ระบบสารสนเทศเพื่อการวางแผนงานซ่อมบำรุง
และการจัดการอะไหล่ของวาล์วควบคุม

นางสาวนภาพร นิลนที

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-13-1225-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AN INFORMATION SYSTEM FOR MAINTENANCE PLANNING AND PARTS MANAGEMENT FOR CONTROL VALVE

Miss Napaporn Nilnatee

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Patial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 2000
ISBN 974-13-1225-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบสารสนเทศเพื่อการวางแผนงานซ่อมบำรุง และการจัดการอะไหล่ของวาล์วควบคุม
โดย	นางสาวนภาพร นิลนที
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ชูเวช ชาญสง่าเวช

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. ชูเวช ชาญสง่าเวช)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นภาพร นิลนที : ระบบสารสนเทศเพื่อการวางแผนงานซ่อมบำรุงและการจัดการอะไหล่ของวาล์วควบคุม [MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM OF MAINTENANCE PLANNING AND PARTS MANAGEMENT OF CONTROL VALVE) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. ชูเวช ชาญสง่าเวช, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ.ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช, 237 หน้า. ISBN 974-13-1225-3

การวิจัยฉบับนี้เป็นการจัดทำระบบสารสนเทศ สำหรับงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกันของวาล์วควบคุมและช่วยจัดการการเสนอขายอะไหล่ของวาล์วควบคุมยี่ห้อหนึ่ง ของบริษัทนำเข้าสินค้าเพื่อขายแก่โรงงานอุตสาหกรรมประเภทปิโตรเคมี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการซ่อมบำรุงและช่วยงานขายอะไหล่วาล์วควบคุม

แผนงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกันของวาล์วควบคุม สามารถจัดทำโดยการรวบรวมข้อมูลและประวัติของวาล์วควบคุม และพิจารณาร่วมกับปริมาณความต้องการการซ่อมบำรุงที่เหมาะสม โดยใช้ข้อมูลจากคำแนะนำจากบริษัทผู้ผลิต การจัดแบ่งระดับความสำคัญต่อกระบวนการผลิต และข้อมูลความถี่ในเปิดปิดวาล์วควบคุมจากฝ่ายผลิต ประสิทธิภาพการทำงาน ประวัติการทำงานและการเกิดเหตุขัดข้องของวาล์วควบคุมจากฝ่ายซ่อมบำรุง สำหรับการจัดแบ่งระดับความสำคัญของวาล์วควบคุม โดยใช้วิธีการควบคุม ABC ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากเกณฑ์ที่สำคัญ 4 เกณฑ์ คือ การกำหนดชั้นความสำคัญ สถานที่ติดตั้ง ค่าการใช้งานในกระบวนการผลิต และการกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นได้ร่วมกันปรึกษาและสรุปแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน โดยการจัดวาล์วควบคุมออกเป็นกลุ่ม ตามระดับความต้องการซ่อมบำรุง ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้แยกย่อยเป็น A, B1, B2, B3 และ C และการกำหนดระยะเวลาในการซ่อมบำรุงสำหรับวาล์วควบคุมในแต่ละกลุ่ม โดยทั่วไปส่วนใหญ่วาล์วควบคุมจะต้องทำการตรวจเช็คหรือตรวจสอบตามคาบเวลา เช่น ทุก 3 เดือน ทุก 6 เดือน ทุก1 ปี หรือเมื่อมีการหยุดซ่อมบำรุงใหญ่ของโรงงาน (Shutdown)

การปฏิบัติงานตามแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันแบ่งได้ 4 ประเภท คือ Inspection, Test and Calibrate, Clean and Check inside Valve และ Overhaul Valve สำหรับการซ่อมบำรุงที่จะต้องทำการเปิดวาล์วควบคุม จะต้องทำการเปลี่ยนอะไหล่ประเภทอะไหล่สิ้นเปลืองทุกครั้ง และจะต้องเปลี่ยนอะไหล่ที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ เมื่อถึงกำหนดการซ่อมบำรุง และในงานวิจัยนี้ได้จัดทำรายการอะไหล่ที่ควรจะมีในคลังสินค้า เพื่อใช้ในการซ่อมบำรุงกรณีฉุกเฉิน โดยใช้วิธี Interchangeability พร้อมทั้งจัดทำรายงานเพื่อบันทึกการซ่อมบำรุงอีกด้วย

การจัดการอะไหล่ของวาล์วควบคุม ได้จัดทำระบบฐานข้อมูลของวาล์วควบคุม และจัดเตรียมรายการอะไหล่ที่ต้องใช้ในการซ่อมบำรุงของวาล์วควบคุมแต่ละตัว จากคู่มือการซ่อมวาล์ว (Maintenance Manual) และเลขประจำตัวของวาล์ว (Serial No.) ซึ่งต้องจัดทำโดยช่างเทคนิคที่มีประสบการณ์ และจะเสนอขายอะไหล่ ล่วงหน้าเป็นเวลา 2 เดือน ก่อนวันที่ต้องทำการซ่อมบำรุงในครั้งต่อไป ซึ่งเป็นระยะเวลาในการเตรียมใบเสนอราคา รอการสั่งซื้อ การสั่งงานไปยังบริษัทผู้ผลิต และการส่งมอบอะไหล่แก่ลูกค้า

สำหรับโปรแกรมที่ใช้งานได้ใช้โปรแกรม Access ช่วยในการจัดทำเก็บฐานข้อมูล และใช้โปรแกรม Delphi เป็นโปรแกรมหลักและเป็นส่วนที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้งาน ซึ่งภายในโปรแกรมจะประกอบด้วยกระบวนการเพื่อการจัดการอะไหล่ของวาล์วควบคุม ได้แก่ การคำนวณราคา การตัดและจองสินค้า การจัดทำใบเสนอราคา การจัดทำใบสั่งงาน เป็นต้น

จากการศึกษาทั้งหมดพบว่า สามารถออกแบบและจัดทำระบบสารสนเทศสำหรับแผนงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกันของวาล์วควบคุมและช่วยจัดการอะไหล่ของวาล์วควบคุมที่เหมาะสมกับแผนงานซ่อมบำรุง ซึ่งสามารถช่วยมีอะไหล่ทันเวลาและลดปริมาณสินค้าคงคลังได้

ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	ลายมือชื่อนิสิต	.....
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	.....
ปีการศึกษา	2543	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	.....

4071432221 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEY WORD : MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM / CONTROL VALVE
NAPAPORN NILNATEE : An Information System for Maintenance Planning and Parts Management of Control Valve. THESIS ADVISOR: ASSOC.PROF. CHUVEJ CHANSANGAVEJ, THESIS ADVISOR ASST. : PROF. JITTRA AUKITJAKARPANIT, Ph.D. 176 pp. ISBN 974-13-1225-3

This thesis is prepared and written about information system for a company, which business is to sell imported control valve and its parts to petrochemical chemical industry. This thesis covers how to prepare the preventive maintenance and part management for the purpose of higher efficiency of control valve's maintenance schedule and parts sales.

Preventive maintenance can be planned by taking in to consideration of historic data of control valve's usage, appropriate maintenance frequency, which is recommended by suppliers, priority and operation frequency of the production process, operating efficiency and also the performance record kept by maintenance section the plant. The importance of control valve can be critically classified by method of ABC control. There are 4 criteria, which are importance level, location, process condition and impact on product quality. Applying by those criteria, discussion with concerned and by that summation, the planning of the preventive maintenance can be separate of the control valves into categories, which relies on requirement level of maintenance. In this thesis, classification will be separated into group of A, B1, B2, B3 and C, respectively, including expansion the maintenance of each. In general, control valve shall be inspected and tested every specific duration, such as quarterly, semi-annually, annually or at any specific shutdown period.

Preventive maintenance plan shall be practiced by 4 actions, which are Inspection, Test and Calibration, Clean and Check Inside Valve, and Overhaul of the Valve. The parts need to be changed for any cases, while control valve is at the time of maintenance, those overhead parts should be compatible and also should be recommended by makers. In this thesis, there are list of parts which should be normally kept in warehouse for any emergency maintenance following the method of Interchangeability technique, and prepare the prepare the maintenance report to record in the maintenance section.

Part management of the control valve will organize from the database and prepare necessary part items for each type of valves which are very important for operation. It will be done as per maintenance manual and serial no., which must be prepared by experienced technicians. Part sales will be offered to customer 2 months prior to next maintenance. This is the extension of sales process, which consists of the stages like of quotation preparation, waiting for confirmation of purchase order, ordering to makers for production and its lead time for delivery.

Practical program shall be Access for making database. Delphi is main program and it will be a connector to t he users. The program will run for the process of part management, which will be the calculation of price, cut and reservation of products, issuing quotation, issuing production order and etc.

From all the studies, we could able to design and make information system for preventive maintenance plan of the control valves as well as to manage the necessary parts for appropriate maintenance plan, which can reduce duration of the processes to getting the parts as well as the parts will be just in time by that inventory of the sales company and customer will be confident enough about parts arrival in time.

Department	Industrial Engineering	Student's signature	
Field of study	Industrial Engineering	Advisor's signature	
Academic year	2543	Co-advisor's signature	

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีได้ เนื่องมาจากความเมตตากรุณาของ รองศาสตราจารย์.ดร. ชูเวช ชาญสง่าเวช อาจารย์ที่ปรึกษา และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา ความรู้ ข้อแนะนำ รวมทั้งความคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ยิ่งตลอดระยะเวลาของการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวก ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ได้แก่ เจ้าหน้าที่ธุรการประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่าน ที่ได้อำนวยความสะดวกในทุกๆ ด้าน

ขอขอบพระคุณ คุณธีระ จาตุรนต์รัศมี กรรมการผู้จัดการบริษัทตัวอย่างและพนักงานทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านข้อมูลเป็นอย่างดี และคุณอาภัสรา คำธิตา ที่ให้คำปรึกษาในการทำวิจัยมาโดยตลอด

ท้ายที่สุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ซึ่งเป็นที่เคารพ บูชา ให้ความห่วงใยและกำลังใจ รวมทั้งญาติพี่น้อง และเพื่อน ๆ ที่เป็นกำลังใจด้วยดีเสมอมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ฎ
สารบัญรูป.....ฎ
บทที่
1 บทนำ.....1
1.1 ความสำคัญของงานวิจัย.....1
1.2 ปัญหาและเหตุผลในการทำวิจัย.....2
1.3 แนวทางในการแก้ไข.....6
1.4 วัตถุประสงค์.....7
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย.....7
1.6 ขั้นตอนและวิธีการวิจัย.....7
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....8

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....9
2.1 ประเภทของการบำรุงรักษา.....9
2.2 ระบบงานบำรุงรักษา.....11
2.3 การเสื่อมสภาพเชิงสมรรถนะ.....13
2.4 มาตรการแก้ปัญหาการเสื่อมสมรรถนะ.....16
2.5 การบำรุงรักษาเครื่องจักรกับการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน.....19
2.6 ค่าความสูญเสียจากการเสื่อมสภาพ.....20
2.7 วิธีการกำหนดระบบการเปลี่ยนชิ้นส่วน.....27
2.8 รูปแบบต่างๆ ของวิธีการเปลี่ยนชิ้นส่วน.....28
2.9 การควบคุมวัสดุที่ใช้ในการบำรุงรักษา.....32
2.10 การควบคุมวัสดุที่ใช้ในการบำรุงรักษา.....32
2.11 การตรวจสอบเครื่องจักร.....34
2.12 มาตรฐานการตรวจสอบเครื่องจักร.....37

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.13 แผนการตรวจสอบ.....38
2.14 การลงมือปฏิบัติในการตรวจสอบ.....39
2.15 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....40

บทที่ 3 รายละเอียดการดำเนินการศึกษา.....44
3.1 การรวบรวมข้อมูลของวาล์วควบคุม.....44
3.2 การกำหนดมาตราฐานการซ่อมบำรุง.....45
3.3 การออกแบบเอกสารการซ่อมบำรุง.....45
3.4 การจัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....46
3.5 การทดลองและปรับปรุงแก้ไขโปรแกรม.....46
3.6 การจัดทำระบบฐานข้อมูลและการทดสอบการทำงาน.....46

บทที่ 4 วาล์วควบคุมที่ใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษา.....48
4.1 ประเภทของวาล์วตามลักษณะการปิด-เปิด.....50
4.2 ประกอบของ Control Valve.....51
4.3 ลักษณะเฉพาะของวาล์วควบคุมและการซ่อมบำรุง.....60
4.4 การบำรุงรักษาวาล์วควบคุม.....63

บทที่ 5 โครงสร้างองค์กรและการบริหารระบบงาน.....64
5.1 โครงสร้างและการบริหารงานของบริษัทตัวอย่าง.....65
5.2 ระบบการทำงานของฝ่ายขายของบริษัทตัวอย่าง.....68
5.3 โครงสร้างและจัดองค์กรของบริษัทกรณีศึกษา.....71
5.4 ระบบการทำงานในการซ่อมบำรุงของบริษัทกรณีศึกษา.....74
5.5 ระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักร.....77

บทที่ 6 การวิเคราห์และออกแบบระบบสารสนเทศ.....81
6.1 ความต้องการของผู้ใช้.....81

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

6.2 การออกแบบฐานข้อมูลในระดับ Conceptual.....84
6.3 การออกแบบส่วนระบบงานและส่วนประมวลผลทางโปรแกรม.....84
6.4 ประวัติและข้อมูลของวาล์วควบคุม.....84
6.5 รายการอะไหล่ที่จำเป็นต้องใช้ในการซ่อมบำรุง.....86
6.6 การวางแผนงานและการกำหนดงานซ่อมบำรุง.....87
6.7 แผนงานการบำรุงเชิงป้องกันและการปฏิบัติงาน.....91
6.8 แผนงานสต๊อกอะไหล่และชิ้นส่วนของเครื่องจักร.....93
6.9 แผนงานการเสนอราคาอะไหล่.....96
6.10 การจัดการเกี่ยวกับอะไหล่.....96
6.11 การออกแบบรายงานต่าง ๆ.....100
6.12 โปรแกรมที่สำเร็จ.....101

บทที่ 7 การทดสอบและประเมินผลระบบงาน.....102
7.1 การประเมินผลงานด้านการดำเนินงาน.....102
7.2 การประเมินผลด้านการเอกสารและระยะเวลา.....107
7.3 ความคิดเห็นของพนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงของบริษัทกรณีศึกษา.....107

บทที่ 8 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....109
8.1 สรุปผลงานวิจัย.....109
8.2 ข้อเสนอแนะ.....110
8.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา.....111
8.4 ปัญหาและอุปสรรคในการศึกษา.....111
8.5 บทสรุป.....112
รายการอ้างอิง.....113

ภาคผนวก.....115
ภาคผนวก ก ข้อแนะนำในการซ่อมบำรุงวาล์วควบคุม.....116
ภาคผนวก ข ตัวอย่างของวาล์วควบคุม.....125
ภาคผนวก ค เอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานซ่อมบำรุง.....131

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ง INTERCHANGEABILITY SPARE PART.....142
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้โปรแกรมและรายงานต่าง ๆ.....156
ภาคผนวก จ โครงร่างแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล.....175
ประวัติผู้เขียน.....176

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 สาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียประสิทธิภาพของอุปกรณ์.....23
ตารางที่ 2.2 เกณฑ์ช่วยพิจารณากำหนดเครื่องจักรที่สำคัญ.....36
ตารางที่ 6.1 ตัวอย่างรายการอะไหล่ของวาล์วควบคุม.....87
ตารางที่ 6.2 แสดงความหมายของ Maintenance Schedule.....92
ตารางที่ 6.3 ค่าภาษีของวัสดุชนิดต่าง ๆ.....97
ตารางที่ 7.1 ตารางเปรียบเทียบการทำงานและระยะเวลาของระบบเก่าและระบบใหม่.....108
ตารางที่ ข-1 แสดงสินค้าของวาล์วควบคุม.....126
ตารางที่ ค-1 ข้อมูลประวัติของวาล์วควบคุมที่ได้จัดเก็บ.....132
ตารางที่ ค-2 ข้อมูลและข้อสรุปของแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน.....134
ตารางที่ ค-3 P.M. Maintenance Schedule 136
ตารางที่ ค-4 Quarterly Inspection Report.....138
ตารางที่ ค-5 Test and Calibrate Report.....140
ตารางที่ ค-6 Control Valve Overhaul Report.....141
ตารางที่ ง-1 Interchangeability Spare Part for Valve Code A.....143
ตารางที่ ง-2 Interchangeability Spare Part for Valve Code B.....145
ตารางที่ ง-3 Interchangeability Spare Part for Valve Code C.....149
ตารางที่ ง-4 Total Interchangeability Spare Part for Valve 151

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 แผนผังแสดงการประสานงานการซ่อมบำรุง....4
รูปที่ 1.2 การทำงานของโปรแกรมฐานข้อมูล....7
รูปที่ 2.1 ระบบงานซ่อมบำรุง....12
รูปที่ 2.2 สาเหตุของการเสื่อมสมรรถนะของเครื่องจักร....15
รูปที่ 2.3 เส้นโค้งการเสื่อมสมรรถนะ....16
รูปที่ 2.4 หน้าที่ 3 ประการในการบำรุงรักษาเครื่องจักร....17
รูปที่ 2.5 ผังความสัมพันธ์ของการแก้ไขการเสื่อมสภาพ....20
รูปที่ 2.6 ค่าใช้จ่ายหลักของการสูญเสียจากการเสื่อมสภาพ....24
รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายทั้ง 2 ประเภทกับวิธีการเปลี่ยนชิ้นส่วน....29
รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายความสูญเสียจากเหตุขัดข้อง
กับค่าใช้จ่ายการเปลี่ยนชิ้นส่วน....32
รูปที่ 2.9 การควบคุม ABC....37
รูปที่ 4.1 Process Control....48
รูปที่ 4.2 Control Loop....49
รูปที่ 4.3 Linear-Shaft Valve....50
รูปที่ 4.4 Rotary-Shaft Valve....50
รูปที่ 4.5 ส่วนประกอบของวาล์ว....51
รูปที่ 4.6 ส่วนประกอบของ Bonnet....51
รูปที่ 4.7 ภาพตัดของ Packing Box แบบ Bolted Type....55
รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบการจัดวางตามวัสดุของ Packing....56
รูปที่ 4.9 Valve Trim Components....59
รูปที่ 4.10 ลักษณะการติดตั้งวาล์วควบคุมในสายการผลิต....62
รูปที่ 5.1 แสดงโครงสร้างการทำงานของแผนกขายที่ 67
รูปที่ 5.2 ขั้นตอนการทำงานของแผนกขาย....69
รูปที่ 5.3 การประสานงานภายในแผนกกับลูกค้า....70
รูปที่ 5.4 แผนผังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี....71
รูปที่ 5.5 แสดงโครงสร้างการจัดองค์กรของบริษัทกรณีศึกษา....72
รูปที่ 5.6 ขั้นตอนการซ่อมบำรุงของบริษัทกรณีศึกษา....75
รูปที่ 5.7 การซ่อมบำรุงเมื่อเกิดการหยุดการผลิตของบริษัท....77
รูปที่ 5.8 การไหลของข้อมูลการจัดทำการซ่อมบำรุงถึงการส่งมอบสินค้า....78

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.9 FlowScanner Valve Diagnostic System....79
รูปที่ 6.1 การออกแบบข้อมูลระดับ Conceptual....85
รูปที่ 6.2 คำแนะนำจากบริษัทผู้ผลิต....78
รูปที่ 6.3 Control Valve Overhaul Works Procedure....94
รูปที่ 6.4 แผนงานการเสนอราคาล่วงหน้า....96
รูปที่ 6.5 การคำนวณราคาขายของอะไหล่....98
รูปที่ 6.6 การเช็คกำหนดส่งมอบสินค้าจากสต๊อก....98
รูปที่ 6.7 รูปแบบในการเสนอราคา....99
รูปที่ 6.8 ระบบการทำใบสั่งงาน....100
รูปที่ 6.9 รายละเอียดของเมนูการใช้งาน....101
รูปที่ 7.1 ขั้นตอนการสอบถามราคาของระบบเก่าและระบบใหม่....103
รูปที่ 7.2 การเสนอราคาของระบบเก่าและระบบใหม่....104
รูปที่ 7.3 ขั้นตอนการพิจารณาการสั่งซื้อของระบบเก่าและระบบใหม่....105
รูปที่ 7.4 การสั่งซื้อและส่งมอบสินค้าของระบบเก่าและระบบใหม่....106
รูปที่ จ-1 แสดง Flow Chart ของโปรแกรม....156
รูปที่ จ-2 หน้าจอของรหัสผ่าน....158
รูปที่ จ-3 หน้าจอของการเตือน....158
รูปที่ จ-4 หน้าจอของฐานข้อมูลของวาล์วควบคุม....159
รูปที่ จ-5 หน้าจอของฐานข้อมูลของอะไหล่....160
รูปที่ จ-6 หน้าจอของฐานข้อมูลของราคาอะไหล่....160
รูปที่ จ-7 หน้าจอของฐานข้อมูลของภาษีของอะไหล่....161
รูปที่ จ-8 หน้าจอของฐานข้อมูลของรายการสินค้าคงคลัง....161
รูปที่ จ-9 หน้าจอของฐานข้อมูลของค่าคำนวณอื่น ๆ....162
รูปที่ จ-10 หน้าจอแสดงกำหนดล่วงหน้า 2 เดือน....163
รูปที่ จ-11หน้าจอแสดงกำหนดการทั่วไป....163
รูปที่ จ-12 หน้าจอแสดงการคำนวณราคาของอะไหล่....164
รูปที่ จ-13 หน้าจอของการจองสินค้าในคลังสินค้า....164
รูปที่ จ-14 หน้าจอแสดงใบเสนอราคา....165

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ จ-15 หน้าจอแสดงใบสั่งซื้อ.....166
รูปที่ จ-16 หน้าจอแสดงใบสั่งงาน.....166
รูปที่ ฉ-1 แสดงโครงร่างความสัมพันธ์ของข้อมูล.....175

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของงานวิจัย

การขยายตัวของอุตสาหกรรมในประเทศไทย ซึ่งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องตลอด 10 ปีที่ผ่านมา ภายหลังจากที่รัฐบาลได้ให้การสนับสนุนการลงทุนของต่างชาติโดยการยกเว้นภาษีนำเข้าสินค้าในอุสาหกรรม ประกอบกับการลดลงของความต้องการซื้ออุปกรณ์เครื่องมือวัดและควบคุม ทำให้หลายบริษัทเริ่มหันมาสนใจลงทุน เกี่ยวกับการให้บริการด้านซ่อมบำรุงมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากอุปกรณ์เครื่องมือวัดและควบคุมจำเป็นต้องมีการซ่อมบำรุงโดยปกติทุกโรงงานต้องมีช่วงระยะเวลาหนึ่งที่ต้องหยุดการผลิต เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ว่ามีสภาพที่พร้อมหรือสมบูรณ์มากน้อยเพียงใดในการทำงานเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด จึงมีความจำเป็นต้องมีการเตรียมอะไหล่เพื่อใช้ในการซ่อมบำรุงดังกล่าว

