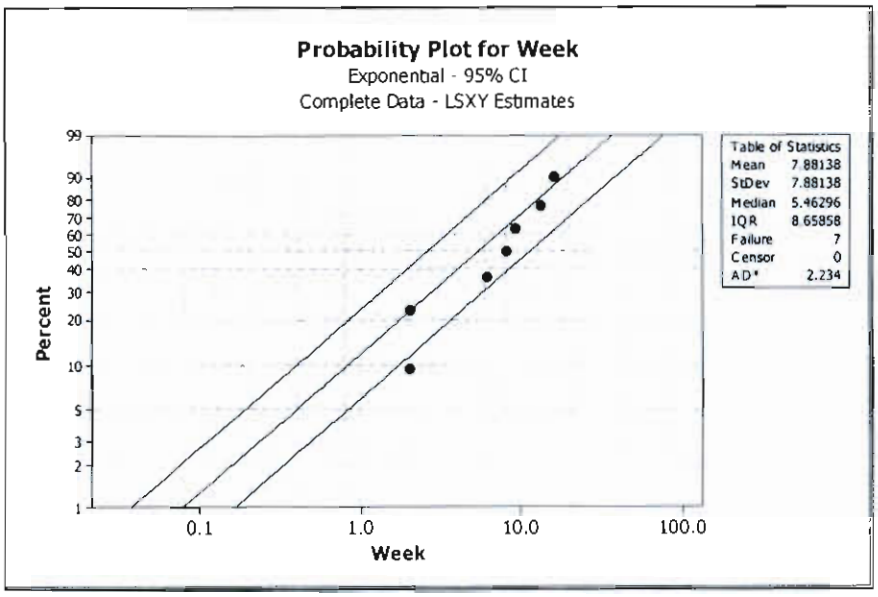
รูปแบบการบำรุงรักษาที่ผ่านมา การปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาขาดการปรับแผนให้เข้ากับสภาพของเครื่องจักร ส่งผลให้การบำรุงรักษาขาดความคุ้มค่าของแผนในส่วนของรูปแบบการประเมินด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมจะพิจารณาตามส่วนประกอบดังนี้

1.1 ชุดเป่าลมเย็นให้ฟิล์มเซ็ตตัว (IBC Air ring)

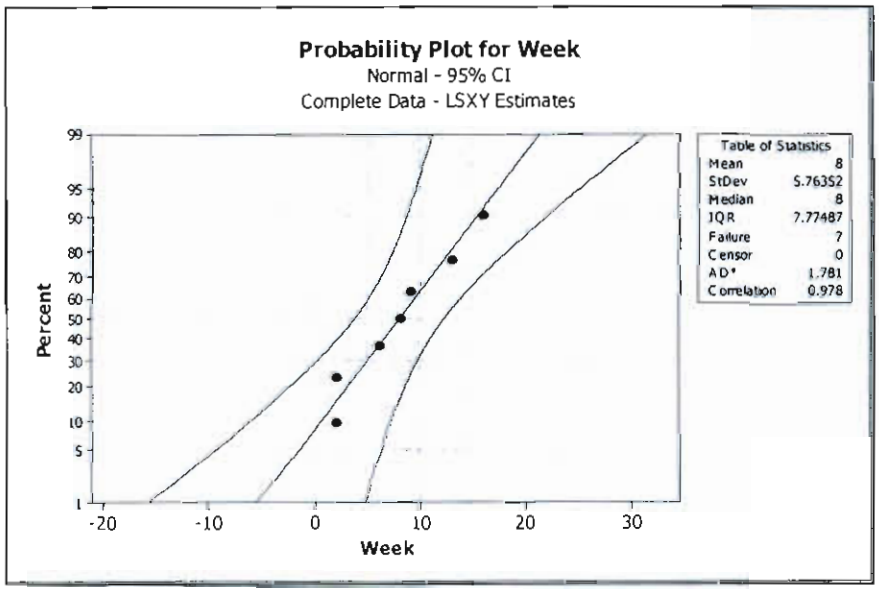
นำข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายจากตารางที่ 4-4 ความถี่ของการขัดข้องของส่วนประกอบหลังจากการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของชุดเป่าลมเย็นให้ฟิล์มเซ็ตตัว (IBC Air ring) มาวิเคราะห์หารูปแบบการแจกแจงของข้อมูลด้วยการวาดกราฟความน่าจะเป็น (Probability Plotting) ด้วยโปรแกรม Minitab R14 ฟังก์ชั่น Stat > Reliability/Survival > Distribution Analysis (Right Censoring) > Parametric Distribution Analysis กำหนดการแจกแจงแบบไวบูลล์ (Weibull Distribution) ผลที่ได้ดังภาพที่ 4-14 การแจกแจงเลขชี้กำลัง (Exponential Distribution) ผลที่ได้ดังภาพที่ 4-15 การแจกแจงปกติ (Normal Distribution) ผลที่ได้ดังภาพที่ 4-16 และการแจกแจงล็อกปกติ (Lognormal Distribution) ผลที่ได้ดังภาพที่ 4-17



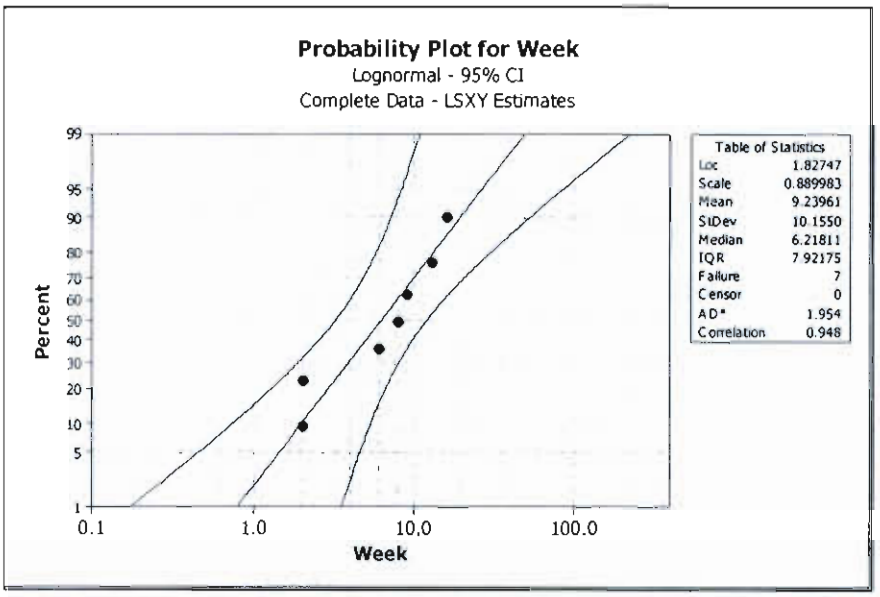
ภาพที่ 4-14 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์การแจกแจงแบบไวบูลล์ (Weibull Distribution)



ภาพที่ 4-15 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์การแจกแจงเลขชี้กำลัง (Exponential Distribution)



ภาพที่ 4-16 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์การแจกแจงปกติ (Normal Distribution)



ภาพที่ 4-17 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์การแจกแจงล็อกปกติ (Lognormal Distribution)

ทำการเปรียบเทียบค่า Anderson Darling (AD*) ที่ได้จากการวิเคราะห์หารูปแบบการแจกแจงของข้อมูลด้วยโปรแกรมMinitab R14 โดยพิจารณาค่า Anderson Darling (AD*) ของแต่ละการแจกแจงของข้อมูล ซึ่งจะพิจารณาค่า Anderson Darling (AD*) ที่น้อยสุด ดังแสดงตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4-11 ผลการเปรียบเทียบค่า Anderson Darling (AD*) ของชุดเป่าลมเย็นให้ฟิล์มเซ็ตตัว (IBC Air ring)

	Weibull	Exponential	Normal	Lognormal
IBC Airing	1.843	2.234	1.781	1.954

ทำการวิเคราะห์หารูปแบบการแจกแจงของข้อมูลด้วยการวาดกราฟความน่าจะเป็น (Probability Plotting) จากข้อมูลสรุปความถี่ของการขัดข้องของส่วนประกอบเครื่องเป่าฟิล์ม หลังจากการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ผลที่ได้ คือ การเปรียบเทียบค่า Anderson Darling (AD*) ที่มีค่าน้อยที่สุด ในแต่ละส่วนประกอบเครื่องจักรรูปแบบการแจกแจงของส่วนประกอบดังกล่าวดังแสดงในตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-12 ผลการเปรียบเทียบค่า Anderson Darling (AD*) ของส่วนประกอบเครื่องเป่าฟิล์ม

	Weibull	Exponential	Normal	Lognormal
Extruder	3.443	3.49	3.441	3.462
Blender	2.165	2.947	2.172	2.617
IBC Air ring	2.523	2.82	2.436	2.558
Bubble cage	2.527	3.784	2.519	2.697
Corona	2.819	3.281	2.795	2.791
Haul-Off	2.217	2.117	2.334	2.083
Winder	1.512	2.072	1.602	1.448

หลังจากพิจารณาค่า Anderson Darling (AD*) ที่มีค่าน้อยที่สุดแล้ว นำค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงของส่วนประกอบเครื่องเป่าฟิล์มที่มีค่า Anderson Darling (AD*) มีค่าน้อยที่สุดที่ได้จากการวิเคราะห์ของโปรแกรม Minitab R14 เพื่อนำไปใช้ในเป็นข้อมูลในการคีย์ลงในโปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันต่อไป แสดงดังตารางที่ 4-13

ตารางที่ 4-13 ผลของค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงของส่วนประกอบเครื่องเป่าฟิล์ม

	สรุปผลการแจกแจง	Parameter Distribution	
		Mean	St Dev
Extruder	Normal	3.333	3.045
Blender	Normal	7,833	4.496
IBC Airing	Normal	5.4	3.582
Bubble cage	Normal	9	3.318
Corona	Lognormal	8.096	5.186
Haul-Off	Lognormal	5.27	6.697
Winder	Lognormal	5.387	5.257

รูปแบบการประเมินการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้านความน่าเชื่อถือ

ลักษณะของการบำรุงรักษาด้านความน่าเชื่อถือ จุดประสงค์เพื่อให้ชิ้นส่วนนั้นมีความน่าจะเป็นที่สามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ตามข้อกำหนดภายใต้สภาวะเงื่อนไขและช่วงเวลาที่ชิ้นส่วนหรือระบบนั้นทำงาน ดังแสดงขั้นตอนรูปแบบการประเมินการบำรุงรักษาด้านความน่าเชื่อถือ

1. รวบรวมช่วงเวลาความเสียหาย (Time to Failure) ของชิ้นส่วน

ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์สรุปตามรอบช่วงเวลาความเสียหาย วิธีการนี้จะใช้กรณีที่รูปแบบการประเมินการบำรุงรักษาเป็นแบบความน่าเชื่อถือ มีส่วนประกอบที่เข้าเกณฑ์ คือ ชุดเป่าขึ้นรูปฟิล์ม (Die Head) และ ชุดทำความเย็น (Chiller unit) โดยนำข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชิ้นส่วน เพื่อนำไปวิเคราะห์หาการกระจายด้วบนเส้นของการแจกแจงแต่ละแบบ เพื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากที่สุด ในขั้นตอนต่อไปดังนี้

1.1 ชุดเป่าขึ้นรูปฟิล์ม (Die Head)

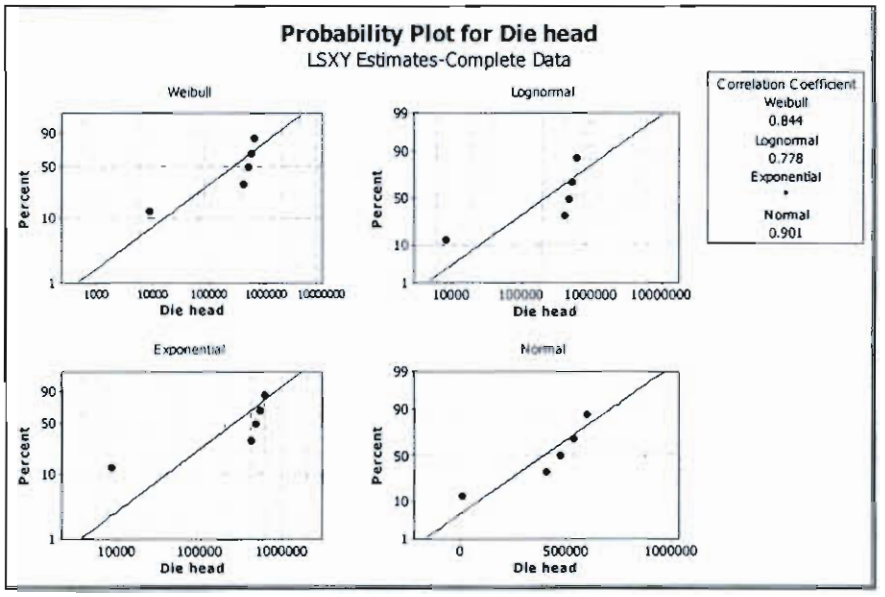
นำข้อมูลช่วงเวลาความเสียหาย (Time to Failure: TTF) จากตารางที่ 4-14 มาวิเคราะห์หารูปแบบการแจกแจงของข้อมูลด้วยการวาดกราฟความน่าจะเป็น (Probability Plotting) ด้วยโปรแกรม Minitab 14

ตารางที่ 4-14 ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหาย (Time to Failure: TTF) ของชุดเป่าขึ้นรูปฟิล์ม (Die Head)

ครั้งที่	ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหาย (Time to Failure: TTF)
1	8,640
2	198,960
3	472,320
4	535,680
5	599,040

จากการทดสอบด้วยโปรแกรม Minitab R14 ด้วยฟังก์ชัน Stat > Reliability/ Survival > Distribution Analysis (Right Censoring) > Distribution ID Plot ทำการกำหนด

การแจกแจงแบบ Weibull, Exponential, Normal, Log-Normal ผลจากการวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูลของชุดDie head ดังภาพที่ 4-18



ภาพที่ 4-18 การกระจายของข้อมูลของชุด Die Head

จากภาพที่ 4-18 พบว่า จำนวนข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดหัวไค (Die Head) มีการกระจายอยู่บนเส้นของการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) เป็นจำนวนมากและมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากที่สุดเท่ากับ 0.901 ซึ่งแสดงว่า ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดหัวไค (Die Head) มีความสนิทกับการแจกแจงปกติ (Normal Distribution)

เพื่อยืนยันผลที่ได้ทำการวิเคราะห์รูปแบบการแจกแจงได้จากโปรแกรม Minitab R14 ซึ่งจะทำการแจกแจงสถิติที่ใช้ทดสอบ ดังตารางที่ 4-15

ตารางที่ 4-15 วิธีการทดสอบภาวะสารูปสนิทดี (Goodness of Fit Test) ในแต่ละการแจกแจง

การแจกแจง	สถิติที่ใช้ทดสอบ
Normal/ Lognormal	Kolmogorov-Smirnov Test
Exponential	Bartlett 's Test
Weibull	Mann 's Test

โดยวิธีการทดสอบของชุดหัวไค (Die Head) การกระจายอยู่บนเส้นของการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ใช้วิธีการทดสอบภาวะสารูปสนิทดี (Goodness of Fit Test) แบบ Kolmogorov-Smirnov Test เนื่องจากเป็นการทดสอบในรูปแบบการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) กำหนดสมมติฐาน

H0: ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของ ชุดหัวไค (Die Head) เป็นการแจกแจงปกติ (Normal Distribution)

H1: ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของ ชุดหัวไค (Die Head) ไม่เป็นการแจกแจงปกติ (Normal Distribution)

2) กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

3) เลือกตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบและคำนวณหาค่า

สถิติที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ Kolmogorov-Smirnov Test จากสถิติที่ใช้ทดสอบดังกล่าว สามารถหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 4-16 ดังนี้

ตารางที่ 4-16 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ของ Kolmogorov-Smirnov Test ในการทดสอบข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดหัวไค (Die Head)

i	t_i	ความน่าจะเป็นสะสม	$\left(\frac{i-1}{n}\right)$	$\frac{i}{n}$	D_1	D_2
1	8640	0.078	0.000	0.200	0.078	0.122
2	198960	0.256	0.200	0.400	0.056	0.144
3	472320	0.669	0.400	0.600	0.269	-0.069
4	535680	0.755	0.600	0.800	0.155	0.045
5	599040	0.828	0.800	1.000	0.028	0.172

ดังนั้น maxD1 = 0.269 และ maxD2 = 0.1722

เพราะฉะนั้น Kolmogorov-Smirnov Test = 0.269

4) หาบริเวณวิกฤต

ถ้า Dn< $D_{critical}$ การทดสอบสมมติฐานจะยอมรับ H0 แต่ถ้า Dn ≥ $D_{critical}$ การทดสอบสมมติฐานจะยอมรับ H1 ทำการเปิดตาราง Kolmogorov-Smirnov Test ที่ α = 0.05 และ n = 5 (ภาคผนวก ข ตารางที่ ก-1) ได้ D 0.05 = 0.3 สรุปผล เนื่องจาก D1 = 0.269 < $D_{critical}$ = 0.3 เพราะฉะนั้น การทดสอบสมมติฐานจะยอมรับ H0 ซึ่งหมายความว่า ไม่มีเหตุผลที่จะปฏิเสธข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดหัวไดย (Die head) เป็นการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

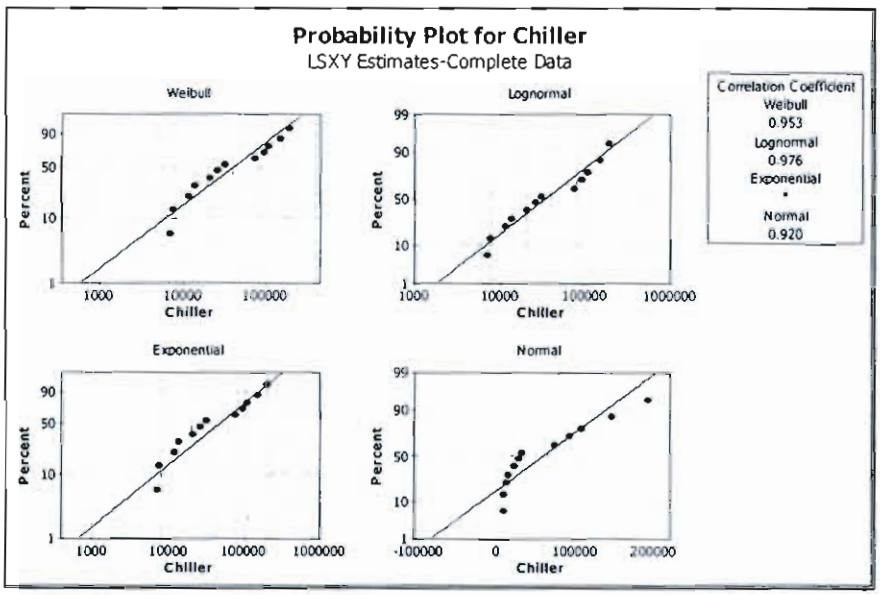
1.2 ชุด Chiller Unit

นำข้อมูลช่วงเวลาความเสียหาย (Time to Failure: TTF) จากตารางที่ 4-17 ทำการวิเคราะห์หารูปแบบการแจกแจงของข้อมูลด้วยการวาดกราฟความน่าจะเป็น (Probability Plotting) ด้วยโปรแกรม Minitab R14 ดังนี้

ตารางที่ 4-17 แสดงข้อมูลช่วงเวลาความเสียหาย (Time to Failure: TTF) ของชุด Chiller Unit

ครั้งที่	ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหาย (Time to Failure: TTF)
1	6,970
2	7,500
3	11,520
4	13,260
5	20,430
6	25,650
7	30,510
8	73,410
9	91,935
10	106,860
11	145,890
12	191,520

ทำการทดสอบด้วยโปรแกรม Minitab R14 ด้วยฟังก์ชั่น Stat > Reliability/Survival > Distribution Analysis (Right Censoring) > Distribution ID Plot ทำการกำหนดการแจกแจงแบบ Weibull, Exponential, Normal, Log-Normal ผลที่ได้ภาพที่ 4-19



ภาพที่ 4-19 การกระจายของข้อมูลของชุดทำความเย็น (Chiller Unit)

จากภาพที่ 4-19 พบว่าจำนวนข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดทำความเย็น มีการกระจายอยู่บนเส้นของการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution) เป็นจำนวนมากและมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากที่สุดเท่ากับ 0.976 ซึ่งแสดงว่า ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของ Chiller Unit มีความสนิทกับการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution) เพื่อยืนยันผลได้ทำการวิเคราะห์รูปแบบการแจกแจงโดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Kolmogorov-Smirnov Test เนื่องจากเป็นการทดสอบในรูปแบบการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. กำหนดสมมติฐาน

H0: ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดทำความเย็นเป็นการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution)

H1: ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดทำความเย็นไม่เป็นการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution)

2. กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

3. เลือกตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบและคำนวณหาค่าสถิติที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ Kolmogorov-Smirnov Test และสถิติที่ใช้ทดสอบดังกล่าวสามารถหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 4-18 ดังนี้

ตารางที่ 4-18 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ของ Kolmogorov-Smirnov Test ในการทดสอบข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของ Chiller Unit

i	t_i	$\ln \frac{t_i}{t_{med}}$	ความน่าจะเป็นสะสม	$\left(\frac{i-1}{n}\right)$	$\frac{i}{n}$	D_1	D_2
1	1140	7.038784	0.041	0.000	0.083	0.041	0.042
2	2430	7.795647	0.138	0.083	0.167	0.054	0.029
3	2580	7.855545	0.149	0.167	0.250	-0.017	0.101
4	3120	8.045588	0.190	0.250	0.333	-0.060	0.143
5	6970	8.849371	0.422	0.333	0.417	0.089	-0.006
6	7500	8.922658	0.447	0.417	0.500	0.030	0.053
7	11520	9.35184	0.591	0.500	0.583	0.091	-0.008
8	13260	9.492507	0.637	0.583	0.667	0.054	0.030
9	20430	9.92476	0.764	0.667	0.750	0.097	-0.014
10	25650	10.1523	0.819	0.750	0.833	0.069	0.015
11	30510	10.32581	0.855	0.833	0.917	0.022	0.062
12	73410	11.20382	0.964	0.917	1.000	0.048	0.036

ดังนั้น maxD1 = 0.097 และ maxD2 = 0.143

เพราะฉะนั้น Kolmogorov-Smirnov Test = 0.156

4. หาบริเวณวิกฤต

ถ้า $Dn < D_{critical}$ การทดสอบสมมติฐานจะยอมรับ H0 แต่ถ้า $Dn \geq D_{critical}$ การทดสอบสมมติฐานจะยอมรับ H1 ทำการเปิดตาราง Kolmogorov-Smirnov Test ที่ $\alpha = 0.05$ และ n=12 (ภาคผนวก ข-1) ได้ D0.05 =0.242 สรุปผล เนื่องจาก D1=0.156 < $D_{critical}$ =0.242 เพราะฉะนั้น

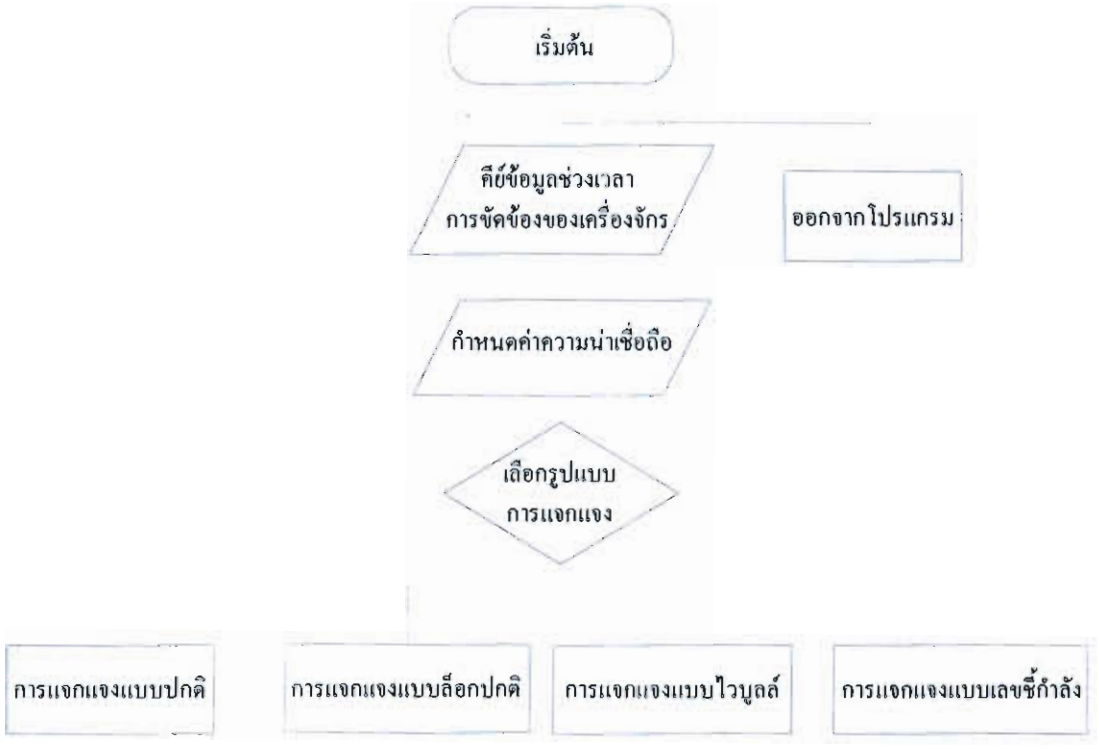
การทดสอบสมมติฐานจะยอมรับ H0 ซึ่งหมายความว่า ไม่มีเหตุผลที่จะปฏิเสธข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของ Chiller Unit เป็นการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution)