บริษัทตัวอย่าง เป็นบริษัทนำเข้าเครื่องมือวัดและควบคุมในงานอุตสาหกรรม โดยนำเข้าสินค้าหลากหลายชนิด จากบริษัทผู้ผลิตต่างประเทศมากกว่า 20 บริษัท และลูกค้าหลักของบริษัทจะเป็นบริษัทในกลุ่มอุตสาหกรรมในกลุ่มปิโตรเคมีกัล, แก๊สและน้ำมัน, โรงกลั่นน้ำมัน, เยื่อกระดาษ และการผลิตเหล็กกล้า เป็นต้น โดยทางบริษัทตัวอย่างจะขายวาล์วควบคุมยี่ห้อ Fisher จากประเทศสหรัฐ ซึ่งเป็นสินค้าที่มีชื่อเสียงและมียอดขายมากของโลกและในประเทศไทย สำหรับบริษัทตัวอย่างนั้นสามารถขายได้มากคิดเป็น 40% ของยอดขายทั้งหมดของบริษัทซึ่งเป็นสัดส่วนที่สูงที่สุด เมื่อเทียบกับสินค้าอื่น สินค้านี้ ประกอบด้วยวาล์ว (Valve), เอ็ดชูเอเตอร์ (Actuator), ตัวปรับตำแหน่ง (Positioner) คอนโทรลเลอร์ (Controller), ตัวแปรสัญญาณ (Converter), สวิสต์และอื่น ๆ) ทั้งนี้เพราะวาล์วควบคุมเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อควบคุมการทำงานของกระบวนการผลิต โดยจะถูกควบคุมให้เปิดปิดเป็นค่าต่างๆ อยู่ตลอดเวลา ตามความเหมาะสมของกระบวนการผลิต การให้ความสำคัญในการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอกับวาล์วควบคุมจึงเป็นต้องเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมาก

บริษัทกรณีศึกษา เป็นบริษัทประกอบธุรกิจอุตสาหกรรมในเขตอุตสาหกรรมชายทะเลภาคตะวันออก ซึ่งเป็นโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่มีวาล์วควบคุมจำนวนมากกว่า 1,000 ตัว การซ่อมบำรุงจะไม่ทำการซ่อมบำรุงทีเดียวทั้งหมด แต่จะทำครั้งละจำนวนหนึ่งตามระยะเวลาที่เหมาะสม เดิมทีบริษัทกรณีศึกษาทำการซ่อมบำรุง โดยเจ้าหน้าที่ฝ่ายซ่อมบำรุงของบริษัท แต่ในระยะหลังนี้บริษัทกรณีศึกษาไม่สามารถทำการซ่อมบำรุงได้ทันภายในเวลา Shut Down บริษัทกรณีศึกษาจึงหันมาให้บริษัทเอกชนเข้าประมูลและซ่อมวาล์วควบคุมแทน ซึ่งทางบริษัทตัวอย่างได้เข้าร่วมประมูลและได้รับมอบหมายให้ดำเนินงานซ่อมบำรุงดังกล่าว และผลการทำงานเป็นที่พอใจระดับหนึ่ง จนมีผลต่อเนื่องมาสู่การเซ็นสัญญาตกลงว่าจ้างบริษัทตัวอย่างให้ดำเนินการทำการซ่อมบำรุงประจำปีเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน ซึ่งในการทำการซ่อมบำรุงวาล์วควบคุมนั้น นอกจากต้องมีเครื่องจักร บุคลากร และทีมงานที่ชำนาญแล้ว การจัดทำแผนงานซ่อมบำรุงล่วงหน้าและการจัดหาอะไหล่ที่ใช้ในการเปลี่ยนก็มีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากัน เนื่องจากวาล์วแต่ละตัว จะต้องได้รับการซ่อมบำรุงต่างวาระกัน โดยขึ้นอยู่กับอายุการใช้งานของส่วนประกอบของวาล์ว ซึ่งเป็นผลมาจากสภาพการทำงาน เช่น ชนิดของของไหล ขนาดแรงดัน อุณหภูมิ อัตราการไหล เป็นต้น การจัดเตรียมอะไหล่ล่วงหน้าสำหรับวาล์วควบคุม ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมาก โดยไม่มีการวางแผนงานให้ถูกต้องและเหมาะสม อาจนำมาซึ่งการเพิ่มต้นทุนจมของบริษัทหรือขาดอะไหล่ในการซ่อมบำรุง หากการสั่งซื้อล่าช้าจนอะไหล่ถูกส่งมอบไม่ทันกำหนดระยะเวลาการหยุดซ่อมใหญ่ (Shut Down) อาจนำมาซึ่งความสูญเสียอย่างมากที่ไม่สามารถดำเนินการผลิตได้ตามปกติ

ดังนั้นการจัดทำแผนงานซ่อมบำรุงล่วงหน้า โดยจัดกลุ่มวาล์วควบคุมให้อยู่ในอันดับความสำคัญในการซ่อมบำรุงที่ระยะเวลาต่าง ๆ กันตามความเหมาะสม โดยจะทำการซ่อมบำรุงล่วงหน้าก่อนเกิดปัญหาขึ้น หรือเรียกว่า ระบบการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) จะเป็นวิธีนำมาช่วยในการทำการซ่อมบำรุงวาล์วควบคุมให้ประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นแก่วาล์วควบคุมก่อนระยะเวลาอันควร

1.2 ปัญหาและเหตุผลในการทำวิจัย

บริษัทกรณีศึกษาจะทำการซ่อมบำรุงเครื่องจักรอุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงวาล์วควบคุม โดยจะทำงานร่วมกับพนักงานฝ่ายผลิต โดยพนักงานฝ่ายผลิตจะเป็นผู้ตรวจเช็คและทำการบำรุงรักษาประจำวัน หากพบสิ่งผิดปกติ จะต้องแจ้งฝ่ายซ่อมบำรุงทราบในทันที พนักงานจะ

ทำการซ่อมบำรุงตามที่ได้รับแจ้งจากพนักงานฝ่ายผลิตและจะต้องรับผิดชอบในการซ่อมบำรุงที่มีต้องใช้ทักษะสูง, งานที่ยากเกินกว่าพนักงานฝ่ายผลิตทำได้ อีกทั้งต้องให้คำแนะนำและคำปรึกษาแก่พนักงานฝ่ายผลิตอีกด้วย

เนื่องจากวาล์วควบคุมเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมากดังที่ได้กล่าวมาแล้ว อีกทั้งวาล์วควบคุมยังมีขนาดใหญ่ ราคาสูง และประกอบด้วยชิ้นส่วนย่อยจำนวนมาก การเปลี่ยนวาล์วควบคุมทั้งตัวจึงเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก ดังนั้นการเปลี่ยนอะไหล่จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมกว่าโดยจะเปลี่ยนเฉพาะชิ้นส่วนที่สึกหรอหรือหมดอายุการใช้งานเท่านั้น ซึ่งบริษัทกรณีศึกษามักจะเกิดปัญหาในการซ่อมบำรุงวาล์วควบคุมดังนี้

1.2.1 ทำการซ่อมบำรุงวาล์วควบคุม ก็ต่อเมื่อวาล์วควบคุมนั้นไม่สามารถทำงานได้และส่งผลกระทบกับกระบวนการผลิตเท่านั้น พนักงานซ่อมบำรุงจะต้องเร่งทำการซ่อมบำรุงโดยด่วนที่สุด เพราะการหยุดกระบวนการผลิตเป็นเวลานานจะทำให้ผลิตสินค้าไม่ทัน ค่าใช้จ่ายในการสูญเสียโอกาสในการผลิต ค่าแรงพนักงานฝ่ายผลิต และค่าปรับได้

1.2.2 ขาดการซ่อมบำรุงที่ถูกต้อง ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของวาล์วควบคุมลดลง และส่งผลให้ผลิตผลิตภัณฑ์มีคุณภาพต่ำ

1.2.3 ขาดพนักงานซ่อมบำรุงที่มีความสามารถในจัดเตรียมอะไหล่ที่ถูกต้องสำหรับใช้ในการซ่อมบำรุงวาล์วควบคุม

1.2.4 บริษัทกรณีศึกษาพยายามที่จะลดจำนวนค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บอะไหล่ในคลังสินค้า โดยจะทำการสั่งซื้อเมื่อใกล้ถึงเวลาซ่อมบำรุงและสั่งซื้อเฉพาะจำนวนที่ต้องการใช้งานจริงเท่านั้น บางครั้งจึงทำให้เกิดปัญหาขึ้น เช่น

- สั่งซื้ออะไหล่ไม่ครบ ทำให้ไม่มีอะไหล่เพียงพอในการซ่อมบำรุง
- สั่งซื้ออะไหล่ช้าเกินไป ทำให้ส่งมอบอะไหล่ไม่ทัน จึงไม่มีอะไหล่ในการซ่อมบำรุง

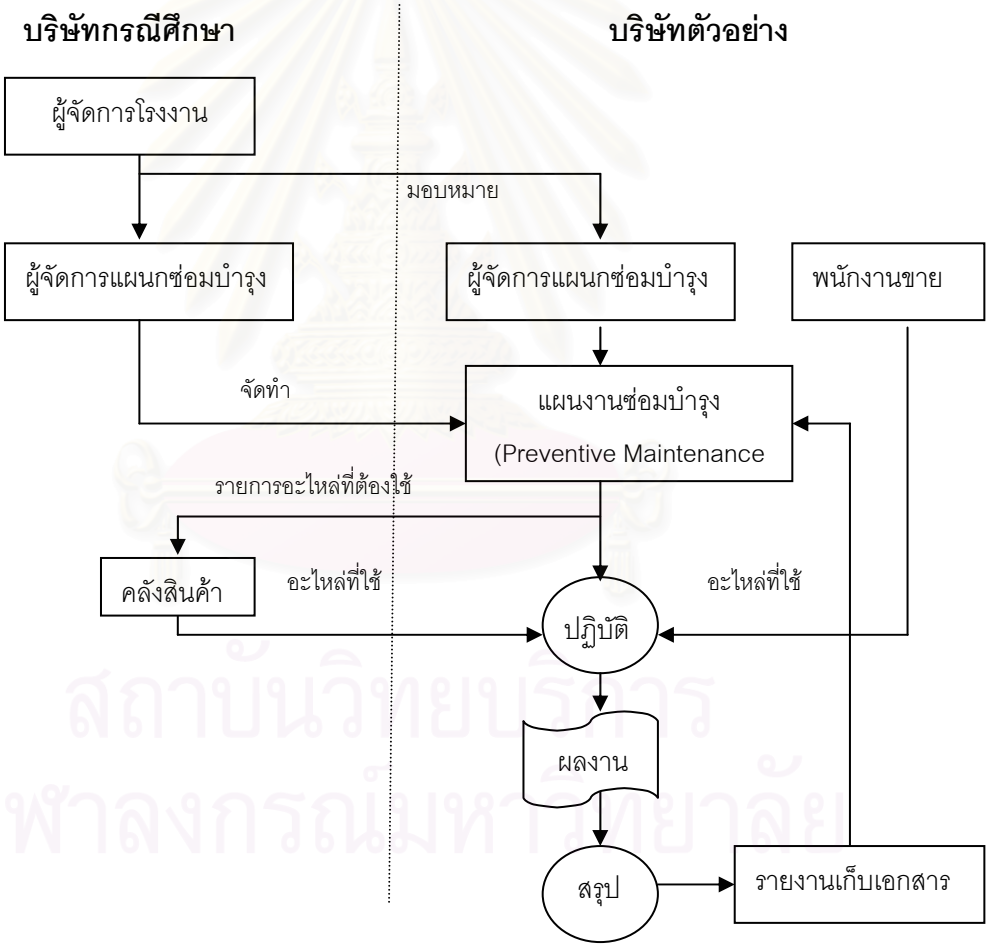
1.2.5 การจัดเก็บประวัติของวาล์วควบคุม และรายการอะไหล่ไว้ในแฟ้มเอกสาร เมื่อวาล์วมีอยู่เป็นจำนวนมาก จึงทำให้มีแฟ้มเอกสารอยู่เป็นจำนวนมากด้วย ทำให้ต้องใช้เวลาในการค้นหาข้อมูลที่ต้องการ

1.2.6 ไม่มีระบบการจัดเก็บรายการอะไหล่ที่ถูกใช้ในการซ่อมวาล์วที่ผ่านมา มีการใช้โปรแกรมเพื่อเก็บข้อมูลการซ่อมเท่านั้น โปรแกรมที่ใช้อยู่เป็นโปรแกรม

สำเร็จรูป ซึ่งใช้ร่วมกับอุปกรณ์หลายชนิดภายในโรงงาน โปรแกรมเป็นโปรแกรมแบบเก่าซึ่งทำงานบนดอส มีหน่วยความจำน้อย มีเนื้อที่ในการจัดเก็บไม่มาก อีกทั้งรูปแบบการใช้งานไม่เอื้อประโยชน์มากเท่าที่ควร

1.2.7 ขาดแผนการซ่อมบำรุงที่ดี เพราะจะทำการซ่อมบำรุงเมื่อพนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงเห็นสมควร โดยอาศัยประสบการณ์ หรือเมื่อวาล์วเกิดการขัดข้อง

1.2.8 หากทำการหยุดซ่อมใหญ่ จะต้องวางแผนการซ่อมบำรุงวาล์วควบคุมเป็นจำนวนมากและการจัดเตรียมอะไหล่ โดยพนักงานซ่อมบำรุงจะต้องทำรายการอะไหล่ที่ต้องใช้ทั้งหมด ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้ต้องใช้เวลานานและอาจเกิดความผิดพลาดได้



รูปที่ 1.1 แผนผังแสดงการประสานงานการซ่อมบำรุง

บริษัทตัวอย่างซึ่งได้รับการเซ็นสัญญาให้ทำการซ่อมบำรุงวาล์วควบคุมของบริษัทกรณีศึกษาในช่วงเวลาที่ได้ตกลงกัน โดยบริษัทกรณีศึกษาจะเป็นผู้จัดเตรียมอะไหล่ที่ต้องใช้

ทั้งหมด โดยนำมาจากคลังสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาและรายการที่ไม่มีจะสั่งซื้อจากบริษัทตัวอย่าง ซึ่งมีขั้นตอนการประสานงานดังรูปที่ 1.1

บริษัทตัวอย่างประกอบด้วยแผนกบริการซ่อมบำรุง (Maintenance Repair Overhaul Services, MRO Services) ซึ่งจะทำหน้าที่ซ่อมวาล์วควบคุม และแผนกขาย (Sales Department) จะทำหน้าที่เสนอขายอะไหล่เมื่อได้รับการสอบถามราคาจากลูกค้า การเสนอราคาวาล์วควบคุมของบริษัทตัวอย่างมีขั้นตอนในการเสนอราคาอะไหล่ที่ยุ่งยาก เช่น เช็คประวัตเดิมของวาล์ว การหาต้นทุนสินค้า การคำนวณราคาขาย การส่งใบเสนอราคา หากได้รับการสั่งซื้อแล้ว ต้องทำการสั่งไปยังบริษัทผู้ผลิตในรายการที่ไม่มีสินค้าในคลังสินค้า การมีขั้นตอนมากนั้น ทำให้บริษัทตัวอย่างเกิดปัญหาในการดำเนินงานดังนี้

1.2.9 ทางบริษัทตัวอย่างมีต้นทุนในการดำเนินงานสูง เพราะในการเสนอราคาแต่ละครั้งจะต้องมีค่าใช้จ่าย เช่นค่าแรง ค่ากระดาษ ค่าส่งแฟกซ์ และค่าโทรสารในการติดต่อสอบถามราคาไปยังบริษัทผู้ผลิต เป็นต้น

1.2.10 การเสนอราคาแต่ละครั้ง มีขั้นตอนการทำงานหลายขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนต้องเช็คจากแฟ้มเอกสารที่แตกต่างกัน จึงใช้เวลานานและยุ่งยาก ดังนี้
- เช็คราคาต้นทุน (List Price) จากเครื่อง Microfiche
- คำนวณราคาขาย โดยใช้เครื่องคิดเลข
- เช็คจำนวนของสินค้าในคลังสินค้าของบริษัทตัวอย่าง จากแฟ้มเอกสาร
- จัดพิมพ์เสนอราคา พร้อมทั้งส่งแฟกซ์

1.2.11 ไม่มีระบบการจัดเก็บประวัติของวาล์ว สำหรับรายการอะไหล่ที่ได้จัดทำไปแล้ว ทำให้เกิดความซ้ำซ้อนเมื่อต้องการทราบข้อมูลของวาล์วควบคุมตัวเดิม

1.2.12 การเลือกรายการอะไหล่ที่ใช้ซ่อม ต้องทำโดยช่างเทคนิคที่มีประสบการณ์หรือวิศวกรฝ่ายซ่อมบำรุง ซึ่งมักจะมีงานมาก หรือต้องออกไปทำงานนอกบริษัทเป็นเวลานาน ทำให้เกิดความล่าช้าในการเสนอราคา

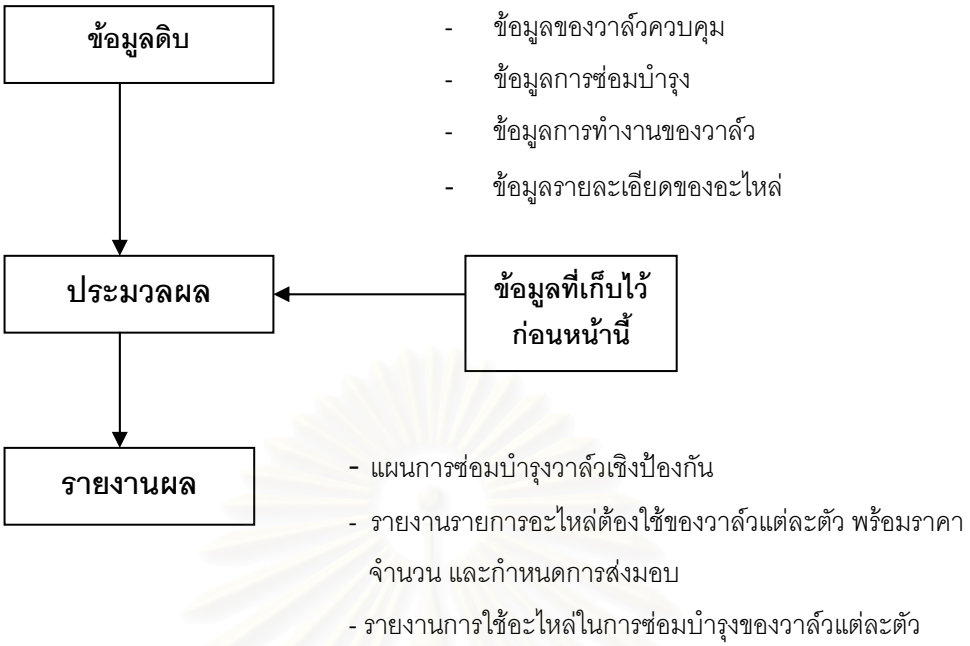
1.2.13 ในบางครั้งทางบริษัทต้องทำการซ่อมบำรุงวาล์วควบคุมด้วย โดยบริษัทลูกค้าจะต้องเป็นผู้จัดเตรียมอะไหล่ หากจัดเตรียมอะไหล่ไม่ครบ จะทำให้ต้องใช้เวลาในการซ่อมบำรุงนานขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ทั้งค่าแรงคนงาน ค่าอาหาร ค่าที่พัก และค่าทำงานล่วงเวลาเป็นต้น

จากปัญหาข้างต้นทั้งของบริษัทกรณีศึกษาและบริษัทตัวอย่างนั้น หากไม่สามารถประสานงานกันได้ จะส่งผลกระทบต่อการทำงานของแผนกซ่อมบำรุงของบริษัทตัวอย่างและบริษัทกรณีศึกษา คือจะทำให้กำหนดเสร็จงานซ่อมบำรุงล่าช้าลง หรือหากไม่มีอะไหล่ใช้ซ่อมจะต้องมาทำการซ่อมบำรุงภายหลังจากที่มีอะไหล่พร้อมแล้ว ซึ่งทำให้ค่าใช้จ่ายของบริษัททั้งสองเพิ่มขึ้นด้วย

1.3 แนวทางในการแก้ไข

ปัญหาที่พบในบริษัทกรณีศึกษาส่วนใหญ่เกิดจากการขาดการวางแผนการซ่อมบำรุงที่ดี ขาดระบบการจัดการกับอะไหล่ที่จะใช้ซ่อมบำรุงวาล์ว ขาดระบบฐานข้อมูลของการซ่อมวาล์ว และปัญหาที่พบในบริษัทตัวอย่างส่วนใหญ่ที่พบเกิดจากความไม่คล่องตัวในการค้นหาข้อมูลของวาล์วและเกิดความซ้ำซ้อนในการทำงานในแต่ละขั้นตอน โดยที่ไม่มีการเก็บข้อมูลเดิมไว้เพื่อเป็นประโยชน์ในคราวต่อไป ซึ่งควรดำเนินการแก้ไขปัญหาข้างต้นของทั้งสองบริษัท พร้อมทั้งปรับปรุงการทำงานให้มีประสิทธิภาพโดยการจัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อจัดทำระบบการวางแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) พร้อมทั้งกำหนดการและวิธีการตรวจซ่อมบำรุง และพัฒนาระบบฐานข้อมูลของวาล์วที่ได้ทำการซ่อมแล้ว โดยทำการจัดเป็นกลุ่มข้อมูลและสร้างรูปแบบความสัมพันธ์ของข้อมูล (Relational Data Model) ซึ่งจะจัดเรียงตามเลขประจำตัวสินค้าของลูกค้า (Tag No.) หรือวันที่ต้องทำการซ่อมวาล์วครั้งต่อไป ซึ่งภายในโปรแกรมจะประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญดังรูปที่ 1.2

การทำแผนการซ่อมบำรุงนี้จะทำการปรับเปลี่ยนตามระยะเวลาที่เหมาะสม ขึ้นอยู่กับความเห็นชอบของทั้งสองฝ่าย รายงานผลที่ได้นี้จะช่วยให้เกิดประโยชน์ในการเตรียมการแผนการซ่อมบำรุงแบบป้องกันการชำรุด เพื่อการซ่อมล่วงหน้าก่อนการเกิดความเสียหายจริง ซึ่งเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการวางแผนการซ่อมบำรุงในปัจจุบัน เพื่อให้กระบวนการผลิตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้ง จัดการเรื่องอะไหล่ที่ต้องใช้ในการซ่อมบำรุงด้วย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ทั้งต่อบริษัทกรณีศึกษาและบริษัทตัวอย่างเป็นอย่างมากด้วย



รูปที่ 1.2 การทำงานของโปรแกรมฐานข้อมูล

1.4 วัตถุประสงค์

เพื่อจัดทำระบบสารสนเทศสำหรับการวางแผนซ่อมบำรุงวาล์วควบคุมที่เหมาะสมกับบริษัทกรณีศึกษา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการซ่อมบำรุงให้สูงขึ้นและช่วยการเตรียมอะไหล่ที่ถูกต้องในการซ่อมบำรุงวาล์วควบคุม

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.1 ศึกษาและออกแบบระบบสารสนเทศการวางแผนงานซ่อมบำรุงวาล์วควบคุมด้วยระบบการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) สำหรับบริษัทกรณีศึกษา