สร้างโปรแกรมการตัดสินใจรอบการบำรุงรักษาเครื่องจักร

ผู้วิจัยได้ออกแบบการทำงานของโปรแกรมทั้งหมด โดยแสดงดังภาพที่ 4-20 ลักษณะโปรแกรมคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ การคำนวณรอบการบำรุงรักษาด้านค่าใช้จ่าย และการคำนวณรอบการบำรุงรักษาด้านค่าใช้จ่ายด้านความน่าเชื่อถือ

ภาพที่ 4-20 หน้าต่างเมนูหลักของโปรแกรมคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

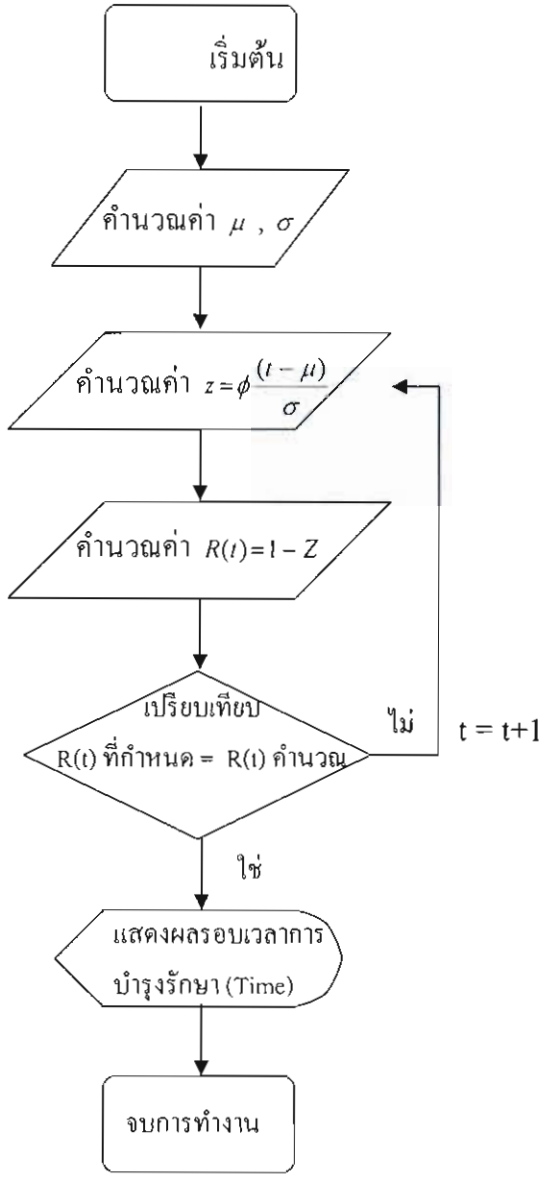
1. รูปแบบโปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ด้านความน่าเชื่อถือ



ภาพที่ 4-21 แผนภูมิของโปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ด้านความน่าเชื่อถือ

ในภาพที่ 4-21 แผนภูมิของโปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ด้านความน่าเชื่อถือ จะทำการคีย์ข้อมูลช่วงเวลาการขัดข้องของเครื่องจักร (Time to Failure) จะคีย์ข้อมูลเรียงจากน้อยไปหามาก โดยจะกำหนดค่าความน่าเชื่อถือลงในโปรแกรม จะนำไปเปรียบเทียบกับค่าความน่าเชื่อถือจากการคำนวณของรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลที่ทำการเลือก มีทั้งหมด 4 แบบ คือ การแจกแจงแบบปกติ, การแจกแจงแบบล็อกปกติ, การแจกแจงแบบไวบูลล์ และการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง

2. รูปแบบโปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ด้านความน่าเชื่อถือ ของการแจกแจงแบบปกติ

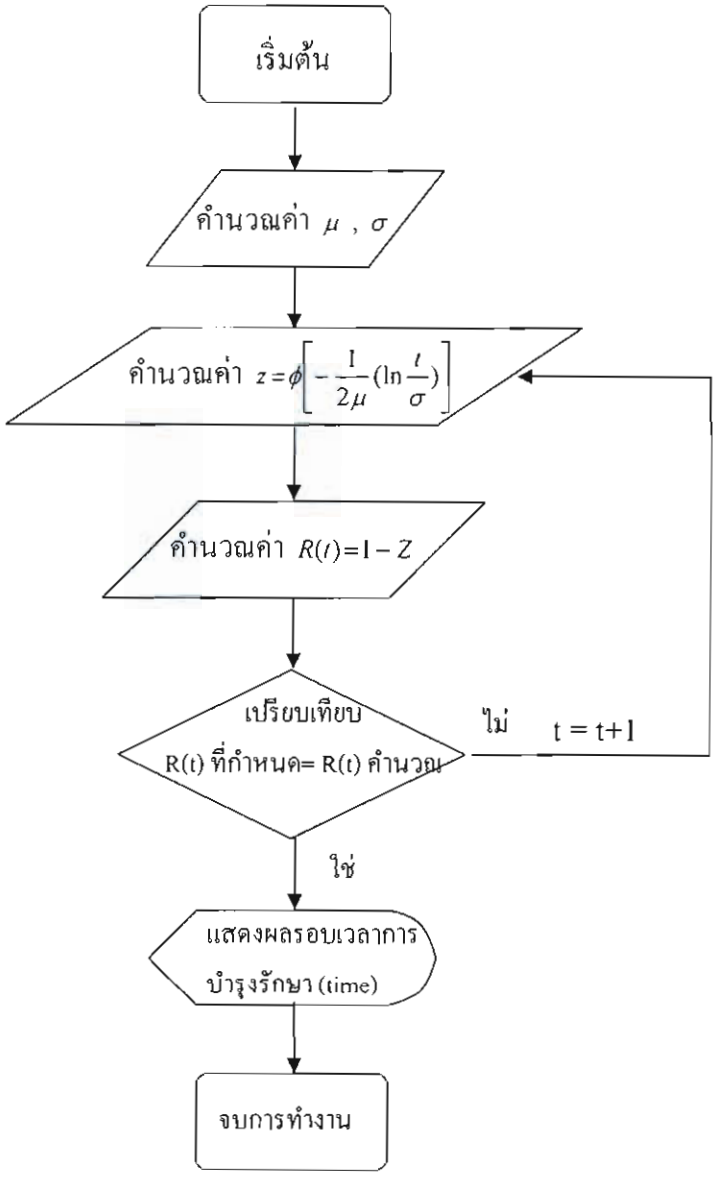


ภาพที่ 4-22 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมหมวดด้านความน่าเชื่อถือ ของการแจกแจงแบบปกติ

จากภาพที่ 4-22 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จะเป็นแผนภูมิด้านความน่าเชื่อถือ ของการแจกแจงแบบปกติ เริ่มต้นที่การคำนวณค่า μ,σ และ ค่า Z โดยจะกำหนดค่า t เริ่มต้นเท่ากับ 1 จากนั้นโปแกรมจะคำนวณหาค่าความน่าเชื่อถือ R(t) = 1-Z โดยค่าความน่าเชื่อถือที่ได้จากการคำนวณจะนำไปเปรียบเทียบกับค่าความน่าเชื่อถือที่กำหนดข้างต้น ในกรณีค่า R(t) ที่ไม่เท่ากันโปรแกรมจะคำนวณซ้ำ โดยปรับค่า t+1 จะคำนวณจนกระทั่งค่าความน่าเชื่อถือที่กำหนดจะเท่ากับค่าความน่าเชื่อถือที่คำนวณ จะแสดงค่า t ที่หน้าจอ

ซึ่งค่าดังกล่าวจะเป็นค่าผลรอบเวลาการบำรุงรักษา (Time)

3. รูปแบบโปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ด้านความน่าเชื่อถือ ของการแจกแจงแบบล็อกปกติ

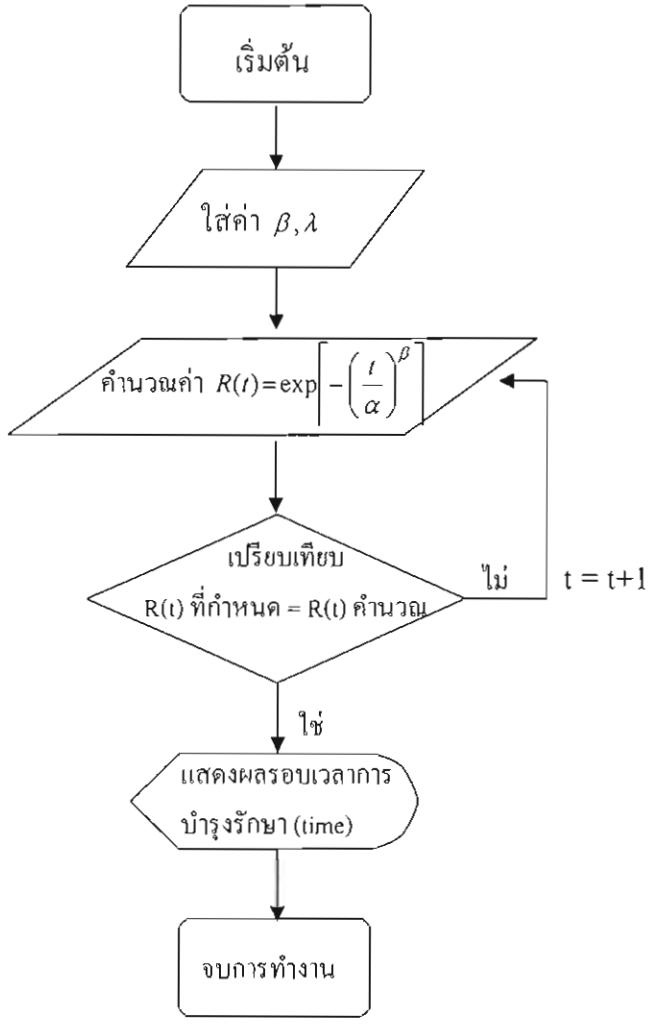


ภาพที่ 4-23 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมหมวดด้านความน่าเชื่อถือ ของการแจกแจงแบบล็อกปกติ

จากภาพที่ 4-23 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันดัง จะเป็นแผนภูมิด้านความน่าเชื่อถือ ของการแจกแจงแบบล็อกปกติ เริ่มต้นที่

การคำนวณค่า μ, σ และ ค่า Z ซึ่งจะแตกต่างจากแผนภูมิด้านความน่าเชื่อถือ ของการแจกแจงแบบปกติ ในส่วนของการคำนวณค่า Z โดยจะกำหนดค่า t เริ่มต้นเท่ากับ 1 จากนั้นโปแกรมจะคำนวณหาค่าความน่าเชื่อถือ R(t) = 1-Z โดยค่าความน่าเชื่อถือที่ได้จากการคำนวณจะนำไปเปรียบเทียบกับค่าความน่าเชื่อถือที่กำหนดข้างต้น ในกรณีค่า R(t) ที่ไม่เท่ากันโปรแกรมจะคำนวณซ้ำ โดยปรับค่า t+1 จะคำนวณจนกระทั่งค่าความน่าเชื่อถือที่กำหนดจะเท่ากับค่าความน่าเชื่อถือที่คำนวณ จะแสดงค่า t ที่หน้าจอ ซึ่งค่าดังกล่าวจะเป็นค่าผลรอบเวลาการบำรุงรักษา (Time)

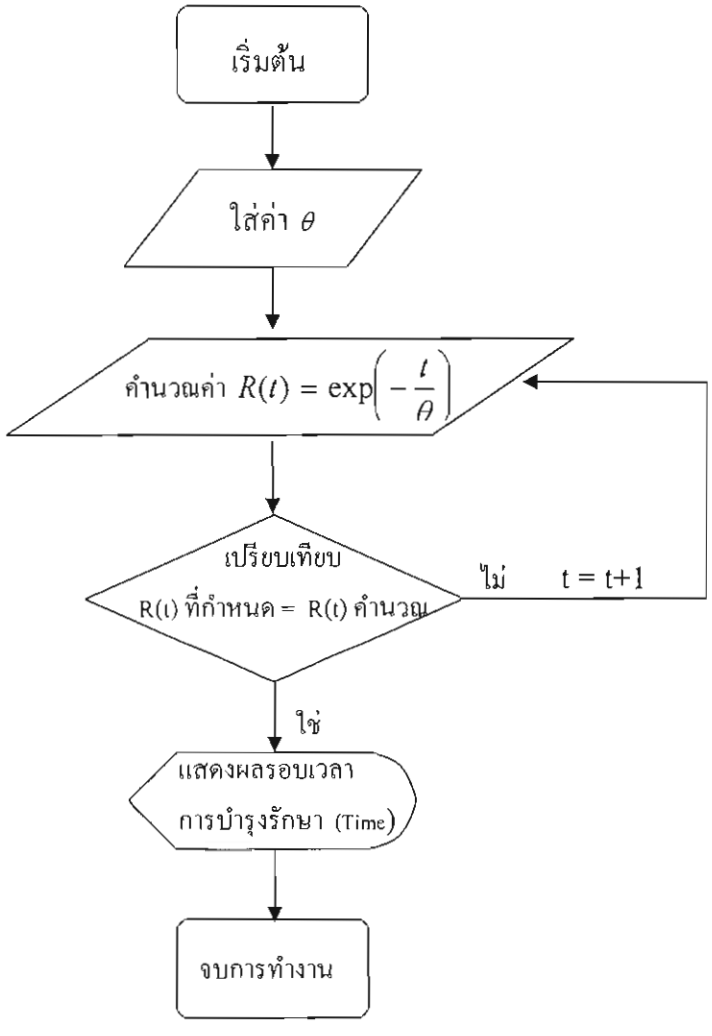
4. รูปแบบโปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ด้านความน่าเชื่อถือของการแจกแจงแบบไวบูลล์



ภาพที่ 4-24 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมหมวดด้านความน่าเชื่อถือ ของการแจกแจงแบบไวบูลล์

จากภาพที่ 4-24 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจะเป็นแผนภูมิด้านความน่าเชื่อถือ ของการแจกแจงแบบไวบูลล์ เริ่มต้นคีย์ค่า β, λ ลงในโปรแกรม จากนั้นโปรแกรมจะคำนวณหาค่าความน่าเชื่อถือ R(t) โดยจะกำหนดค่า t เริ่มต้นเท่ากับ 1 โดยค่าความน่าเชื่อถือที่ได้จากการคำนวณจะนำไปเปรียบเทียบกับค่าความน่าเชื่อถือที่กำหนดข้างต้น ในกรณีค่า R(t) ที่ไม่เท่ากันโปรแกรมจะคำนวณซ้ำ โดยปรับค่า t+1 จะคำนวณจนกระทั่งค่าความน่าเชื่อถือที่กำหนดจะเท่ากับค่าความน่าเชื่อถือที่คำนวณ จะแสดงค่า t ที่หน้าจอ ซึ่งค่าดังกล่าวจะเป็นค่าผลรอบเวลาการบำรุงรักษา (Time)

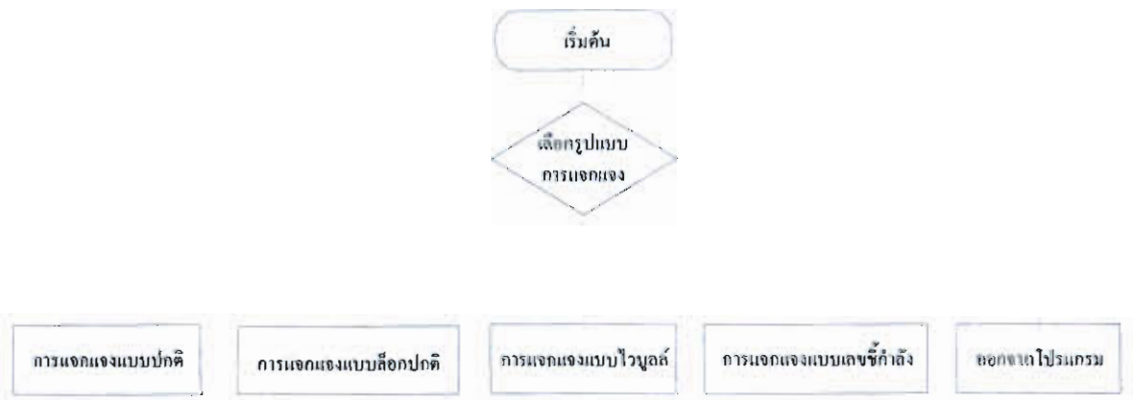
5. รูปแบบโปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ด้านความน่าเชื่อถือ ของการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง



ภาพที่ 4-25 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมหมวดด้านความน่าเชื่อถือ ของการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง

จากภาพที่ 4-25 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจะเป็นแผนภูมิด้านความน่าเชื่อถือ ของการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง เริ่มต้นคีย์ค่า θ จากนั้นโปรแกรมจะคำนวณหาค่าความน่าเชื่อถือ R(t) โดยจะกำหนดค่า t เริ่มต้นเท่ากับ 1 โดยค่าความน่าเชื่อถือที่ได้จากการคำนวณจะนำไปเปรียบเทียบกับค่าความน่าเชื่อถือที่กำหนดข้างต้น ในกรณีค่า R(t) ที่ไม่เท่ากันโปรแกรมจะคำนวณซ้ำ โดยปรับค่า t+1 จะคำนวณจนกระทั่งค่าความน่าเชื่อถือที่กำหนดจะเท่ากับค่าความน่าเชื่อถือที่คำนวณ จะแสดงค่า t ที่หน้าจอ ซึ่งค่าดังกล่าวจะเป็นค่าผลรอบเวลาการบำรุงรักษา (time)

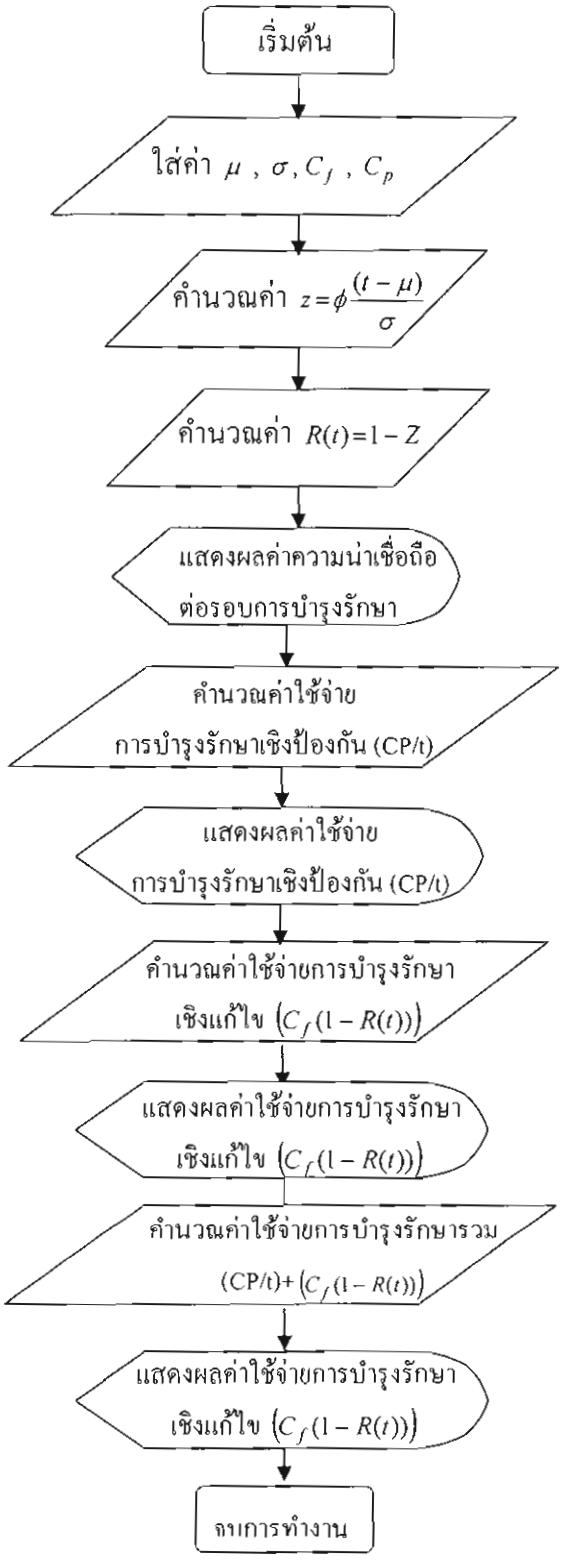
6. รูปแบบโปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม



ภาพที่ 4-26 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมหมวดด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม

ในภาพที่ 4-26 แผนภูมิของโปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม จะทำการเลือกรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลที่ทำการเลือก มีทั้งหมด 4 แบบ คือ การแจกแจงแบบปกติ, การแจกแจงแบบล็อกปกติ, การแจกแจงแบบไวบูลล์ และการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง รายละเอียดแต่ละการแจกแจงของข้อมูลจะแสดงในภาพที่ 4-27

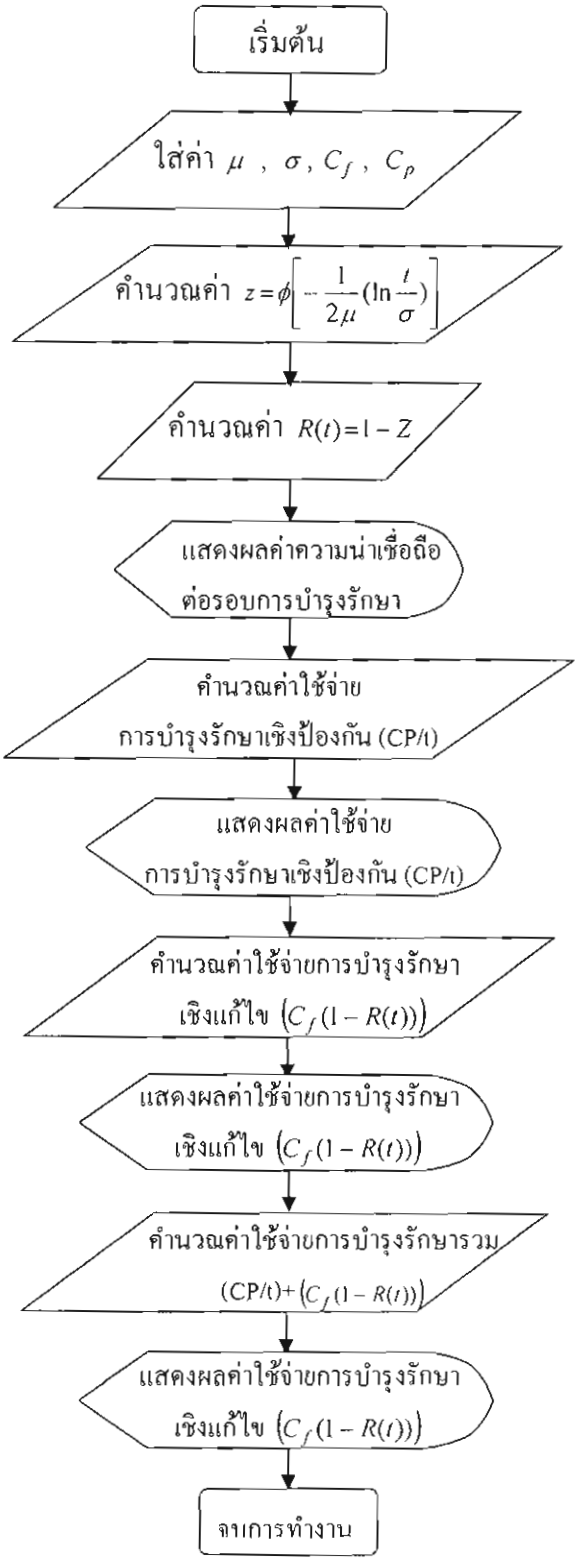
7. รูปแบบโปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ด้านค่าใช้จ่าย ของการแจกแจงแบบปกติ



ภาพที่ 4-27 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมหมวดด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม ของการแจกแจงแบบปกติ

จากภาพที่ 4-27 แสดงแผนภูมิการทำงานของโปรแกรมหมวดด้านความน่าเชื่อถือ ของการแจกแจงแบบปกติ ขั้นตอนแรกจะทำการคีย์ค่า μ, σ ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขเฉลี่ย (C_f) และค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเฉลี่ย (C_p) จากนั้นทำการคำนวณค่า Z จากสมการ $z=\phi\frac{(t-\mu)}{\sigma}$ จะกำหนดค่า t = 1-12 ตามรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่คำนวณหาช่วงเวลา 1-12 เดือน และนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าความน่าเชื่อถือ R(t) ของเวลาแต่ละช่วงเวลา 1-12 เดือน แสดงค่าความน่าเชื่อถือของเวลาแต่ละช่วงเวลาที่หน้าจอ ขั้นตอนต่อไปคำนวณค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ตามรอบการบำรุงรักษา 1 ปี จากสมการ Cp/t โดยที่ t = 1-12 จะแสดงให้เห็นว่า กรณีที่มีรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันทุกเดือนจะมีค่าเท่ากับ $Cp/1$ จะเกิดค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่สูง จะแสดงค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาต่อช่วงเวลาที่หน้าจอ และขั้นตอนต่อไปคำนวณค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขตามรอบการบำรุงรักษา 1 ปี ตามสมการ $Cf_t = Cf(1-R(t))$ โดยที่ t = 1-12 เป็นการหาค่าโอกาสของค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขในแต่ละเดือน โดยกรณีที่ค่า t มีค่าเท่ากับ 12 เดือน ทำให้มีค่าความน่าเชื่อถือ R(t) ที่ต่ำ ทำให้เครื่องจักรมีโอกาสที่จะเกิดการขัดข้องสูง ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขสูงตาม แสดงค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขต่อช่วงเวลา 12 เดือนที่หน้าจอโปรแกรม ขั้นตอนต่อไปหาค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษารวมเกิดจากค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขรวมกับค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และแสดงผลค่าใช้การบำรุงรักษา ที่หน้าจอของโปรแกรม