1.5.2 งานวิจัยนี้จะจัดทำระบบฐานข้อมูลของวาล์วควบคุม ตลอดจนการจัดเตรียมรายการอะไหล่ที่ต้องใช้ในการซ่อมบำรุง

1.6 ขั้นตอนและวิธีการวิจัย

1.6.1 ศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1.6.2 รวบรวมข้อมูลของวาล์วควบคุม

1.6.3 กำหนดมาตรฐานการซ่อมบำรุง

1.6.4 ออกแบบเอกสารการซ่อมบำรุง

1.6.5 จัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.6.6 ทดลองและปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมให้เหมาะสม

1.6.7 จัดทำระบบฐานข้อมูลและทดสอบการทำงาน

1.6.8 จัดทำคู่มือการใช้งาน

1.6.9 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1.6.10 จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ช่วยวางแผนการซ่อมบำรุงที่มีประสิทธิภาพแก่บริษัทกรณีศึกษา

1.7.2 มีระบบฐานข้อมูลการซ่อมวาล์วควบคุมและอะไหล่ที่ใช้ซ่อมวาล์วควบคุมสำหรับการวางแผนการซ่อมบำรุงแบบป้องกันการชำรุด (Preventive Maintenance)

1.7.3 สามารถลดระยะเวลาและขั้นตอนการทำงานของพนักงานขายในส่วนการจัดทำการเสนอราคาอะไหล่วาล์วควบคุม

1.7.4 เพื่อเป็นประโยชน์ในการประยุกต์ใช้กับบริษัทอื่นต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้กล่าวถึงหลักทฤษฎีและงานวิจัยเกี่ยวกับการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร ซึ่งทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้รวบรวมมาจากเอกสารต่างๆ ดังนี้ แนวความคิดเกี่ยวกับการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร โดย สุรศักดิ์ องอาจถาวร, การบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงปฏิบัติ โดย ชิดพงษ์ ประดิษฐ์สุวรรณ และ หลักการเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ โดย สุวิช พึ่งเจริญ

การบำรุงรักษาเครื่องจักร หมายถึง การป้องกันการเสื่อมสมรรถนะ โดยเป็นที่ทราบแล้วว่าต้องมีการเสื่อมสมรรถนะ ดังนั้น เป้าหมายของทุกบริษัทก็คือ พยายามทำให้ความเสียของการเสื่อมสมรรถนะเกิดขึ้นน้อยที่สุด

2.1 ประเภทของการบำรุงรักษา

ประเภทของการบำรุงรักษานั้นมีอยู่หลายประเภทขึ้นกับวิธีการแบ่งของแต่ละวิธี โดยทั่วไปสามารถแบ่งประเภทของการบำรุงรักษาได้ 4 แบบ คือ

1. การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PREVENTIVE MAINTENANCE = PM)
2. การบำรุงรักษาแก้ไข (CORRECTIVE MAINTENANCE = CM)
3. การบำรุงรักษาปรับปรุง (IMPROVEMENT MAINTENANCE = IM)
4. การบำรุงรักษาจากการเสีย (BREAKDOWN MAINTENANCE = BM)

ต่อไปนี้จะได้อธิบายรายละเอียดการบำรุงรักษาแต่ละประเภทดังนี้

2.1.1 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PREVENTIVE MAINTENANCE)

หมายถึง การบำรุงรักษาเพื่อป้องกันอุปกรณ์ล่วงหน้าก่อนที่อุปกรณ์จะเกิดความเสียหายหรือทำงานผิดพลาด ทั้งนี้เพื่อลดโอกาสที่อุปกรณ์และเครื่องจักรจะทำงานอยู่ในสภาพที่ไม่สามารถยอมรับได้ งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันมีอยู่ 3 ชนิดคือ

1. SERVICING คือ งานที่ต้องทำเป็นประจำ เช่น ประจำวัน (Daily), ประจำสัปดาห์ (Weekly), ประจำเดือน (Monthly) การบำรุงรักษาประเภทนี้บางงาน

2. จะเป็นหน้าที่ของ Operator หรือ พนักงานควบคุมเครื่อง หรือพนักงานเดินเครื่อง แต่บางงานจะอยู่ในความรับผิดชอบของพนักงานบำรุงรักษา (Maintenance Section) ประเภทของ Servicing ได้แก่

- การหล่อลื่น (Lubrication) เช่น การเติม – การเปลี่ยน – การถ่ายน้ำมันเครื่อง , การอัดจารบี งานเหล่านี้เป็นผลมาจากงาน Inspection & Checking
- การทำความสะอาด (Cleaning) เช่น การทำความสะอาดบริเวณบ่ารองของวาล์วที่อยู่ภายใน Air Relay, การทำความสะอาดไส้กรองอากาศของ Air Compressor, การล้าง Strainer และการล้าง Filter
- การทดสอบสมรรถภาพของอุปกรณ์ (Function Testing) โดยการตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ เช่น การ Test Run หลังจาก Inspection & Checking
- การตรวจหาและตรวจเช็คสภาพ (Inspection & Checking) คือ การตรวจหา , ดูแลสภาพการใช้งาน, ตรวจวัดระดับเสียง, ตรวจความยืด, อุณหภูมิ, การหล่อลื่น, การสั่นสะเทือน (Vibration), Alignment หากจุดใดบกพร่องก็ทำการแก้ไข

3. Parts Replacement คือ การบำรุงรักษาที่ทำการเปลี่ยนส่วนอุปกรณ์ตามอายุการใช้งาน โดยที่ชิ้นส่วนยังไม่มีความเสียหายเกิดขึ้น มีลักษณะดังนี้

- เปลี่ยนเนื่องจากการ Inspection แล้วพบว่าชิ้นส่วนนั้นมีอายุการใช้งานของมันแล้ว
- เปลี่ยนเนื่องจากการถือโอกาส เช่น ในขณะที่ทำการถอดเปลี่ยนชิ้นส่วนหนึ่ง แต่ตรวจพบว่าชิ้นส่วนอื่นเสียหายมากพอสมควรที่จะเปลี่ยนได้ จึงได้ทำการเปลี่ยนเพื่อป้องกันล่วงหน้า
- เปลี่ยนตามอายุการใช้งาน ตามที่บริษัทผู้ผลิตได้ระบุไว้
- เปลี่ยนตามประสบการณ์ ซึ่งอาจจะดูได้จากสถิติที่ได้เก็บประวัติไว้

4. Scheduled Maintenance คือ การบำรุงรักษาตามวาระหรือตามหมายกำหนดการที่ได้วางไว้ เป็นการทำเพื่อตรวจสอบสภาพการสึกหรอและตรวจสอบแก้ไขสภาพต่าง ๆ และปรับสมรรถนะให้กลับมาเป็นอย่างเดิม ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไป เรียกว่างาน Yearly Inspection และ Major Overhaul

2.1.2 **การบำรุงรักษาแก้ไข** (CORRECTIVE MAINTENANCE)

คือ การซ่อมชิ้นส่วนของอุปกรณ์ที่เกิดจากสาเหตุดังต่อไปนี้คือ

- เกิดความเสียหายจนใช้การไม่ได้
- ทำงานผิดพลาด
- ค่าเกินขีดจำกัด
- เกิดสิ่งผิดปกติขึ้น เช่น เกิดเสียงดังกว่าปกติ
- ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ต่ำลง

1. งานซ่อมฉุกเฉิน (Emergency Repair = ER) คือ งานซ่อมที่มีสภาพความเสียหายเกิดขึ้นอย่างทันทีทันใด โดยไม่คาดคิดมาก่อน ซึ่งสภาพความเสียหายนี่จะส่งผลรุนแรงต่อกำลังการผลิตของเครื่องจักร
2. งานซ่อมตามแผนการที่วางไว้ (Planned Repair = PR) คือ งานซ่อมชิ้นส่วนอุปกรณ์ หรือตัวอุปกรณ์ที่ได้เกิดความเสียหายไปแล้ว นอกเหนือจากงานซ่อมฉุกเฉิน คือ เป็นงานซ่อมแก้ไขที่สามารถวางแผนเตรียมการซ่อมได้

2.1.3. **การบำรุงรักษาปรับปรุง** (Improvement Maintenance) **แบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ**

1. Modification เป็นการดัดแปลงของเก่าที่มีอยู่เดิมให้ดีขึ้น เหมาะสมขึ้น
2. Retrofits เป็นการติดตั้งของใหม่แทนของเก่า เพื่อจุดประสงค์ให้ทำงานดีขึ้น
3. Redesign เป็นการเปลี่ยนระบบรูปแบบเก่า มาเป็นรูปแบบใหม่

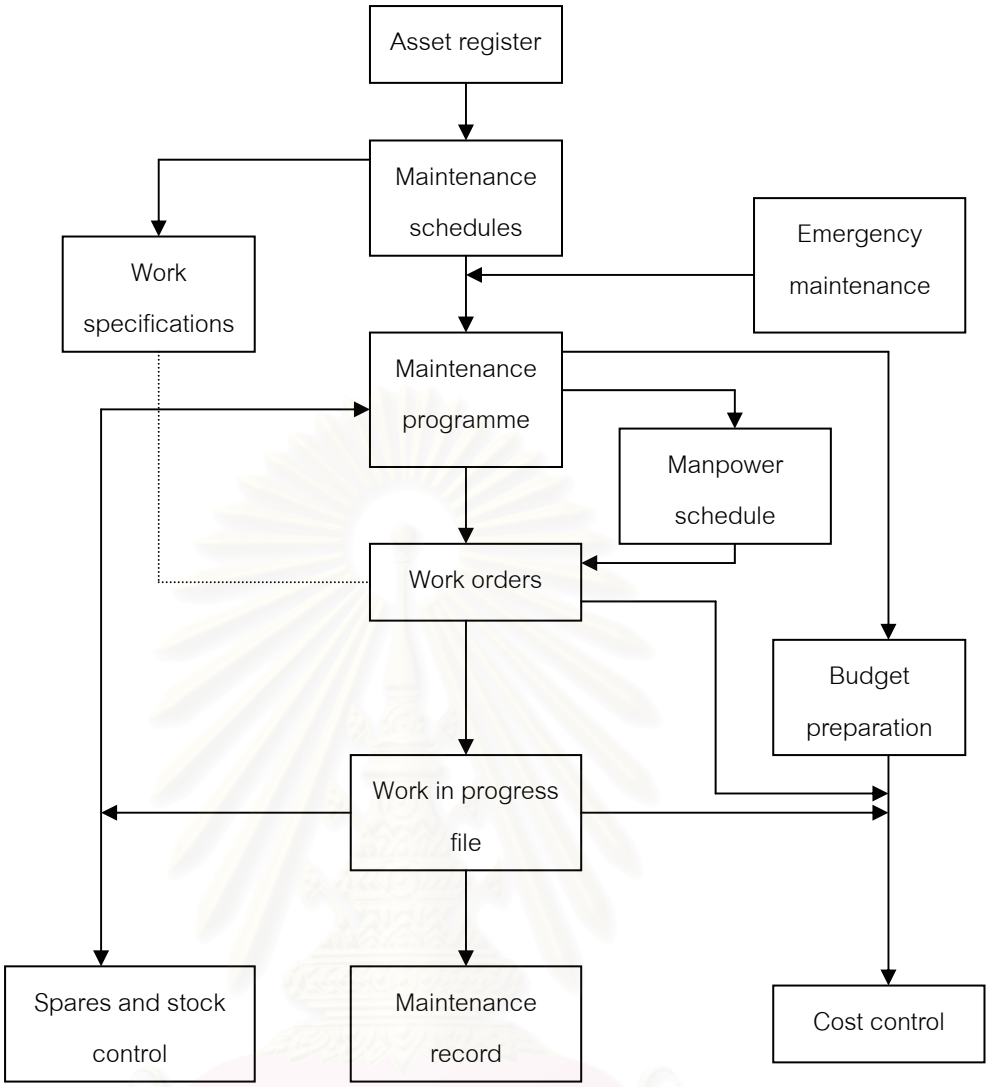
การปรับปรุงแก้ไขนี้มีจุดประสงค์เพื่อลดหรือกำจัดงานบำรุงรักษาให้น้อยลง ดังนั้นก่อนที่จะเริ่มงาน ต้องวางแผนการล่วงหน้าอย่างระมัดระวังมากกว่างานซ่อมอื่นๆ ขณะเดียวกันต้องรู้ถึงวิธีดำเนินงานเพื่อให้เวลาและค่าใช้จ่ายอยู่ในขอบเขตที่ประมาณค่าได้

2.1.4. **การบำรุงรักษาจากการเสีย** (BREAKDOWN MAINTENANCE)

เป็นการซ่อมหลังจากเครื่องเสีย หลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งควรมีแผนที่ดีเพื่อกรณีกระทันหัน จะสามารถซ่อมบำรุงได้ทันการ

2.2 ระบบงานบำรุงรักษา (MAINTENANCE SYSTEM)

หมายถึง การจัดวางระบบงานด้านบำรุงรักษาให้มีระบบงานที่แน่นอน มีวิธีการต่าง ๆ เป็นขั้นตอน ระบบที่จะกล่าวนี้ไม่ใช่หมายถึง วิธีที่จะไปปฏิบัติการต่อ อุปกรณ์เครื่องจักร เพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่เป็นการดำเนินงานทุกขั้นตอนของการบำรุงรักษาดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ระบบงานซ่อมบำรุง (Maintenance System)

(ที่มา: K.C. Lam, 2001)

ระบบงานบำรุงรักษาประกอบด้วย 4 ขั้นตอนด้วยกันคือ

1. การวางแผนงาน (Schedule Planning)
2. การปฏิบัติงานซ่อมบำรุง (Maintenance Operation)
3. การรายงานและประเมินผล (Reporting and Evaluation)
4. การป้อนข้อมูลกลับเพื่อแก้ไข (Feedback Information)

ทั้ง 4 ขั้นตอนจะสัมพันธ์กันด้วยระบบข้อมูล ซึ่งเป็นหัวใจของระบบงานบำรุงรักษา ถ้าไม่มีระบบข้อมูลที่ดีพอ ขั้นตอนต่าง ๆ ในระบบบำรุงรักษาก็จะไม่มีความสัมพันธ์กัน ระบบการบำรุงรักษาก็จะไม่มีความต่อเนื่อง และในที่สุดระบบนั้นก็จะไม่ประสบผลสำเร็จเป็นระบบต่อไป

ระบบข้อมูลควรจะประกอบด้วยข้อมูลอะไรบ้าง รายละเอียดของส่วนประกอบจะแตกต่างกันไปตามระบบการบำรุงรักษาที่ได้กำหนดขึ้นมาว่า จะควบคุมอะไรบ้างและระดับไหน แต่ส่วนประกอบใหญ่ ๆ ที่จะต้องมีนั้นก็จะสามารถพิจารณาได้จาก หลักการเบื้องต้นของการบำรุงรักษา โดยทั่ว ๆ ไปมีส่วนประกอบ ดังต่อไปนี้คือ

1. ใคร (Who) : ใครจะเป็นผู้ปฏิบัติ
2. อะไร (What) : เรื่องเกี่ยวกับอะไร
3. อย่างไร (How) : ด้วยวิธีการอย่างไร
4. เมื่อไร (When) : จะลงมือทำเมื่อไร, เสร็จเมื่อไร
5. ข้อมูลอะไร (What Information) : ข้อมูลที่ควบจะรวบรวมมีอะไรบ้าง

จากการตอบคำถามดังกล่าว ก็จะสามารถระบุได้ว่า ควรจะมีข้อมูลเกี่ยวกับอะไรบ้าง การรวบรวมข้อมูลนี้เป็นงานที่ต้องใช้เวลามากโดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลที่สามารถจะนำมาใช้ในการวางระบบ PM นั้น กล่าวกันว่า อาจต้องใช้เวลาอย่างน้อย 3 ปี จึงจะได้ข้อมูลที่ดีและถูกต้อง แบบฟอร์มนั้นจะต้องเป็นระเบียบสามารถอำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้ (ผู้ให้ข้อมูล) โดยให้ผู้ใช้หรือผู้ให้ข้อมูลกรอกข้อความน้อยที่สุดหรือสั้นที่สุดเท่าที่จำเป็น เพราะข้อมูลที่มากแม้จะดีกว่าข้อมูลที่น้อยก็จริง แต่ถ้ามากเกินไปย่อมไม่ประหยัดและไร้ประโยชน์ คือ ไม่คุ้มค่ากับเวลาแรงงานและค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่สูญเสียไป

2.3 การเสื่อมสภาพเชิงสมรรถนะ

เนื่องจากการป้องกันและแก้ไขการเสื่อมสมรรถนะของเครื่องจักร เป็นแนวทางปฏิบัติที่สำคัญที่สุดของการบำรุงรักษาเครื่องจักร ดังนั้นในหัวข้อนี้เราจะมาพิจารณาถึงเรื่องการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรให้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น ซึ่งในที่นี้จะครอบคลุมความหมายเฉพาะการเสื่อมสภาพโดยสมบูรณ์และการเสื่อมสภาพทางเทคนิคเท่านั้น

2.3.1 สาเหตุของการเสื่อมสมรรถนะ

เครื่องจักรเป็นสิ่งที่ประกอบขึ้นจากวัตถุหลายชนิด ต้องอยู่ในบรรยากาศและทำงานในสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ กัน ทำให้ต้องผจญกับผลกระทบทางกายภาพและทางเคมีอยู่ตลอดเวลา ดังนั้น จึงเป็นสิ่งที่แน่นอนว่าเราไม่สามารถจะหยุดการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรโดยสิ้นเชิงได้ เราจำเป็นต้องยอมรับการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรบ้าง

ถ้าพิจารณาดูถึงสาเหตุที่ทำให้เครื่องจักรเสื่อมสมรรถนะ จะเห็นว่าสาเหตุการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะตัวของเครื่องจักรอยู่มาก ดังนั้นจึงยากที่จะกล่าวถึงเครื่องจักรได้ทั้งหมด

ดังนั้น เราจะพิจารณามุ่งไปที่ปรากฏการณ์ของการเสื่อมสมรรถนะแทน โดยปกติหากเครื่องจักรมีปรากฏการณ์ 3 อย่างต่อไปนี้เกินขึ้น ก็สามารถตัดสินได้ว่าเครื่องจักรนั้นเสื่อมสภาพ

(1) **การสึกหรอของส่วนโครงสร้างของเครื่องจักร**

ตัวอย่างเช่น การผุของท่อ หรือการสึกหรอของโลหะในชิ้นส่วนสำคัญของเครื่องจักร เป็นต้น ผลจากการสึกหรอนี้จะทำให้ไม่สามารถใช้เครื่องจักรได้อย่างเต็มสมรรถนะที่มีอยู่การเสื่อมสภาพจะดำเนินไปเรื่อยจนกระทั่งทำให้เครื่องจักรขัดข้องในที่สุด

(2) **การเสียหายของส่วนโครงสร้างของเครื่องจักร**

ตัวอย่างเช่น เพลาแตกหัก สายไฟหรือสายเคเบิลขาด อุปกรณ์พวกชนะแตกร้าว เป็นต้น สิ่งเหล่านี้เป็นผลจากการที่ชิ้นส่วนของเครื่องจักรได้รับผลกระทบจากภาระ (โหลด) เป็นเวลายาวนานจนอยู่ในสภาพล้า ผลจากความเสียหายเหล่านี้จะทำให้สมรรถนะของเครื่องจักรลดต่ำลงและเกิดขัดข้องขึ้นได้ หากมองในระยะยาวก็จะเป็นการเสื่อมสภาพทางสมรรถนะของเครื่องจักร

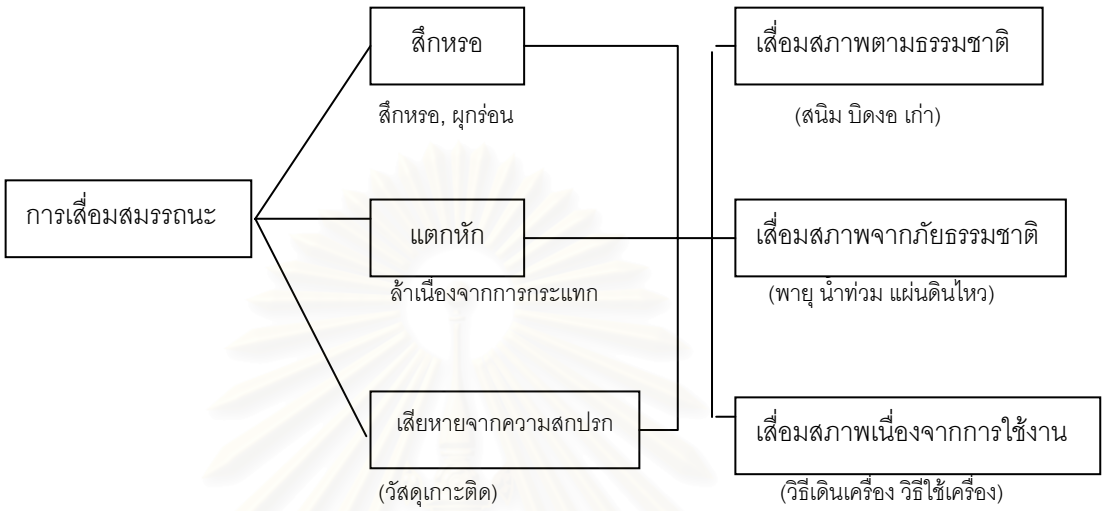
(3) **ความสกปรกภายในตัวเครื่องจักร (การเสียหายจากความสกปรก)** เมื่อใช้เครื่องจักรเป็นเวลานานจะมีเศษวัสดุฝุ่นละออง และสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ เกาะติดที่ส่วนเคลื่อนไหว หรือชิ้นส่วนภายในของเครื่องจักรได้ นอกเหนือจากที่เรามักพบสิ่งสกปรกตามภายนอกเครื่องจักร สิ่งสกปรกเหล่านี้นอกจากทำให้ดูสกปรกแล้ว ยังก่อให้เกิดผลเสียต่อสมรรถนะของเครื่องจักร เนื่องจากการเกาะติดดังกล่าวอีกด้วย เราเรียกการเสื่อมสมรรถนะที่เกิดจากความสกปรกนี้ว่า การเสียหายจากความสกปรก

2.3.2 สาเหตุเบื้องต้นของการทำให้เครื่องจักรเสื่อมสภาพ

ต่อไปเราจะพิจารณาถึงสาเหตุเบื้องต้นที่เป็นตัวต้นเหตุของการสึกหรอ การเสียหายและความสกปรกทั้ง 3 ประการซึ่งทำให้เครื่องจักรเสื่อมสภาพเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ

สิ่งแรกก็คือ จากการที่เครื่องจักรเป็นวัตถุ ดังนั้นตราบเท่าที่ต้องอยู่ในบรรยากาศย่อมต้องเกิดสนิมบิดงอ และเกิดความล้า (เก่า) ซึ่งถือเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติจึงไม่สามารถทำให้อยู่ภายใจ้เงื่อนไขทางเทคนิคได้ตลอดเวลา

นอกเหนือจากนี้วิธีเดินเครื่องและใช้เครื่องยังเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดสาเหตุ 3 ประการของการเสื่อมสถาพอีกด้วย การเดินเครื่องอย่างไม่ระวัง (รุนแรง) และเกินกำลังจะทำให้เครื่องจักรสึกหรอเร็วขึ้น บางครั้งยังอาจทำให้ชิ้นส่วน เช่น เพลาต่าง ๆ หักได้