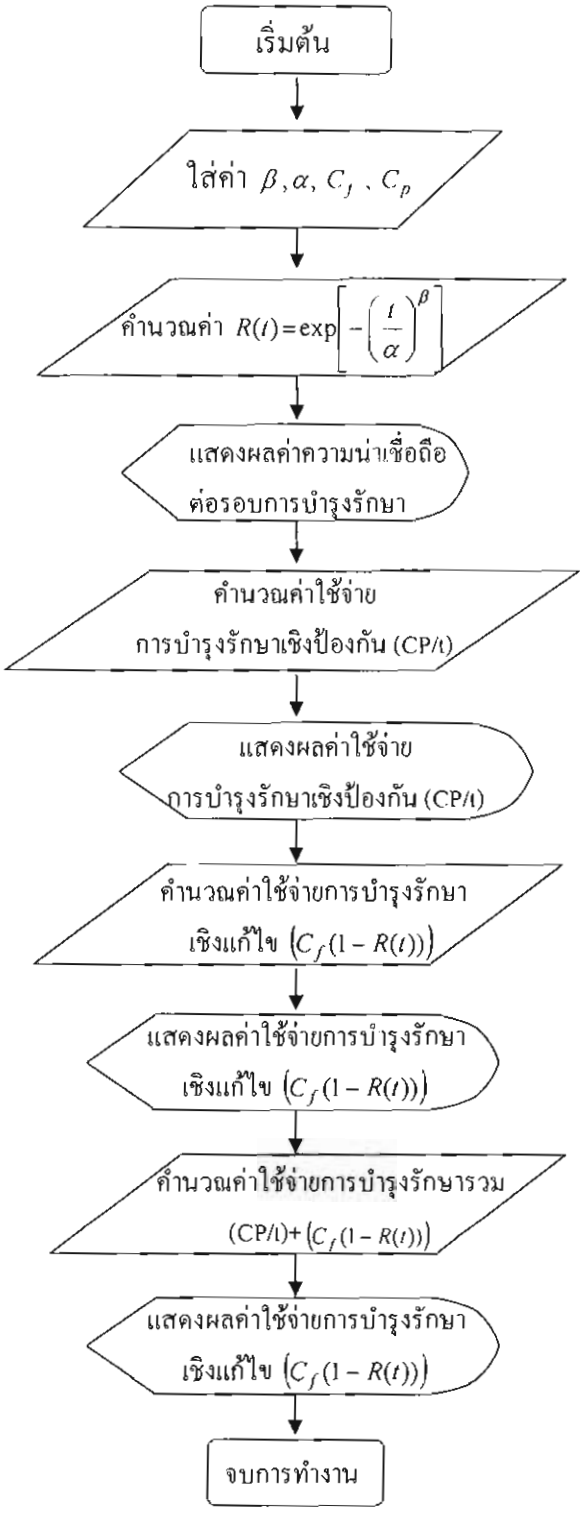
8. รูปแบบโปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ด้านค่าใช้จ่าย ของการแจกแจงแบบล็อกปกติ



ภาพที่ 4-28 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมหมวดด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม ของการแจกแจงแบบล็อกปกติ

ภาพที่ 4-28 แสดงแผนภูมิการทำงานของโปรแกรมหมวดด้านความน่าเชื่อถือ ของการแจกแจงแบบล็อกปกติ ขั้นตอนแรกจะทำการคีย์ค่า μ, σ ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขเฉลี่ย (C_f) และค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเฉลี่ย (C_p) จากนั้นทำการคำนวณค่า Z จากสมการ $z = \phi\left[-\frac{1}{2\mu}(\ln\frac{t}{\sigma})\right]$ จะกำหนดค่า t=1-12 ตามรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่คำนวณหาช่วงเวลา 1-12 เดือน และนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าความน่าเชื่อถือ R(t) ของเวลาแต่ละช่วงเวลา 1-12 เดือน แสดงค่าความน่าเชื่อถือของเวลาแต่ละช่วงเวลาที่หน้าจอ ขั้นตอนต่อไปคำนวณค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ตามรอบการบำรุงรักษา 1 ปี จากสมการ Cp/t โดยที่ t= 1-12 จะแสดงให้เห็นว่า กรณีที่มีรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันทุกเดือนจะมีค่าเท่ากับ $Cp/1$ จะเกิดค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่สูง จะแสดงค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาต่อช่วงเวลาที่หน้าจอ และขั้นตอนต่อไปคำนวณค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขตามรอบการบำรุงรักษา 1 ปี ตามสมการ $Cf_t = Cf(1 - R(t))$ โดยที่ t = 1-12 เป็นการหาค่าโอกาสของค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขในแต่ละเดือน โดยกรณีที่ค่า t มีค่าเท่ากับ 12 เดือน ทำให้มีค่าความน่าเชื่อถือ R(t) ที่ต่ำ ทำให้เครื่องจักรมีโอกาสที่จะเกิดการขัดข้องสูง ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขสูงตาม แสดงค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขต่อช่วงเวลา 12 เดือนที่หน้าจอโปรแกรม ขั้นตอนต่อไปหาค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษารวมเกิดจากค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขรวมกับค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และแสดงผลค่าใช้การบำรุงรักษา ที่หน้าจอของโปรแกรม

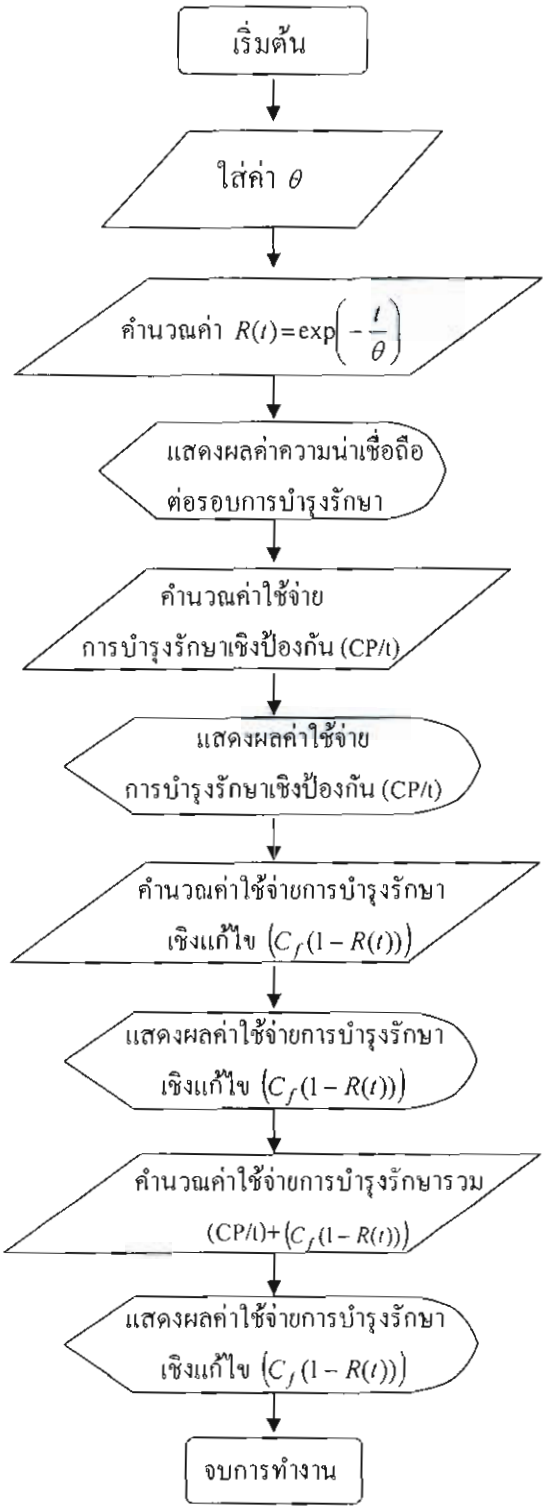
9. รูปแบบโปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ด้านค่าใช้จ่าย ของการแจกแจงแบบไวบูลล์



ภาพที่ 4-29 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมหมวดด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม ของการแจกแจงแบบไวบูลล์

ภาพที่ 4-29 แสดงแผนภูมิการทำงานของโปรแกรมหมวดด้านความน่าเชื่อถือ ของการแจกแจงแบบไวบูลล์ ขั้นตอนแรกจะทำการคีย์ค่า β, α ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขเฉลี่ย (C_f) และค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเฉลี่ย (C_p) จากนั้นคำนวณหาค่าความน่าเชื่อถือ $R(t)=\exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}\right]$ ของค่า t =1-12 ตามรอบการบำรุงรักษา 1 ปี พิจารณาตามช่วงเวลา 1-12 เดือน แสดงค่าความน่าเชื่อถือของเวลาแต่ละช่วงเวลาที่หน้าจอ ขั้นตอนต่อไปคำนวณค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ตามรอบการบำรุงรักษา 1 ปี จากสมการ Cp/t โดยที่ t = 1-12 จะแสดงให้เห็นว่า กรณีที่มีรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันทุกเดือนจะมีค่าเท่ากับ $Cp/1$ จะเกิดค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่สูง จะแสดงค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาต่อช่วงเวลาที่หน้าจอ และขั้นตอนต่อไปคำนวณค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขตามรอบการบำรุงรักษา 1 ปี ตามสมการ $Cf_t = Cf(1 - R(t))$ โดยที่ t = 1-12 เป็นการหาค่าโอกาสของค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขในแต่ละเดือน โดยกรณีที่ค่า t มีค่าเท่ากับ 12 เดือน ทำให้มีค่าความน่าเชื่อถือ R(t) ที่ต่ำ ทำให้เครื่องจักรมีโอกาสที่จะเกิดการขัดข้องสูง ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขสูงตามแสดงค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขต่อช่วงเวลา 12 เดือนที่หน้าจอโปรแกรม ขั้นตอนต่อไปหาค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษารวมเกิดจากค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขรวมกับค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และแสดงผลค่าใช้การบำรุงรักษา ที่หน้าจอของโปรแกรม

10. รูปแบบโปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ด้านค่าใช้จ่าย ของการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง



ภาพที่ 4-30 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมหมวดด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม ของการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง

ภาพที่ 4-30 แสดงแผนภูมิการทำงานของโปรแกรมหมวดด้านความน่าเชื่อถือ ของการแจกแจงแบบปกติ ขั้นตอนแรกจะทำการคีย์ค่า θ ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขเฉลี่ย (C_f) และค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเฉลี่ย (C_p) จากนั้นคำนวณหาค่าความน่าเชื่อถือ R(t) จากสมการ $R(t)=\exp\left(-\frac{t}{\theta}\right)$ โดยกำหนดค่าช่วงเวลา 1-12 เดือน ตามรอบการบำรุงรักษา 1 ปี พิจารณาตามช่วงเวลา 1-12 เดือน แสดงค่าความน่าเชื่อถือของเวลาแต่ละช่วงเวลาที่หน้าจอ ขั้นตอนต่อไปคำนวณค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ตามรอบการบำรุงรักษา 1 ปี จากสมการ Cp/t โดยที่ t = 1-12 จะแสดงให้เห็นว่า กรณีที่มีรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันทุกเดือนจะมีค่าเท่ากับ $Cp/1$ จะเกิดค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่สูง จะแสดงค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาต่อช่วงเวลาที่หน้าจอ และขั้นตอนต่อไปคำนวณค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขตามรอบการบำรุงรักษา 1 ปี ตามสมการ $Cf_t = Cf(1 - R(t))$ โดยที่ t = 1-12 เป็นการหาค่าโอกาสของค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขในแต่ละเดือน โดยกรณีที่ค่า t มีค่าเท่ากับ 12 เดือน ทำให้มีค่าความน่าเชื่อถือ R(t) ที่ต่ำ ทำให้เครื่องจักรมีโอกาสที่จะเกิดการขัดข้องสูง ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขสูงตาม แสดงค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขต่อช่วงเวลา 12 เดือนที่หน้าจอโปรแกรม ขั้นตอนต่อไปหาค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษารวมเกิดจากค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขรวมกับค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และแสดงผลค่าใช้การบำรุงรักษา ที่หน้าจอของโปรแกรม

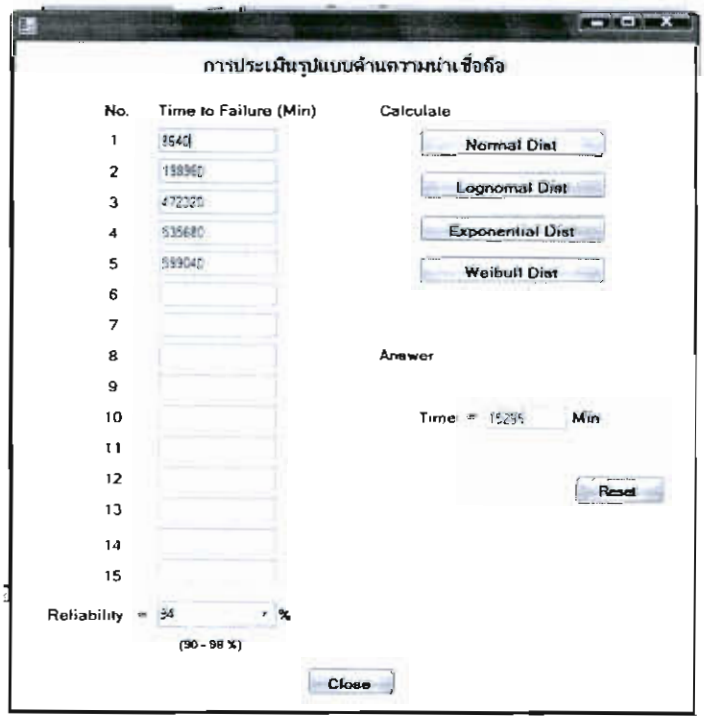
โปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้านความน่าเชื่อถือ

ในส่วนของโปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้านความน่าเชื่อถือ โดยนำข้อมูลช่วงเวลาการขัดข้องของอุปกรณ์ และรูปแบบการแจกแจงของส่วนประกอบชุดเป่าขึ้นรูปฟิล์ม (Die Head) และ ชุดทำความเย็น (Chiller unit) ในตารางที่ 4-3 ซึ่งได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์แจกแจงข้อมูลการชำรุด และโหมดการเสียช่วงเวลาความเสียหายของชิ้นส่วน นำมาเป็นข้อมูลที่ใช้ในโปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ชุดหัวไค (Die Head)

จากขั้นตอนการวิเคราะห์แจกแจงของข้อมูลและโหมดการเสีย ทำให้ทราบว่ารูปแบบการแจกแจงของข้อมูลช่วงเวลาการขัดข้องของหัวไค (Die Head) มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ซึ่งวิธีการใช้โปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันมีดังนี้ โดยนำข้อมูลช่วงเวลาการขัดข้องของชุดหัวไค (Die Head) มาคีย์ลงในช่อง Time to Failure ของโปรแกรม

การคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยทำการเรียงข้อมูลจากน้อยไปหามากและทำการกำหนดค่าความน่าเชื่อถือที่ 94% (ตามนโยบายของโรงงานกรณีศึกษา ที่กล่าวมาข้างต้น) และเลือกรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลแบบปกติ กดที่ปุ่ม Normal Dist หลังจากนั้นจะทำการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ค่าความน่าเชื่อถือ 94% ซึ่งผลของโปรแกรมจะแสดงในช่อง Time โดยผลการคำนวณประมวลผลของโปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้านความน่าเชื่อถือของข้อมูลชุดหัวไค (Die Head) พบว่าช่วงเวลาของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของชุดหัวไค (Die Head) ที่ค่าความน่าเชื่อถือ 94% มีค่าเท่ากับ 1,5295 นาที หรือ 10 วัน แสดงดังภาพที่ 4-31



ภาพที่ 4-31 หน้าต่างเมนูหลักของโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันชุดหัวไค

ทวนสอบผลของโปรแกรมด้านความน่าเชื่อถือชุดเป่าขึ้นรูปฟิล์ม (Die Head)

นำผลที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน มาทำการทดสอบความถูกต้อง ทำการคำนวณซ้ำ มีวิธีการดังตารางที่ 4-19

ตารางที่ 4-19 ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหาย (Time to Failure: TTF) ของชุดเป่าขึ้นรูปฟิล์ม (Die Head)

ครั้งที่	ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหาย (Time to Failure: TTF)
1	8,640
2	198,960
3	472,320
4	535,680
5	599,040

จากวิธีการทดสอบภาวะสารูปสนิทดี (Goodness of Fit Test) ด้วยโปรแกรม Minitab R14 ทำให้ทราบการแจกแจงข้อมูลเป็นแบบปกติ (Normal Distribution) จากนั้นคำนวณพารามิเตอร์การแจกแจงของข้อมูลแบบปกติ (Normal Distribution) ดังนี้

$$\mu = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Xi$$

$$= \frac{1}{5}(8,640 + 198,960 + 472,320 + 535,680 + 599,040)$$

$$= 362,928$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \mu)^2}{n}$$

$$= ((8,640\text{-}362,928)^2 + (198,960\text{-}362,928)^2 + (472,320\text{-}362,928)^2 +$$

$$(535,680\text{-}362,928)^2 + (599,040\text{-}362,928)^2)/5$$

$$= 4,999,2846,336$$

$$\sigma = \sqrt{4,999,2846,336}$$

$$= 223,590$$

ค่าของช่วงเวลาการบำรุงรักษาที่ค่าความน่าเชื่อถือ 94% ที่ได้จากโปรแกรมมีค่าเท่ากับ 15,295 นาที แทนค่าลงในสมการหาค่าความน่าเชื่อถือ

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

$$= 1 - \phi\left(\frac{15,295 - 362,928}{223,590}\right)$$

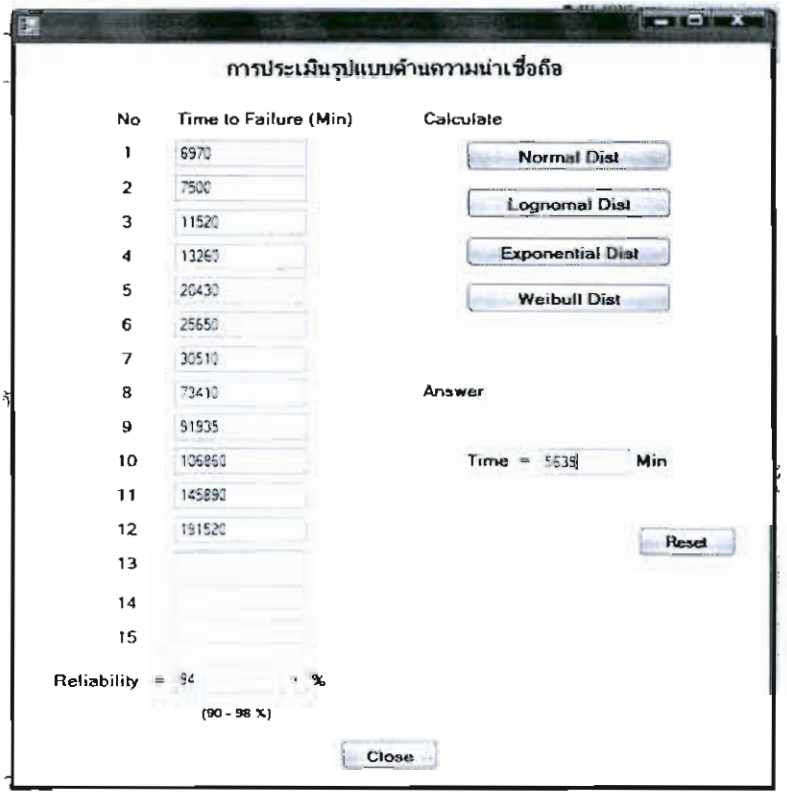
$$= 1 - \phi(-1.554)$$

$$= 1\text{-}0.0606 \quad = 0.94$$

ผลการทวนสอบโปรแกรม ผลที่ได้มีค่าเท่ากันกับค่าของการคำนวณ สรุปได้ว่าโปรแกรมมีความน่าเชื่อถือ ในการคำนวณหารอบการบำรุงรักษาด้านความความน่าเชื่อถือที่ 94%

2. ชุดทำความเย็น (Chiller Unit)

มีรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution) โดยนำข้อมูลช่วงเวลาการขัดข้องของเครื่องจักร (Time to Failure) มาคำนวณรอบของการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่ความน่าเชื่อถือ 95 % ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน แสดงดังภาพที่ 4-32



ภาพที่ 4-32 หน้าต่างเมนูหลักของโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันชุดทำความเย็น

จากภาพที่ 4-32 แสดงการประมวลผลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ของข้อมูลชุดทำความเย็น (Chiller Unit) พบว่าช่วงเวลาของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของชุด Chiller Unit ที่ค่าความน่าเชื่อถือ 94% มีค่าเท่ากับ 5,639 นาที หรือ 47 วัน

ทวนสอบผลของโปรแกรมด้านความน่าเชื่อถือชุดทำความเย็น (Chiller unit)

จากข้อมูลตารางที่ 4-17 ผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวมาทำการทวนสอบผลของโปรแกรมคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยวิธีการทดสอบทดสอบภาวะสารูปสนิทดี (Goodness of Fit Test) ด้วยโปรแกรม Minitab R14 ทำให้ทราบการแจกแจงข้อมูลเป็นแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution) จากนั้นคำนวณพารามิเตอร์การแจกแจงของข้อมูลแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution) ดังนี้

$$s = \frac{\sum_{i=1}^{n} \ln X_i}{n}$$

$= \ln(6,970)+\ln(7,500)+\ln(11,520)+\ln(13,260)+\ln(20,430)+\ln(25,650)+\ln(30,510)+$
$\ln(73,410)+\ln(91,935)+\ln(106,860)+\ln(145,890)+\ln(191,520)/12$

$= 10.123$

$$t_{med}^{\ 2} = \frac{\sum_{i=1}^{n} (\ln X_i - \mu)^2}{n}$$

$= ((\ln(6,970)-10.123)^2+(\ln(7,500)-10.123)^2+(\ln(11,520)-10.123)^2+$
$(\ln(13,260)-10.123)^2+(\ln(20,430)-10.123)^2+(\ln(25,650)-10.123)^2+$
$(\ln(30,510)-10.123)^2+(\ln(73,410)-10.123)^2+(\ln(91,935)-10.123)^2+$
$(\ln(106,860)-10.123)^2+(\ln(145,890)- 10.123)^2+(\ln(191,520)-10.123)^2)/ 12$

$= 0.913$

$t_{med} = \sqrt{0.913}$

$= 0.956$

ค่าของช่วงเวลาการบำรุงรักษาที่ค่าความน่าเชื่อถือ 94% ที่ได้จากโปรแกรมมีค่าเท่ากับ 5,639 นาที แทนค่าลงในสมการแปลงค่าของ t ในรูปแบบของลอการิทึมธรรมชาติ (Natural Logarithm) มีค่าเท่ากับ

$t = \ln(5,639)$

$= 8.637$

$$R(t) = 1 - \phi\left[-\frac{1}{2s}\left(\ln\frac{t}{t_{med}}\right)\right]$$

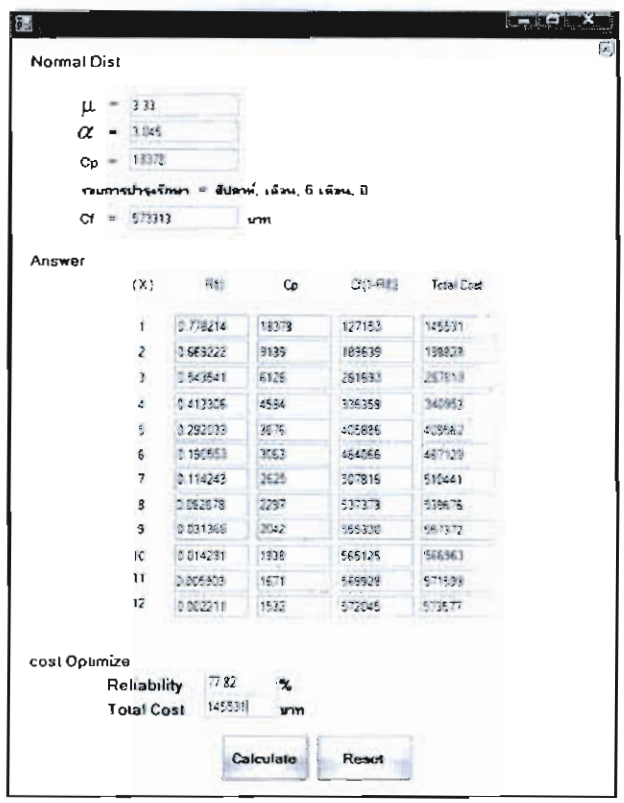
$$= 1 - \phi\left[-\frac{1}{2\times 10.123}\left(\ln\frac{8.637}{0.956}\right)\right]$$

$= 0.94$

ผลการทวนสอบโปรแกรม ผลที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือมีค่าเท่ากันกับค่าของการคำนวณ สรุปได้ว่าผลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือมีความถูกต้องในการคำนวณหารอบการบำรุงรักษาด้านความความน่าเชื่อถือที่ 94%

โปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้านค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม

ในส่วนของการประมวลผลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เมื่อทำการใส่ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงของส่วนประกอบ ข้อมูลค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไข ผลที่ได้จากโปรแกรมจะแสดงรอบค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาที่มีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่ำสุด เพื่อนำความถี่ที่ได้ไปกำหนดลงในแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ดังภาพที่ 4-31