รูปที่ 2.2 สาเหตุของการเสื่อมสมรรถนะของเครื่องจักร (ที่มา: Nakajima, 1992)

โดยทั่วไปแล้วนอกจากการเดินเครื่องจักรอย่างถูกวิธีซึ่งจะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการเสื่อมสมรรถนะแล้ว วิธีการใช้เครื่องจักรก็เป็นสิ่งสำคัญด้วย

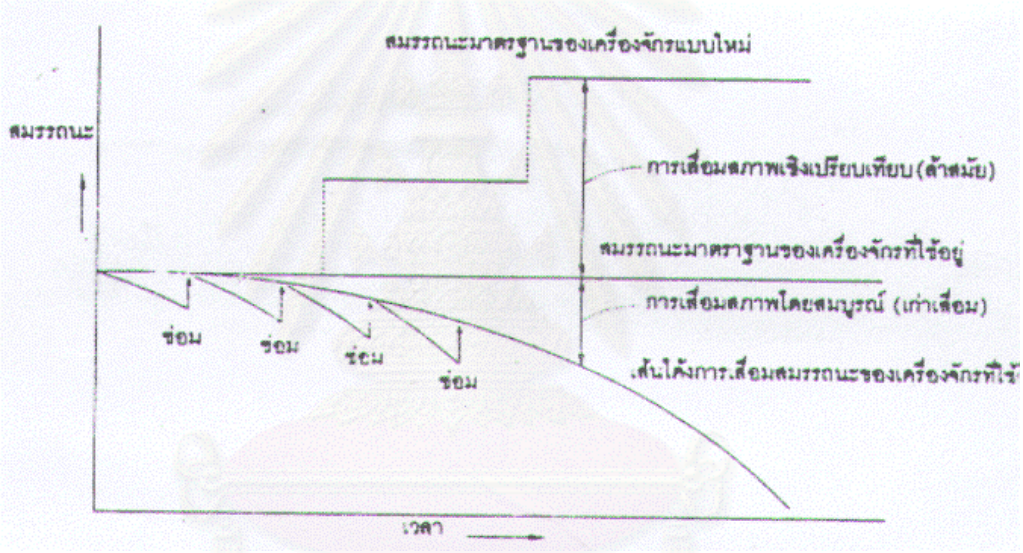
การเสื่อมสมรรถนะของเครื่องจักรอาจจะเกิดจากภัยธรรมชาติ เช่น ถูกน้ำท่วม ไฟไหม้ แผ่นดินไหว ฯลฯ ได้อีกด้วย

2.3.3 **เส้นโค้งการเสื่อมสมรรถนะ**

เมื่อคนเราแก่ตัวลง การทำงานของร่างกายก็จะร่วงโรยไปตามอายุอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ในเครื่องจักรก็เช่นเดียวกัน จะมีการเสื่อมสมรรถนะเกิดขึ้นตามเวลาที่ผ่านไปอย่างแน่นอน แม้ว่าระดับของการเสื่อมสภาพอาจจะแตกต่างกันไปบ้าง

รูปที่ 2.3 แสดงเส้นโค้งการเสื่อมสมรรถนะ สมรรถนะเมื่อเวลาตามแกนนอน = 0 (ทันทีที่นำเข้ามาใช้) เรียกว่าสมรรถนะมาตรฐานซึ่งจะเป็นมาตรฐานในการวัดการเสื่อมสมรรถนะของเครื่องจักรจะตกต่ำลงตามเวลาที่ผ่านไป จนกระทั่งถึงจุดหนึ่งที่จำเป็นต้องซ่อมแซมเพื่อแก้ไขความเสื่อมสภาพ ซึ่งโดยปกติการซ่อมแซมจะไม่สามารถทำให้เครื่องจักรมีสมรรถนะดีกว่าสมรรถนะมาตรฐานของเครื่องจักร หรือ สมรรถนะที่ได้จาก

การซ่อมแซมครั้งก่อนได้ ดังนั้นหลังจากผ่านการซ่อมแซมหลายครั้งเพื่อฟื้นฟูสภาพการเสื่อม เครื่องจักรจะมีสมรรถนะต่ำลงที่ละน้อยจนกระทั่งต้องขจัดทิ้งในที่สุด ในรูปที่ 2.3 ยังได้แสดงถึง ในกรณีที่มีเครื่องจักรแบบใหม่เกิดขึ้นมาด้วย ซึ่งความแตกต่าง ระหว่างสมรรถนะของเครื่องจักรแบบใหม่ กับเครื่องจักรที่ใช้อยู่ก็คือ การเสื่อมสภาพเชิงเปรียบเทียบนั่นเอง และความแตกต่างระหว่างสมรรถนะมาตรฐานของเครื่องจักรที่ใช้อยู่กับสมรรถนะของเครื่องจักรนั้น ที่จุดหนึ่งของเวลาก็คือ การเสื่อมสภาพโดยสมบูรณ์ ปัจจุบันเครื่องจักรแบบใหม่ ๆ ได้ถูกคิดค้นออกมาอย่างรวดเร็วทำให้วงจรชีวิต (LIFE CYCLE) ของเครื่องจักรสั้นลง ซึ่งนั่นก็หมายความว่า ต้องมีการเปลี่ยนเครื่องจักรใหม่ให้ดีขึ้น บ่อยครั้งขึ้นเนื่องจากการเสื่อมสภาพเชิงเปรียบเทียบนั่นเอง



รูปที่ 2.3 เส้นโค้งการเสื่อมสมรรถนะ (ที่มา: Nakajima, 1992)

2.4 มาตรการแก้ปัญหาการเสื่อมสมรรถนะคือการบำรุงรักษาเครื่องจักร

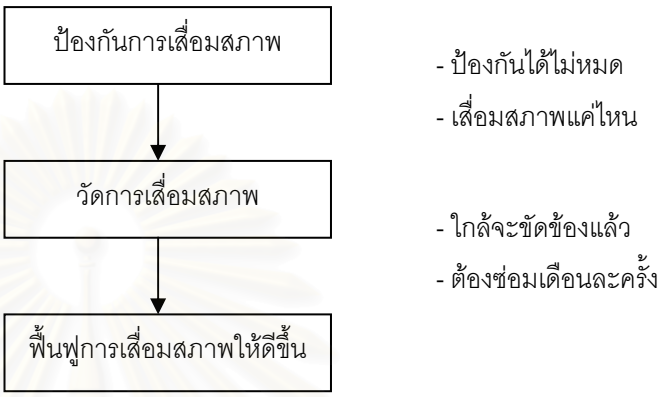
การบำรุงรักษาเครื่องจักร หมายถึง การป้องกันการเสื่อมสมรรถนะ โดยเป็นที่ทราบกันอยู่แล้วว่าต้องมีการเสื่อมสมรรถนะ ดังนั้น เป้าหมายของเราก็คือ พยายามทำให้ความเสียหายจากการเสื่อมสมรรถนะเกิดขึ้นน้อยที่สุด

เราสามารถแบ่งบทบาทพื้นฐานสำหรับมาตรการแก้ปัญหาการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

- จะป้องกันการเสื่อมสภาพอย่างไร
- จะรู้ถึงระดับการเสื่อมสภาพได้อย่างไร

- จะวางแผนฟื้นฟูการเสื่อมสภาพให้กลับคืนอย่างเดิมได้อย่างไร

บทบาทพื้นฐานทั้ง 3 ประการนี้ ก็คือหน้าที่ทุกประการในการบำรุงรักษาเครื่องจักร ต่อไปเราจะมาพิจารณาถึงในรายละเอียดของหน้าที่ทั้ง 3 ประการนี้



รูปที่ 2.4 หน้าที่ 3 ประการในการบำรุงรักษาเครื่องจักร

2.4.1 การป้องกันการเสื่อมสภาพ = การบำรุงรักษาประจำวัน

(ก) เดินเครื่องอย่างถูกวิธี

การบำรุงรักษาเริ่มจากการเดินเครื่องอย่างถูกวิธีก่อน ซึ่งก็เป็นคำที่ส่งเสริมการป้องกันการเสื่อมสภาพ ยิ่งเครื่องจักรซับซ้อนมากขึ้น เครื่องจักรก็จะมีลักษณะทนทานใช้ได้นาน น้อยลง เครื่องจักรที่ทนทานจะไม่ขัดข้องง่าย แม้ว่าเราจะใช้งานอย่างไม่
ทนุถนอม หรือเกินกำลัง แต่สำหรับเครื่องจักรที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงและมีความสลับซับซ้อนมากนั้น หากเราไม่ใช้ด้วยความระมัดระวังก็จะชำรุดขัดข้องบ่อยมาก เรามักจะพบว่าต้องมีระบบปรับอากาศเพื่อเครื่องจักร แทนที่จะมีไว้สำหรับผู้ปฏิบัติงาน

การเดินเครื่องอย่างถูกวิธีนั้นเป็นประโยชน์ต่อการป้องกันการเสื่อมสภาพอย่างแน่นอน แต่หากพิจารณาดูแล้วจะเห็นว่าเรื่องนี้เป็นปัญหาด้านวิธีปฏิบัติงานและวิธีคุมเครื่องมากกว่าที่จะเป็นปัญหาด้านการบำรุงรักษาเครื่องจักร ดังนั้น จึงควรกำหนดวิธีปฏิบัติงานมาตรฐานขึ้นไว้

(ข) การบำรุงรักษาประจำวัน

การบำรุงรักษาประจำวัน เป็นมาตรการป้องกันการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรวิธีหนึ่ง การกำหนดรายละเอียดการปฏิบัติงานในการบำรุงรักษาประจำวัน อาจแตกต่างกัน

ไปตามชนิดของเครื่องจักรบ้าง แต่โดยทั่วไปก็จะประกอบไปด้วย การเติมน้ำมันหล่อลื่น เปลี่ยนชิ้นส่วนปรับแต่ง ทำความสะอาด เป็นต้น การบำรุงรักษาประจำวันนี้ โดยปกติผู้ปฏิบัติงานที่ประจำอยู่ในสถานที่ทำงานจะเป็นผู้ปฏิบัติ เมื่อเวลาเริ่มงานและเลิกงาน หรือว่าก่อนและหลังเวลาเตรียมงาน

2.4.2 การวัดการเสื่อมสภาพ = การตรวจสอบ (ตรวจเช็ค)

การบำรุงรักษาประจำวันเพื่อพยายามป้องกันการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรเป็นสิ่งที่สำคัญมาก แต่ยังมีของเขตจำกัด ทำให้เราไม่สามารถป้องกันการเสื่อมสภาพได้โดยสมบูรณ์ โดยเฉพาะเมื่อใช้เครื่องจักรไปเรื่อย ๆ การเสื่อมสภาพก็จะเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น ผู้ควบคุมเครื่องจักรจึงจำเป็นต้องสำรวจให้รู้ถึงสภาพของการเสื่อมไว้ ซึ่งก็คือบทบาทของการตรวจสอบนั่นเอง

จุดประสงค์ในการตรวจสอบนี้ก็คือ การหาข้อมูลเพื่อแสดงให้เห็นได้ชัดเจนว่ามีปรากฏการณ์การเสื่อมสภาพหรือระดับของการเสื่อมสภาพเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด จากนั้นก็จะอาศัยผลการตรวจสอบนี้มากำหนดวิธีการปฏิบัติ (การแก้ปัญหา) เพื่อให้สามารถใช้และรักษาสมรรถนะของเครื่องจักรต่อไปได้ หากรอให้เครื่องจักรขัดข้องและหยุดทำงานแล้วจึงทำการแก้ไข จะทำให้มีผลเสียหายร้ายแรงต่อการผลิต ดังนั้นการจัดการหลังจากเกิดเหตุจึงไม่สามารถที่จะทำให้ความเสียหายจากการเสื่อมสภาพลดลงเหลือน้อยที่สุดได้ การทำความเข้าใจเกี่ยวกับสภาพของเครื่องจักรด้วยการตรวจสอบเครื่องจักร คือสิ่งสำคัญมากในการป้องกันความเสียหายล่วงหน้า (ปฏิบัติการก่อนที่จะเกิดการขัดข้อง)

2.4.3 การฟื้นฟูการเสื่อมสภาพ = การซ่อมแซมอุปกรณ์

เมื่อการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรเพิ่มมากขึ้น จนไม่มีสมรรถนะเพียงพอที่จะทำการผลิตได้ จึงจำเป็นต้องหาวิธีที่จะฟื้นฟูสมรรถภาพให้ดีขึ้นเท่าเดิม ซึ่งก็คือการซ่อมแซมนั่นเอง การตัดสินว่าจะซ่อมเมื่อไรนั้นถือเป็นสิ่งที่สำคัญมาก และผลการตรวจสอบเครื่องจักร ก็จะมีประโยชน์มากในฐานะที่เป็นข้อมูลในการตัดสินใจ

อย่างไรก็ตาม ในความเป็นจริงแล้วเราสามารถรู้กำหนดการซ่อมได้ล่วงหน้าจากผลการตรวจสอบเครื่องจักรและสามารถนำมากำหนดเป็นแผนปฏิบัติได้อย่างง่ายดาย แต่หากวันใดเครื่องจักรเกิดขัดข้องและหยุดทำงานอย่างกระทันหัน ทำให้จำเป็นต้อง

ซ่อมแซมอย่างเร่งด่วน ซึ่งการซ่อมประเภทนี้ ส่วนใหญ่มักจะเกิดกับเครื่องจักรที่มีการขัดข้องแบบกระทันหัน เช่น เพลาหัก หรือท่อผุกร่อน เป็นต้น

การซ่อมหลังจากเกิดเหตุขัดข้องเช่นนี้เรียกว่า การซ่อมหลังเกิดเหตุ ส่วนการซ่อม ที่ดำเนินการก่อนเกิดเหตุขัดข้องโดยทราบจากผลการตรวจสอบหรือสัญญานอย่างใดอย่างหนึ่งก่อนนั้น เรียกว่า การซ่อมเชิงป้องกัน

การซ่อมหลังเกิดเหตุนั้น อาจเป็นเหตุก่อให้เกิดความยุ่งยากในหลาย ๆ ด้านขึ้นในสถานที่ผลิตได้ขึ้นอยู่กับเครื่องจักร และยังอาจก่อให้เกิดความสูญเสียจากการเสื่อมสภาพได้อีกมากมาย เช่น ความสูญเสียจากการผลิตลดลง ความล่าช้าของการกำหนดส่งมอบ ความสับสนในการควบคุมการผลิต เป็นต้น

ดังนั้นจากความหมายดังกล่าว แนวโน้มของการซ่อมที่คาดหวังจึงควรเปลี่ยนจากการซ่อมหลังเกิดเหตุไปเป็นการซ่อมเชิงป้องกัน อย่างไรก็ตาม การซ่อมหลังเกิดเหตุอาจมีความเหมาะสมมากกว่าในเครื่องจักรบางชนิด การตัดสินใจในเรื่องนี้จึงเป็นสิ่งสำคัญมาก

2.5 การบำรุงรักษาเครื่องจักรกับการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

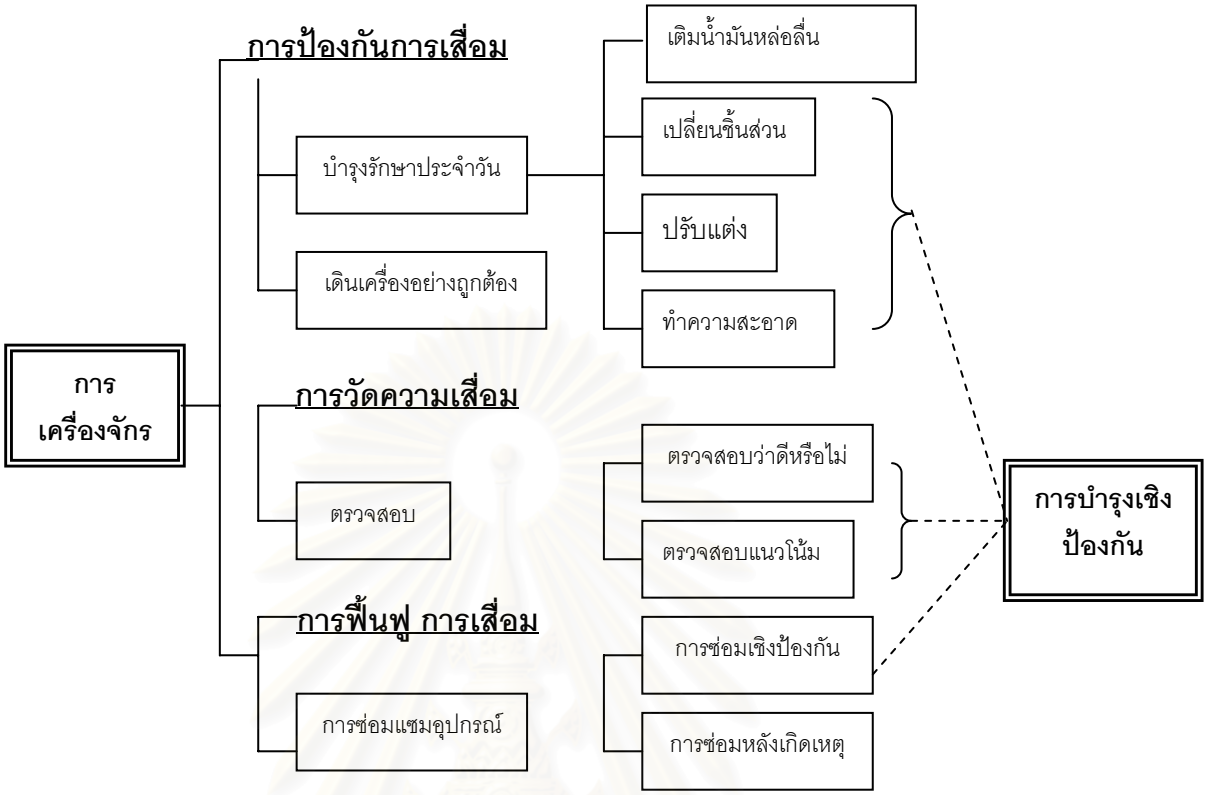
เราได้อธิบายถึงลักษณะหน้าที่ 3 ประการของการบำรุงรักษาเครื่องจักรอันได้แก่ การป้องกันการเสื่อมสภาพ การวัดการเสื่อมสภาพ การฟื้นฟูการเสื่อมสภาพ

รูปที่ 2.5 จะแสดงให้เห็นถึงผังความสัมพันธ์ของการแก้ไขการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรโดยอาศัยหน้าที่เหล่านี้ จากรูปเราสามารถมองเห็นถึงภาพโดยรวมของการบำรุงรักษาและขอบเขตของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ลักษณะสำคัญของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ก็คือ การซ่อมแซมอย่างมีแผนการก่อนที่เครื่องจักรจะขัดข้องและหยุดทำงาน ดังนั้นการซ่อมแซมในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจะมีเฉพาะการซ่อมเชิงป้องกันเท่านั้น ไม่รวมถึงการซ่อมหลังเกิดเหตุด้วย ซึ่งวิธีนี้ก็จะมีลักษณะเหมือนกับการฉีดยา เพื่อป้องกันโรคไว้ก่อนที่คนจะป่วยเป็นโรคนั่นเอง

การที่จะคาดการณ์ล่วงหน้าถึงการขัดข้องโดยอาศัยข้อมูลการตรวจสอบหรืออาการของเครื่องจักรแล้วจัดการตามความเหมาะสมนั้น เป็นสิ่งที่ค่อนข้างยุ่งยาก แต่อย่างไรก็ตาม หากเราต้องการที่จะกำจัดความเสียหายจากการขัดข้องและหยุดการทำงานของเครื่องจักรอย่างกระทันหัน วิธีนี้จะเป็นวิธีที่ได้ผลเป็นอย่างยิ่ง

จากความก้าวหน้าของเครื่องมือวัดต่างๆ ทำให้เทคนิคการตรวจสภาพเครื่องจักรสำหรับการคาดการณ์การขัดข้องล่วงหน้าของเครื่องจักร มีความเป็นไปได้สูงขึ้นเรื่อย ๆ



รูปที่ 2.5 ผังความสัมพันธ์ของการแก้ไขการเสื่อมสภาพ (ที่มา: Nakajima, 1992)

2.6 ค่าความสูญเสียจากการเสื่อมสภาพ

ความสูญเสียที่เกิดจากการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์รวบรวมได้ดังต่อไปนี้

1) ความสูญเสียจากการที่ผลิตลดลง
2) ความสูญเสียจากการที่คุณภาพต่ำลง
3) ความสูญเสียจากการที่ส่งของไม่ทัน
4) ความสูญเสียจากการที่ต้นทุนสูงขึ้น
5) ความสูญเสียจากการที่ขวัญกำลังใจและความปลอดภัยของพนักงานลดต่ำลง

ความสูญเสียเหล่านี้เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรโดยตรง และปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นนี้ ต่างก็มีผลในทางลบต่อผลผลิตทั้งสิ้น จึงถูกจัดรวมเรียกเป็น **ความสูญเสีย**

ดังนั้น เมื่อนำเทคนิคการบำรุงรักษาเข้ามาใช้โดยมีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตและลดค่าใช้จ่ายจึงต้องเริ่มต้นโดยรวบรวมค้นหาข้อมูลความสูญเสียจากการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์ให้ชัดเจนเสียก่อน

2.6.1 ค่าความสูญเสียจากการเสื่อมสภาพในแง่ของค่าความสูญเสียโอกาส ถ้าเครื่องจักรเกิดเหตุขัดข้อง ทำให้การผลิตสูญเสียไป (ความสูญเสียที่เกิดจากการผลิตลดลง) จะเห็นได้ชัดว่า ความสูญเสียนี้เป็นความสูญเสียจากการเสื่อมสภาพ

มาถึงตรงนี้คงจะเห็นได้ชัดว่า ถ้ามีการใช้ระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพดีขึ้นกว่าระบบเดิมก็จะทำให้มีโอกาสป้องกันความสูญเสียได้มากขึ้น ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เกิดจากความสูญเสียเช่นนี้ เรียกว่าความสูญเสียโอกาสหรือต้นทุนการสูญเสียโอกาส (Opportunity Cost)

ความสูญเสียจากการเสื่อมสภาพนั้น คือ ความสูญเสียที่มีผลกระทบต่อการผลิต ซึ่งจะไม่เกิดขึ้นถ้ามีค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพที่มีสมรรถนะถูกต้องเหมาะสม ดังนั้นความหมายของต้นทุนการสูญเสียโอกาสจึงนับเอาความสูญเสียจากการเสื่อมสภาพนี้เป็นความสูญเสียโอกาสนั่นเอง

ต้นทุนการสูญเสียโอกาสนี้ปกติไม่ได้นำมาใช้ในการคำนวณต้นทุนทั่ว ๆ ไป แต่จะนำมาใช้ในการพิจารณาเปรียบเทียบในกระบวนการลดต้นทุนหรือเปรียบเทียบผลกำไรที่เกิดขึ้น เป็นแนวคิดของต้นทุนในลักษณะพิเศษแนวคิดหนึ่ง