ภาพที่ 4-33 การประมวลผลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ผลที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม รอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ 1 เดือน/ ครั้ง ที่ค่าความน่าเชื่อถือ 77.82% และค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษารวม 145,531 บาท และนำความถี่ที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรมกำหนดลงในแผนการบำรุงรักษาต่อไป

ทวนสอบผลของโปรแกรมด้านความค่าใช้จ่ายเหมาะสม

ชุดหลอมเม็ดพลาสติกและตะแกรงกรองสิ่งแปลกปลอม (Extruder)

ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหาย (Time to Failure: TTF) ของชุดหลอมเม็ดพลาสติกและตะแกรงกรองสิ่งแปลกปลอม (Extruder) มีการแจกแจงของข้อมูลแบบปกติ (Normal Distribution) ซึ่งทราบจากการวาดกราฟความน่าจะเป็นโดยวิธีกำลังสองน้อยสุด (Least Square Method) ด้วยโปรแกรม Minitab R14

ผลจากโปรแกรม Minitab R14

- อัตราการชำรุดเฉลี่ย (μ) เท่ากับ 3.333
- ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการชำรุด (σ) เท่ากับ 3.045

ข้อมูลด้านค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเฉลี่ย

- ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาเชิงป้องกัน Cp) 18,378 บาท
- ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาเชิงแก้ไข (Cf) 573,313 บาท

คำนวณรอบการบำรุงรักษา 1 เดือน

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

$$R(t=1) = 1 - \phi\left(\frac{1-3.333}{3.045}\right)$$

$$= 1\text{-}0.221$$

$$= 0.778$$

$$Cp_{(t=1)} = \frac{Cp}{t}$$

$$Cp_{(t=1)} = \frac{18378}{1}$$

$$= 18{,}378 \text{ บาท}$$

$$Cf_{(t=1)} = (1 - R(t)) \times Cf$$

$$= (1\text{-}0.778) \times 573{,}313$$

$$= 127{,}153 \text{ บาท}$$

$C_{total} = Cp_{(t-1)} + Cf_{(t=1)}$

$= 18,378+127,153$

$= 145,531$ บาท

คำนวณรอบการบำรุงรักษา 2 เดือน

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

$$R(t=2) = 1 - \phi\left(\frac{2-3.333}{3.045}\right)$$

$= 1-0.330$

$= 0.669$

$$Cp_{(t=2)} = \frac{Cp}{t}$$

$$Cp_{(t=2)} = \frac{18378}{2}$$

$= 9,189$ บาท

$$Cf_{(t=2)} = (1 - R(t)) \times Cf$$

$= (1-0.669) \times 573,313$

$= 189,639$ บาท

$C_{total} = Cp_{(t=2)} + Cf_{(t=2)}$

$= 9,189 + 189,639$

$= 198,828$ บาท

คำนวณรอบการบำรุงรักษา 3 เดือน

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

$$R(t=3) = 1 - \phi\left(\frac{3-3.333}{3.045}\right)$$

$= 1-0.456$

$= 0.544$

$$Cp_{(t=3)} = \frac{Cp}{t}$$

$$Cp_{(t=3)} = \frac{18,378}{3}$$

= 6,126 บาท

$Cf_{(t=3)} = (1 - R(t)) \times Cf$

= (1-0.544)× 573,313

= 261,693 บาท

$C_{total} = Cp_{(t=3)} + Cf_{(t=3)}$

= 6,126 + 261,693

= 198,828 บาท

คำนวณรอบการบำรุงรักษา 4 เดือน

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

$$R(t=4) = 1 - \phi\left(\frac{4-3.333}{3.045}\right)$$

= 1-0.586

= 0.414

$$Cp_{(t=3)} = \frac{Cp}{t}$$

$$Cp_{(t=3)} = \frac{18,378}{4}$$

= 4,594 บาท

$Cf_{(t=4)} = (1 - R(t)) \times Cf$

= (1-0.414) × 573,313

= 336,359 บาท

$C_{total} = Cp_{(t=4)} + Cf_{(t=4)}$

= 6,126 + 336,359

= 340,954 บาท

คำนวณรอบการบำรุงรักษา 5 เดือน

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

$$R(t=5) = 1 - \phi\left(\frac{5-3.333}{3.045}\right)$$

$$= 1\text{-}0.707$$

$$= 0.293$$

$$Cp_{(t=5)} = \frac{Cp}{t}$$

$$Cp_{(t=5)} = \frac{18,378}{5}$$

$$= 3,675 \text{ บาท}$$

$$Cf_{(t=5)} = (1 - R(t)) \times Cf$$

$$= (1\text{-}0.293) \times 573,313$$

$$= 405,886 \text{ บาท}$$

$$C_{total} = Cp_{(t=5)} + Cf_{(t=5)}$$

$$= 3,675 + 405,886$$

$$= 409,562 \text{บาท}$$

คำนวณรอบการบำรุงรักษา 6 เดือน

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

$$R(t=6) = 1 - \phi\left(\frac{6-3.333}{3.045}\right)$$

$$= 1\text{-}0.810$$

$$= 0.190$$

$$Cp_{(t=6)} = \frac{Cp}{t}$$

$$Cp_{(t=6)} = \frac{18,378}{6}$$

$$= 3,675 \text{ บาท}$$

$$Cf_{(t=6)} = (1 - R(t)) \times Cf$$

$$= (1\text{-}0.190) \times 573,313$$

= 464,066 บาท

C_{total} = $Cp_{(t=6)}$ + $Cf_{(t=6)}$

= 3,675 + 464,066

= 467,130 บาท

คำนวณรอบการบำรุงรักษา 7 เดือน

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

$$R(t=7) = 1 - \phi\left(\frac{7-3.333}{3.045}\right)$$

= 1-0.885

= 0.115

$$Cp_{(t=7)} = \frac{Cp}{t}$$

$$Cp_{(t=7)} = \frac{18,378}{7}$$

= 2,625 บาท

$$Cf_{(t=7)} = (1 - R(t)) \times Cf$$

= (1-0.115) × 573,313

= 537,379 บาท

C_{total} = $Cp_{(t=7)}$ + $Cf_{(t=7)}$

= 2,625 + 537,379

= 539,676 บาท

คำนวณรอบการบำรุงรักษา 8 เดือน

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

$$R(t=8) = 1 - \phi\left(\frac{8-3.333}{3.045}\right)$$

= 1-0.937

= 0.062

$$Cp_{(t=8)} = \frac{Cp}{t}$$

$$Cp_{(t=8)} = \frac{18,378}{8}$$

$$= 2,297 \text{ บาท}$$

$$Cf_{(t=8)} = (1 - R(t)) \times Cf$$

$$= (1\text{-}0.062) \times 573,313$$

$$= 537,379 \text{ บาท}$$

$$C_{total} = Cp_{(t=8)} + Cf_{(t=8)}$$

$$= 2,297 + 537,379$$

$$= 539,676 \text{ บาท}$$

คำนวณรอบการบำรุงรักษา 9 เดือน

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right)$$

$$R(t=9) = 1 - \phi\left(\frac{9 - 3.333}{3.045}\right)$$

$$= 1\text{-}0.969$$

$$= 0.031$$

$$Cp_{(t=9)} = \frac{Cp}{t}$$

$$Cp_{(t=9)} = \frac{18,378}{9}$$

$$= 2,042 \text{บาท}$$

$$Cf_{(t=9)} = (1 - R(t)) \times Cf$$

$$= (1\text{-}0.031) \times 573,313$$

$$= 555,330 \text{ บาท}$$

$$C_{total} = Cp_{(t=9)} + Cf_{(t=9)}$$

$$= 2,042 + 555,330$$

$$= 557,372 \text{ บาท}$$

คำนวณรอบการบำรุงรักษา 10 เดือน

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right)$$

$$R(t=10) = 1-\phi\left(\frac{10-3.333}{3.045}\right)$$

$$= 1\text{-}0.986$$

$$= 0.014$$

$$Cp_{(t=10)} = \frac{Cp}{t}$$

$$Cp_{(t=10)} = \frac{18{,}378}{10}$$

$$= 1{,}837 \text{ บาท}$$

$$Cf_{(t=10)} = (1 - R(t)) \times Cf$$

$$= (1\text{-}0.014) \times 573{,}313$$

$$= 565{,}125 \text{ บาท}$$

$$C_{total} = Cp_{(t=10)} + Cf_{(t=10)}$$

$$= 1{,}837 + 565{,}125$$

$$= 566{,}964 \text{ บาท}$$

คำนวณรอบการบำรุงรักษา 11 เดือน

$$R(t) = 1-\phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

$$R(t=11) = 1-\phi\left(\frac{11-3.333}{3.045}\right)$$

$$= 1\text{-}0.994$$

$$= 0.006$$

$$Cp_{(t=11)} = \frac{Cp}{t}$$

$$Cp_{(t=11)} = \frac{18{,}378}{11}$$

$$= 1{,}670 \text{ บาท}$$

$$Cf_{(t=11)} = (1 - R(t)) \times Cf$$

$$= (1\text{-}0.006) \times 573{,}313$$

$$= 569{,}928 \text{ บาท}$$

$C_{total} = Cp_{(t=11)} + Cf_{(t=11)}$

$= 1,672 + 569,928$

$= 571,600$ บาท

คำนวณรอบการบำรุงรักษา 12 เดือน

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

$$R(t=12) = 1 - \phi\left(\frac{12-3.333}{3.045}\right)$$

$= 1-0.998$

$= 0.002$

$$Cp_{(t=12)} = \frac{Cp}{t}$$

$$Cp_{(t=12)} = \frac{18,378}{12}$$

$= 1,532$ บาท

$$Cf_{(t=12)} = (1 - R(t)) \times Cf$$

$= (1-0.002) \times 573,313$

$= 572,045$ บาท

$C_{total} = Cp_{(t=12)} + Cf_{(t=12)}$

$= 1,532 + 572,045$

$= 573,577$ บาท

จากผลการคำนวณรอบการบำรุงรักษาที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุดที่ 1 เดือน ซึ่งมีค่าความน่าเชื่อถือที่เครื่องจักรสามารถทำงานได้ครบรอบการบำรุงรักษาที่ 12 เดือน ที่ 77.8% มีค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน 18,378 บาท มีค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงแก้ไข 127,153 บาท และมีค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษารวม 145,531 บาท ซึ่งมีค่าเท่ากับผลของโปรแกรมคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าโปรแกรมมีความถูกต้องในการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

กำหนดรูปแบบความเสียหาย

การกำหนดรูปแบบความเสียหายของอุปกรณ์ของแต่ละส่วนประกอบของเครื่องเป่าฟิล์ม จะนำไปเป็นข้อมูลในแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ในส่วนของมาตรฐานการบำรุงรักษา ซึ่ง การบำรุงรักษาเชิงป้องกันสภาพเครื่องจักรเป่าฟิล์มมีการตรวจสอบอยู่ 2 ลักษณะ คือ ตรวจสอบขณะที่เครื่องเป่าฟิล์มขณะกำลังปฏิบัติงานอยู่ และตรวจสอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในเครื่องเป่าฟิล์ม โดยตรวจสอบขณะหยุดการปฏิบัติงานขึ้นอยู่กับวิธีการตรวจสอบและความปลอดภัยของพนักงานที่ทำการบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยการกำหนดรูปแบบความเสียหายของส่วนประกอบเครื่องจักร เพื่อให้รู้สาเหตุที่แท้จริงในการเกิดการขัดข้องเสียหายของเครื่องจักรและอุปกรณ์ เพื่อให้เกิดมาตรฐานเดียวกัน และ มีความรวดเร็วและถูกต้องในการวิเคราะห์ ข้อมูลในส่วนนี้จะนำไปกำหนดมาตรฐานของการบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยกำหนดจากรายการอุปกรณ์ในแต่ส่วนประกอบของเครื่องเป่าฟิล์ม โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์ตามรายการดังต่อไปนี้

1. กำหนดหน้าที่ของอุปกรณ์
2 อธิบายความเสียหายที่กระทบกับหน้าที่ของอุปกรณ์
3. อธิบายสาเหตุของความเสียหาย
4. อธิบายผลกระทบจากความเสียหายที่เกิดขึ้น

รายละเอียดการวิเคราะห์ดังกล่าว จะทำให้พนักงานที่ทำการบำรุงรักษาเครื่องจักรเข้าใจสภาพของอุปกรณ์แต่ละส่วนประกอบของเครื่องเป่าฟิล์มอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานหรือไม่ ถ้าไม่พร้อมใช้งานเกิดสภาพความเสียหายอย่างไร และวิธีการแก้ไขให้สามารถที่จะกลับมาทำงานได้เป็นปกติ ดังแสดงตัวอย่างการกำหนดรูปแบบความเสียหายของชุดเป่าขึ้นรูปฟิล์ม (Die Head) ดังตารางที่ 4-20

ตารางที่ 4-20 การกำหนดรูปแบบความเสียหายของชุดเป่าขึ้นรูปฟิล์ม (Die Head)

ลำดับ	ชนิดอุปกรณ์	หน้าที่อุปกรณ์	ลักษณะความเสียหาย	สาเหตุความเสียหาย	ผลกระทบ
1	มอเตอร์	ขับเคลื่อนกลไกของอุปกรณ์	ไหม้	ใช้งานเกินกำลัง	เครื่องจักรหยุดทำงาน
			ไม่หมุน	หมดอายุการใช้งาน	
			ไหม้	ไม่ได้หล่อลื่น	
			ไม่หมุน	ลูกปืนแตก	
			ไม่หมุน	เฟืองขัด	
2	สายพาน	ส่งถ่ายกำลัง	หย่อน	เสื่อมสภาพ	สั่นรุนแรง
				ปรับตั้งไม่ดี	
3	เฟือง	ส่งถ่ายกำลัง	สึกหรอ	เกิดความร้อนสูง	มีเสียงดัง
			แตก	รับภาระเกินกำลัง	เครื่องจักรหยุดทำงาน
4	ระบบไฟฟ้า	ควบคุมระบบไฟฟ้า	ช็อต	ขั้วหลวม	ระบบไฟฟ้าไม่ทำงาน
			ช็อต	ฟิวส์ขาด	
			ช็อต	หมดอายุการใช้งาน	

จัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

นำรอบความถี่ใหม่ที่ได้จากโปรแกรมตัดสินใจบำรุงรักษา นำมากำหนดในแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เฉพาะส่วนที่เป็นการบำรุงรักษาเครื่องจักรในขณะที่เครื่องจักรทำงาน และในส่วนของความถี่ของการบำรุงรักษาเครื่องจักรในขณะที่เครื่องจักรหยุดทำงานจะใช้ความถี่เดิมซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการตรวจสอบไม่เกิดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา เพราะรอบเวลาการผลิตของระยะเวลาของม้วนฟิล์มเฉลี่ย 90 นาทีต่อล็อต ดังนั้นพนักงานคุมเครื่องจักรสามารถแบ่งเวลาฯ ในการบำรุงรักษาเครื่องจักรได้ซึ่งไม่กระทบต่อการผลิต

1. **มาตรฐานการบำรุงรักษา**

ในขั้นตอนการกำหนดรูปแบบความเสียหายที่ผ่านมา ได้ทำการศึกษารูปแบบความเสียของชิ้นส่วนเพื่อต้องการทราบชิ้นส่วนอุปกรณ์ใดควรจะต้องใช้กิจกรรมการบำรุงรักษาแบบใด เพื่อใช้กำหนดในส่วนมาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร เพื่อให้พนักงานทุกคนสามารถปฏิบัติกิจกรรมการบำรุงรักษานั้น ๆ ได้เป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยกิจกรรมการบำรุงรักษาที่นำมาใช้ในมาตรฐานการบำรุงรักษา ดังแสดงรายละเอียดมาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักรในส่วนของ Extruder ในตารางที่ 4-21

ความหมายของสัญลักษณ์ในมาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร

สถานะ R = เดินเครื่อง S = หยุดเครื่อง

จุดตรวจสอบ C = การทำความสะอาด, I= การตรวจสอบ, L = การหล่อลื่น และ Ch = การเปลี่ยนอุปกรณ์

2. แผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร

เป็นเอกสารที่ใช้ในการวางแผนดิดตามกิจกรรมการบำรุงรักษาเครื่องจักรและกำหนดความถี่ของกิจกรรมการบำรุงรักษา ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษากิจกรรมการบำรุงรักษาที่กระทำในช่วงเครื่องจักรจอด ซึ่งมีค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษา ความถี่ของการบำรุงรักษาในส่วนนี้ได้จากการประมวลผลโปรแกรมตัดสินใจบำรุงรักษา ดังตารางที่ 4-21 และในส่วนกิจกรรมการบำรุงรักษาที่กระทำช่วงเครื่องจักรทำงาน จะยึดตามความถี่ของการบำรุงรักษาเดิมจากนั้นจะนำความถี่ของการบำรุงรักษาไปกำหนดในแผนการบำรุงรักษา

ตารางที่ 4-21 มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักรในส่วนของ Extruder

มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร									
ชื่อเครื่องจักร: เครื่องเป่าฟิล์ม 1		ส่วนเครื่องจักร: Extruder		หน่วยงาน: เป่าฟิล์ม		ผู้รับผิดชอบ: พิทักษ์		หน้า 1 จาก 5	
ลำดับ	สถานะ	ส่วนที่ทำการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	สาเหตุ	วิธีการ	เครื่องมือ	วิธีการเมื่อไม่ปกติ	ความถี่	เวลา (นาที)
C1	R	พื้นที่เครื่องจักร	- สะอาดไม่มีฝุ่น	-ไม่ทำตามแผน	- ปัด/ กวาด	- ไม้กวาด/ ผ้า	- ทำความสะอาดซ้ำ	ก่อนส่งกะ	15
C2	R	เครื่องจักร	- สะอาดไม่มีฝุ่น	- ไม่ทำตามแผน	- ปัด/ เช็ด	- ไม้กวาด/ ผ้า	- ทำความสะอาดซ้ำ		15
C3	S	กรองมอเตอร์ระบายความร้อน Ext. C	- สะอาดไม่อุดตัน	- ไม่ทำตามแผน	- เป่าลม/ เช็ด	- ลมเป่า	- ทำความสะอาดซ้ำ	1 เดือน	15
C4	S	กรองมอเตอร์ระบายความร้อน Ext. A	- สะอาดไม่อุดตัน	- ไม่ทำตามแผน	- เป่าลม/ เช็ด	- ลมเป่า	- ทำความสะอาดซ้ำ	1 เดือน	
C5	S	กรองมอเตอร์ระบายความร้อน Ext. B	- สะอาดไม่อุดตัน	- ไม่ทำตามแผน	- เป่าลม/ เช็ด	- ลมเป่า	- ทำความสะอาดซ้ำ	1 เดือน	
C6	S	แผงกรองฝุ่น ตู้ควบคุม Extruder A	- สะอาดไม่อุดตัน	- ไม่ทำตามแผน	- เป่าลม/ เช็ด	- ลมเป่า	- ทำความสะอาดซ้ำ	1 เดือน	15
C7	S	แผงกรองฝุ่น ตู้ควบคุม Extruder B	- สะอาดไม่อุดตัน	- ไม่ทำตามแผน	- เป่าลม/ เช็ด	- ลมเป่า	- ทำความสะอาดซ้ำ	1 เดือน	
C8	S	แผงกรองฝุ่น ตู้ควบคุม Extruder C	- สะอาดไม่อุดตัน	- ไม่ทำตามแผน	- เป่าลม/ เช็ด	- ลมเป่า	- ทำความสะอาดซ้ำ	1 เดือน	

ตารางที่ 4-21 มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักรในส่วนของ Extruder (ต่อ)

มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร									
ชื่อเครื่องจักร: เครื่องเป่าฟิล์ม 1		ส่วนเครื่องจักร: Extruder		หน่วยงาน: เป่าฟิล์ม		ผู้รับผิดชอบ: พิทักษ์		หน้า 2 จาก 5	
ลำดับ	สถานะ	ส่วนที่ทำการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	สาเหตุ	วิธีการ	เครื่องมือ	วิธีการเมื่อไม่ปกติ	ความถี่	เวลา (นาที)
L9	R	ลูกปืน	- หมุนคล่อง - ไม่ฝืด	ขาดการหล่อลื่น การอัดจารบีไม่เข้า	อัดจาระบี	หัวอัดจาระบี	- อัดจาระบี - ตรวจสอบสายอัดและหัวอัดจาระบี	3 เดือน	15
L10	R	Roller	- หมุนคล่อง - ไม่ฝืด - ความเร็วของเครื่องวัดรอบเท่ากับความเร็วเครื่อง	- ขาดการหล่อลื่น - อัดจารบีไม่เข้า	- อัดจาระบี - วัดความเร็วรอบ	- หัวอัดจาระบี - เครื่องวัดความเร็วรอบ	- อัดจาระบี - ตรวจสอบสายอัดและหัวอัดจาระบี	3 เดือน	15
CI11	R	มอเตอร์ Extruder A	- ไม่มีเสียงดัง, ไม่มีฝุ่นเกาะ - มอเตอร์ร้อนไม่เกิน 90 องศา - กระแสไม่เกิน 30 A	- มอเตอร์ทำงานเกินกำลัง - มอเตอร์หมดอายุการใช้งาน	-หู -วัดเทอร์โมมิเตอร์ -วัดแอมป์มิเตอร์	- เทอร์โมมิเตอร์ แอมป์มิเตอร์	ทำการเปลี่ยนใหม่	1 เดือน	20
CI12	R	มอเตอร์ Extruder B						1 เดือน	20
CI13	R	มอเตอร์ Extruder C						1 เดือน	20

ตารางที่ 4-21 มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักรในส่วนของ Extruder (ต่อ)

มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร									
ชื่อเครื่องจักร: เครื่องเป่าฟิล์ม 1		ส่วนเครื่องจักร: Extruder		หน่วยงาน: เป่าฟิล์ม		ผู้รับผิดชอบ: พิทักษ์		หน้า 3 จาก 5	
ลำดับ	สถานะ	ส่วนที่ทำการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	สาเหตุ	วิธีการ	เครื่องมือ	วิธีการเมื่อไม่ปกติ	ความถี่	เวลา (นาที)
CI14	R	มอเตอร์ระบายความร้อน Extruder A	- ไม่มีเสียงดัง - มอเตอร์ร้อนไม่เกิน 90°C - กระแสไม่เกิน 30 A - ไม่มีฝุ่นเกาะ	- มอเตอร์ทำงานเกินกำลัง - มอเตอร์หมดอายุการใช้งาน	- หู - วัดเทอร์โมมิเตอร์ - วัดแอมป์มิเตอร์	- เทอร์โมมิเตอร์ - แอมป์มิเตอร์	- ทำการเปลี่ยนใหม่	1 เดือน	20
CI15	R	มอเตอร์ระบายความร้อน Extruder B						1 เดือน	20
CI16	R	มอเตอร์ระบายความร้อน Extruder C						1 เดือน	20
CI17	R	ระดับน้ำมันใน Gearbox - Extruder A	- อยู่ในระดับเกณฑ์ สีไม่ดำ	- หมดอายุจการใช้งาน	- ตา	-	- ทำการเปลี่ยนใหม่	1 เดือน	2
CI18	R	ระดับน้ำมันใน Gearbox - Extruder B	- อยู่ในระดับเกณฑ์ - สีไม่ดำ, มีตะกอน	- หมดอายุจการใช้งาน	- ตา	-	ทำการเปลี่ยนใหม่	1 เดือน	2

ตารางที่ 4-21 มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักรในส่วนของ Extruder (ต่อ)

มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร									
ชื่อเครื่องจักร: เครื่องเป่าฟิล์ม 1		ส่วนเครื่องจักร: Extruder		หน่วยงาน: เป่าฟิล์ม		ผู้รับผิดชอบ: พิทักษ์		หน้า 4 จาก 5	
ลำดับ	สถานะ	ส่วนที่ทำการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	สาเหตุ	วิธีการ	เครื่องมือ	วิธีการเมื่อไม่ปกติ	ความถี่	เวลา (นาที)
CI19	R	ระดับน้ำมันใน Gearbox - Extruder C	- อยู่ในระดับเกณฑ์ - สีไม่ดำ, มีตะกอน	- หมดอายุการใช้งาน	- ตา	-	ทำการเปลี่ยนใหม่	1 เดือน	2
I20	S	ซีลน้ำมัน	- ไม่รั่วซึม	- ซีลสึกหรอ - มีอายุการใช้งานสูง	- ตา	-	เปลี่ยนซีลใหม่	1 สัปดาห์	2
I21	R	เพรสเซอร์เกจ	- ไม่มีน้ำหรือน้ำมันปนเปื้อน	- ระบบจ่ายลมมีความชื้น	- ตา	-	เปลี่ยนตัวกรองลมในระบบ	1 สัปดาห์	2
I22	S	สายพาน	- ไม่ตึง, ไม่หย่อน	- เกิดการล้า, หมดอายุการใช้งาน	- ใช้มือกด	ประแจตั้งใหม่	ปรับตั้งใหม่	1 เดือน	3
I23	S	โซ่	- ไม่ตึง, ไม่หย่อน	- เกิดการล้า, หมดอายุการใช้งาน	- ใช้มือกด	- ประแจตั้งใหม่	- ทำการเปลี่ยนใหม่	1 เดือน	4
Ch24	S	กรองน้ำ	- ไม่มีคราบตะกอน	- น้ำระบบหล่อเย็นสกปรก	- ตา	- ประแจตั้งใหม่	- ทำการเปลี่ยน	6 เดือน	10

มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร

ชื่อเครื่องจักร : เครื่องเป่าฟิล์ม	ส่วนเครื่องจักร . Extruder	หน่วยงาน . เป่าฟิล์ม	ผู้รับผิดชอบ พิทักษ์	แผนที่ 1/2

จุดตรวจสอบ	ส่วนที่ทำการตรวจสอบ	เวลาที่ใช้	ความถี่	สถานะ	ส.ค.-54																											
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
C1	พื้นที่เครื่องจักร	15	1S	R	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢
C2	เครื่องจักร	15	1S	R	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢	◢
C3	กรองมอเตอร์ระบายความร้อน Ext. A	15	1M	S	◢																													
C4	กรองมอเตอร์ระบายความร้อน Ext. B	15	1M	S	◢																													
C5	กรองมอเตอร์ระบายความร้อน Ext. C	15	1M	S	◢																													
C6	แผงกรองฝุ่น ตู้ควบคุม Extruder A	15	1M	S	◢																													
C7	แผงกรองฝุ่น ตู้ควบคุม Extruder B	15	1M	S	◢																													
C8	แผงกรองฝุ่น ตู้ควบคุม Extruder C	15	1M	S	◢																													
L9	ลูกปืน	15	3M	R	◢																													
L10	Roller	15	3M	R	◢																													
CI11	มอเตอร์ Extruder A	20	1M	R	◢																													
CI12	มอเตอร์ Extruder B	20	1M	R	◢																													
CI13	มอเตอร์ Extruder C	20	1M	R	◢																													
CI14	มอเตอร์ระบายความร้อน Ext. A	20	1M	R	◢																													
CI15	มอเตอร์ระบายความร้อน Ext. B	20	1M	R	◢																													
CI16	มอเตอร์ระบายความร้อน Ext. C	20	1M	R	◢																													
CI17	ระดับน้ำมันใน Gearbox - Ext. A	2	1M	R	◢																													
CI18	ระดับน้ำมันใน Gearbox - Ext. B	2	1M	R	◢																													
CI19	ระดับน้ำมันใน Gearbox - Ext. C	2	1M	R	◢																													

กำหนดการ

◢ = กำหนดการ

◢ = ตรวจสอบ-ปกติ(สีเขียว)

◢ = พบข้อบกพร่องขณะตรวจสอบ (สีแดง)

◢ = ชิ้นส่วนเสื่อม (สีดำ)

สถานะ

R = เดินเครื่อง

S = หยุดเครื่อง

ความถี่

S = กะทำงาน

D = วัน

W = สัปดาห์

M = เดือน

Y = ปี

ภาพที่ 4-34 แผนการบำรุงรักษา

มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร																																			
ชื่อเครื่องจักร : เครื่องเป่าฟิล์ม		ส่วนเครื่องจักร : Extruder										หน่วยงาน : เป่าฟิล์ม										ผู้รับผิดชอบ : พิทักษ์									แผนที่ 2/2				
จุดตรวจสอบ	ส่วนที่ทำการตรวจสอบ	เวลาที่ใช้	ความถี่	สถานะ	ส.ค.-54																														
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
I20	ซีลน้ำมัน	2	1M	S	◢																														
I21	เพรสเชอร์เกจ	2	1W	R	◢							◢							◢							◢							◢		
I22	สายพาน	3	1M	S	◢																														
I23	โซ่	4	1M	R	◢																														
Ch24	กรองน้ำ	10	1M	S	◢																														
เวลารวมที่ใช้ในการตรวจสอบต่อวัน (นาที)					287	30	30	30	30	30	30	34	30	30	30	30	30	30	34	30	30	30	30	30	30	34	30	30	30	30	30	30	34	30	30
เวลารวมที่ใช้ในการตรวจสอบจริงต่อวัน (นาที)																																			
เวลารวมที่ใช้ในการตรวจสอบต่อเดือน (นาที)																																			

กำหนดการ
- ◢ = กำหนดการ
- ◢ = ตรวจสอบ-ปกติ(สีเขียว)
- ◢ = ชิ้นส่วนเสื่อม (สีดำ)
- ◢ = พบข้อบกพร่องขณะตรวจสอบ (สีแดง)

สถานะ
- R = เดินเครื่อง
- S = หยุดเครื่อง

ความถี่
- S = กะทำงาน
- D = วัน
- W = สัปดาห์
- M = เดือน
- Y = ปี

ภาพที่ 4-34 แผนการบำรุงรักษา (ต่อ)

ประเมินผลการปรับปรุง

หลังจากทดลองนำแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรนำไปใช้ปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาเครื่องเป่าฟิล์มในช่วงระยะเวลา 3 เดือนตั้งแต่เดือนสิงหาคม –ตุลาคม 2554 ผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาก่อน-หลังการปรับปรุง จะเห็นได้ว่ารอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเดิม จะมีรอบการบำรุงรักษาของเครื่องเป่าฟิล์มที่ 1 ปี ส่วนรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันหลังการปรับปรุงได้จากโปรแกรมการคำนวณรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จะมีการปรับรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้มีความถี่ของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันมากขึ้น ซึ่งโปรแกรมจะคำนวณจากข้อมูลการขัดข้องของส่วนประกอบของเครื่องจักรในอดีต เพื่อจะหาค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เหมาะสม แสดงการคำนวณที่มาได้ดังนี้

ส่วนประกอบของ Extruder มีค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และคำนวณค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันหลังปรับปรุง ผลของโปรแกรม 1ครั้ง/ 1 เดือน จะมีค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน หลังจากนำความถี่ดังกล่าวไปใช้ในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ส่งผลให้อัตราการขัดข้องไม่เกิดขึ้น ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขไม่เกิดขึ้น ดังแสดงตารางที่ 4-22 ทำการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยของการขัดข้องของครื่องจักร (MTBF) และเวลาเฉลี่ยของการซ่อมแซมเครื่องจักร (MTTR) ดังแสดงในตารางที่ 4-23

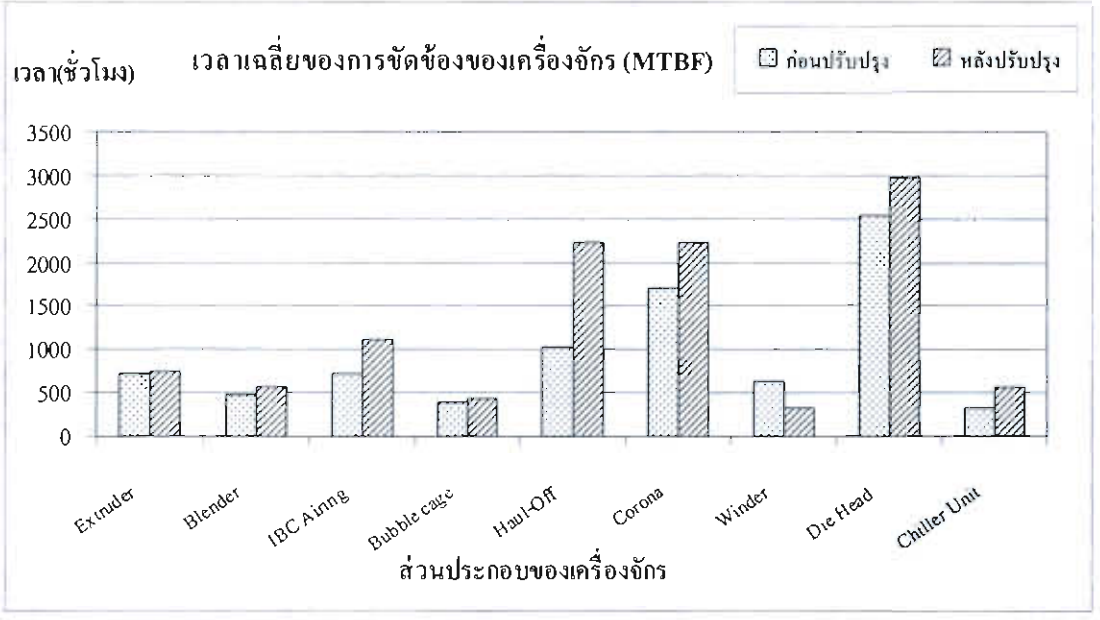
ตารางที่ 4-22 ผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาก่อน-หลังการปรับปรุง

ส่วนประกอบ	รอบเวลาบำรุงรักษาของการตรวจสอบ		ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยการบำรุงรักษา เชิงป้องกัน (บาท/ เดือน)		ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยการบำรุงรักษา เชิงแก้ไข (บาท/ เดือน)		ผลการปรับปรุง	
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ค่าใช้จ่ายลดลง (บาท/ เดือน)	ร้อยละ
Extruder	1 ปี/ ครั้ง	1 เดือน/ ครั้ง	1,532	1,532	4,776	0	4,776	75.72%
Blender	1 ปี/ ครั้ง	3 เดือน/ ครั้ง	781	391	2,830	2,810	410	11.34%
IBC Airing	1 ปี/ ครั้ง	5 เดือน/ ครั้ง	957	273	2,133	1,756	1,060	34.32%
Bubble cage	1 ปี/ ครั้ง	4 เดือน/ ครั้ง	1,322	1,274	2,093	1,573	568	16.64%
Haul-Off	1 ปี/ ครั้ง	12 เดือน/ ครั้ง	1,595	1,314	1,672	1,381	572	17.52%
Corona	1 ปี/ ครั้ง	12 เดือน/ ครั้ง	2,233	1,711	17,145	16,348	1,319	6.81%
Winder	1 ปี/ ครั้ง	7 เดือน/ ครั้ง	2,085	1,791	959	1,242	11	0.35%
Die head	ขาดการบำรุงรักษา	12 เดือน/ ครั้ง	0	683	2,912	0	2,229	76.54%
Chiller Unit	ขาดการบำรุงรักษา	6 สัปดาห์/ ครั้ง	0	1,368	4,332	4,169	-1,205	-27.81%

ตารางที่ 4-23 ผลการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยของการขัดข้องของเครื่องจักร (MTBF) และเวลาเฉลี่ยของการซ่อมแซมเครื่องจักร (MTTR)

		Extruder	Blender	IBC Airing	Bubble cage	Haul-Off	Corona	Winder	Die Head	Chiller Unit
ก่อนปรับปรุง	เวลารับภาระงาน (ชม.)	727								
	จำนวนครั้งเฉลี่ยของการขัดข้อง	1.00	1.50	1.29	1.86	0.71	0.43	1.86	0.29	2.29
	เวลาสูญเสียเฉลี่ย (ชม.)	23.22	78.98	41.35	47.92	25.78	15.17	94.29	11.43	110.43
	MTBF	727	484.67	565.44	391.46	1017.80	1696.33	391.46	2544.50	318.06
	MTTR	23.22	52.65	32.16	25.80	36.09	35.39	50.77	40	48.31
หลังปรับปรุง	เวลารับภาระงาน (ชม.)	744								
	จำนวนครั้งเฉลี่ยของการขัดข้อง	0	1.33	0.67	1.67	0.33	0.33	2.33	0	1.33
	เวลาสูญเสียเฉลี่ย (ชม.)	0	73.20	28.76	65.22	15.41	33.83	87.91	0	76.67
	MTBF	0	558.00	1116.00	446.40	2232.00	2232.00	318.86	0	558
	MTTR	0	54.9	43.14	39.132	46.23	101.49	37.68	0	57.50

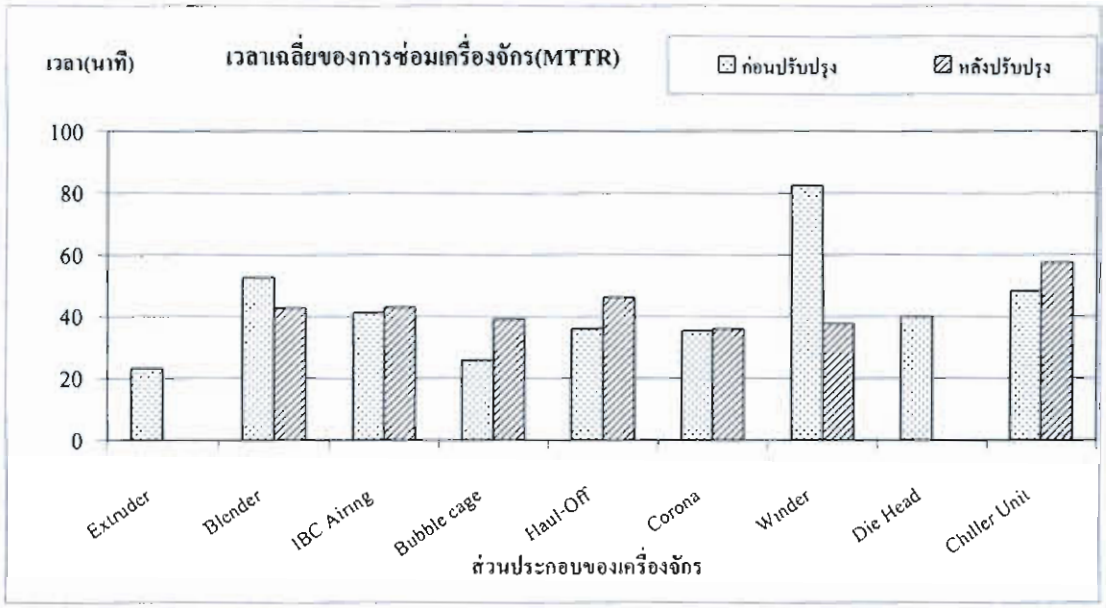
เวลาเฉลี่ยของการขัดข้องของครื่องจักร (Mean Time Between Failure: MTBF)



ภาพที่ 4-35 กราฟผลการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยของการขัดข้องของเครื่องจักรก่อน-หลังปรับปรุง

จากภาพที่ 4-35 พบว่าส่วนประกอบของเครื่องจักรมีเวลาเฉลี่ยของการขัดข้องของเครื่องจักรของแต่ละส่วนประกอบเพิ่มขึ้น ซึ่งตรงข้ามกับการปรับปรุงได้ทำการปรับความถี่ของการบำรุงรักษาของเครื่องจักรในขณะที่เครื่องหยุดทำงานให้มีระยะเวลาการบำรุงรักษาที่ยาวนาน ซึ่งสาเหตุทำให้เวลาเฉลี่ยของการขัดข้องของเครื่องจักรปรับสูงขึ้น ได้ทำการเพิ่มชนิดอุปกรณ์ที่ขาดการบำรุงรักษาลงในแผนการบำรุงรักษาและการวิเคราะห์สาเหตุการกำหนดรูปแบบความเสียหายของเครื่องจักร ที่มีการวิเคราะห์อย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งสามารถจะบำรุงรักษาให้อุปกรณ์มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้นและสามารถที่จะตรวจสอบพบก่อนที่อุปกรณ์นั้นเกิดการขัดข้อง

เวลาเฉลี่ยของการซ่อมแซมเครื่องจักร (Mean Time to Repair: MTTR)



ภาพที่ 4-36 กราฟผลการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยของการซ่อมเครื่องจักร

จากภาพที่ 4-36 ในส่วนนี้ผลการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยของการซ่อมเครื่องจักร ค่าเวลาเฉลี่ยของการซ่อมเครื่องจักรของแต่ละส่วนประกอบของเครื่องจักร ไม่ได้แตกต่างจากก่อนการปรับปรุง เพราะว่าในส่วนของงานวิจัยนี้ไม่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขวิธีการซ่อมแก้ไขเครื่องจักรเมื่อเกิดขัดข้อง ส่งผลให้ระยะเวลาเฉลี่ยของการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรไม่ลดลง

บทที่ 5
อภิปรายและสรุปผล

การบำรุงรักษาที่มุ่งความน่าเชื่อถือ วัตถุประสงค์เพื่อประเมินกิจกรรมที่มีความจำเป็นและเวลาที่เหมาะสมสำหรับงานบำรุงรักษา เพื่อลดค่าใช้จ่ายของงานบำรุงรักษาเชิงรุกที่เกินความจำเป็น ในงานบำรุงรักษาในอุตสาหกรรมแต่ละประเภทเงื่อนไขของการบำรุงรักษาแตกต่างกัน ในงานวิจัยนี้พัฒนาระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรบนพื้นฐานความน่าเชื่อถืออย่างเป็นระบบสำหรับเครื่องเป่าฟิล์ม มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการอย่างเป็นระบบของการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือสำหรับเครื่องเป่าฟิล์ม และพัฒนาโปรแกรมช่วยตัดสินใจในการกำหนดระยะเวลาการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องเป่าฟิล์มให้กับโรงงานกรณีศึกษา การศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นกับโรงงานกรณีศึกษาพบว่า แผนการบำรุงรักษาความถี่การบำรุงรักษาขาดการแก้ไขปรับปรุงให้เหมาะสม โดยสังเกตุจากแผนการบำรุงรักษาที่ผ่านมาและยังมีส่วนประกอบบางประเภทที่เกิดความเสียหายบ่อยครั้ง

สรุปผลการศึกษา

1. เพื่อพัฒนาวิธีการอย่างเป็นระบบของการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือสำหรับเครื่องเป่าฟิล์ม ผู้วิจัยได้นำเสนอขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลและวิธีการวิเคราะห์แจกแจงข้อมูลการชำรุดและโหมดการเสียหายอย่างละเอียด เพื่อผู้ที่ศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ง่าย เพราะโดยทั่วไปเป็นเรื่องยากที่จะนำไปประยุกต์ใช้เพราะวิธีการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือเป็นเรื่องที่ซับซ้อน

2. พัฒนาโปรแกรมช่วยตัดสินใจในการกำหนดระยะเวลาการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องเป่าฟิล์ม แบ่งรูปแบบการตัดสินใจเป็น 2 ด้าน คือ

2.1 ด้านความน่าเชื่อถือ

โปรแกรมช่วยตัดสินใจในการกำหนดระยะเวลาการบำรุงรักษา ซึ่งช่วยให้การประเมินด้านความน่าเชื่อถือทำได้ง่าย โดยค่าความน่าเชื่อถือกำหนดค่าที่ 95% และในส่วนการประเมินด้านความน่าเชื่อถือ พิจารณาในส่วนประกอบเครื่องจักรที่ผ่านมาขาดการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ทำการรวบรวมช่วงเวลาการขัดข้องของเครื่องจักรที่เกิดขึ้นแต่ละครั้ง ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวเหมาะสมสำหรับการกำหนดความถี่ของการบำรุงรักษาตามช่วงความน่าเชื่อถือ จากผลของโปรแกรมช่วยตัดสินใจในการกำหนดระยะเวลาการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน แสดงดังตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 รอบเวลาการบำรุงรักษา ตามช่วงความน่าเชื่อถือ 95%

ลำดับ	ส่วนประกอบ	รอบเวลาบำรุงรักษา	
1	Die head	380,986 นาที	12 เดือน/ ครั้ง
2	Chiller Unit	68,256 นาที	6 สัปดาห์/ ครั้ง

หลังจากนำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันนำไปใช้ ผลการปรับปรุงในส่วนประกอบ Die Head ซึ่งไม่เกิดการขัดข้อง ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อเดือนลดลงจากเดิม 2,229 บาท หรือ 76.54% ซึ่งแสดงถึงแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งต่างจากส่วนประกอบ Chiller Unit ที่มีแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน แต่ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขไม่ลดลง เพราะแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ขาดประสิทธิภาพ สาเหตุอาจมาจากการวิเคราะห์รูปแบบความเสียหายของอุปกรณ์ไม่ดี ไม่สามารถที่จะแก้ปัญหาการขัดข้องได้ ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพิ่มขึ้น 1,205 บาท/ เดือน หรือ 27.81% ผลที่ได้ดังตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 ผลการปรับปรุงตามรอบเวลาการบำรุงรักษา ตามช่วงความน่าเชื่อถือ 95%

ส่วนประกอบ	ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเฉลี่ย				ผลการปรับปรุง	
	เชิงป้องกัน (บาท/ เดือน)		เชิงแก้ไข (บาท/ เดือน)			
	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ค่าใช้จ่ายลดลง (บาท/ เดือน)	เปอร์เซนต์ลดลง
Die Head	0	683	2,912	0	2,229	76.54
Chiller Unit	0	1,368	4,332	4,169	-1,205	-27.81
รวม	0	2,051	7,244	4,169	1,024	14.14

2.2 ด้านค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาที่เหมาะสม

ในส่วนโปรแกรมการประเมินด้านค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาที่เหมาะสม พิจารณาในส่วนประกอบเครื่องจักรที่มีแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพราะจะมีข้อมูลด้านค่าใช้จ่ายของ

การบำรุงรักษาเชิงแก้ไขและป้องกัน ซึ่งโปรแกรมประมวลผลช่วงเวลาการบำรุงรักษาที่ส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาต่ำสุด เพื่อนำช่วงเวลาดังกล่าวไปกำหนดช่วงเวลาลงในแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ซึ่งผลการเปรียบเทียบรอบเวลาการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน แสดงดังตารางที่ 5-3

ตารางที่ 5-3 ผลการเปรียบเทียบรอบเวลารอบเวลาการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ลำดับ	ส่วนประกอบ	รอบเวลาการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	
		ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
1	Extruder	12 เดือน/ ครั้ง	1 เดือน/ ครั้ง
2	Blender	12 เดือน/ ครั้ง	3 เดือน/ ครั้ง
3	IBC Airing	12 เดือน/ ครั้ง	5 เดือน/ ครั้ง
4	Bubble cage	12 เดือน/ ครั้ง	4 เดือน/ ครั้ง
5	Haul-Off	12 เดือน/ ครั้ง	12 เดือน/ ครั้ง
6	Corona	12 เดือน/ ครั้ง	12 เดือน/ ครั้ง
7	Winder	12 เดือน/ ครั้ง	7 เดือน/ ครั้ง

จากตารางที่ 5-3 ส่วนใหญ่รอบเวลาการบำรุงรักษาหลังการปรับปรุงจะมีระยะเวลาที่ยาวกว่าก่อนการปรับปรุง สาเหตุมาจากค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเฉลี่ยเชิงป้องกันมีค่าสูง ซึ่งไม่คุ้มค่าที่จะกำหนดรอบการบำรุงรักษาทุกเดือน ซึ่งมีเพียงส่วนประกอบ Extruder ที่มีรอบการบำรุงรักษาเท่าเดิม ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่มีค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเฉลี่ยเชิงแก้ไขที่สูง และมีค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเฉลี่ยเชิงป้องกันที่ต่ำ ทำให้มีรอบการบำรุงรักษา 1 เดือนต่อครั้งเท่าเดิม ซึ่งผลที่ทำให้ค่าใช้จ่ายหลังการปรับปรุงมีการลดลง เกิดจากการวิเคราะห์รูปแบบความเสียหายของอุปกรณ์อย่างละเอียด เพื่อนำไปกำหนดมาตรฐานการบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพ ส่งผลในพนักงานฝ่ายผลิตที่ทำหน้าที่บำรุงรักษาเครื่องจักร เข้าใจวิธีการบำรุงรักษาลักษณะความเสียหายที่ส่งกระทบให้เกิดความเสียหาย และแจ้งหน่วยงานบำรุงรักษาเมื่ออุปกรณ์เกิดการเสื่อมสภาพหรือผิดปกติขึ้น ส่งผลให้แก้ไขได้ทัน ทำให้เครื่องจักรเกิดการขัดข้องลดลง

ตารางที่ 5-4 ผลการปรับปรุงรอบค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาที่เหมาะสม

ส่วนประกอบ	ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเฉลี่ย				ผลการปรับปรุง	
	เชิงป้องกัน (บาท/ เดือน)		เชิงแก้ไข (บาท/ เดือน)			
	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ค่าใช้จ่ายลดลง (บาท/ เดือน)	เปอร์เซนต์ลดลง
Extruder	1,532	1,532	4,776	0	4,776	75.72
Blender	781	391	2,830	2,810	410	11.34
IBC Airing	957	273	2,133	1,756	1,060	34.32
Bubble cage	1,322	1,274	2,093	1,573	568	16.64
Haul-Off	1,595	1,314	1,672	1,381	572	17.52
Corona	2,233	1,711	17,145	16,348	1,319	6.81
Winder	2,085	1,791	959	1,242	11	0.35
Total	10,505	8,286	31,608	25,110	8,716	20.70

สรุปและอภิปรายผล

ในส่วนของการกำหนดรอบค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาที่เหมาะสม เป็นวิธีการที่ดีเมื่อเทียบกับด้านความน่าเชื่อถือ เพราะจุดประสงค์ของธุรกิจคาดหวังผลกำไรเป็นหลัก วิธีการนี้พิจารณาค่าใช้จ่ายในรอบการบำรุงรักษาในแต่ละเดือนที่มีค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาต่ำสุด โดยรอบเวลาการบำรุงรักษาของส่วนประกอบที่มีรอบเวลาบำรุงรักษาหลังปรับปรุงต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบผลการปรับปรุงระหว่างรูปแบบการตัดสินใจด้านความน่าเชื่อถือและด้านค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาที่เหมาะสม พบว่าด้านค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาที่เหมาะสมมีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการปรับปรุง 20.70% ซึ่งมากกว่าด้านความน่าเชื่อถือมีค่า 14.14%

ข้อเสนอแนะ

ในหัวข้อของการเสนอแนะในการดำเนินงานสามารถสรุปเป็นข้อคิดเห็นภายหลังการดำเนินการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

1. ระบบการตัดสินใจการบำรุงรักษา สามารถนำไปพัฒนาร่วมกับระบบคลังอะไหล่เพื่อลดระดับของปริมาณอะไหล่คงคลังในการจัดเก็บ และลดโอกาสที่อุปกรณ์ดังกล่าวจะเป็นอุปกรณ์ที่ค้างในคงคลัง ค่าใช้จ่ายในการถือครอง ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ เวลารอคอย

2. พัฒนาระบบฐานข้อมูลของอะไหล่ที่ใช้ในแต่ละส่วนประกอบของเครื่องจักรเพื่อสะดวกในการจัดซื้อ

3. เพิ่มเติมระบบเงื่อนไขในการตัดสินใจรวมทั้งเครื่องจักร ในกรณีที่ความถี่ของการบำรุงรักษาใกล้เคียงกันอาจจะรวมเป็นช่วงความถี่เดียวกัน เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการตั้งเครื่องจักร

4. ควรเพิ่มเติมในส่วนระบบการเชื่อมต่อของส่วนประกอบที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น ส่วนประกอบของเครื่องจักรมีการเชื่อมต่อกันแบบอนุกรมหรือแบบขนาน

5. วิธีการนี้ใช้ในกรณีที่รอบการบำรุงรักษาไม่มีการเปลี่ยนแปลง และจำนวนของข้อมูลมาก เพื่อให้ความคลาดเคลื่อนน้อย ซึ่งใช้ไม่ได้กับกรณีที่แผนการบำรุงรักษามีการเปลี่ยนแปลงความถี่ ในกรณีนี้อาจใช้รูปแบบการประเมินรูปแบบอื่น เช่น ใช้ข้อมูลการสอบถามจากพนักงานเพื่อประเมินความถี่ของการทำกิจกรรมบำรุงรักษาส่งผลให้จำนวนเหตุการณ์ขัดข้องที่ลดลง เป็นต้น

บรรณานุกรม

กาญจนา จิตรจุน. (2551). *การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าจะเป็นการศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกล*. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ชิระ เด่นแสงอรุณ. (2547). *การปรับปรุงการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องปั้มโลหะแบบเชิงกล*. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครหนือ.