2.6.2 องค์ประกอบที่ทำให้ประสิทธิภาพอุปกรณ์ลดต่ำลง

ระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์นั้นเป็นเทคนิคการจัดการอย่างหนึ่ง ใช้ในการควบคุมรักษาให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้เต็มตามสมรรถนะตลอดช่วงอายุตั้งแต่จัดมาจนขจัดทิ้งไป การทำให้เครื่องจักรอุปกรณ์ทำงานได้เต็มตามสมรรถภาพนั้น เรียกสั้น ๆ ว่าการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์

องค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีผลทำให้ประสิทธิภาพลดต่ำลง โดยเฉพาะที่เกี่ยวกับการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์โดยตรง คือ

(1) ความสูญเสียจากการเกิดเหตุขัดข้อง

ลักษณะการเกิดเหตุขัดข้องมี 2 ประเภทคือ เหตุขัดข้องแบบกระทันหัน กับเสื่อมสมรรถนะ สำหรับเหตุขัดข้องแบบกระทันหันนั้น ทำให้การผลิตต้องหยุดชะงักไป จึงเกิดความสูญเสียได้ชัดเจนกว่า

ส่วนการสูญเสียแบบเสื่อมสมรรถนะนั้น จะเกิดความสูญเสียอย่างมากมายในขณะที่เครื่องจักรอุปกรณ์ยังเดินอยู่ตามปกติ ทำให้ความสูญเสียมักถูกมองข้ามไป และปล่อยทิ้งไว้อย่างนั้นจึงควรหันมาให้ความสนใจในกรณีนี้ให้มากขึ้น เพราะแม้เครื่องจักรจะไม่ได้หยุดแต่ก็ทำให้เกิดความสูญเสียต่าง ๆ ทางด้านคุณภาพ ความเร็วในการผลิต หรือเครื่องเดินโดยไม่มีการผลิต หรือเกิดการกินไฟมากขึ้นเป็นความสูญเสียในรูปแบบต่าง ๆ

เหตุขัดข้องทั้ง 2 ประการนี้ จะทำให้อัตราการเดินเครื่องลดต่ำลง และประสิทธิภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์ลดต่ำลงด้วย

(2) **ความสูญเสียจากการปรับแต่ง**

ปัญหาในการปรับแต่งโดยทั่วไปเป็นปัญหาที่ยุ่งยาก งานปรับแต่งนั้นมีทั้งชนิดที่ต้องปรับแต่งในขั้นตอนการเตรียมงาน กับชนิดที่ต้องทำในระหว่างทำงานประจำ

สำหรับชนิดที่ต้องปรับแต่งในขั้นตอนการเตรียมงานนั้น ปัจจุบันแต่ละโรงงานต่างก็พยายามคิดค้นหาวิธีลดเวลาส่วนนี้ลง เช่น การเตรียมงานแบบเปลี่ยนครั้งเดียว ซึ่งเป้าหมายในการลดเวลาในการเตรียมงานนี้ ส่วนหนึ่งอยู่ที่การปรับปรุงแก้ไขการปรับแต่ง

ส่วนชนิดที่ปรับแต่งในระหว่างทำงานประจำนั้น มักไม่ค่อยมีการใช้ความพยายามในการแก้ไขเหมือนอย่างแรก จึงยังมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานอยู่ค่อนข้างมาก

งานปรับแต่งในระหว่างทำงานประจำที่เห็นได้ชัดเจนได้แก่ การกำหนดตำแหน่งการปรับศูนย์ การปรับขนาด การปรับสมดุลแรงกด การปรับจังหวะการทำงาน เป็นต้น

(3) **ความสูญเสียจากการเดิน ๆ หยุด ๆ**

ลักษณะของความสูญเสียนี้ เกิดจากปัญหาบางประการของเครื่องจักร ทำให้เครื่องจักรต้องหยุดชั่วคราว ไม่ถึงระดับเป็นเหตุขัดข้อง ตัวอย่างเช่น ชิ้นงานมีคุณภาพบกพร่องทำให้ตัว Sensor ทำงานสั่งให้หยุดเครื่องไปโดยอัตโนมัติ เพื่อให้สามารถทำการขจัดสาเหตุการบกพร่องของชิ้นงานเสียก่อน แล้วจึงกดปุ่ม Reset ให้เครื่องกลึงเข้าทำงานใหม่ได้

ความสูญเสียจากการเดิน ๆ หยุด ๆ นี้ จะพบเห็นได้มากจากเครื่องจักรอัตโนมัติ เครื่องประกอบอัตโนมัติ เครื่องมือส่งงานอัตโนมัติ เป็นต้น ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์ลดลงมาก การจัดการให้เครื่องทำงานได้ใหม่นั้นทำได้ง่าย จึงมักมีแนวโน้มที่จะมองข้ามการแก้ไขสาเหตุที่แท้จริงไป

(4) **ความสูญเสียทางด้านความเร็ว**

ความสามารถในการทำงานของอุปกรณ์นั้นถูกคาดคะเนขึ้นตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบการจัดสร้างของอุปกรณ์นั้น ๆ รวมทั้งมีการกำหนดความเร็วในการทำงานไว้ด้วย แต่ในทางปฏิบัติจากเหตุผลต่าง ๆ ทำให้มักต้องเดินเครื่องด้วยความเร็วที่ต่ำกว่าความเร็วมาตรฐานซึ่งมีไม่น้อยที่ทำงานโดยไม่รู้ค่าความเร็วมาตรฐานของอุปกรณ์

ค่าแตกต่างของความเร็วจริงที่เครื่องทำงานได้เมื่อเปรียบเทียบกับความเร็วมาตรฐานนี้ถือเป็นความสูญเสียด้านความเร็ว ซึ่งมีผลโดยตรงในทางลบต่อประสิทธิภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์

(5) **ความสูญเสียจากการเกิดของเสียและการต้องการแก้ไขชิ้นงาน**

ความสูญเสียนี้มีลักษณะแตกต่างจากความสูญเสียต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้ว ในแง่ที่มิได้มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์ในเชิงปริมาณ (เวลา) เพราะการเสื่อสมรรถนะทำให้เกิดของเสีย มักตามมาด้วยการต้องเสียแรงคนเพื่อแก้ไขซ่อมแซมซึ่งเป็นการทำงาน 2 ครั้ง และเป็นการเพิ่มขั้นตอนการทำงาน จึงเรียกว่าความสูญเสียจากการเกิดของเสียและการต้องแก้ไขชิ้นงาน

ความสูญเสียนี้ เกิดจากการเสื่อมสมรรถนะในบางเวลาของเครื่องจักรอุปกรณ์ทำให้เกิดของเสียขึ้น ซึ่งเป็นปัญหาที่มีผลสืบเนื่องในเชิงคุณภาพที่ทำให้ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ต่ำลง

(6) **ความสูญเสียจากการเริ่มงาน**

ในที่นี้ไม่ใช่การเริ่มทำงานในช่วงของการเริ่มเดินเครื่องเมื่อติดตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ใหม่เสร็จ แต่จะเป็นในช่วงที่เครื่องจักรอุปกรณ์เข้าสู่ช่วงการขัดข้องแบบสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาที่สภาวะการเดินเครื่องมีเสถียรภาพ ในช่วงระยะเวลาดังกล่าวนี้เมื่อ

สาเหตุ	รายละเอียดความสูญเสีย
เครื่องจักรเกิดเหตุขัดข้อง	เมื่อเกิดเหตุขัดข้อง ทำให้ต้องหยุดซ่อมแซมแก้ไข เป็นความสูญเสียที่เกิดขึ้นอย่างไม่มีกฎเกณฑ์แน่นอน
เสียเวลาในการเตรียมงานปรับแต่ง	เกิดความสูญเสียในช่วงการเปลี่ยนล้อทงาน ซึ่งต้องมีการปรับลดเวลาในการเตรียมงาน เป็นความสูญเสียที่แน่นอน
ความเร็วการเดินเครื่องลดลง	เป็นความสูญเสียที่ความเร็วลดลงต่ำกว่าความเร็วมาตรฐาน
เกิดการขัดข้องทำให้เครื่องเดิน ๆ หยุด ๆ	เป็นความสูญเสียที่แตกต่างไปจากการเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักรทั้ง ๆ ไปเพราะอาจไม่ต้องทำการซ่อมแซมและเกิดแบบช่วงสั้น ๆ
เกิดของเสีย	เป็นความสูญเสียที่เกิดจากการเสื่อมสภาพของเครื่องจักร (ทำให้อัตราของดีที่ผลิตได้น้อยลง)

ตารางที่ 2.1 สาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียประสิทธิภาพของอุปกรณ์

เริ่มต้นการผลิตในแต่ละวันจะเกิดการสูญเสียอยู่ช่วงระยะเวลาหนึ่ง การสูญเสียนี้เกิดจากระดับเสถียรภาพของสภาวะการทำงานระดับสมรรถนะของพนักงาน หรือสภาพการจัดเตรียมอุปกรณ์จับยึดงานเป็นต้น

จากที่กล่าวมาแล้วสามารถสรุปสาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียประสิทธิภาพของอุปกรณ์ได้ 6 ประการ ดังในตารางที่ 2.1

2.6.3 วิธีการคิดค่าความสูญเสียจากการเสื่อมสภาพ

หลักการพื้นฐานของแนวคิดค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ การพิจารณาให้เกิดสมดุลระหว่างความสูญเสียจาการเสื่อมสภาพและค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษา จากหลักการนี้ การกำหนดการบำรุงรักษาที่พึงกระทำของเครื่องจักรอุปกรณ์ให้ได้นั้น จำเป็นจะต้องรวบรวมค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการเสื่อมสภาพให้ชัดเจนเสียก่อน

ในส่วนต่าง ๆ ของค่าความสูญเสียการเสื่อมสภาพนั้น มีบางส่วนไม่สามารถคำนวณเป็นตัวเลขได้โดยตรง เช่น การเสื่อมสภาพของเครื่องจักรทำให้คุณภาพลดลง หรือทำให้ส่งของได้ไม่ทัน ทำให้ความเชื่อถือในตัวบริษัทต่ำลง หรือการเสื่อมลงของสภาพแวดล้อมในการทำงานทำให้ความอยากทำงานของพนักงานลดลง สิ่งเหล่านี้คำนวณหาความเสียหายออกมาเป็นตัวเงิน หรือในบางกรณีอาจคำนวณไม่ได้เลย

ในการจัดการเชิงปฏิบัตินั้น จะใช้วิธีการที่อธิบายและทำความเข้าใจได้ง่าย การคำนวณค่าความสูญเสียจาการเสื่อมสภาพ แล้วพิจารณาสภาวะทางเศรษฐศาสตร์ของความสูญเสียดังกล่าว

ความสูญเสียจากการผลิตลดลง	.....	ปริมาณการผลิตที่ลดลง x (ราคาขาย-ค่าใช้จ่ายผันแปร)
ความสูญเสียจากการที่คุณภาพต่ำ	.....	ค่าใช้จ่ายจากราคาที่ลดลงจากราคามาตรฐาน
ความสูญเสียจากการที่ต้นทุนสูงขึ้น	.....	ค่าวัสดุ ค่าพลังงาน และค่าแรงงาน
ความสูญเสียจากการส่งของไม่ทัน	.....	ค่าเสียหายที่ต้องชดใช้ให้กับลูกค้า
ความสูญเสียด้านความปลอดภัยที่ลดลง	.....	ค่าความสูญเสียจากอุบัติภัย

รูปที่ 2.6 ค่าใช้จ่ายหลักของความสูญเสียจากการเสื่อมสภาพ

2.6.4 ประเภทต่าง ๆ ของค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษา

เพื่อสะดวกต่อความเข้าใจต่อค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาโดยรวม จึงแยกค่าใช้จ่ายออกเป็น 2 ประเภท คือแยกตามจุดประสงค์การใช้งานกับแยกตามรายละเอียดของค่าใช้จ่าย

(1) ค่าใช้จ่ายตามจุดประสงค์การใช้งาน

การแยกค่าใช้จ่ายประเภทนี้ยังสามารถแยกลงไปตามลักษณะหน้าที่ของงานบำรุงรักษาได้อีก 3 ประเภท คือ

- จุดประสงค์เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพ..... **ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาประจำวัน**

เป็นค่าใช้จ่ายทั้งส่วนของค่าแรงงาน ค่าวัสดุ ที่ใช้ในกิจกรรมการบำรุงรักษาประจำวัน เพื่อการทำความสะอาด การตรวจสอบ การเติมน้ำมันหล่อลื่น การปรับแต่งเพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์

- จุดประสงค์เพื่อการวัดค่าการเสื่อมสภาพ..... **ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบอุปกรณ์**เป็นค่าใช้จ่ายด้านค่าแรง ค่าวัสดุและเครื่องมือ ที่ใช้ในการตรวจสอบเพื่อการตัดสินใจว่า อุปกรณ์อยู่ในสภาพดี เสีย หรือผิดปกติ

- จุดประสงค์เพื่อการฟื้นฟูสภาพของเครื่องจักร..... **ค่าซ่อมแซม แก้ไข** เป็นค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่ทำเพื่อซ่อมแซมฟื้นฟูการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ ซึ่งรวมค่าใช้จ่ายการว่าจ้างภายนอก หรือสั่งทำภายนอก เช่นกัน

(2) ค่าใช้จ่ายแยกตามรายละเอียด

ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาโดยทั่ว ๆ ไปเรียกว่า องค์ประกอบต้นทุน (Cost Element) สามารถแยกออกได้เป็นส่วนประกอบต่าง ๆ ตามรายละเอียดข้างล่างนี้ ซึ่งในกรณีที่ 1 ที่แยกค่าใช้จ่ายตามจุดประสงค์ในการบำรุงรักษาประจำวัน การตรวจสอบและบำรุงรักษา การซ่อม ต่างก็คงประกอบไปด้วยส่วนประกอบของค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- **ค่าวัสดุ**

เป็นค่าใช้จ่ายวัสดุ ชิ้นส่วนอะไหล่ในการบำรุงรักษา (รวมทั้งการบำรุงรักษาประจำ วัน การตรวจสอบ การซ่อม) เช่น ค่าวัสดุเหล็ก ค่าผ้าขี้ริ้ว ค่ายาง ค่าสี ค่าน้ำมันล้างทำความสะอาด น้ำมันหล่อลื่นหรือชิ้นส่วนที่ใช้เปลี่ยน ซึ่งรวมเป็นค่าใช้จ่ายวัสดุเพื่อการบำรุงรักษาทั้งหมด

ค่าใช้จ่ายเหล่านี้อาจจัดกลุ่มให้ละเอียดลงไปได้เป็นค่าวัสดุทั่วไป ค่าวัสดุสิ้นเปลือง ค่าวัสดุหล่อลื่น ค่าอุปกรณ์เครื่องมือ เป็นต้น

- **ค่าแรงการบำรุงรักษา**

เป็นค่าแรงของพนักงาน คนงาน ที่ใช้เพื่อการตรวจสอบ ปรับแต่ง ซ่อม เปลี่ยนชิ้นส่วน

- **ค่าใช้จ่ายในการว่าจ้างภายนอก**

เป็นค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ว่าจ้างพนักงาน ผู้รับเหมาภายนอก เพื่อแก้ไขซ่อมแซม

- **ค่าการสูญเสียโอกาส**

เป็นค่าสูญเสียโอกาสที่ต้องหยุดเครื่องเพื่อการซ่อมซึ่งถือเป็นค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาด้วยค่าใช้จ่ายนี้ ถ้าเครื่องจักรอุปกรณ์ไม่จำเป็นต้องหยุดแล้ว ก็จะไม่เกิดค่าใช้จ่ายนี้ขึ้น จึงถือเป็นการสูญเสียโอกาส โดยทั่ว ๆ ไปจะแบ่งออกเป็นส่วนต่าง ๆ ของความสูญเสียตามการหยุดประเภทต่าง ๆ ดังนี้

ความสูญเสียจากการหยุด.....ความสูญเสียการผลิตจากการหยุดเพื่อบำรุงรักษา

ความสูญเสียจากการเตรียมงาน....ความสูญเสียด้านเวลาการทำงานเพื่อให้ทำการบำรุงรักษา

ความสูญเสียในการฟื้นฟูสภาพ.....เป็นความสูญเสียหลังจากเสร็จการซ่อมแล้วเดินเครื่องใหม่จนเข้าสู่สภาวะการผลิตปกติ

2.6.5 ความสมดุลของค่าใช้จ่ายทั้ง 2 ประเภท

ค่าใช้จ่ายในการดูแลบำรุงรักษาประกอบด้วยค่าใช้จ่าย 2 ส่วนคือค่าความสูญเสียการเสื่อมสภาพกับค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ซึ่งการจะควบคุมบริหารค่าใช้จ่ายรวมให้ต่ำที่สุด จำเป็นต้องมีการจัดการให้เหมาะสม

แนวคิดเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาทวีผล คือสิ่งที่เกิดขึ้นมาจากการจัดการดังกล่าวข้างต้น ซึ่งเป็นหลักพื้นฐานที่กำหนดให้เกิดความสมดุลระหว่างค่าใช้จ่ายการสูญเสียจากการเสื่อมสภาพกับค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษานั่นเอง

การกำหนดเป็นเบื้องต้นก่อนว่า จะเกิดการสูญเสียจากการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์ จึงเกิดมีค่าใช้จ่ายเพื่อการบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องพิจารณาระดับความสูญเสียจาการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์แต่ละประเภท แล้วกำหนดการบำรุงรักษาที่ควรจะเป็นขึ้น

สิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณาก็คือ จะต้องไม่ทำการบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ไปแบบไม่ยั้งคิด หรือต้องไม่บำรุงรักษาเพื่อวัตถุประสงค์จะบำรุงรักษาเท่านั้น เพราะถ้า

การสูญเสียจาการเสื่อมสภาพมีเพียงน้อยนิด การปล่อยทิ้งไว้เฉย ๆ โดยไม่ทำอะไรน่าจะเป็นวิธีการบำรุงรักษาที่ดีที่สุด

โดยเฉพาะการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน อาจจะเกิดมีการบำรุงรักษาอย่างสมบูรณ์แบบ คือไม่สนใจการสูญเสียจากการเสื่อมสภาพแต่ทุ่มเทค่าใช้จ่ายไปในการซ่อมแซมหรือถอดเปลี่ยนชิ้นส่วนก่อนการเสีย เพื่อไม่ให้เกิดขัดข้องเลย

ในที่นี้ความสมดุลระหว่างค่าใช้จ่ายความสูญเสียจากการเสื่อมสภาพกับค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาจึงเป็นปัญหาที่สำคัญ เนื้อหาหลักของปัญหาความสมดุลนี้สามารถเขียนได้เป็น

ค่าใช้จ่ายการสูญเสียจากการเสื่อมสภาพ

+ ⇨ **รวมแล้วควรมีค่าต่ำที่สุด**

ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษา

2.7 วิธีการกำหนดระบบการเปลี่ยนชิ้นส่วน

การซ่อมแซมก่อนเกิดเหตุของเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีการขัดข้องอย่างกระทันหันหรือการบำรุงรักษาป้องกันนั้น จะพิจารณาเป็นปัญหาในการถอดเปลี่ยนล่วงหน้าของชิ้นส่วนหลักที่ประกอบกันขึ้นเป็นอุปกรณ์และเป็นสาเหตุให้เกิดการขัดข้องอย่างกระทันหัน เป็นการพิจารณาสถิติการขัดข้องของชิ้นส่วนเหล่านี้ แล้วกำหนดช่วงเวลาตลอดจนวิธีการถอดเปลี่ยนชิ้นส่วนอย่างเหมาะสมเพื่อให้ความสูญเสียจากการเสื่อมสภาพ + ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษา (ค่าใช้จ่ายในการถอดเปลี่ยนชิ้นส่วน) มีค่าต่ำที่สุด

ดังนั้น ในกรณีการเกิดเหตุขัดข้องอย่างกระทันหันก็จะใช้แนวคิดค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์เพื่อกำหนดช่วงเวลาการบำรุงรักษาที่เหมาะสมเช่นเดียวกับกรณีของการขัดข้องแบบเสื่อมสมรรถนะ

2.7.1 ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนชิ้นส่วน

การเปลี่ยนชิ้นส่วนก่อนการเกิดเหตุขัดข้องเพื่อป้องกันไม่ให้เหตุขัดข้อง ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องดังนี้

(1) ค่าชิ้นส่วนอะไหล่

เป็นค่าใช้จ่ายในการจัดหาชิ้นส่วนหรืออะไหล่ใหม่ ๆ เข้ามา ซึ่งเครื่องซับซ้อนขึ้น ค่าอะไหล่หรือชิ้นส่วนก็จะยิ่งมีราคาสูงขึ้น

(2) ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนชิ้นส่วน

ส่วนใหญ่เป็นค่าแรงงาน นอกจากนี้เป็นค่าวัสดุสิ้นเปลือง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องมือที่จำเป็น ซึ่งต้องกำหนดไว้ในแผนค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษา

(3) ค่าความสูญเสียในการหยุดซ่อมบำรุง

ในระหว่างการหยุดเปลี่ยนชิ้นส่วนจะทำให้งานต้องหยุด เกิดความสูญเสีย โดยเฉพาะผลผลิตที่ลดลง บางเครื่องจักรอาจมีความสูญเสียหลังเปลี่ยนชิ้นส่วนในช่วงการฟื้นฟูสภาพปกติ ซึ่งทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่ต้องพิจารณารวมไว้ด้วย

(4) ค่าใช้จ่ายในการสั่งงานภายนอก

ในบางกรณีงานซ่อมบำรุงหรือการเปลี่ยนชิ้นส่วนไม่สามารถทำโดยฝ่ายบำรุงรักษาหรือฝ่ายวิศวกรรมในโรงงานได้ จำเป็นต้องว่าจ้างบริษัทภายนอกให้เข้ามาทำให้ จึงทำให้เป็นค่าใช้จ่ายในการสั่งงานภายนอกขึ้น

การบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ประเภทที่เกิดเหตุขัดข้องอย่างกระทันหัน (การบำรุงรักษาป้องกัน) นั้น ไม่สามารถกำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมโดยใช้เวลาเป็นตัวกำหนดได้เหมือนในกรณีของเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีลักษณะเสื่อมสภาพ เพราะอุปกรณ์ประเภทหลังนี้ เมื่อเวลาผ่านไป ความสามารถในการทำงานลดลง เกิดความสูญเสียในการเสื่อมสภาพมากขึ้นตามเวลาที่ผ่านไป

แต่กรณีที่เครื่องจักรเกิดเหตุขัดข้องนั้นจะเกิดเหตุขัดข้องทันทีทันใดนั้น จะเกิดเหตุขัดข้องแบบกระทันหัน ณ เวลาใด เวลาหนึ่ง ทำให้หยุดการทำงานลงไม่สามารถกำหนดเวลาที่จะเกิดเหตุขัดข้องได้แน่นอน จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการทางสถิติเข้าช่วยโดยอาศัยอายุของชิ้นส่วนเป็นข้อมูลหลัก

ด้วยเหตุนี้การแก้ปัญหาความสมดุลของค่าใช้จ่ายการเปลี่ยนชิ้นส่วน จึงต้องใช้วิธีที่แตกต่างจากเครื่องจักรอุปกรณ์ประเภทที่ขัดข้องแบบเสื่อมสภาพลง