ดวงใจ ชูยะไข . (2552). *การบริหารจัดการคลังอะไหล่ภายใต้การพิจารณาความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร*. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ทรงภพ บูรณะศิลป์. (2550). *การพัฒนาโปรแกรมการจัดการระบบการบำรุงรักษาด้วยคอมพิวเตอร์กรณีระบบบำบัดน้ำเสีย ในโรงงานผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป*. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครหนือ.

บรรเลง ศรนิล. (2551). *เทคโนโลยีพลาสติก*. กรุงเทพฯ: ประสานมิตร.

ปรารถนา วณิตย์ธนาคม. (2551). *การบำรุงรักษาแบบใช้ความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลางสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกรณีศึกษาการไฟฟ้าอำเภอบางปะกง*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปรารถนา วณิคย์ธราคม. (2551). *การบำรุงรักษาแบบใช้ความน่าเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลาง สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค อำเภอบางปะกง*. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

พลัฏฐ์ อนันต์วัฒนาศิริ. (2548). *การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตของเครื่องผลิตฟิล์มถนอมอาหารโดยการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน*. มหาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ภานุวัฒน์ เลาหสม. (2547). *การปรับปรุงระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักรในโรงงานผลิตปลาทูกระป๋อง*. มหาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วัฒนา วิเชียรรัตน์. (2550). *การปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาและทำให้ความน่าเชื่อถือของระบบสูงขึ้น: กรณีศึกษา ระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติบนแท่นผลิตก๊าซนอกชายฝั่ง*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เยกสรร สิงห์ธนู. (2550). *การศึกษาการบำรุงรักษาเชิงแผนงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรกรณีศึกษาสายการบรรจุน้ำยาทำความสะอาดสุขภัณฑ์*. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครหนือ.

บรรณานุกรม (ต่อ)

สมภพ ตลับแก้ว. (2550). *การบำรุงรักษาเครื่องจักรบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ*. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือปีที่ 17 ฉบับที่ 1 มกราคม – เมษายน.

สมเกียรติ พัชรนฤมล. (2547). *การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรด้วยระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โรงงานผลิตเม็ดพลาสติก*. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครหนือ.

สรัณญา ศิลาอาสน์. (2551). การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของเครื่องจักรใช้หลักการบำรุงรักษาเชิงป้องกันในโรงงานผลิตเครื่องดื่ม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครหนือ.

A.Sohrab and D.Mohamad (2003), *A Maintenance Optimization Program for Utilities' Transmission and Distribution Systems*. Department of Electrical Engineering, Principal Research Engineer, University of Nebraska-Lincoln Omaha Public Power District.

Dongyan Chen and Kishor S. Trivedi. (2005). *Optimization for condition-based maintenance with semi-Markov decision process*. Journal of Reliability Engineering and System Safety.

G. Abdul-Nour, H. Beaudoin, P. Ouellet, R. Rochette, and S. Lambert. (1998). *A reliability based maintenance policy: a case study*. Computers industrial engineering, vol. 35, No.3-4, 591-595.

J. Khalil, S.M. Saad, and N. Gindy. (2009). *An integrated cost optimization maintenance model for industrial equipment*. Journal of Quality in Maintenance Engineering, vol.15, No. 1, 106-118.

M.C. ETI, S.O.T. OGAJI and S.D. PROBERT. (2006). *Development and implementation of preventive-maintenance practices in Nigerian industries*. Journal of Energy, Volume 83, Issue 10, October, Pages 1163-1179.

M.P. Stephens. (2004). *Productivity and Reliability-Based Maintenance management*. Pearson-Prentice Hall, New Jersey.

M. Rausand. (1998). *Reliability centered maintenance*. Reliability Engineering and System Safety, Vol. 60, 121-132.

บรรณานุกรม (ต่อ)

S. Srikrishna, G.S. Yadava, and P.N. Rao. (1996). *Reliability-centered maintenance applied to power plant auxiliaries*. Journal of Quality in Maintenance Engineering, vol.2, No. 1, 3-14.

T. Sompop. (2007). *Mechanical maintenance base reliability*. Journal of KMITNB, Vol 17, No.1, Jan. - Apr.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางประกอบการการทดสอบภาวะสารูปสนิทดี (Goodness of Fit Test)

ตารางภาคผนวก ก-1 ค่าวิกฤติของการทดสอบ Kolmogorov-Smirnov Test สำหรับสภาพปกติ (Normality)

Simple size, n	α				
	0.02	**0.15**	**0.01**	**0.05**	**0.01**
4	0.300	0.319	0.352	0.381	0.417
5	0.285	0.299	0.315	0.337	0.405
6	0.265	0.277	0.294	0.319	0.364
7	0.247	0.258	0.276	0.3	0.348
8	0.233	0.244	0.261	0.285	0.331
9	0.223	0.233	0.249	0.271	0.311
10	0.215	0.224	0.239	0.258	0.294
11	0.206	0.217	0.23	0.249	0.284
12	0.199	0.212	0.223	0.242	0.275
13	0.19	0.202	0.214	0.234	0.268
14	0.183	0.194	0.207	0.227	0.261
15	0.177	0.187	0.201	0.22	0.257
16	0.173	0.182	0.195	0.213	0.25
17	0.169	0.177	0.189	0.206	0.245
18	0.166	0.173	0.184	0.2	0.239
19	0.163	0.169	0.179	0.195	0.235
20	0.16	0.166	0.174	0.19	0.231
25	0.149	0.153	0.165	0.18	0.203
30	0.131	0.136	0.144	0.166	0.187
>n30	$\frac{0.736}{\sqrt{n}}$		$\frac{0.805}{\sqrt{n}}$	$\frac{0.886}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.031}{\sqrt{n}}$

ตารางภาคผนวก ก-2 ค่าวิกฤติของการแจกแจงเอฟ (F-distribution) ที่ $\alpha = 0.05$

Denominator degrees of freedom, V2	Numerator degrees of freedom, V1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	161	199	216	225	230	234	237	239	241	242	243
2	18.51	19	19.16	19.25	19.3	19.33	19.36	19.37	19.38	19.39	19.4
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.88	8.84	8.81	8.78	8.76
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6	5.96	5.93
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.7
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.1	4.06	4.03
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.63	3.6
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.5	3.44	3.39	3.34	3.31
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.13	3.1
10	4.96	4.1	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.97	2.94
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.2	3.09	3.01	2.95	2.9	2.86	2.82
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3	2.91	2.85	2.8	2.76	2.72
13	4.67	3.8	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63
14	4.6	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.7	2.65	2.6	2.56
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.9	2.79	2.71	2.64	2.59	2.55	2.51
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.45
17	4.45	3.59	3.2	2.96	2.81	2.7	2.61	2.55	2.5	2.45	2.41
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37
19	4.38	3.52	3.13	2.9	2.74	2.63	2.54	2.48	2.43	2.38	2.34
20	4.35	3.49	3.1	2.87	2.71	2.6	2.51	2.45	2.4	2.35	2.31
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28
22	4.3	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.4	2.35	2.3	2.26
23	4.28	3.42	3.03	2.8	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.28	2.24
24	4.26	3.4	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.3	2.26	2.22
25	4.24	3.38	2.99	2.76	2.6	2.49	2.4	2.34	2.28	2.24	2.2
26	4.22	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.2	2.16
28	4.2	3.34	2.95	2.71	2.56	2.44	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15
29	4.18	3.33	2.93	2.7	2.54	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.43	2.33	2.27	2.21	2.16	2.12

ตารางภาคผนวก ก-3 ฟังก์ชันแกมมา (Gamma Function)

x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$
1.01	0.99433	1.26	0.9044
1.02	0.98884	1.27	0.9025
1.03	0.98355	1.28	0.90072
1.04	0.97844	1.29	0.89904
1.05	0.9735	1.3	0.89747
1.06	0.96874	1.31	0.896
1.07	0.96415	1.32	0.89464
1.08	0.95973	1.33	0.89338
1.09	0.95546	1.34	0.89222
1.1	0.95135	1.35	0.89115
1.11	0.9474	1.36	0.89018
1.12	0.94359	1.37	0.88931
1.13	0.93993	1.38	0.88854
1.14	0.93642	1.39	0.88785
1.15	0.93304	1.4	0.88726
1.16	0.9298	1.41	0.88676
1.17	0.9267	1.42	0.88636
1.18	0.92373	1.43	0.88604
1.19	0.92089	1.44	0.88581
1.2	0.91817	1.45	0.88566
1.21	0.91558	1.46	0.8856
1.22	0.91311	1.47	0.88563
1.23	0.91075	1.48	0.88575
1.24	0.90852	1.49	0.88595
1.25	0.9064	1.5	0.88623

ภาคผนวก ข

การหาค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์

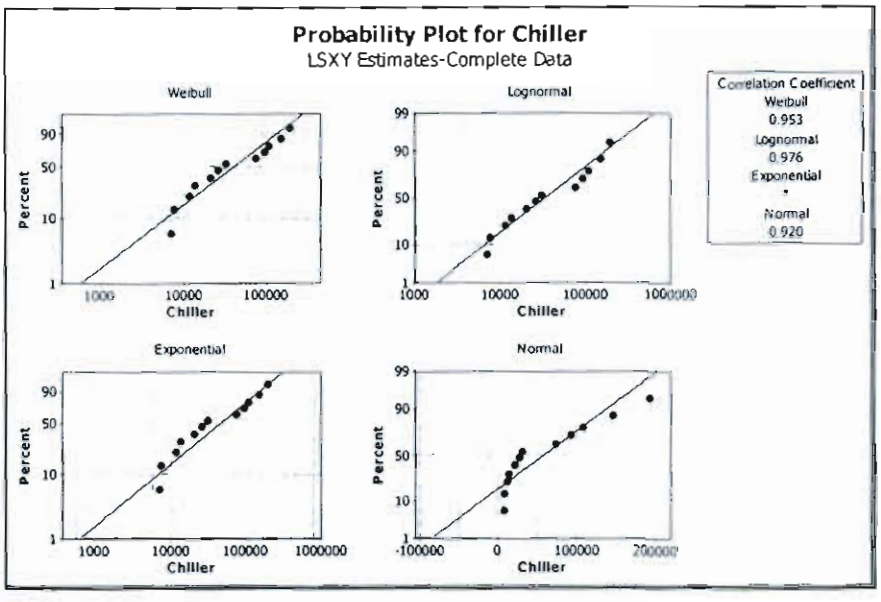
รูปแบบการประเมินพารามิเตอร์ด้านการบำรุงรักษาด้านความน่าเชื่อถือ

ชุดทำความเย็น (Chiller Unit)

นำข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดทำความเย็น (Chiller Unit) จากตารางภาคผนวก ข-1 ทำการวิเคราะห์หารูปแบบการแจกแจงของข้อมูลด้วยการวาดกราฟความน่าจะเป็น (Probability Plotting) ด้วยโปรแกรม Minitab 14 ด้วยฟังก์ชัน Stat > Reliability/Survival > Distribution Analysis (Right Censoring) > Distribution ID Plot และกำหนดการแจกแจงแบบ Weibull, Exponential, Normal, Log-Normal ผลที่ได้แสดงดังภาพภาคผนวก ข-1

ตารางที่ ข-1 ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหาย (Time to Failure: TTF) ของชุดทำความเย็น (Chiller Unit)

ครั้งที่	ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหาย (Time to Failure: TTF)
1	6,970
2	7,500
3	11,520
4	13,260
5	20,430
6	25,650
7	30,510
8	73,410
9	91,935
10	106,860
11	145,890
12	191,520



ภาพภาคผนวก ข-1 การกระจายของข้อมูลของชุดทำความเย็น (Chiller Unit)

ผลที่ได้จากโปรแกรม Minitab 14 ดังภาพภาคผนวก ข-1 พบว่า จำนวนข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดทำความเย็น Chiller Unit มีการกระจายอยู่บนเส้นของการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution) เป็นจำนวนมากและมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากที่สุดเท่ากับ 0.976 ซึ่งแสดงว่า ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดทำความเย็น(Chiller Unit) มีความสนิทกับการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution) เพื่อยืนยันผล ได้ทำการวิเคราะห์รูปแบบการแจกแจงโดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Kolmogorov-Smirnov Test เนื่องจากเป็นการทดสอบในรูปแบบการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. กำหนดสมมติฐาน

H0: ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดทำความเย็น (Chiller Unit) เป็นการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution)

H1: ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดทำความเย็น (Chiller Unit) ไม่เป็นการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution)

2. กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

3. เลือกตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบและคำนวณหาค่าสถิติที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ Kolmogorov-Smirnov Test และจากสถิติที่ใช้ทดสอบดังกล่าวสามารถหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ดังตารางภาคผนวก ข-2

ตารางภาคผนวก ข-2 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ของ Kolmogorov-Smirnov Test ในการทดสอบข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดทำความเย็น (Chiller Unit)

i	t_i	$\ln\frac{t_i}{t_{med}}$	ความน่าจะเป็นสะสม	$\left(\frac{i-1}{n}\right)$	$\frac{i}{n}$	D_1	D_2
1	1140	7.038784	0.041	0.000	0.083	0.041	0.042
2	2430	7.795647	0.138	0.083	0.167	0.054	0.029
3	2580	7.855545	0.149	0.167	0.250	-0.017	0.101
4	3120	8.045588	0.190	0.250	0.333	-0.060	0.143
5	6970	8.849371	0.422	0.333	0.417	0.089	-0.006
6	7500	8.922658	0.447	0.417	0.500	0.030	0.053
7	11520	9.35184	0.591	0.500	0.583	0.091	-0.008
8	13260	9.492507	0.637	0.583	0.667	0.054	0.030
9	20430	9.92476	0.764	0.667	0.750	0.097	-0.014
10	25650	10.1523	0.819	0.750	0.833	0.069	0.015
11	30510	10.32581	0.855	0.833	0.917	0.022	0.062
12	73410	11.20382	0.964	0.917	1.000	0.048	0.036

ดังนั้น maxD1 = 0.097 และ maxD2 = 0.143

เพราะฉะนั้น Kolmogorov-Smirnov Test = 0.156

4. หาบริเวณวิกฤต

ถ้า Dn< $D_{critical}$ การทดสอบสมมติฐานจะยอมรับ H0 แต่ถ้า Dn ≥ $D_{critical}$ การทดสอบสมมติฐานจะยอมรับ H1 ทำการเปิดตาราง Kolmogorov-Smirnov Test ที่ α = 0.05 และ n=12 (ตารางภาคผนวก ก-1) ได้ D0.05 =0.242 สรุปผลเนื่องจาก D1=0.156 < $D_{critical}$ =0.242 เพราะฉะนั้น การทดสอบสมมติฐานจะยอมรับ H0 ซึ่งหมายความว่า ไม่มีเหตุผลที่จะปฏิเสธข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดทำความเย็น (Chiller Unit) เป็นการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution)

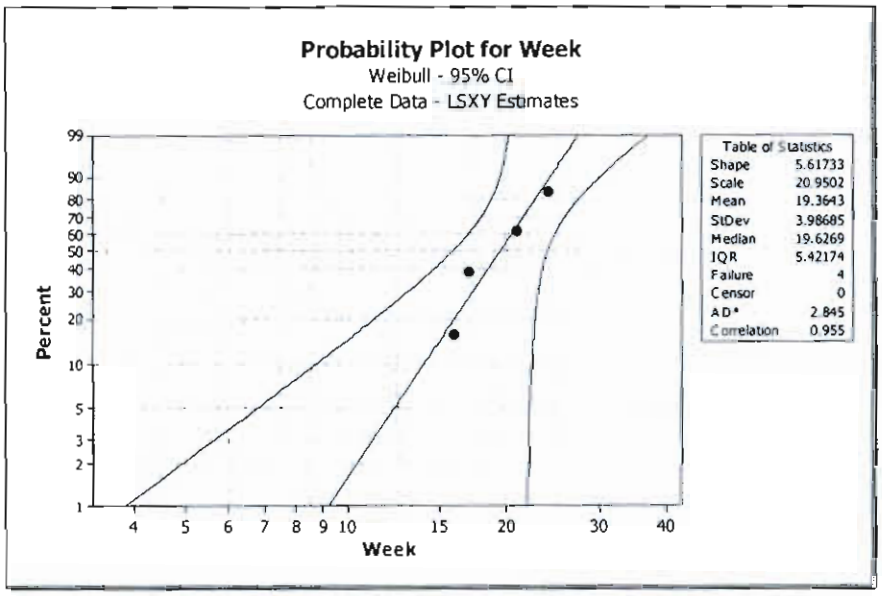
ตารางภาคผนวก ข-3 ความถี่ของการเสียหายของส่วนประกอบหลังจากการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

เดือน	ความถี่ของการเสียหายของส่วนประกอบหลังจากการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ครั้ง)						
	Extruder	Blender	IBC Airing	Bubble cage	Haul-Off	Corona	Winder
1	1	0	0	0	1	0	1
2	0	1	2	0	2	0	2
3	1	0	0	0	0	0	2
4	0	1	0	1	0	1	1
5	0	0	0	0	2	1	0
6	1	0	1	0	0	0	0
7	0	1	0	0	0	0	1
8	0	0	1	0	0	0	1
9	0	0	1	2	0	1	1
10	0	0	0	0	0	0	1
11	0	2	0	1	0	0	0
12	0	1	0	1	1	1	0

ชุดระเบิดผิวฟิล์ม (Corona)

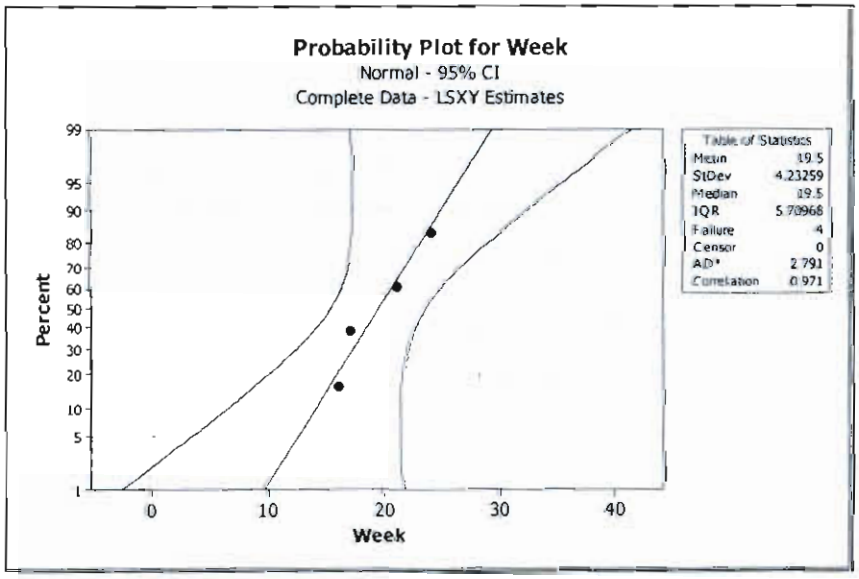
นำข้อมูลความถี่ของการเสียหายของชุดระเบิดผิวฟิล์ม (Corona) หลังจากการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จากตารางภาคผนวก ข-3 ทำการวิเคราะห์หารูปแบบการแจกแจงของข้อมูลด้วยการวาดกราฟความน่าจะเป็น (Probability Plotting) ด้วยโปรแกรม Minitab 14 ด้วยฟังก์ชัน Stat > Reliability/ Survival > Distribution Analysis (Right Censoring) > Parametric Distribution Analysis และกำหนดการแจกแจงแบบ การแจกแจงไวบูลล์ (Weibull Distribution) การแจกแจงเลขชี้กำลัง (Exponential Distribution) การแจกแจงปกติ (Normal Distribution) และการแจกแจงล็อกปกติ (Lognormal Distribution) ผลที่ได้ดังภาพภาคผนวก ข-2 ถึง ภาพภาคผนวก ข-5

การแจกแจงแบบไวบูลล์ (Weibull Distribution)



ภาพภาคผนวก ข-2 แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์การแจกแจงแบบไวบูลล์ (Weibull Distribution)

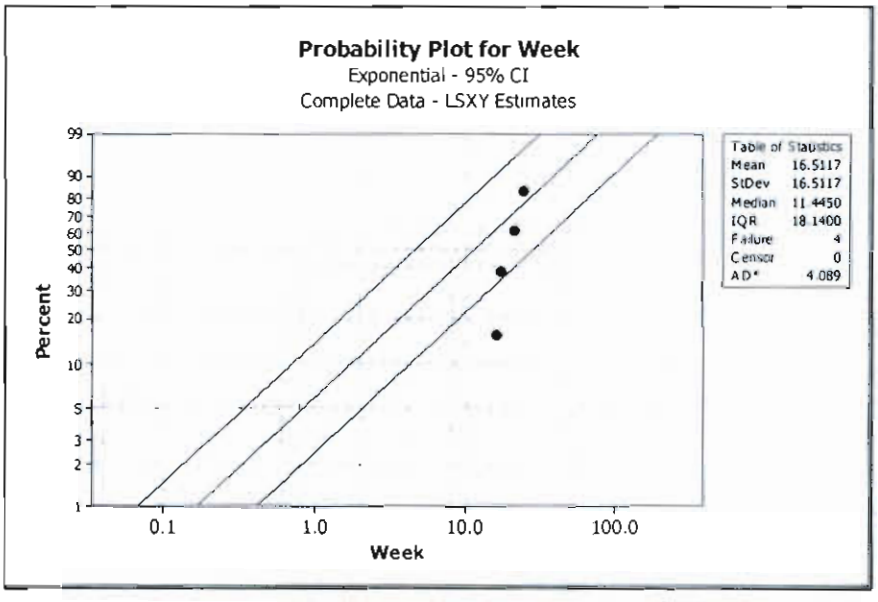
การแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง (Exponential Distribution)



ภาพภาคผนวก ข-3 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์การแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง

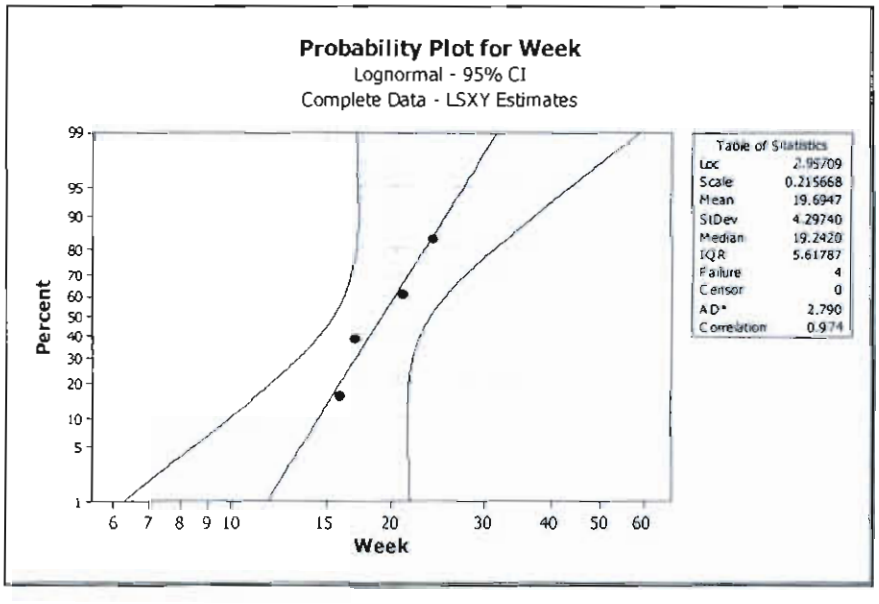
(Exponential Distribution)

การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)



ภาพภาคผนวก ข-4 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

การแจกแจงล็อกปกติ (Lognormal Distribution)



ภาพภาคผนวก ข-5 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์การแจกแจงล็อกปกติ (Lognormal Distribution)

ทำการเปรียบเทียบค่า AD* ของการแจกแจงแต่ละรูปแบบ

ตารางภาคผนวก ช-4 การเปรียบเทียบค่า AD*

	Weibull	Exponential	Normal	Lognormal
ชุดระเบิดผิวฟิล์ม (Corona)	2.845	2.791	4.089	**2.790**

จากตารางภาคผนวก ช-4 พบว่า จำนวนข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดระเบิดผิวฟิล์ม (Corona) มีค่า AD* มีค่าน้อยสุดเท่ากับ 2.790 ซึ่งแสดงว่า ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดระเบิดผิวฟิล์ม (Corona) มีการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution) เพื่อยืนยันผล ได้ทำการวิเคราะห์รูปแบบการแจกแจงโดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Kolmogorov-Smirnov เนื่องจากเป็นการทดสอบในรูปแบบการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. กำหนดสมมติฐาน

H0: ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดระเบิดผิวฟิล์ม (Corona) เป็นการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution)

H1: ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดระเบิดผิวฟิล์ม (Corona) ไม่เป็นการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution)

2. กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

3. เลือกตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบและคำนวณหาค่าสถิติที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ Kolmogorov-Smirnov Test และจากสถิติที่ใช้ทดสอบดังกล่าวสามารถหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ดังตารางภาคผนวก ช-5 ดัง

ตารางภาคผนวก ข-5 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ของ Kolmogorov-Smirnov Test ในการทดสอบข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดระเบิดผิวฟิล์ม (Corona)

i	t_i	$Ln\frac{t_i}{t_{med}}$	ความน่าจะเป็นสะสม	$\frac{(i-1)}{n}$	$\frac{i}{n}$	D_1	D_2
1	151260	-0.283	0.122	0.000	0.250	0.122	0.128
2	181010	-0.104	0.335	0.250	0.500	0.085	0.165
3	202060	0.006	0.510	0.500	0.750	0.010	0.240
4	293760	0.381	0.941	0.750	1.000	0.191	0.059

ดังนั้น maxD1 = 0.191 และ maxD2 = 0.240

เพราะฉะนั้น Kolmogorov-Smirnov Test = 0.240

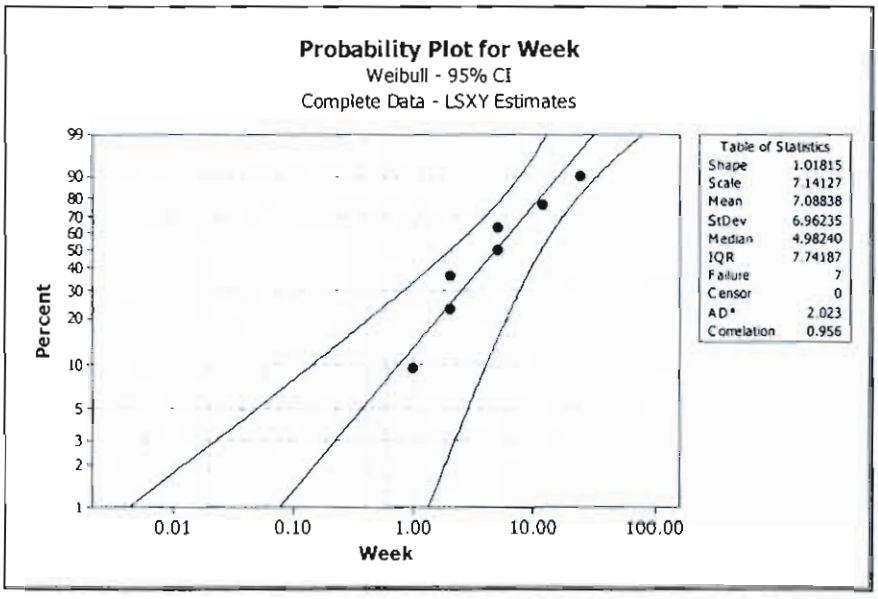
4. หาบริเวณวิกฤต

ถ้า $Dn < D_{critical}$ การทดสอบสมมติฐานจะยอมรับ H0 แต่ถ้า $Dn \geq D_{critical}$ การทดสอบสมมติฐานจะยอมรับ H1 ทำการเปิดตาราง Kolmogorov-Smirnov Test ที่ α = 0.05 และ n=4 (ตารางภาคผนวก ก 1) ได้ D0.05 = 0.381 สรุปผล เนื่องจาก $D2=0.240 < D_{critical} = 0.381$ เพราะฉะนั้น การทดสอบสมมติฐานจะยอมรับ H0 ซึ่งหมายความว่า ไม่มีเหตุผลที่จะปฏิเสธข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดระเบิดผิวฟิล์ม (Corona) เป็นการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution)

ชุดเกลี่ยความหนาฟิล์ม (Hual Off)

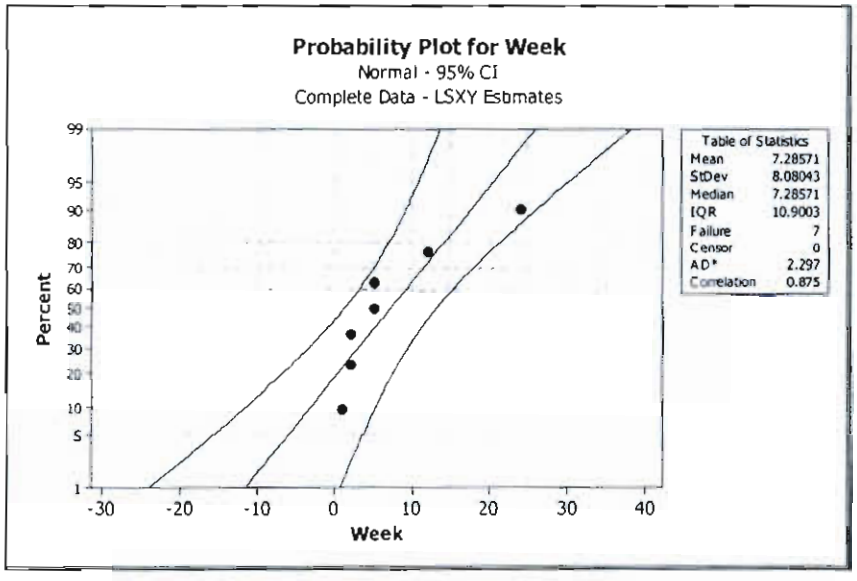
นำข้อมูลความถี่ของการเสียหายของชุดเกลี่ยความหนาฟิล์ม (Hual Off) หลังจากการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จากตารางภาคผนวก ข-3 ทำการวิเคราะห์หารูปแบบการแจกแจงของข้อมูลด้วยการวาดกราฟความน่าจะเป็น (Probability Plotting) ด้วยโปรแกรม Minitab 14 ฟังก์ชั่น Stat > Reliability/ Survival > Distribution Analysis (Right Censoring) > Parametric Distribution Analysis ทำการกำหนดการแจกแจงแบบไวบูลล์ (Weibull Distribution) การแจกแจงเลขชี้กำลัง (Exponential Distribution) การแจกแจงปกติ (Normal Distribution) และการแจกแจงล็อกปกติ (Lognormal Distribution) ผลที่ได้ดังภาพภาคผนวก ข-6 ถึง ภาพภาคผนวก ข-9

การแจกแจงแบบไวบูลล์ (Weibull Distribution)



ภาพภาคผนวก ข-6 แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์การแจกแจงแบบไวบูลล์ (Weibull Distribution)

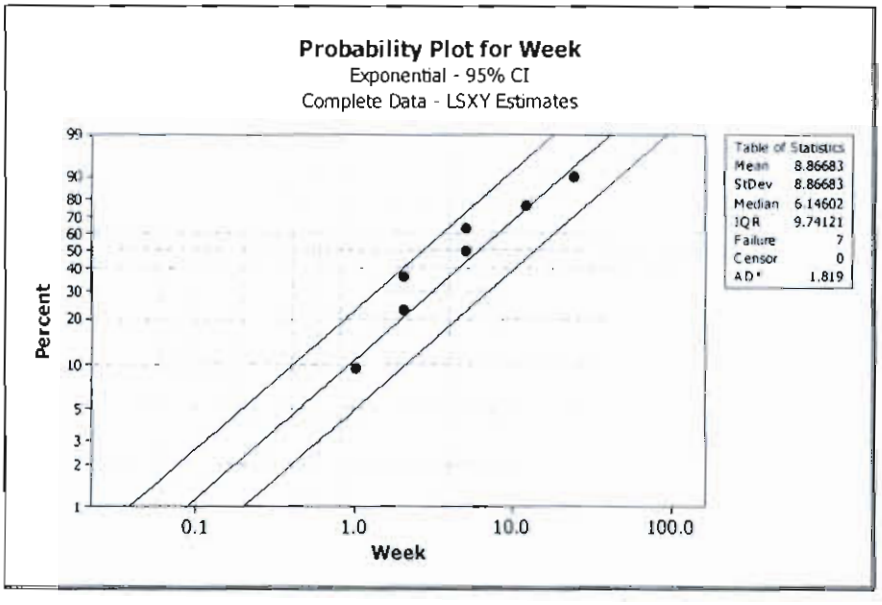
การแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง (Exponential Distribution)



ภาพภาคผนวก ข-7 แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์การแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง \

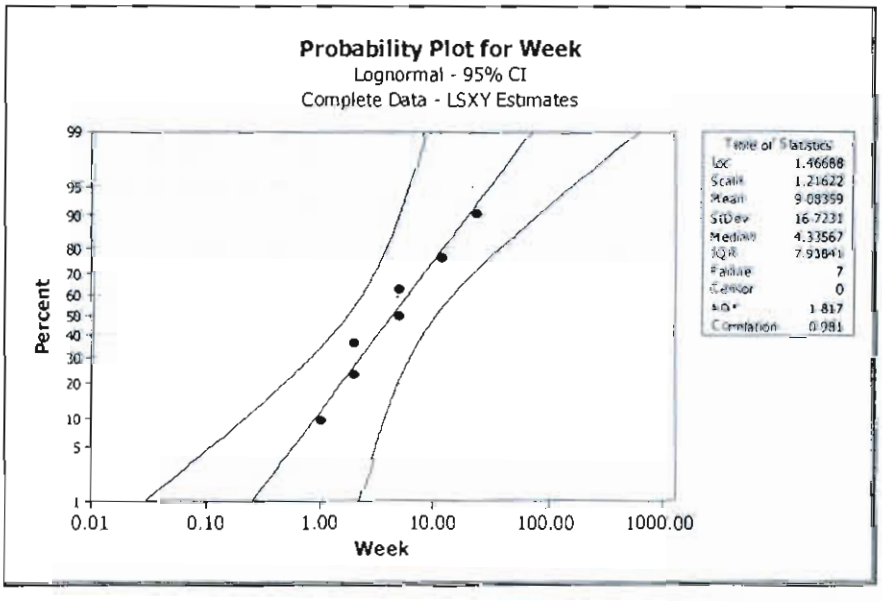
(Exponential Distribution)

การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)



ภาพภาคผนวก ข-8 แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

การแจกแจงล็อกปกติ (Lognormal Distribution)



ภาพภาคผนวก ข-9 แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์การแจกแจงล็อกปกติ (Lognormal Distribution)

ทำการเปรียบเทียบค่า AD* ของการแจกแจงแต่ละรูปแบบ ดังตารางภาคผนวก ค-6

ตารางภาคผนวก ข-6 แสดงการเปรียบเทียบค่า AD*

	Weibull	Exponential	Normal	Lognormal
ชุด Haul-Off	2.023	1.819	2.297	**1.817**

จากตารางภาคผนวก ข-6 พบว่า จำนวนข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุด Haul-Off มีค่า AD* มีค่าน้อยสุดเท่ากับ 1.817 ซึ่งแสดงว่า ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุด Haul-Off มีการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution) เพื่อยืนยันผล ได้ทำการวิเคราะห์รูปแบบการแจกแจงโดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Kolmogorov-Smirnov เนื่องจากเป็นการทดสอบในรูปแบบการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. กำหนดสมมติฐาน

H0: ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดเกลี่ยความหนาฟิล์ม (Hual Off) เป็นการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution)

H1: ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดเกลี่ยความหนาฟิล์ม (Hual off) ไม่เป็นการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution)

2. กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

3. เลือกตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบและคำนวณหาค่าสถิติที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ Kolmogorov-Smirnov Test และจากสถิติที่ใช้ทดสอบดังกล่าวสามารถหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ดังตารางภาคผนวก ข-7

ตารางภาคผนวก ข-7 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ของ Kolmogorov-Smirnov Test ในการทดสอบข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของ ชุด Haul-Off

i	t_i	$Ln\frac{t_i}{t_{med}}$	ความน่าจะเป็นสะสม	$\frac{(i-1)}{n}$	$\frac{i}{n}$	D_1	D_2
1	4350	-2.280	0.045	0.000	0.125	0.045	0.080
2	12560	-1.220	0.182	0.125	0.250	0.057	0.068
3	16230	-0.964	0.237	0.250	0.375	-0.013	0.138
4	43660	0.026	0.508	0.375	0.500	0.133	-0.008
5	44175	0.038	0.511	0.500	0.625	0.011	0.114
6	111900	0.967	0.764	0.625	0.750	0.139	-0.014
7	227625	1.677	0.894	0.750	0.875	0.144	-0.019
8	246180	1.756	0.904	0.875	1.000	0.029	0.096

ดังนั้น maxD1 = 0.144 และ maxD2 = 0.138

เพราะฉะนั้น Kolmogorov-Smirnov Test = 0.144

4. หาบริเวณวิกฤต

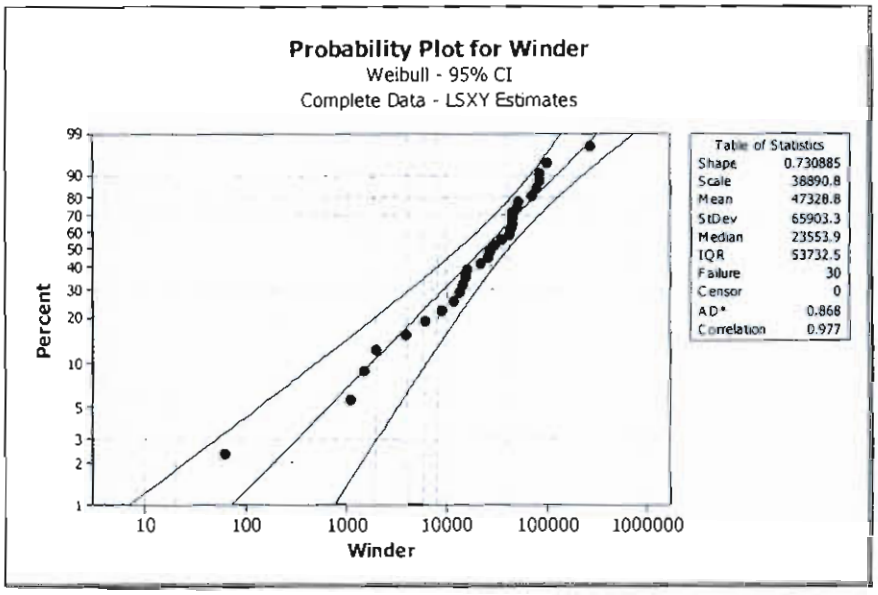
ถ้า Dn< $D_{critical}$ การทดสอบสมมติฐานจะยอมรับ H0 แต่ถ้า Dn $\geq D_{critical}$ การทดสอบสมมติฐานจะยอมรับ H1 ทำการเปิดตาราง Kolmogorov-Smirnov Test ที่ α = 0.05 และ n=8 (ตารางภาคผนวก ก 1) ได้ D0.05 = 0.285 สรุปผล เนื่องจาก D1=0.269 < $D_{critical}$ = 0.144 เพราะฉะนั้น การทดสอบสมมติฐานจะยอมรับ H0 ซึ่งหมายความว่า ไม่มีเหตุผลที่จะปฏิเสธข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของ ชุด Hual Off เป็นการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution)

ชุดเก็บม้วน (Winder)

นำข้อมูลความถี่ของการเสียหายของชุดเก็บม้วน (Winder) หลังจากการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จากตารางภาคผนวก ข-3 ทำการวิเคราะห์หารูปแบบการแจกแจงของข้อมูลด้วยการวาดกราฟความน่าจะเป็น (Probability Plotting) ด้วยโปรแกรม Minitab 14 ฟังก์ชั่น Stat > Reliability/ Survival > Distribution Analysis (Right Censoring) > Parametric Distribution Analysis ทำการหนดการแจกแจงแบบไวบูลล์ (Weibull Distribution) การแจกแจงเลขชี้กำลัง (Exponential

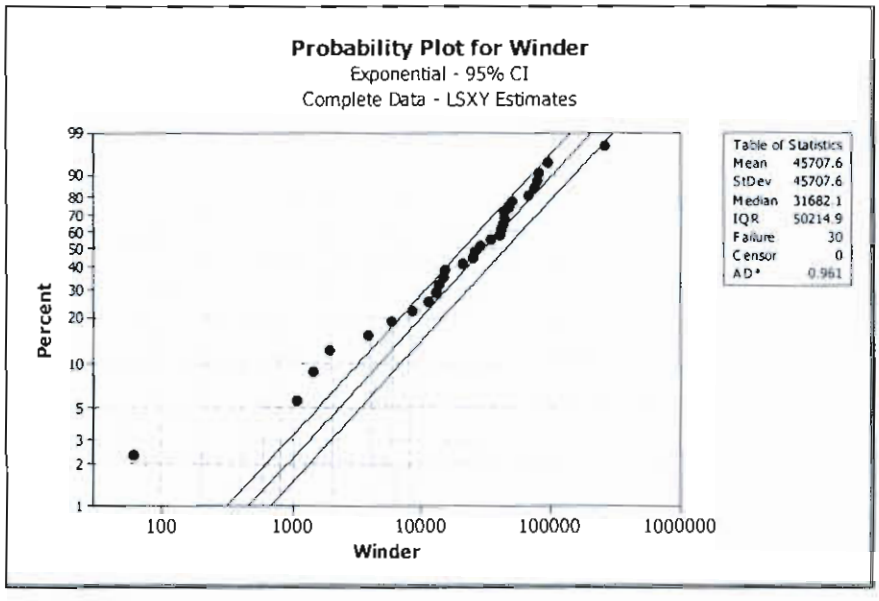
Distribution) การแจกแจงปกติ (Normal Distribution) และการแจกแจง ล็อกปกติ (Lognormal Distribution) ผลที่ได้ดังภาพภาคผนวก ข-10 ถึง ภาพภาคผนวก ข-13

การแจกแจงแบบไวบูลล์ (Weibull Distribution)



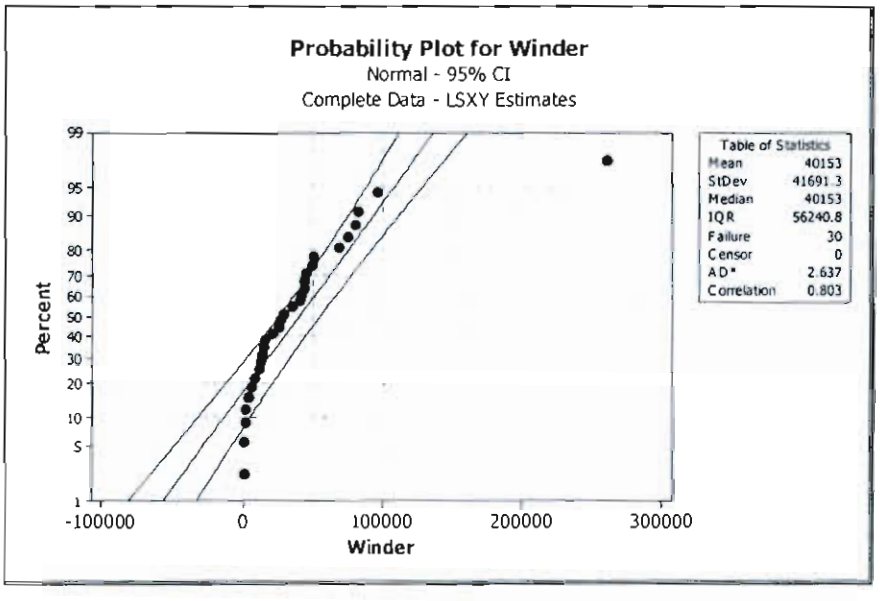
ภาพภาคผนวก ข-10 แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์การแจกแจงแบบไวบูลล์ (Weibull Distribution)

การแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง (Exponential Distribution)



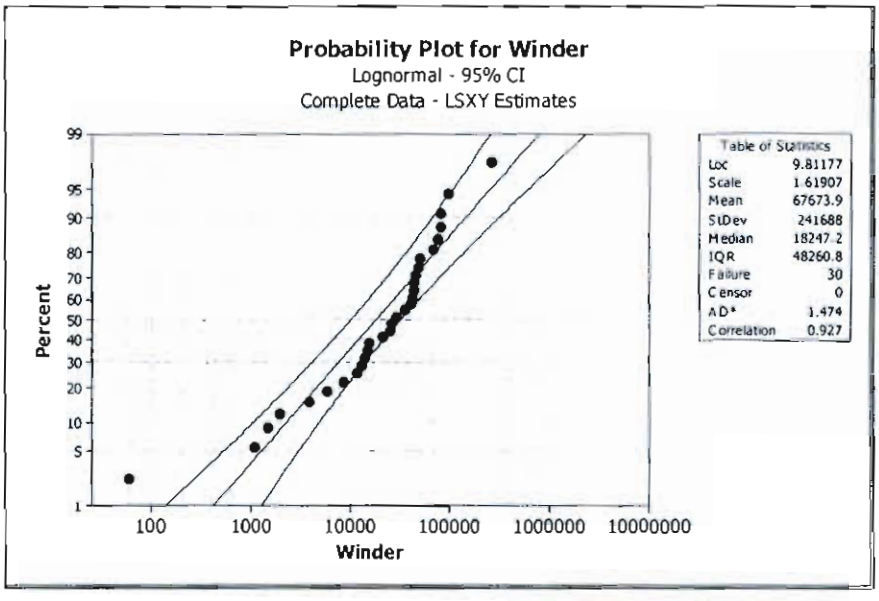
ภาพภาคผนวก ข-11 แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์การแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง (Exponential Distribution)

การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)



ภาพภาคผนวก ข-12 แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

การแจกแจงล็อกปกติ (Lognormal Distribution)



ภาพภาคผนวก ข-13 แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์การแจกแจงล็อกปกติ (Lognormal Distribution)

ทำการเปรียบเทียบค่า AD* ของการแจกแจงแต่ละรูปแบบ

ตารางภาคผนวก ข-8 การเปรียบเทียบค่า AD*

	Weibull	Exponential	Normal	Lognormal
ชุดเก็บม้วน (Winder)	1.474	0.961	2.637	**0.868**

จากตารางภาคผนวก ข-8 พบว่าจำนวนข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดเก็บม้วน (Winder) มีค่า AD* มีค่าน้อยสุดเท่ากับ 0.868 ซึ่งแสดงว่า ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุด Haul-Off มีการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution) เพื่อยืนยันผล ได้ทำการวิเคราะห์รูปแบบการแจกแจงโดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Kolmogorov-Smirnov เนื่องจากเป็นการทดสอบในรูปแบบการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. กำหนดสมมติฐาน

H0: ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดเก็บม้วน (Winder) เป็นการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution)

H1: ข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดเก็บม้วน (Winder) ไม่เป็นการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution)

2. กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

3. เลือกตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบและคำนวณหาค่าสถิติที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ Kolmogorov-Smirnov Test และจากสถิติที่ใช้ทดสอบดังกล่าวสามารถหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ดังตารางภาคผนวก ข-9

ตารางภาคผนวก ข-9 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ของ Kolmogorov-Smirnov Test ในการทดสอบข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของ ชุดเก็บม้วน (Winder)

i	t_i	$Ln\frac{t_i}{t_{med}}$	ความน่าจะเป็นสะสม	$\frac{(i-1)}{n}$	$\frac{i}{n}$	D_1	D_2
1	5880	-1.915	0.017	0.000	0.067	v	0.050
2	12930	-1.127	0.105	0.067	0.133	0.038	0.028
3	14970	-0.980	0.138	0.133	0.200	0.004	0.062
4	21060	-0.639	0.239	0.200	0.267	0.039	0.028
5	28710	-0.329	0.357	0.267	0.333	0.090	-0.024
6	34680	-0.140	0.438	0.333	0.400	0.105	-0.038
7	40875	0.024	0.511	0.400	0.467	0.111	-0.044
8	41790	0.046	0.521	0.467	0.533	0.054	0.013
9	44370	0.106	0.547	0.533	0.600	0.014	0.053
10	50430	0.234	0.603	0.600	0.667	0.003	0.064
11	67860	0.531	0.723	0.667	0.733	0.056	0.011
12	80455	0.701	0.782	0.733	0.800	0.049	0.018
13	81960	0.720	0.788	0.800	0.867	-0.012	0.078
14	96750	0.886	0.838	0.867	0.933	-0.029	0.096
15	262090	1.882	0.982	0.933	1.000	0.049	0.018

ดังนั้น maxD1 = 0.111 และ maxD2 = 0.096

เพราะฉะนั้น Kolmogorov-Smirnov Test = 0.111

4. หาบริเวณวิกฤต

ถ้า Dn< $D_{critical}$ การทดสอบสมมติฐานจะยอมรับ H0 แต่ถ้า Dn ≥ $D_{critical}$ การทดสอบสมมติฐานจะยอมรับ H1 ทำการเปิดตาราง Kolmogorov-Smirnov Test ที่ α = 0.05 และ n=8 (ตารางภาคผนวก ก-1) ได้ D0.05 = 0.220 สรุปผลเนื่องจาก D1=0.111 < $D_{critical}$ = 0.220 เพราะฉะนั้น การทดสอบสมมติฐานจะยอมรับ H0 ซึ่งหมายความว่า ไม่มีเหตุผลที่จะปฏิเสธข้อมูลช่วงเวลาความเสียหายของชุดเก็บม้วน (Winder) เป็นการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution)