2.8 รูปแบบต่าง ๆ ของวิธีการเปลี่ยนชิ้นส่วน

วิธีการเปลี่ยนชิ้นส่วนที่เกิดเหตุขัดข้องนั้นมีหลายวิธีการเปลี่ยนไม่ใช่ปัญหาที่ยุ่งยาก แต่ปัญหาอยู่ที่ว่าจะสามารถเลือกใช้วิธีการอะไรได้ และการเลือกใช้วิธีการใดจึงจะคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่สุด (ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด)

ดังนั้นการตัดสินใจเลือก จึงไม่ใช่การตัดสินในแง่เทคนิคแต่จะต้องตัดสินโดยดูค่าความคุ้มทางการเงินเป็นสำคัญ

2.8.1 องค์ประกอบในการตัดสินใจเลือกวิธีการเปลี่ยนชิ้นส่วน

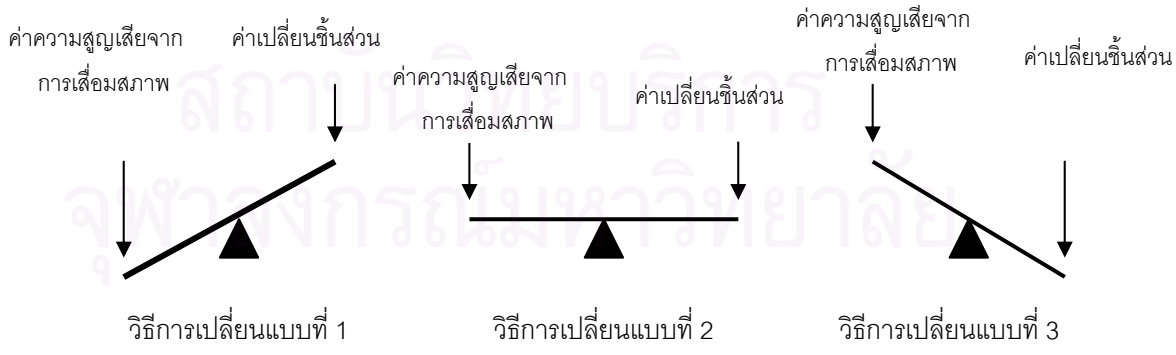
สาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักรอุปกรณ์ประเภทขัดข้องอย่างกระทันหันนั้นเกิดจากชิ้นส่วนสำคัญในเครื่องจักรเป็นส่วนใหญ่ทำให้ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรสูญเสียไปหรือเครื่องหยุดทำงาน

การแก้ไขฟื้นฟูสภาพ ต้องดำเนินการแก้ไขเปลี่ยนชิ้นส่วนที่เสียหายนั้น ซึ่งเมื่อแก้ไขแล้วสมรรถนะจะคืนดังเดิม เครื่องก็จะกลับทำงานได้ตามปกติอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ประเภทขัดข้องอย่างกระทันหันนี้ การถอดเปลี่ยนชิ้นส่วนจะมีบทบาทที่สำคัญมาก

การเปลี่ยนชิ้นส่วนมีค่าใช้จ่ายต่าง ๆ เช่น ค่าชิ้นส่วน ค่าแรงงานถอดเปลี่ยน ค่าความสูญเสียจากการหยุดงานระหว่างการถอดเปลี่ยนชิ้นส่วน ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนเหล่านี้ขึ้นอยู่กับวิธีการเปลี่ยน ซึ่งก็คงเลือกวิธีที่ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดเพียงแต่ว่าคงไม่สามารถตัดสินได้อย่างง่าย ๆ นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาค่าใช้จ่ายสูญเสียจากการขัดข้องอีกด้วยเพื่อให้เกิดสมดุลระหว่างค่าใช้จ่ายทั้งสอง เพราะจากวิธีการเปลี่ยนชิ้นส่วนที่เลือกใช้จะทำให้ความสูญเสียจากการขัดข้องลดลงหรืออาจเพิ่มขึ้นก็ได้ซึ่งไม่แน่นอน

ในรูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายทั้ง 2 ประเภทกับวิธีในการถอดเปลี่ยนชิ้นส่วน

จากแนวคิดค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ การเลือกวิธีการที่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ การเลือกใช้วิธีการถอดเปลี่ยนชิ้นส่วนซึ่งค่าใช้จ่ายการสูญเสีย



รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายทั้ง 2 ประเภทกับวิธีการเปลี่ยนชิ้นส่วน
(ที่มา: สุวิช, 2535)

จากการเสื่อมสภาพ (ค่าใช้จ่ายสูญเสียจากการเกิดเหตุขัดข้อง) + ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษา (ค่าถอดเปลี่ยนชิ้นส่วน) มีค่าน้อยที่สุด การเกิดเหตุขัดข้องในลักษณะนี้เป็นปรากฏการณ์ทางสถิติ จึงไม่สามารถกำหนดเป็นค่าตัวเลขได้แน่นอนนี่คือลักษณะเฉพาะของปัญหาการถอดเปลี่ยนชิ้นส่วน

อย่างไรก็ตาม เราจำเป็นต้องใช้วิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งในการคัดเลือกวิธีถอดเปลี่ยนชิ้นส่วนให้ได้ วิธีการที่นำมาใช้ในที่นี้คือการจำลองแบบหรือ Simulation ซึ่งเป็นการพิจารณาบนกระดาษ โดยคิดให้มีการเดินเครื่องในช่วงเวลาหนึ่งซึ่งมีค่าคงที่ ทำให้เกิดเหตุขัดข้องแล้วถอดเปลี่ยนชิ้นส่วนซึ่งเป็นการจำลองสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นในการใช้งานจริง

จากนั้นจึงทำการเลือกวิธีที่ค่าใช้จ่ายสูญเสียจากการขัดข้อง + ค่าใช้จ่ายการถอดเปลี่ยนมีค่าน้อยที่สุด โดยอาศัยข้อมูลจากผลลัพธ์การจำลองเป็นหลัก

2.8.2 **วิธีการเปลี่ยนชิ้นส่วน 3 รูปแบบ**

เมื่อคำนึงถึงค่าใช้จ่ายความสูญเสียจากเหตุขัดข้องและค่าใช้จ่ายการเปลี่ยนชิ้นส่วนมีวิธีการเปลี่ยนที่ใช้กันอยู่ เสมอ ๆ 3 วิธีดังนี้

- การเปลี่ยนชิ้นส่วนเฉพาะจุดหลังเกิดเหตุขัดข้อง
- การเปลี่ยนชิ้นส่วนทุกชิ้นพร้อมกันก่อนเกิดเหตุขัดข้อง
- การเปลี่ยนชิ้นส่วนเฉพาะจุดก่อนเกิดเหตุขัดข้อง

2.8.3 **วิธีการเปลี่ยนเฉพาะจุดหลังเกิดเหตุขัดข้อง**

วิธีนี้จะดำเนินตามแนวคิดการซ่อมแซมหลังเกิดเหตุ เมื่อเครื่องจักรอุปกรณ์เกิดเหตุขัดข้องจะถอดเปลี่ยนชิ้นส่วนเฉพาะชิ้นที่เป็นสาเหตุเท่านั้น คำว่า **ถอดเปลี่ยนเฉพาะ** หมายความว่าถอดเปลี่ยนเฉพาะชิ้นส่วนที่เป็นต้นเหตุเท่านั้น

ในบรรดาวิธีเปลี่ยนชิ้นส่วนต่าง ๆ วิธีนี้จะง่ายที่สุด ไม่ต้องมีวิธีคิดพิจารณายุ่งยากใด ๆ การใช้วิธีนี้อย่างมีประสิทธิผล ต้องมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

- อุปกรณ์ที่ใช้วิธีนี้ ไม่ได้เป็นกระบวนการคอขวดในสายการผลิต
- มีอุปกรณ์ที่ใช้งานทดแทนกันได้
- การเปลี่ยนชิ้นส่วนทำได้ง่ายสะดวก (ไม่เสียเวลา)

โดยสรุป การจะเลือกใช้วิธีการเปลี่ยนชิ้นส่วนแบบนี้ ค่าใช้จ่ายความสูญ

เสียจากการเกิดเหตุขัดข้องไม่ควรจะสูง จุดนี้จึงควรทำความเข้าใจให้ชัดเจนว่าความหมายของการบำรุงรักษาไม่ได้แปลว่าต้องทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันแต่เพียงอย่างเดียว

การบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์นี้มีความหมายกว้างครอบคลุมการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและการบำรุงรักษาหลังเกิดเหตุไว้ด้วย ดังนั้นการจะทำการบำรุงรักษาหลังเกิดเหตุหรือการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ต้องมองผลกระทบต่อระบบโดยรวม และลักษณะจุดเด่นของอุปกรณ์นั้น ๆ การเลือกวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมจะทำให้ผลรวมของค่าใช้จ่าย (ค่าความสูญเสียจากการเสื่อมสภาพ + ค่าการบำรุงรักษา) มีค่าน้อยที่สุดได้

2.8.4 วิธีการเปลี่ยนชิ้นส่วนทุกชิ้นพร้อมกันก่อนเกิดเหตุขัดข้อง

วิธีการเปลี่ยนชิ้นส่วนแบบนี้คือการเปลี่ยนชิ้นส่วนทุกชิ้นพร้อมกันก่อนเกิดเหตุขัดข้องหมายถึง วิธีการเปลี่ยนชิ้นส่วนพร้อมกันหมดทั้ง 4 ชิ้น เมื่อครบรอบเวลา t คงที่ที่กำหนดให้

การเปลี่ยนวิธีนี้เมื่อครบกำหนดเวลา t หลังการเปลี่ยนครั้งก่อนแล้ว แม่ชิ้นส่วนยังใช้ไม่มีปัญหาก็ถูกเปลี่ยนไปด้วย การเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่ทดแทนชิ้นส่วนที่ยังไม่ขัดข้องนี้จึงกลายเป็นการเปลี่ยนก่อนเกิดเหตุขัดข้อง ทั้งนี้เป็นเพราะเวลา t ถูกกำหนดจากค่าอายุเฉลี่ยของชิ้นส่วน

การจะเลือกวิธีเปลี่ยนแบบนี้ให้มีประสิทธิผลควรดูเงื่อนไขข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้ประกอบ

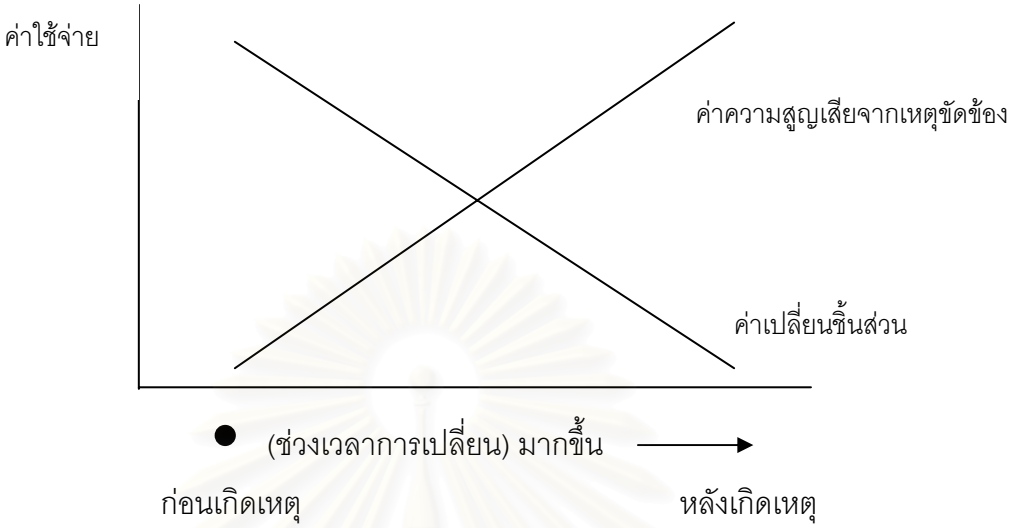
(1) ค่าความสูญเสียจากการหยุดงานอย่างกระทันหันมีมูลค่าสูงมาก เช่น เวลาที่ใช้การเปลี่ยนชิ้นส่วนต้องเสียเวลามาก โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่เป็นกระบวนการคอขวดในสายการผลิต

(2) การเปลี่ยนชิ้นส่วนทีเดียวพร้อม ๆ กัน ประหยัดเวลาและแรงงานได้ดีกว่าการเปลี่ยนทีละชิ้น

(3) ค่าชิ้นส่วนมีมูลค่าไม่มาก

จากเงื่อนไขเหล่านี้คงจะเห็นได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างค่าชิ้นส่วนกับค่าความสูญเสียจากการขัดข้อง จะเห็นได้ว่าบางข้อก็เป็นจุดได้เปรียบ บางข้อก็เป็นจุดเสียเปรียบเพราะการที่ต้องเปลี่ยนชิ้นส่วนที่ยังไม่มีปัญหา เป็นเรื่องที่น่าเสียดาย ทำให้การปรับระยะเวลา t ให้ยาวขึ้น อาจจะทำให้อัตราการเกิดเหตุขัดข้องอย่างกระทันหันสูงขึ้น

เกิดความสูญเสียจากการเกิดเหตุขัดข้องมากขึ้น ในทางกลับกันพอลดเวลา t ลง ค่าชิ้นส่วนที่ใช้เปลี่ยนก็กลับสูงขึ้น ดูรูปที่ 2.8 ประกอบ



รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายความสูญเสียจากเหตุขัดข้อง
กับค่าใช้จ่ายการเปลี่ยนชิ้นส่วน (ที่มา: Nakajima, 1992)

2.8.5 วิธีการเปลี่ยนเฉพาะจุดก่อนเกิดเหตุขัดข้อง

วิธีนี้เป็นวิธีเลือกกลาง ๆ ระหว่างการเปลี่ยนชิ้นส่วนเฉพาะจุดหลังเกิดเหตุขัดข้องกับการเปลี่ยนชิ้นส่วนทุกชิ้นพร้อมกันก่อนเกิดเหตุวิธีนี้ จึงเป็นวิธีที่เลือกจุดเด่นของทั้ง 2 วิธีมาประกอบกัน การเปลี่ยนวิธีจากการเปลี่ยนชิ้นส่วนทุกชิ้นพร้อมกันมาเป็นการเปลี่ยนเฉพาะจุดนี้เพื่อลดค่าใช้จ่ายบางส่วน และวิธีการเปลี่ยนก่อนเกิดเหตุก็เพื่อป้องกันความสูญเสียจากการเกิดเหตุขัดข้องให้ลดลง

วิธีการเปลี่ยนเฉพาะจุดก่อนเกิดเหตุขัดข้องเมื่อเวลาผ่านไป t ก็ดำเนินการเปลี่ยนเฉพาะชิ้นส่วนที่กำหนดไว้ ถ้าเกิดเหตุขัดข้องก่อนเวลา t ก็เปลี่ยนเฉพาะชิ้นที่ขัดข้อง

วิธีนี้มีจุดอ่อนอยู่ตรงที่ต้องดูแลเก็บข้อมูลรายละเอียดแต่ละชิ้นส่วน รวมทั้งการเปลี่ยนเฉพาะชิ้น ทำให้ต้องใช้แรงงานในการดูแลมากขึ้น แต่ในบางกรณีการใช้วิธีนี้จะช่วยลดค่าใช้จ่ายจากค่าชิ้นส่วน และความสูญเสียจากการเกิดเหตุขัดข้องได้ดี จึงควรเลือกใช้วิธีนี้

2.9 การควบคุมวัสดุที่ใช้ในการบำรุงรักษา

แม้ว่าจะพยายามลดเวลาในการซ่อมลงก็ตาม แต่ถ้าไม่สามารถหาวัสดุที่ใช้ในการซ่อมบำรุงรักษาได้แล้ว ก็ไม่สามารถที่จะลดเวลานี้ลงได้ ในทำนองเดียวกันสำหรับการเนิน

การปรับแต่ตามคาบเวลา ถ้าไม่มีวัสดุที่ใช้ในการบำรุงรักษาก็ไม่สามารถซ่อมแซมได้เช่นกัน

การควบคุมวัสดุที่ใช้ในการบำรุงรักษา คือ กิจกรรมที่ดำเนินการเพื่อจุดประสงค์ที่จะทำให้งานการบำรุงรักษาดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อทำให้การจัดหาวัสดุ(ในเชิงกว้าง)เป็นไปได้อย่างมีแผนการและประหยัด

2.9.1 **วัสดุที่ใช้ในการบำรุงรักษากับการควบคุมของของในพัสดุ**

ของในโกดังแบ่งออกตามการใช้งานได้ดังนี้

1) ของในพัสดุที่ยังหมุนเวียน : เป็นของที่อยู่ในโกดังที่ยังใช้ได้อยู่ในปัจจุบันและมีจำนวนไม่มากเกินไป
2) ของในพัสดุที่ไม่ค่อยได้ใช้ : อาจจะถูกใช้ในอนาคต แต่มีการหมุนเวียนที่ช้า
3) ของในพัสดุที่ไม่นำมาใช้แล้ว : ของที่ไม่ได้ใช้ แม้ในอนาคตข้างหน้า เช่น เกิดจากการเปลี่ยนแบบ
4) ของในพัสดุที่มีมากเกินไป : เป็นของในพัสดุที่หมุนเวียน แต่มีจำนวนเกินกว่ามาตรฐานที่กำหนด

การควบคุมวัสดุที่ใช้ในการบำรุงรักษาจะดีหรือไม่นั้น จะมีอิทธิพลต่อจำนวนของในพัสดุ ค่าใช้จ่ายของของในพัสดุ และควรจะให้ความสำคัญที่เท่าเทียมกับการควบคุมวัสดุที่ใช้ในการผลิต

และไม่แต่เฉพาะทำการควบคุมวัสดุเท่านั้น ยังควรที่จะต้องระลึกไว้ว่าระดับมาตรฐานเทคนิค ระดับมาตรฐานการควบคุม สำหรับการบำรุงรักษาเครื่องจักรโดยส่วนรวมนั้น มีอิทธิพลต่อจำนวนของของในพัสดุและค่าใช้จ่ายของของในพัสดุด้วย เช่น เมื่อการบำรุงรักษาเชิงป้องกันดำเนินไปด้วยดี ก็จะยังผลให้เวลาในการตรวจเช็คเครื่องจักรและจุดต่างๆ และเวลาในการซ่อมแซมสามารถกำหนดแน่ชัดลงไปได้ ทำให้อะไหล่และจำนวนของวัสดุที่ใช้ในการบำรุงรักษาสามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ หลังจากนั้นก็เพียงแต่สั่งอะไหล่ที่ต้องการตามเวลาที่กำหนดและจำนวนตามที่ต้องการเท่านั้น ดังนั้น การจัดหาอะไหล่ก็สามารถทำได้อย่างมีแผนการ และสามารถจัดให้ของในพัสดุเป็นศูนย์ได้

2.9.2 วิธีสั่งของตามจำนวน (ที่กำหนด) และวิธีสั่งของตามคาบเวลา

1) วัสดุที่เตรียมไว้ประจำและวัสดุที่ไม่ได้เตรียมไว้ประจำ

ถ้าแบ่งวัสดุตามการเตรียมจะแบ่งออกได้เป็นวัสดุที่เตรียมไว้ประจำกับวัสดุที่ไม่ได้เตรียมไว้ประจำ วัสดุที่ไม่ได้เตรียมไว้ประจำคือ วัสดุที่จัดหาเก็บไว้ในพัสดุตามจำนวนที่กำหนดตลอดเวลา ถ้ามีการเอาออกจากพัสดุก็จะต้องถูกจัดหาแทนที่เสมอ มีชื่อเรียกอีกเชื่อหนึ่งว่า วัสดุเก็บตุนไว้

ระบบในการสั่งวัสดุที่เตรียมไว้ประจำ แบ่งออกได้ใหญ่ ๆ เป็นระบบสั่งของตามจำนวน (ที่กำหนด) และระบบสั่งของตามคาบเวลา

2) ระบบสั่งของตามจำนวน (ที่กำหนด)

ระบบสั่งของตามจำนวน (ที่กำหนด) (Fixed size ordering system) คือ ระบบการสั่งของตามจำนวนที่กำหนดไว้ให้ประหยัดที่สุด เมื่อจำนวนของในพัสดุถูกใช้เรื่อย ๆ จนลดลงถึงรถดับที่ต้องสั่งของ (จำนวนที่จำกัดเอาไว้) จึงจะสั่งซื้อ

3) ระบบสั่งของตามคาบเวลา

ระบบสั่งของตามคาบเวลา (Fixed interval ordering system) คือ ระบบสั่งของตามคาบเวลาโดยคำนวณความต้องการวัสดุจากแผนการผลิตในช่วงต่อไป เป็นต้น ซึ่งได้กำหนดคาบเวลาการสั่งเป็นอาทิตย์ละครั้ง หรือเดือนละครั้ง แต่การคำนวณความต้องการวัสดุนั้นจะคำนึงถึงของที่อยู่ในพัสดุ และของที่สั่งแล้วยังไม่เข้ามา แล้วทำการปรับจำนวนที่จะสั่ง

4) ระบบสั่งของตามยอดที่ใช้

ระบบสั่งของตามยอดที่ใช้เป็นระบบที่เปลี่ยนรูปมาจากระบบสั่งของตามจำนวน (ที่กำหนด) คือกำหนดจำนวนคงที่ไว้จำนวนหนึ่ง เมื่อมีการใช้ก็จะสั่งเข้ามาตามจำนวนที่ใช้ไป เป็นระบบที่รักษาจำนวนคงที่ไว้ตลอดเวลา

5) ระบบสั่งของแบบง่าย ๆ

เป็นวิธีที่เปลี่ยนรูปมาจากระบบสั่งของตามจำนวน (ที่กำหนด) เช่นกัน

2.10 การตรวจสอบเครื่องจักร

การตรวจสอบเครื่องจักรซึ่งทำหน้าที่ในการวัดการเสื่อมสภาพ คือหน้าที่อย่างหนึ่งในการบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยปกติการตรวจสอบเครื่องจักร จะหมายความรวมถึง การตรวจรับเครื่องจักร การตรวจรับงานหลังการซ่อม ฯลฯ ด้วย แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเท่านั้น

เมื่อพิจารณาดูถึงปัญหาของการบำรุงรักษาเครื่องจักร จะพบความจริงว่า เราไม่จำเป็นต้องดูแลเครื่องจักรทุกเครื่องให้เหมือนกัน ซึ่งเรื่องนี้จะเห็นได้ชัดเจนหากมองในแง่ของผลลัพธ์การบำรุงรักษา สำหรับเครื่องจักรที่ไม่มีความเสียหายจากการเสื่อมสภาพเกิดขึ้นเลย ถึงจะดูแลไปก็ไม่ได้ผลอะไรเพิ่มขึ้นมา

2.10.1 การเลือกเครื่องจักรที่สำคัญและการกำหนดจุดที่สำคัญ

วิธีการบำรุงรักษาโดยให้ความสำคัญและปฏิบัติต่อเครื่องจักรทุกเครื่องเท่า ๆ กัน ไม่ใช่วิธีที่มีประสิทธิภาพดีเลย เพื่อที่จะเพิ่มผลของการบำรุงรักษา เราจะต้องคำนึงถึงผลลัพธ์ที่ได้ เมื่อเทียบกับความเสียหายของการเสื่อมสภาพและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา จากนั้นจึงเลือกเครื่องจักรที่สำคัญมากเพื่อทำการบำรักษาอย่างเต็มที่เป็นพิเศษ