ภาคผนวก ค

แผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องเป่าฟิล์ม

ตารางภาคผนวก ค-1 มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักรในส่วนชุดเป่าลมเย็นให้ฟิล์มเซ็ตตัว (IBC Airing)

มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร									
ชื่อเครื่องจักร: เครื่องเป่าฟิล์ม 1		ส่วนเครื่องจักร: IBC Airing		หน่วยงาน: เป่าฟิล์ม		ผู้รับผิดชอบ: พิทักษ์		หน้า 1 จาก 2	
ลำดับ	สถานะ	ส่วนที่ทำการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	สาเหตุ	วิธีการ	เครื่องมือ	วิธีการเมื่อไม่ปกติ	ความถี่	เวลา (นาที)
C1	R	พื้นที่เครื่องจักร	- สะอาดไม่มีฝุ่น	-ไม่ทำตามแผน	- ปัด/กวาด	- ไม้กวาด/ ผ้า	- ทำความสะอาดซ้ำ	ก่อนส่งกะ	15
C2	R	เครื่องจักร	- สะอาดไม่มีฝุ่น	- ไม่ทำตามแผน	- ปัด/เช็ด	- ไม้กวาด/ ผ้า	- ทำความสะอาดซ้ำ		15
CI3	R	มอเตอร์ Supply Blower	- ไม่มีเสียงดัง - มอเตอร์ร้อนไม่เกิน 90°C - กระแสไม่เกิน 30 A - ไม่มีฝุ่นเกาะ	- ไม่ทำตามแผน - มอเตอร์ทำงานเกินกำลัง - มอเตอร์หมดอายุการใช้งาน	- หู - วัดเทอร์โมมิเตอร์ - วัดแอมป์มิเตอร์	- เทอร์โมมิเตอร์ - แอมป์มิเตอร์	- ทำการเปลี่ยนใหม่	1 เดือน	15
CI4	R	มอเตอร์ Air Ring Blower						1 เดือน	15
CI5	R	มอเตอร์ Exhaust Blower						1 เดือน	15
CI6	R	แผงกรองฝุ่น Supply Blower	- สะอาดไม่อุดตัน	- ไม่ทำตามแผน	- เป่าลม/เช็ด	- ลมเป่า	- ทำความสะอาดซ้ำ	1 เดือน	10
CI7	R	แผงกรองฝุ่น Air ring Blower						1 เดือน	10
CI8	R	แผงกรองฝุ่น Exhaust Blower						1 เดือน	10

ตารางภาคผนวก ค-1 มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักรในส่วนชุดเป่าลมเย็นให้ฟิล์มเซ็ตตัว (IBC Airing) (ต่อ)

มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร									
ชื่อเครื่องจักร: เครื่องเป่าฟิล์ม 1		ส่วนเครื่องจักร: IBC Airing		หน่วยงาน: เป่าฟิล์ม		ผู้รับผิดชอบ: พิทักษ์		หน้า 2 จาก 2	
ลำดับ	สถานะ	ส่วนที่ทำการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	สาเหตุ	วิธีการ	เครื่องมือ	วิธีการเมื่อไม่ปกติ	ความถี่	เวลา (นาที)
LI9	S	ลูกปืน	- หมุนคล่อง, - ไม่ฝืด	ขาดการหล่อลื่นการอัดจารบีไม่เข้า	อัดจาระบี	หัวอัดจาระบี	- อัดจาระบี - ตรวจสอบสายอัดและหัวอัดจาระบี	3 เดือน	15
I10	S	สายพาน	- ไม่ตึง ,ไม่หย่อน	- เกิดการล้า, หมดอายุการใช้งาน	- ใช้มือกด	ประแจตั้งใหม่	ปรับตั้งใหม่	1 เดือน	5

ตารางภาคผนวก ค-2 มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักรในส่วนของชุดเกลี่ยความหนาฟิล์ม (Hual Off)

มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร									
ชื่อเครื่องจักร: เครื่องเป่าฟิล์ม 1		ส่วนเครื่องจักร: Hual off		หน่วยงาน: เป่าฟิล์ม		ผู้รับผิดชอบ: พิทักษ์		หน้า 1 จาก 2	
ลำดับ	สถานะ	ส่วนที่ทำการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	สาเหตุ	วิธีการ	เครื่องมือ	วิธีการเมื่อไม่ปกติ	ความถี่	เวลา (นาที)
C1	R	พื้นที่เครื่องจักร	- สะอาดไม่มีฝุ่น	-ไม่ทำตามแผน	- ปัด/ กวาด	- ไม้กวาด /ผ้า	- ทำความสะอาดซ้ำ	ก่อนส่งกะ	15
C2	R	เครื่องจักร	- สะอาดไม่มีฝุ่น	- ไม่ทำตามแผน	- ปัด /เช็ด	- ไม้กวาด /ผ้า	- ทำความสะอาดซ้ำ		15
C3	S	มอเตอร์ Upper Nip	- ไม่มีเสียงดัง - มอเตอร์ร้อนไม่เกิน 90°C - กระแสไม่เกิน 30 A - ไม่มีฝุ่นเกาะ	- ไม่ทำตามแผน - มอเตอร์ทำงานเกินกำลัง - มอเตอร์หมดอายุการใช้งาน	- หู - วัดเทอร์โมมิเตอร์ - วัดแอมป์มิเตอร์	- เทอร์โมมิเตอร์ - แอมป์มิเตอร์	- ทำการเปลี่ยนใหม่	1 เดือน	15
C4	S	มอเตอร์ Blower ของ Turning Bar 1						1 เดือน	15
C5	S	มอเตอร์ Blower ของ Turning Bar 2						1 เดือน	15
C6	S	แผงกรองฝุ่น Blower ของ Turning Bar 1	- สะอาดไม่อุดตัน	- ไม่ทำตามแผน	- เป่าลม/เช็ด	- ลมเป่า	- ทำความสะอาดซ้ำ	1 เดือน	10
C7	S	แผงกรองฝุ่น Blower ของ Turning Bar 2						1 เดือน	10

ตารางภาคผนวก ค-2 มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักรในส่วนของชุดเกลี่ยความหนาฟิล์ม (Hual Off) (ต่อ)

มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร									
ชื่อเครื่องจักร: เครื่องเป่าฟิล์ม I		ส่วนเครื่องจักร: Haul off		หน่วยงาน: เป่าฟิล์ม		ผู้รับผิดชอบ: พิทักษ์		หน้า 2 จาก 2	
ลำดับ	สถานะ	ส่วนที่ทำการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	สาเหตุ	วิธีการ	เครื่องมือ	วิธีการเมื่อไม่ปกติ	ความถี่	เวลา (นาที)
I8	S	สายพาน	- ไม่ตึง, ไม่หย่อน	- เกิดการล้า , หมดอายุการใช้งาน	- ใช้มือกด	- ประแจตั้งใหม่ - เปลี่ยนสายพาน	- ปรับตั้งใหม่ - เปลี่ยนสายพาน	1 เดือน	3
L9	R	Roller	- หมุนคล่อง. - ไม่ฝืด - ความเร็วของเครื่องวัดรอบเท่ากับความเร็วเครื่อง	- ขาดการหล่อลื่น - อัดจาระบีไม่เข้า	- อัดจาระบี - วัดความเร็วรอบ	- หัวอัดจาระบี - เครื่องวัดความเร็วรอบ	- อัดจาระบี - ตรวจสอบสายอัดและหัวอัดจาระบี	3 เดือน	15

ตารางภาคผนวก ค-3 มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักรในส่วนของชุดเก็บม้วนฟิล์ม (Winder)

มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร									
ชื่อเครื่องจักร: เครื่องเป่าฟิล์ม 1		ส่วนเครื่องจักร: Winder		หน่วยงาน: เป่าฟิล์ม		ผู้รับผิดชอบ: พิทักษ์		หน้า 1 จาก 2	
ลำดับ	สถานะ	ส่วนที่ทำการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	สาเหตุ	วิธีการ	เครื่องมือ	วิธีการเมื่อไม่ปกติ	ความถี่	เวลา (นาที)
C1	R	พื้นที่เครื่องจักร	- สะอาดไม่มีฝุ่น	-ไม่ทำตามแผน	- ปัด/กวาด	- ไม้กวาด /ผ้า	- ทำความสะอาดซ้ำ	ก่อนส่งกะ	15
C2	R	เครื่องจักร	- สะอาดไม่มีฝุ่น	- ไม่ทำตามแผน	- ปัด/เช็ด	- ไม้กวาด /ผ้า	- ทำความสะอาดซ้ำ		15
C13	S	มอเตอร์ Winder A1	- ไม่มีเสียงดัง - มอเตอร์ร้อนไม่เกิน 90°C - กระแสไม่เกิน 30 A - ไม่มีฝุ่นเกาะ	- ไม่ทำตามแผน - มอเตอร์ทำงานเกินกำลัง - มอเตอร์หมดอายุการใช้งาน	- หู - วัดเทอร์โมมิเตอร์ - วัดแอมป์มิเตอร์	- เทอร์โมมิเตอร์ - แอมป์มิเตอร์	- ทำการเปลี่ยนใหม่	1 เดือน	15
C14	S	มอเตอร์ Winder B1						1 เดือน	15
C15	S	มอเตอร์ Re-Winder B1						1 เดือน	15
C15	S	มอเตอร์ Re-Winder B2						1 เดือน	15
C6	S	แผงกรองฝุ่นตู้ Winder A	- สะอาดไม่อุดตัน	- ไม่ทำตามแผน	- เป่าลม/เช็ด	- ลมเป่า	- ทำความสะอาดซ้ำ	1 เดือน	10
C7	S	แผงกรองฝุ่นตู้ Winder B						1 เดือน	10

ตารางภาคผนวก ค-3 มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักรในส่วนของชุดเก็บม้วนฟิล์ม (Winder) (ต่อ)

มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร									
ชื่อเครื่องจักร: เครื่องเป่าฟิล์ม 1		ส่วนเครื่องจักร: Winder		หน่วยงาน: เป่าฟิล์ม		ผู้รับผิดชอบ: พิทักษ์		หน้า 2 จาก 2	
ลำดับ	สถานะ	ส่วนที่ทำการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	สาเหตุ	วิธีการ	เครื่องมือ	วิธีการเมื่อไม่ปกติ	ความถี่	เวลา (นาที)
I8	S	สายพาน Winder A1	- ไม่ตึง, ไม่หย่อน	- เกิดการล้า, หมดอายุการใช้งาน	- ใช้มือกด	ประแจตั้งใหม่	ปรับตั้งใหม่	1 เดือน	5
I9	S	สายพาน Winder A2						1 เดือน	5
I10	S	สายพาน Winder B1						1 เดือน	5
I11	S	สายพาน Winder B2						1 เดือน	5
LI12	R	Roller	- หมุนคล่อง, - ไม่ฝืด - ความเร็วของเครื่องวัดรอบเท่ากับความเร็วเครื่อง	- ขาดการหล่อลื่น - อัดจารบีไม่เข้า	- อัดจาระบี - วัดความเร็วรอบ	- หัวอัดจาระบี - เครื่องวัดความเร็วรอบ	- อัดจาระบี - ตรวจสอบสายอัดและหัวอัดจาระบี	3 เดือน	15

ตารางภาคผนวก ค-4 มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักรในส่วนของชุดรีดลม (Bubble Cage)

มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร									
ชื่อเครื่องจักร: เครื่องเป่าฟิล์ม 1		ส่วนเครื่องจักร: Bubble cage		หน่วยงาน: เป่าฟิล์ม		ผู้รับผิดชอบ: พิทักษ์		หน้า 1 จาก 2	
ลำดับ	สถานะ	ส่วนที่ทำการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	สาเหตุ	วิธีการ	เครื่องมือ	วิธีการเมื่อไม่ปกติ	ความถี่	เวลา (นาที)
C1	R	พื้นที่เครื่องจักร	- สะอาดไม่มีฝุ่น	-ไม่ทำตามแผน	- ปัด/กวาด	- ไม้กวาด /ผ้า	- ทำความสะอาดซ้ำ	ก่อนส่งกะ	15
C2	R	เครื่องจักร	- สะอาดไม่มีฝุ่น	- ไม่ทำตามแผน	- ปัด/เช็ด	- ไม้กวาด /ผ้า	- ทำความสะอาดซ้ำ		15
C3	S	มอเตอร์ Sec. Nip	- ไม่มีเสียงดัง - มอเตอร์ร้อนไม่เกิน 90 องศา - กระแสไม่เกิน 30 A - ไม่มีฝุ่นเกาะ	- ไม่ทำตามแผน - มอเตอร์ทำงานเกินกำลัง - มอเตอร์หมดอายุการใช้งาน	- หู - วัดเทอร์โมมิเตอร์ - วัดแอมป์มิเตอร์	- เทอร์โมมิเตอร์ - แอมป์มิเตอร์	- ทำการเปลี่ยนใหม่	1 เดือน	15
C4	S	แผงกรองฝั่นตู้ควบคุม	- สะอาดไม่อุดตัน	- ไม่ทำตามแผน	- เป่าลม/เช็ด	- ลมเป่า	- ทำความสะอาดซ้ำ	1 เดือน	10

ตารางภาคผนวก ค-4 มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักรในส่วนของชุดรีดลม (Bubble Cage) (ต่อ)

มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร									
ชื่อเครื่องจักร: เครื่องเป่าฟิล์ม 1		ส่วนเครื่องจักร: Bubble cage		หน่วยงาน: เป่าฟิล์ม		ผู้รับผิดชอบ: พิทักษ์		หน้า 2 จาก 2	
ลำดับ	สถานะ	ส่วนที่ทำการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	สาเหตุ	วิธีการ	เครื่องมือ	วิธีการเมื่อไม่ปกติ	ความถี่	เวลา (นาที)
I5	S	สายพาน	- ไม่ตึง, ไม่หย่อน	- เกิดการล้า, หมดอายุการใช้งาน	- ใช้มือกด	ประแจตั้งใหม่	ปรับตั้งใหม่	1 เดือน	3
LI6	R	Roller	- หมุนคล่อง, - ไม่ฝืด - ความเร็วของเครื่องวัดรอบเท่ากับความเร็วเครื่อง	- ขาดการหล่อลื่น - อัดจารบีไม่เข้า	- อัดจาระบี - วัดความเร็วรอบ	- หัวอัดจาระบี - เครื่องวัดความเร็วรอบ	- อัดจาระบี - ตรวจสอบสายอัดและหัวอัดจาระบี	3 เดือน	15

ตารางภาคผนวก ค-5 มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักรในส่วนของชุดระเบิดผิวฟิล์ม (Corona Treatment)

มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร									
ชื่อเครื่องจักร: เครื่องเป่าฟิล์ม 1		ส่วนเครื่องจักร: Corona		หน่วยงาน: เป่าฟิล์ม		ผู้รับผิดชอบ: พิทักษ์		หน้า 1 จาก 1	
ลำดับ	สถานะ	ส่วนที่ทำการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	สาเหตุ	วิธีการ	เครื่องมือ	วิธีการเมื่อไม่ปกติ	ความถี่	เวลา (นาที)
C1	R	พื้นที่เครื่องจักร	- สะอาดไม่มีฝุ่น	-ไม่ทำตามแผน	- ปัด/ กวาด	- ไม้กวาด/ ผ้า	- ทำความสะอาดซ้ำ	ก่อนส่งกะ	15
C2	R	เครื่องจักร	- สะอาดไม่มีฝุ่น	- ไม่ทำตามแผน	- ปัด/ เช็ด	- ไม้กวาด/ ผ้า	- ทำความสะอาดซ้ำ		15
CI3	S	แท่ง Electrode	- สะอาด, ไม่มีคราบ - ไม่มีรอยแตก	- ไม่ทำตามแผน - หมดอายุการใช้งาน	- ปัด/ เช็ด - เปลี่ยนใหม่	- ผ้า/ แอลกอฮอล์	- ทำความสะอาดซ้ำ - เปลี่ยนใหม่	1 เดือน	20
CI4	S	ชุดลูกกลิ้งโคโรน่า	- ลูกกลิ้งสะอาด, ไม่มีคราบ - หมุนกล่อง - ไม่ฝืด	- ขาดการหล่อลื่น - อัดจารบีไม่เข้า	- อัดจาระบี - วัดความเร็วรอบ	- หัวอัดจาระบี - เครื่องวัดความเร็วรอบ	- อัดจาระบี - ตรวจสอบสายอัดและหัวอัดจาระบี	3 เดือน	15
IL5	R	ชุดลูกกลิ้ง	- หมุนกล่อง, - ไม่ฝืด - ความเร็วของเครื่องวัดรอบเท่ากับความเร็วเครื่อง	- ขาดการหล่อลื่น - อัดจารบีไม่เข้า	- อัดจาระบี - วัดความเร็วรอบ	- หัวอัดจาระบี - เครื่องวัดความเร็วรอบ	- อัดจาระบี - ตรวจสอบสายอัดและหัวอัดจาระบี	3 เดือน	15

ตารางภาคผนวก ค-6 มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักรในส่วนของชุดดูดเม็ดและชุดผสมเม็ดพลาสติก (Blender)

มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร									
ชื่อเครื่องจักร: เครื่องเป่าฟิล์ม 1		ส่วนเครื่องจักร: Blender		หน่วยงาน: เป่าฟิล์ม		ผู้รับผิดชอบ: พิทักษ์		หน้า 1 จาก 2	
ลำดับ	สถานะ	ส่วนที่ทำการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	สาเหตุ	วิธีการ	เครื่องมือ	วิธีการเมื่อไม่ปกติ	ความถี่	เวลา (นาที)
C1	R	พื้นที่เครื่องจักร	- สะอาดไม่มีฝุ่น	-ไม่ทำตามแผน	- ปัด/กวาด	- ไม้กวาด/ ผ้า	- ทำความสะอาดซ้ำ	ก่อนส่งกะ	15
C2	R	เครื่องจักร	- สะอาดไม่มีฝุ่น	- ไม่ทำตามแผน	- ปัด/ เช็ด	- ไม้กวาด/ ผ้า	- ทำความสะอาดซ้ำ		15
CI3	S	มอเตอร์ผสมเม็ดพลาสติก ชุด Am, A1, A2	- ไม่มีเสียงดัง - มอเตอร์ร้อนไม่เกิน 90°C - กระแสไม่เกิน 1.5 A - ไม่มีฝุ่นเกาะ	- ไม่ทำตามแผน - มอเตอร์ทำงานเกินกำลัง - มอเตอร์หมดอายุการใช้งาน	- หู - วัดเทอร์โมมิเตอร์ - วัดแอมป์มิเตอร์	- เทอร์โมมิเตอร์ - แอมป์มิเตอร์	- ทำการเปลี่ยนใหม่	1 เดือน	15
CI4	S	มอเตอร์ผสมเม็ดพลาสติก ชุด Bm, B1, B2						1 เดือน	15
CI5	S	มอเตอร์ผสมเม็ดพลาสติก ชุด Cm, C1, C2						1 เดือน	15

ตารางภาคผนวก ค-6 มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักรในส่วนของชุดตูดเม็ดและชุดผสมเม็ดพลาสติก (Blender) (ต่อ)

มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร									
ชื่อเครื่องจักร: เครื่องเป่าฟิล์ม 1		ส่วนเครื่องจักร: Blender		หน่วยงาน: เป่าฟิล์ม		ผู้รับผิดชอบ: พิทักษ์		หน้า 2 จาก 2	
ลำดับ	สถานะ	ส่วนที่ทำการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	สาเหตุ	วิธีการ	เครื่องมือ	วิธีการเมื่อไม่ปกติ	ความถี่	เวลา (นาที)
CI6	S	แปรงถ่านมอเตอร์ผสมเม็ดพลาสติก ชุด A	- ไม่มีเสียงดัง - มอเตอร์ร้อนไม่เกิน 90°C - กระแสไม่เกิน 1.5 A - ไม่มีคราบแปรงถ่านเกาะอยู่ - สภาพแปรงถ่านต้องมีความยาว มากกว่า 2 ซม.	- แปรงถ่านหมดอายุการใช้งาน	- หู - วัดแอมป์มิเตอร์	- แอมป์มิเตอร์ - ปืนลม	- ทำการเปลี่ยนใหม่	1 เดือน	15
CI7	S	แปรงถ่านมอเตอร์ผสมเม็ดพลาสติก ชุด B						1 เดือน	15
CI8	S	แปรงถ่านมอเตอร์ผสมเม็ดพลาสติก ชุด C						1 เดือน	15

ตารางภาคผนวก ค-7 มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักรในส่วนของชุดทำความเย็น (Chiller unit)

มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร									
ชื่อเครื่องจักร: เครื่องเป่าฟิล์ม 1 ส่วนเครื่องจักร: Chiller unit				หน่วยงาน: เป่าฟิล์ม		ผู้รับผิดชอบ: พิทักษ์		หน้า 1 จาก 2	
ลำดับ	สถานะ	ส่วนที่ทำการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	สาเหตุ	วิธีการ	เครื่องมือ	วิธีการเมื่อไม่ปกติ	ความถี่	เวลา (นาที)
C1	R	พื้นที่เครื่องจักร	- สะอาดไม่มีฝุ่น	-ไม่ทำตามแผน	- ปัด/กวาด	- ไม้กวาด/ ผ้า	- ทำความสะอาดซ้ำ	ก่อนส่งกะ	15
C2	R	เครื่องจักร	- สะอาดไม่มีฝุ่น	- ไม่ทำตามแผน	- ปัด/เช็ด	- ไม้กวาด/ ผ้า	- ทำความสะอาดซ้ำ		15
C3	R	แผงคอนเดนเซอร์	- สะอาดไม่อุดตัน - ครีบคอนเดนเซอร์ไม่พับ	- ไม่ทำตามแผน - มีการกระแทก	- เป่าลม/เช็ด - หวีแปรงครีบ	- ลมเป่า - แปรงลวด	- ทำความสะอาดซ้ำ - ใช้หวีแปรงครีบซ้ำ	1 เดือน	10
C4	R	แผงกรองฝุ่น	- สะอาดไม่อุดตัน	- ไม่ทำตามแผน	- เป่าลม/เช็ด	- ลมเป่า	- ทำความสะอาดซ้ำ	1 เดือน	10
C5	S	ชุดยีตเอ็กเซนเจอร์	- สะอาดไม่มีคราบตะกัน	- น้ำมีค่า Ph ไม่เป็นกลาง	- ถอดชุดยีตเอ็กเซนเจอร์ทำความสะอาด	- แปรงลวด - น้ำ - น้ำยากัดคราบ ตะกัน	- ทำกวามสะอาดซ้ำ	1 ปี	120
I6	R	ท่อ+ถังระบบน้ำ	- ไม่มีน้ำไม่รั่ว	- สภาพของท่อ +ถังน้ำชำรุด	- ดา - เศษผ้า	- ดา - เศษผ้า	- ทำการเปลี่ยนท่อ+ถังใหม่	1 สัปดาห์	15
I7	R	ท่อผึ่งน้ำเย็น	- น้ำมีค่า Ph 6.5-7	-ไม่ทำตามแผน	- วัดเครื่องวัด Ph น้ำ	- เครื่องวัด Ph น้ำ	- เติมสารปรับ Phของน้ำ	1 เดือน	15

ตารางภาคผนวก ค-7 มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักรในส่วนของชุดทำความเย็น (Chiller unit) (ต่อ)

มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร									
ชื่อเครื่องจักร: เครื่องเป่าฟิล์ม 1		ส่วนเครื่องจักร: Chiller unit		หน่วยงาน. เป่าฟิล์ม		ผู้รับผิดชอบ. พิพักษ์		หน้า 2 จาก 2	
ลำดับ	สถานะ	ส่วนที่ทำการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	สาเหตุ	วิธีการ	เครื่องมือ	วิธีการเมื่อไม่ปกติ	ความถี่	เวลา (นาที)
CI8	R	ปั๊มน้ำร้อน	- ไม่มีเสียงดัง - มอเตอร์ร้อนไม่เกิน 90°C - กระแสไม่เกิน 3 A - ไม่มีฝุ่นเกาะ	- มอเตอร์ทำงานเกินกำลัง - มอเตอร์หมดอายุการใช้	- วัดแอมป์มิเตอร์	- แอมป์มิเตอร์	- ทำการเปลี่ยนใหม่	1 เดือน	15
CI9	R	ปั๊มน้ำเย็น	- ไม่มีเสียงดัง - มอเตอร์ร้อนไม่เกิน 90°C - กระแสไม่เกิน 3 A - ไม่มีฝุ่นเกาะ	- มอเตอร์ทำงานเกินกำลัง - มอเตอร์หมดอายุการใช้	- วัดแอมป์มิเตอร์	- แอมป์มิเตอร์	- ทำการเปลี่ยนใหม่	1 เดือน	15
I10	R	เพรสเซอร์น้ำยา	- เพรสเซอร์ด้านต่ำ 55-65 PSI - เพรสเซอร์ด้านสูง 250-280 PSI	- ระบบน้ำยารั่ว	- วัดแรงดันน้ำยาด้วยเพรสเซอร์เกจ	- เพรสเซอร์เกจ	- แจ้งหน่วยงานซ่อมบำรุงเพื่อแก้ไข	1 สัปดาห์	10
Ch11	S	สายพาน	- ไม่ลึกหรอ	- เสื่อมสภาพ	- ทำการเปลี่ยนใหม่	- ประแจชุด	- ทำการเปลี่ยนใหม่	7 สัปดาห์	25