ตารางที่ 2.2 จะสรุปถึงเกณฑ์ช่วยพิจารณากำหนดเครื่องจักรที่สำคัญ ซึ่งหลักเกณฑ์นี้ก็มีพื้นฐานมาจากสาเหตุของความเสียหายจากการเสื่อมสภาพนั่นเอง

เกณฑ์ที่พิจารณา	**โดย**
จากยอดผลิต	- เครื่องจักรที่ทำให้เกิดการผลิตเป็นคอขวด - เครื่องจักรที่ให้ผลผลิตที่แปรผันมาก - เครื่องจักรที่ไม่มีอะไหล่ - เครื่องจักรที่ประสิทธิภาพการผลิตต่ำเมื่อเทียบกับบริษัทอื่น ๆ ในอุตสาหกรรมเดียวกัน - เครื่องจักรที่ขัดข้องบ่อย - เครื่องจักรที่มีผลผลิตลดลงมากเนื่องจาก การขัดข้อง
จากคุณภาพ	- เครื่องจักรที่มีผลต่อคุณภาพมาก - เครื่องจักรที่ให้คุณภาพไม่สม่ำเสมอ - เครื่องจักรที่ให้คุณภาพไม่สม่ำเสมอเนื่องจากเกิดเหตุขัดข้อง
จากต้นทุน	- เครื่องจักรที่ใช้วัตถุดิบราคาสูง - เครื่องจักรที่ต้องใช้คนช่วยมาก - เครื่องจักรที่ใช้พลังงานไฟฟ้า, ความร้อนมาก

	- เครื่องจักรที่มีความสูญเสียต่อหน่วยสูงเนื่องจากการขัดข้อง
จากเวลา	- เครื่องจักรที่ใช้กับผลิตภัณฑ์หลายชนิด - เครื่องจักรที่อยู่ใกล้กับกระบวนการผลิตสุดท้าย - เครื่องจักรที่เป็นปัญหาต่อเวลาการผลิต - เครื่องจักรที่ทำให้การผลิตล่าช้าเนื่องจากการขัดข้อง
จากผู้ปฏิบัติงาน	- อุปกรณ์ด้านความปลอดภัย - เครื่องปรับอากาศ - เครื่องจักรที่ทำให้เกิดมลภาวะจากการขัดข้อง

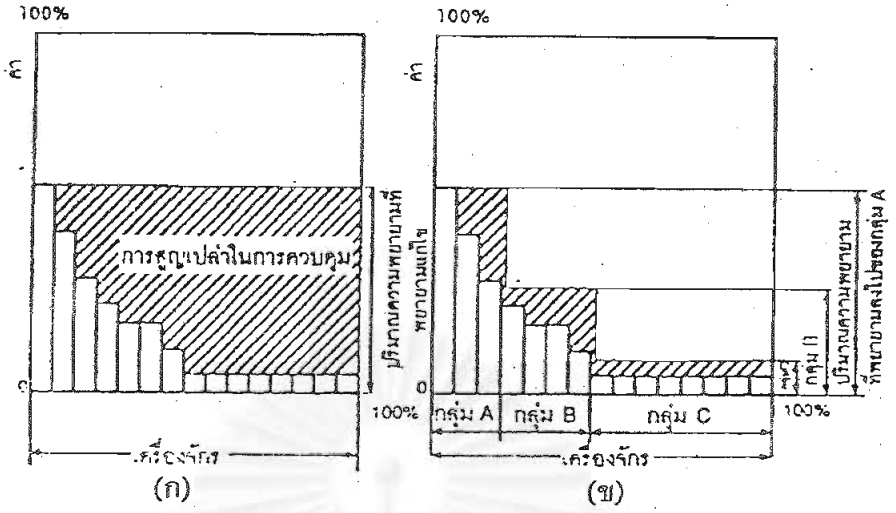
ตารางที่ 2.2 เกณฑ์ช่วยพิจารณากำหนดเครื่องจักรที่สำคัญ

ก) การควบคุม ABC

มีตัวอย่างให้เห็นอยู่มากว่า เมื่อมีเรื่องมากมายที่อยากจะจัดการให้บรรลุตามจุดประสงค์ แต่เมื่อลงมือทำจริงแล้วไม่มีเรื่องใดทำได้สำเร็จเลย เพื่อที่จะไม่ให้มีกรณีดังกล่าวเกิดขึ้น ก็ควรที่จะเลือกเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่เห็นว่าจำเป็นต้องควบคุมและให้ความสนใจเป็นพิเศษ ซึ่งวิธีการควบคุมอย่างถี่ถ้วนนี้ได้ถูกนำไปใช้กันมาก วิธีการควบคุมแบบนี้เรียกว่า **การควบคุม** ABC ในการบำรุงรักษาเครื่องจักรนั้นความคิดเช่นนี้ก็มีความจำเป็นที่จะต้องนำมาใช้

รูปที่ 2.9 เป็นรูปแสดงการควบคุม ABC ในกรณีรูปที่ 2.9 ก เป็นการใช้ความพยายามในการควบคุมจัดการเท่ากันหมด ความสูญเปล่าในการควบคุมจัดการจะแสดงได้ด้วยพื้นที่แรเงาด้วยเส้นขวาง

สำหรับรูปที่ 2.9 ข แต่ในกรณี 2 จะแบ่งกลุ่มเครื่องจักรออกเป็นกลุ่ม A กลุ่ม B กลุ่ม C จัดให้ใช้ปริมาณความพยายามต่อกลุ่ม Aให้เหมาะสมกับค่าที่กลุ่ม A มีอยู่ และใช้ความพยายามต่อกลุ่ม B ให้เหมาะสมกับค่าของกลุ่ม B เป็นต้น จากการที่ได้เปลี่ยนวิธีควบคุมในแต่ละกลุ่มทำให้การสูญเปล่าในการควบคุมเท่ากับพื้นที่แรเงาส่วนของเส้นขวางที่แสดงในรูป



รูปที่ 2.9 การควบคุม ABC (ที่มา: สุวิช, 2535)

จากรูป 2.9 รูปนี้ทำให้ทราบว่า การสูญเปล่าในการควบคุมในกรณีรูปที่ 2.9 ข เมื่อเปรียบเทียบกับในกรณีรูปที่ 2.9 ก แล้ว จะลดลงเป็นจำนวนมาก การลดการสูญเปล่าในการควบคุมนี้เป็นจุดเด่นของการควบคุม ABC

ข) เริ่มทำจากเรื่องที่เห็นผลทางด้านการบำรุงรักษามากก่อน

ตามปกติแล้วจะเลือกตามลำดับของผลที่ได้รับจากการบำรุงรักษาเป็นจำนวนมากก่อนจากค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาที่เสียไป ซึ่งพิจารณาจากทางด้านการสูญเสียจากการเสื่อมสภาพ เช่น ผลผลิตลดลง คุณภาพต่อลง ต้นทุนเพิ่มขึ้น กำหนดส่งมอบช้าลง ความปลอดภัยและสภาพแวดล้อมเลวลง เป็นต้น

ดังนั้น การบำรุงรักษาป้องกัน การควบคุมงานซ่อม การควบคุมวัสดุในการบำรุงรักษา งานบำรุงรักษาเครื่องจักรหลักและจุดสำคัญเหล่านี้จะต้องให้ความสำคัญเป็นพิเศษ ถ้าปฏิบัติได้เช่นนี้แล้วจะเกิดผลมาก ซึ่งเป็นกรณีของเครื่องจักรหลักในกลุ่ม A ในกรณีของเครื่องหรือจุดต่าง ๆ ในกลุ่ม Bและกลุ่ม C นั้น ให้กำหนดวิธีการควบคุมจัดการโดยให้สอดคล้องกับระดับของแต่ละกิจการอย่างเหมาะสม

เครื่องจักรหลักและจุดสำคัญนั้นไม่สามารถใช้ตลอดไป เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ จึงต้องพิจารณาทบทวนให้เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลา

2.11 มาตรฐานการตรวจสอบเครื่องจักร

การตรวจสอบเครื่องจักรมีอยู่หลายประเภท ก่อนที่จะกล่าวถึงการจัดทำมาตรฐานการตรวจสอบเครื่องจักร ของสรุปเกี่ยวกับประเภทของการตรวจสอบเหล่านี้ไว้

โดยทั่วไป การตรวจสอบเครื่องจักรสามารถแบ่งเป็นประเภทต่างๆ ได้ดังนี้

1. แบ่งตามรอบเวลาการตรวจสอบ

- รอบเวลาการตรวจสอบแบบทุกวัน ทุกสัปดาห์

ประเภทภายใน 1 เดือน.....การตรวจสอบประจำวัน

- รอบเวลาการตรวจสอบแบบ 3 เดือน 6 เดือน

ประเภท 1 เดือนขึ้นไป.....การตรวจสอบตามระยะกำหนด

2. แบ่งตามหัวข้อการตรวจสอบ

รายละเอียดของการตรวจสอบสามารถกำหนดได้จากตำหน่งที่จะตรวจสอบว่าเป็นตำแหน่งใด เช่น สามารถแบ่งได้เป็นการตรวจสมรรถนะ การตรวจความละเอียด แม่นยำ เป็นต้น

3. แบ่งตามเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย

เมื่อกล่าวถึงเครื่องจักร ก็มีเครื่องจักรหลายชนิด หัวข้อและรายละเอียดของการ ตรวจสอบก็จะต่างกันไปตามชนิดของเครื่องจักรอุปกรณ์ เช่น สามารถแบ่งได้เป็น เครื่องจักรกล เครื่องไฟฟ้า เครื่องวัด งานท่อ เป็นต้น นอกจากนี้เครื่องจักรกลก็ยังแบ่งย่อยได้อีกเป็น Machine Tool, Handling Tool เป็นต้น

4. แบ่งตามวิธีการ

- การตรวจสอบภายนอกโดยใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5
- การตรวจสอบความละเอียดโดยใช้เครื่องมือวัด

การจัดทำมาตรฐานการตรวจสอบเครื่องจักรจึงต้องพิจารณาถึงประเภทของการตรวจสอบเหล่านี้ก่อน และเมื่อมีมาตรฐานการตรวจสอบนี้แล้ว จึงเริ่มดำเนินการตรวจสอบจริง ๆ

2.12 แผนการตรวจสอบ

หน่วยงานที่มีหน้าที่ปฏิบัติในการตรวจสอบก็คือหน่วยงานบำรุงรักษา ดังนั้นแผนการตรวจสอบก็คือแผนกำหนดการของหน่วยงานบำรุงรักษานั่นเอง และมาตรฐานการตรวจสอบเครื่องจักร ซึ่งได้กล่าวมาแล้วนั้น ก็เปรียบเสมือนมาตรฐานการปฏิบัติงาน ในกรณีเช่นนี้ โหลดการปฏิบัติงานจะสามารถคำนวณออกมาได้จากมาตรฐานการปฏิบัติงาน และความาสามารถในการปฏิบัติงานก็จะคำนวณออกมาได้จากจำนวนผู้ปฏิบัติงานในสังกัดของหน่วยงานบำรุงรักษา

หลักการพื้นฐานในเรื่องแผนการตรวจสอบก็คือ ก่อนอื่นต้องรักษาสมดุลระหว่างโหลดกับความสามารถในงานตรวจสอบเสียก่อน อนึ่ง เราจำเป็นที่จะต้องระลึกอยู่เสมอว่า

ภาระหน้าที่ของหน่วยงานบำรุงรักษานั้น มิได้มีเพียงแค่การตรวจสอบเท่านั้นแต่ยังรวมไปถึงงานซ่อมอีกด้วย

เราสามารถที่จะสรุปหลักสำคัญในการวางแผนการตรวจสอบได้ดังต่อไปนี้

1. แผนการตรวจสอบประจำวัน ประเภทการตรวจดูสภาพลักษณะภายนอก ซึ่งสามารถที่จะปฏิบัติการได้ แม้แต่ในระหว่างที่กำลังเดินเครื่องอยู่นั้น เป็นแผนการที่ไม่ยากเท่าใดนัก
2. พยายามอย่าลืมหรือละเลยการตรวจสอบตามระยะเวลาที่กำหนด ถึงแม้ว่าจะเป็นการตรวจสอบในระหว่างเดินเครื่องก็ตาม นอกจากนั้นแล้ว เราต้องวางแผนโดยคำนึงถึงความสามารถในการตรวจสอบด้วย เพื่อที่จะป้องกันมิให้ปริมาณงานตรวจไปกระจุกรวมกันอยู่ในเพียงบางช่วง
3. สำหรับงานตรวจสอบใหญ่ ๆ ซึ่งต้องใช้เวลาในการปฏิบัติงานมากนั้น ควรที่จะวางแผนกำหนดการให้งานประเภทนี้ไปตรงกับวันหยุดทำการผลิตตามแผนกำหนดการของโรงงาน
4. สำหรับเครื่องจักรที่มีอัตราการใช้งานแตกต่างกันไปตามฤดู ก็ควรที่จะวางแผนตรวจสอบเครื่องจักรเหล่านี้ในช่วงนอกฤดู

2.13 การลงมือปฏิบัติในการตรวจสอบ

การตรวจสอบนั้นจะลงมือปฏิบัติตามตารางแผนกำหนดการสำหรับการตรวจสอบในการปฏิบัติจริงนั้น จะมีการใช้ตารางบันทึกผลการตรวจสอบหลายประเภท แต่ก็สามารถแบ่งออกได้เป็นสองประเภทใหญ่ ๆ ก็คือ ตารางสำหรับการตรวจสอบว่าดีหรือไม่ดี และตารางสำหรับการตรวจสอบแนวโน้ม ซึ่งวิธีการเก็บบันทึกผลการตรวจสอบจะแตกต่างกันไป สำหรับการตรวจสอบว่าดีหรือไม่ดีนั้น ผลการตรวจสอบจะออกมาในรูปของดีหรือไม่ดีอย่างใดอย่างหนึ่ง

ในกรณีที่ผลออกมาว่าไม่ดี การแสดงผลก็สมารถแบ่งออกได้เป็น ประเภทต้องหยุดใช้งานอย่างฉุกเฉินเพื่อทำการซ่อม หรือประเภทที่รอซ่อมในเวลาที่หยุดใช้เครื่องครั้งต่อไป ซึ่งจะเป็นประเภทใดนั้นจะขึ้นอยู่กับระดับความบกพร่องของเครื่องจักรนั้น ๆ

2.14 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

วิฑูรย์ สิมะโชคดี, วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์,วิศวกรรมและการบริหารความปลอดภัยในโรงงาน,สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น), 2541

การซ่อมบำรุงโรงงาน (Plant Maintenance) หมายถึง การดำเนินการใด ๆ เพื่อเกิดผลในการ ธำรงสภาพความพร้อมในการทำงานของอาคาร เครื่องจักรกล และอุปกรณ์การผลิต ต่าง ๆ ให้คงอยู่เช่นเดียวกับเมื่อตอนเริ่มต้นตั้งโรงงาน โดยให้เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ซึ่งการซ่อมบำรุงมีผลโดยตรงต่อผลกำไรและความอยู่รอดของโรงงานโดยตรง

เป้าหมายของงานซ่อมบำรุงเพื่อลดค่าใช้จ่าย (ทั้งในการผลิตและค่าเสียหาย) และเพิ่มผลกำไร โดยมีความสม่ำเสมอในการผลิตนั้น อาจเพิ่มเป้าหมายของงานซ่อมบำรุงเพื่อความปลอดภัยให้เด่นชัดดังนี้ คือ

1. ชะลอความเสื่อมสภาพของเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตต่าง
2. รักษาสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัย (Safe Working Environment) ให้คงอยู่ตลอดไป
3. ลดค่าใช้จ่ายในปัจจัยการผลิต 3M ที่สำคัญ คือ
   - Material Cost ลดความเสื่อมสภาพจากการจัดเก็บและของเสียจากการผลิตด้วยเครื่องจักรที่ชำรุด
   - Machine cost ลดค่าอะไหล่และค่าเสียเวลาเนื่องจากเครื่องจักรหยุดผลิต
   - Man Power Cost ลดค่ารักษาพยาบาลเนื่องจากคนงานเกิดอุบัติเหตุ และลดค่าเสียเวลาเนื่องจากคนงานป่วยไม่มาทำงาน
4. บำรุงขวัญและกำลังใจแก่คนงาน (Morale)

เป้าหมายประการที่ 4 นี้นับวันดูจะมีความสำคัญมากขึ้น เพราะเมื่อประเทศยิ่งพัฒนาขึ้นไป กรรมกรมีองค์กรมากขึ้น และมีผลให้การบริหารงานยากยิ่งขึ้นหากทำให้คนงานไม่พอใจดังนั้น การจัดตั้งเป้าหมายงานซ่อมบำรุงที่เหมาะสม ย่อมเป็นการช่วยให้การบริหารงานราบรื่นยิ่งขึ้นด้วย

วิจิตร ตัณทสุทธิ์, วันชัย ริจิรวนิช, ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, การวิจัยดำเนินงาน, บริษัทซีเอ็ดยูเค-ชั่น จำกัด, 2522

การกำหนดงานของงานซ่อมและบำรุงรักษา (Maintenance Scheduling)

ปัญหาเกี่ยวกับงานซ่อมและบำรุงรักษาเป็นลักษณะปัญหาที่เห็นและเข้าใจง่าย เพราะไม่ว่าในกิจการใด ๆ เรื่องการซ่อมและบำรุงรักษาเครื่องมือเครื่องใช้เป็นเรื่องที่จำเป็นในการรักษาประสิทธิภาพของการดำเนินงาน โดยทั่วไปการซ่อมและบำรุงรักษาอาจแบ่งได้เป็นสามชนิดคือ การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (preventive maintenance) ตรวจสอบซ่อมรายวัน (daily maintenance) และการซ่อมกรณีฉุกเฉิน (emergency maintenance)

ลักษณะของสายงานซ่อมและบำรุงรักษานั้น มีลักษณะเช่นเดียวกับสายงานของชิ้นงาน กล่าวคือหน่วยซ่อมและบำรุงรักษานั้นส่วนมาก มิได้จัดขึ้นเพื่อซ่อมเครื่องมือเครื่องใช้อันหนึ่งอันใดโดยเฉพาะ เพราะฉะนั้นเมื่อเครื่องจักรใดต้องการซ่อมและบำรุงรักษาถ้าหน่วยซ่อมมีเครื่องจักรอื่นซึ่งต้องซ่อมและบำรุงอยู่แล้ว เครื่องจักรนั้นต้องคอยการบริการตามคิวซึ่งจะต้องมีการจัดลำดับก่อนหลังของความสำคัญของเครื่องจักรที่จะเข้ารับการบริการ

ปริทรรศน์ พันธุบรรยงก์, 2536

งานการบำรุงรักษาโดยเน้นการบำรุงรักษาเชิงป้องกันคือ การสร้างแผนการบำรุงรักษาโดยอาศัยหลักพื้นฐานมาตรฐานเป็นหลัก การดำเนินการตรวจสอบ การเติมน้ำมันหล่อลื่น การถอดเปลี่ยน การซ่อมแซม การจดบันทึกผลการกระทำดังกล่าวเป็นข้อมูลการบำรุงรักษา การวิเคราะห์ข้อมูลที่บันทึกไว้ เพื่อเสาะหาจุดที่เป็นปัญหาแล้วสร้างมาตรการแก้ไขขึ้น การดำเนินงานดังกล่าวซ้ำแล้วซ้ำอีก จะมีผลให้ระดับของงานการบำรุงรักษา เพิ่มสูงขึ้นในลักษณะเป็นบันไดเวียน ทำให้การปฏิบัติงานของเครื่องจักรอุปกรณ์ มีเสถียรภาพขึ้น

งานทุกขั้นตอนจะต้องปฏิบัติอย่างถูกต้อง ถ้าเกิดการผิดพลาดขึ้น จะทำให้ประสิทธิภาพไม่เพิ่มขึ้นตามที่คาดไว้ เกิดการสูญเปล่า และในกรณีที่ร้ายแรงที่สุด คือความเชื่อมั่นของเครื่องจักรอุปกรณ์นั้นถึงกับหมดสิ้นไปทีเดียว

การที่เครื่องจักรอุปกรณ์เกิดการขัดข้องขึ้น จะต้องมีสาเหตุทางทฤษฎีอยู่เสมอ การซ่อมแซมอย่างง่าย ๆ โดยไม่ทราบสาเหตุกระจ่างชัด จะทำให้เกิดการขัดข้องดังกล่าวซ้ำขึ้นอีก ดังนั้น จึงควรทำการวิเคราะห์ตรวจสอบการขัดข้องแต่ละอย่าง เพื่อให้ทราบถึงเหตุผลทางทฤษฎีอย่างกระจ่างชัด และทำการซ่อมแซมให้ถูกต้องสมบูรณ์ การส่งเสริมงานบำรุงรักษาให้ก้าวหน้านั้น จะต้องระลึกเสมอว่า เครื่องจักรอุปกรณ์ที่ซ่อมแซมอย่าง

ถูกต้องสมบูรณ์แล้ว จะไม่เกิดการขัดข้องโดยง่ายอย่างแน่นอน การวางแผนงานเป็นสิ่งที่สำคัญ ด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

1. เพื่อสามารถจัดหาชิ้นส่วนอะไหล่มาใช้ได้ในเวลาที่ต้องการ ไม่มีความจำเป็นต้องเก็บรักษาไว้ในคลังโดยสูญเปล่า
2. เพื่อวางแผนให้พนักงานซ่อมแซมได้โดยสะดวก ใช้พนักงานที่มีสมรรถภาพทางเทคนิคได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. เพื่อสามารถพิจารณาวิเคราะห์วิธีการซ่อมแซมได้ก่อนดำเนินการและเลือกขั้นตอนที่เหมาะสมที่สุดได้
4. การพิจารณาวิเคราะห์ชิ้นส่วนอะไหล่ภายนอกสายการทำงาน (off-line) สามารถทำและตรวจสอบการดำเนินการได้ ลดการสูญเสียในวันที่ดำเนินการซ่อมแซมจริง

สุรศักดิ์ องอาจถาวร, 2535

งานบำรุงรักษาเครื่องจักรนั้นมีทั้งการบำรุงรักษาประจำวัน การตรวจสอบ การซ่อม โดยเฉพาะการซ่อมนั้นเป็นงานบำรุงรักษาที่ยุ่งยากมากที่สุด และเสียเวลามากที่สุด งานซ่อมดังกล่าวนี้ ถ้าขนาดของเครื่องจักรใหญ่กว่าระดับหนึ่งขึ้นไปเราอาจจะเรียกได้ว่าเป็นงานซ่อมใหญ่

ในการซ่อมเครื่องจักรนั้น เราจำเป็นที่จะต้องประสานงานระหว่างหน่วยงานผลิตกับหน่วยงานการบำรุงรักษาให้ใกล้ชิด เพื่อปรับแผนการผลิตและแผนการซ่อมให้สอดคล้องกันไว้ล่วงหน้า

นอกจากนั้นแล้ว ถ้างานซ่อมยืดเยื้อไปนานกว่ากำหนด จะมีผลทำให้แผนการผลิตเสียไปด้วย ซึ่งถ้าล่าช้าไปมากเท่าใดก็จะเกิดผลเสียแก่การผลิตมากเท่านั้น ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องพยายามควบคุมให้การปฏิบัติงานซ่อมเป็นไปตามแผน โดยวางแผนซ่อมซึ่งถือเป็นแผนบำรุงรักษาอย่างหนึ่งละเอียดถี่ถ้วน

ระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักร คือเครื่องมืออย่างหนึ่งที่ช่วยให้สามารถใช้เครื่องจักรได้อย่างมีประสิทธิภาพ และส่งผลให้กิจกรรมการผลิตอยู่ในสภาพที่ต้องการตามแผนที่วางไว้ หากพิจารณาในโรงงานหนึ่ง ผู้จัดการโรงงานคือผู้มีหน้าที่รับผิดชอบสูงสุดจะเป็นผู้ใช้เครื่องมือนี้

เนื่องจากระบบเป็นเครื่องมือที่ใช้เพื่อทำให้บรรลุผลตามเป้าหมาย ดังนั้น ระบบจึงต้องมีการทำงาน (หน้าที่) อย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งการทำงานหรือบทบาทของระบบการ

บำรุงรักษาเครื่องจักรก็คือ การป้องกันการเสื่อมสภาพ การวัดการเสื่อมสภาพและการฟื้นฟูการเสื่อมสภาพ เพื่อที่จะทำหน้าที่ทั้ง 3 ประการให้ได้ผลดี เราอาจจะแยกระบบออกเป็นเอกเทศได้ 3 ระบบ ดังนี้

1. ระบบย่อยสำหรับการบำรุงรักษาประจำวัน
2. ระบบย่อยสำหรับการตรวจสอบเครื่องจักร
3. ระบบย่อยสำหรับการซ่อมแซมเครื่องจักร

ความสูญเสียเนื่องจากการเสื่อมสภาพจะลดลงเหลือน้อยที่สุดได้ ก็ต่อเมื่อมีการออกแบบระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรเช่นนี้ พร้อมทั้งทำการปฏิบัติจริงในสถานที่ทำการผลิต

นท.ตระการ ก้าวกสิกรรม, พท. พิศักดิ์ เจริญภักดี, 2539

การบริการ (Service), การเอาใจใส่ (Carefully), การซ่อมแซม (Repair) ดังกล่าวนี้คือ การบำรุงรักษานั่นเอง หรืออาจกล่าวได้ว่า การบำรุงรักษา (Maintenance) หมายถึงการกระทำต่ออุปกรณ์ เครื่องจักร ชิ้นส่วนต่าง ๆ เพื่อให้สามารถใช้งานต่อไปได้ มีอายุการใช้งานยาวขึ้น การบำรุงรักษามิได้หมายถึงเฉพาะแต่การซ่อมเท่านั้น แต่มีความหมายครอบคลุมถึงการใช้บริการต่าง ๆ ด้วย

เนื่องจากเครื่องจักรอุปกรณ์มีการเสื่อมสมรรถภาพลงตลอดเวลา ตามอายุการใช้งานสภาพการใช้งาน สิ่งแวดล้อม และอื่น ๆ การเสื่อมสภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์มีสาเหตุดังต่อไปนี้

1. เสื่อมสภาพเนื่องจากการใช้งาน เช่น สภาพการเดินเครื่อง วิธีการใช้ ฯลฯ
2. เสื่อมสภาพตามธรรมชาติเช่น เป็นสนิม, ความคลาดเคลื่อน, เสื่อมสภาพ ฯลฯ
3. เสื่อมสภาพเนื่องจากภัยธรรมชาติ เช่น พายุ, น้ำท่วม, แผ่นดินไหว

การเสื่อมสภาพนั้นสามารถป้องกัน หรือชะลอการเสื่อมสภาพให้ช้าลงได้ โดยการตรวจสอบสภาพ, มีวิธีการป้องกันต่าง ๆ ก็จะสามารถลดความเสื่อมสภาพลงได้บ้าง การเสื่อมสภาพตามธรรมชาติจะเพิ่มมากขึ้นตามเวลา ถึงแม้จะทำการบำรุงรักษาหรือซ่อมแซมเพียงใด อุปกรณ์และเครื่องจักรจะไม่กลับสู่สภาพเดิมเหมือนใหม่ได้ แต่ถ้าห้ามปล่อยให้เป็นไปโดยธรรมชาติโดยไม่มีการดูแลความเสื่อมสภาพจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว หรืออาจกล่าวได้ว่าประสิทธิภาพจะลดลง

บทที่ 3

รายละเอียดของการดำเนินการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ ผู้จัดทำต้องทำการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน การปฏิบัติงาน วิธีและความจำเป็นในการเปลี่ยนอะไหล่ และสอบถามการทำงานจริงจากผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งในบริษัทตัวอย่างและบริษัทกรณีศึกษาด้วย ซึ่งขั้นตอนการดำเนินการศึกษาได้กล่าวแล้วในบทที่ 1 ทั้งนี้จะขออธิบายรายละเอียดเพิ่มเติมดังนี้

3.1 การรวบรวมข้อมูลของวาล์วควบคุม

สามารถทำการรวบรวมข้อมูลได้จาก 2 แห่ง คือ จากบริษัทกรณีศึกษาและบริษัทตัวอย่างดังนี้

3.1.1 ข้อมูลจากบริษัทกรณีศึกษา

โดยผู้จัดทำจะทำการสอบถามข้อมูลโดยตรงจากพนักงานฝ่ายผลิต จำนวน 1 ท่าน และพนักงานฝ่ายซ่อมบำรุง จำนวน 2 ท่าน ซึ่งเป็นพนักงานที่รับผิดชอบงานโดยตรงในส่วนงานผลิตและงานซ่อมบำรุง วุฒิการศึกษาในระดับปริญญาตรี ทำงานในบริษัทกรณีศึกษาเป็นระยะเวลา 3-5 ปี และเป็นบุคคลที่เป็นที่ยอมรับภายในบริษัทด้วย ข้อมูลที่ต้องทำการรวบรวมนั้น คือ ประวัติการใช้งาน เช่น ความถี่ในการใช้งาน อัตราการเกิดการขัดข้อง และประสิทธิภาพการทำงานของวาล์วควบคุม เป็นต้น รวมทั้ง ข้อมูลเฉพาะของวาล์วควบคุมที่มีใช้อยู่ในบริษัทกรณีศึกษา เพื่อนำมาเป็นตัวอย่างในการศึกษา รวมถึงขั้นตอนการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงและการตรวจเช็ควาล์วควบคุมตามช่วงเวลาต่างๆ ที่เหมาะสม

3.1.2 ข้อมูลจากบริษัทตัวอย่าง

โดยผู้จัดทำจะทำการเก็บข้อมูลจากพนักงานขายและช่างเทคนิคหลายท่าน โดยจะต้องจัดทำรายการอะไหล่ของวาล์วควบคุมที่ต้องใช้ซ่อมบำรุง ราคาต้นทุน กำหนดส่งมอบ วิธีการคำนวณราคาขาย และขั้นตอนการเสนอราคา จนสิ้นสุดกระบวนการสั่งซื้อ

3.2 การกำหนดมาตรฐานการซ่อมบำรุง

การซ่อมบำรุงวาล์วควบคุมจะต้องทำตามวิธีการและขั้นตอนการซ่อมบำรุงมีระบุในตามมาตรฐานที่ทุกประเทศ ทุกยี่ห้อ จะต้องทำตาม ได้แก่

3.2.1 มาตรฐาน API Standard 598
ว่าด้วยเรื่อง Valve Inspection and Test

3.2.2 มาตรฐาน API Standard 607
ว่าด้วยเรื่อง Fire Test of Soft Seated Quarter Turn Valves

3.2.3 มาตรฐาน API/ASME B16.5
ว่าด้วยเรื่อง Pipe Flange and Flanged Fittings

3.2.4 มาตรฐาน ISA S75.19
ว่าด้วยเรื่อง Hydrostatic Testing of control Valve

3.2.5 มาตรฐาน ANSI/FCI 70-2
ว่าด้วยเรื่อง Control Valve Seat Leakage

มาตรฐานการซ่อมบำรุงนี้ จะมีรายละเอียด ขั้นตอน และวิธีการทดสอบ ซึ่งทุกบริษัทที่ต้องทำการซ่อมบำรุงวาล์วควบคุมจะต้องทราบและปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด อย่างไรก็ตาม สามารถสรุปขั้นตอนการซ่อมบำรุงวาล์วควบคุมและอุปกรณ์อื่น ได้แก่ การถอด/ประกอบวาล์วควบคุมและแอ็คชูเอเตอร์ การ Calibrate Positioner วิธีการแก้ไข Trim (การบดวาล์ว) และขั้นตอนการทดสอบวาล์วควบคุม ซึ่งสามารถดูได้ในเอกสารอ้างอิง ก.

3.3 การออกแบบเอกสารการซ่อมบำรุง

เอกสารการซ่อมบำรุงเป็นรายงานที่ช่วยบันทึกรายละเอียดการซ่อมบำรุง ที่จะสามารถช่วยเก็บประวัติการซ่อมบำรุง เอกสารที่ต้องจัดทำในครั้งนี้ ประกอบด้วย Quarterly Inspection Report, Test and Calibrate Report และ Control Valve Overhaul Report ซึ่งผู้จัดทำได้ทำการออกแบบเอกสารดังกล่าว โดยอาศัยเอกสารต่างๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบ ได้แก่

3.3.1 รายงานการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันของโรงงานประเภท Petrochemical และของบริษัทกรณีศึกษา

3.3.2 Maintenance Manual

3.3.3 Manufacturer Recommendation

3.4 การจัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์

หลังจากที่ได้ออกแบบเอกสารการซ่อมบำรุงแล้ว จะต้องจัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยผู้จัดทำได้เลือกที่จะใช้โปรแกรม Delphi เป็นโปรแกรมหลัก เพราะเป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่าย ตกแต่งหน้าจะได้หลากหลาย สามารถเข้าใจและแก้ไขได้ง่าย มีความยืดหยุ่นในการเขียน และมีคำสั่งในการเขียนมาก ทั้งยังสามารถเตือนเมื่อเขียนไม่ถูกต้อง สำหรับงานวิจัยนี้ได้ออกแบบเป็น 2 ส่วน คือ ส่วน Front End และส่วน Back End ดังนี้

3.4.1 ส่วน Front End คือส่วน Database ของระบบงานที่ออกแบบด้วยโปรแกรม Microsoft Access ซึ่งเป็นโปรแกรมที่นิยมใช้ในการออกแบบระบบฐานข้อมูลขนาดเล็กใน Windows แต่ไม่สะดวกในการใช้คำสั่ง SQL ในระบบฐานข้อมูล

3.4.2 ส่วน Back End คือส่วน Graphic Use Interface เป็นส่วนที่ผู้ใช้จะใช้งานหรือเป็นส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ ซึ่งเป็นส่วนที่ถูกออกแบบด้วยโปรแกรม Delphi ซึ่งเป็นโปรแกรมที่อำนวยความสะดวกในหลายๆ ด้านรวมทั้งเรื่อง Database หลาย ๆ อย่าง รวมทั้ง Access สามารถติดต่อกับ Database ด้วย ตัวคำสั่ง SQL ด้วย

3.5 การทดลองและปรับปรุงแก้ไขโปรแกรม

การทดลองการทำงานของโปรแกรมสามารถทำได้โดยการทดลองป้อนข้อมูลและทำการประมวลผลการรันโปรแกรม ซึ่งจะต้องตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมว่าสามารถทำงานและประมวลผลได้ตามที่ต้องการ สามารถคำนวณค่าต่างๆ ได้ถูกต้อง โปรแกรมสามารถทำงานได้ตามขั้นตอนที่สอดคล้องกัน จัดทำรายงานต่าง ๆ ที่ดูง่าย และเป็นระเบียบ

การปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมให้เหมาะสมจะต้องทำภายหลังจากที่ทำการทดลองการทำงานของโปรแกรมหรือเมื่อพบข้อผิดพลาด จึงต้องทำการปรับปรุงการทำงานของโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพ และพัฒนาโปรแกรมให้สามารถใช้งานได้สะดวกขึ้นด้วย

3.6 การจัดทำระบบฐานข้อมูลและทดสอบการทำงาน

ภายหลังจากที่ได้ทำการแก้ไขปรับปรุงโปรแกรมเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะได้โปรแกรมที่ถูกต้องสมบูรณ์ ผู้จัดทำจะต้องนำข้อมูลที่ได้จัดเตรียมรวบรวมไว้ และทำการป้อนข้อมูลในโปรแกรม โดยจะจัดทำสำหรับวาล์วควบคุมจำนวน 50 ตัว เพื่อเป็นฐานข้อมูลเริ่มแรก ซึ่ง

สามารถทำการเพิ่มเติมหรือแก้ไขได้ในภายหลัง สำหรับการทดสอบและประเมินผลการทำงานของโปรแกรมสามารถเปรียบเทียบจากระยะเวลาและขั้นตอนการทำงานที่ลดลง

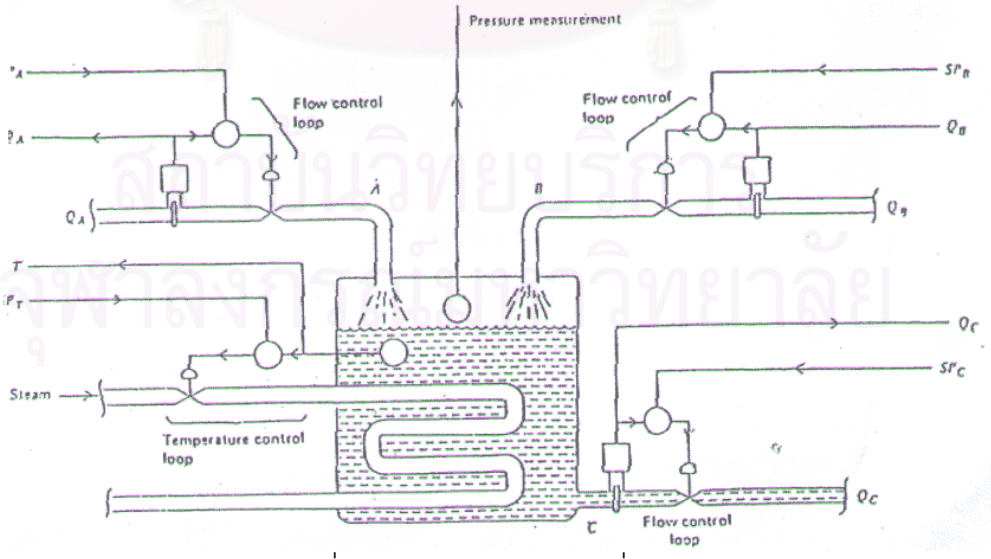
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

วาล์วควบคุมที่ใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษา

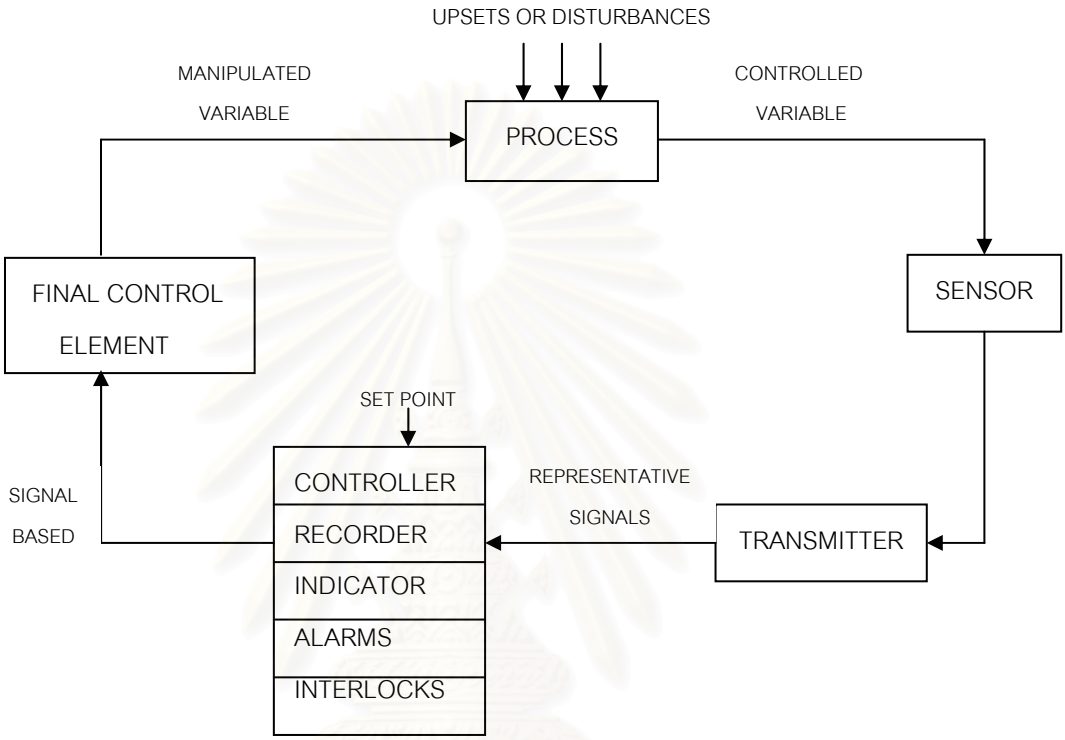
โดยทั่วไปในระบบควบคุมโปรเซส (Process) ใด ๆ จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ควบคุม (Control & Instrumentation) ทำหน้าที่ต่าง ๆ กันตั้งแต่อุปกรณ์ควบคุมตัวแรก (Primary Element) จนกระทั่งถึง อุปกรณ์ควบคุมปลายทาง (Final Control Element) ซึ่งตัวอย่างหนึ่งของอุปกรณ์ควบคุมปลายทางที่อยู่ในโปรเซสได้แก่ วาล์วควบคุม (Control Valve)

จากรูปที่ 4.1 แสดงลูปควบคุม (Control Loop) ของตัวแปรต่าง ๆ ในระบบส่งถ่ายความร้อน (Heat Exchanger) ไม่ว่าจะเป็นลูปการควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control Loop) ลูปการควบคุมอัตราการไหล (Flow Control Loop) การวัดความดัน (Pressure measurement) และการควบคุมระดับที่อยู่ในเรื่องของการควบคุมอัตราการไหล ซึ่งการควบคุมตัวแปร (Variable) ดังกล่าว ลูปควบคุมจะต้องประกอบด้วย อุปกรณ์ควบคุมที่จำเป็นต่อระบบของโปรเซสนั้น ๆ แต่ที่ต้องสังเกตว่า ในโปรเซสนี้ วาล์วควบคุม (Control Valve) มีความจำเป็นต่อลูปการควบคุมของทุก ๆ ลูป ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า วาล์วควบคุมจะต้องทำหน้าที่ควบคุมอัตราการไหลของของไหล (Fluid) ที่อยู่ในโปรเซส ไม่ว่าของไหลนั้นจะเป็นน้ำ, ไอน้ำ, น้ำมัน, สารเคมีต่าง ๆ เพื่อให้โปรเซสดำเนินต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีความเชื่อถือสูงขึ้น (Reliability)



รูปที่ 4.1 Process Control (ที่มา: วินัย, 2538)

เพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณาถึงความจำเป็นที่ระบบควบคุมในโปรเซส จะต้องมีวาล์วควบคุมนั้น ขอให้ดูรูปที่ 4.2 ซึ่งแสดงไดอะแกรม (Diagram) ของลูปควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback control) ที่เป็นลูปควบคุมแบบง่าย ๆ มีใช้กันเป็นส่วนใหญ่ในวงการระบบควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control)



รูปที่ 4.2 Control Loop (ที่มา: วินัย, 2538)

รายละเอียดของลูปควบคุมนี้ เริ่มจากอุปกรณ์ควบคุมตัวแรก คือ ตัวตรวจจับ (Sensor) และทรานสมิตเตอร์ (Transmitter) ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของโปรเซสที่อยู่ในรูปของตัวแปรควบคุม(Controlled Variable) ส่งออกมาเป็นสัญญาณมาตรฐาน ถ้าเป็นสัญญาณลม ก็คือ 0.2-1.0 km/cm2 หรือ bar หรือ 3-15 psi และถ้าเป็นสัญญาณไฟฟ้าก็คือ 4-20 mA (dc) เพื่อส่งไปยังอุปกรณ์คบคุม (Controller) และอื่น ๆ ที่จำเป็นต่อการควบคุม อุปกรณ์ควบคุม (Controller) ก็จะปรับแต่งสัญญาณที่ได้รับ เพื่อส่งสัญญาณที่โปรเซสต้องการไปยังวาล์วควบคุมซึ่งถือเป็นประเภทหนึ่งของอุปกรณ์ปลายทาง (Final Control Element) ด้วยสัญญาณลมหรือสัญญาณไฟฟ้า เมื่อวาล์วควบคุมได้รับสัญญาณจากอุปกรณ์ควบคุมแล้ว ก็จะทำการปรับค่าตัวแปร (Manipulated Variable) คือปรับอัตราการไหลของของไหลที่จะเข้าไปในโปรเซสตามปริมาณที่โปรเซสต้องการ จะเห็นว่าการทำงานของอุปกรณ์

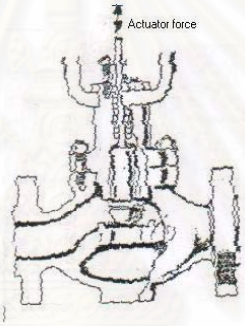
ต่าง ๆ ในระบบควบคุมจะป้อนกลับมาที่โปรเซสซึ่งเป็นหัวใจของการควบคุม ดังนั้นสิ่งที่จะขอกล่าวถึงจึงเป็นเรื่องที่เกี่ยวกับวาล์วควบคุม (Control Valve) ที่มีความสำคัญต่อโปรเซสเท่ากับอุปกรณ์ควบคุมตัวอื่นๆ

4.1 ประเภทของวาล์ว ตามลักษณะการปิด-เปิด

โดยทั่วไปเราสามารถแยกประเภทของวาล์ว ตามลักษณะการเคลื่อนที่ปิดหรือเปิดให้ของไหลผ่านช่องทางเดิน (Port) ได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

4.1.1 Linear-Shaft Valve

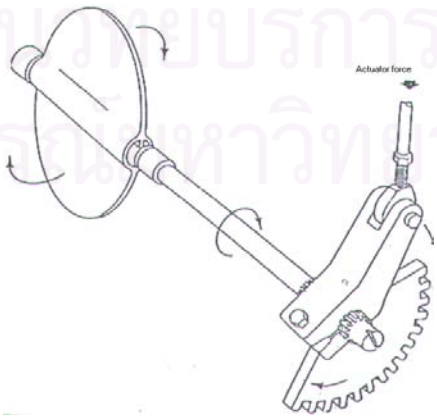
เป็นลักษณะการปิด – เปิด Valve ที่อยู่ในแนวเส้นตรงเช่น Globe Valve, Diaphragm Valve เป็นต้น



รูปที่ 4.3 Linear-Shaft Valve (ที่มา: วินัย, 2538)

4.1.2 Rotary-Shaft Valve

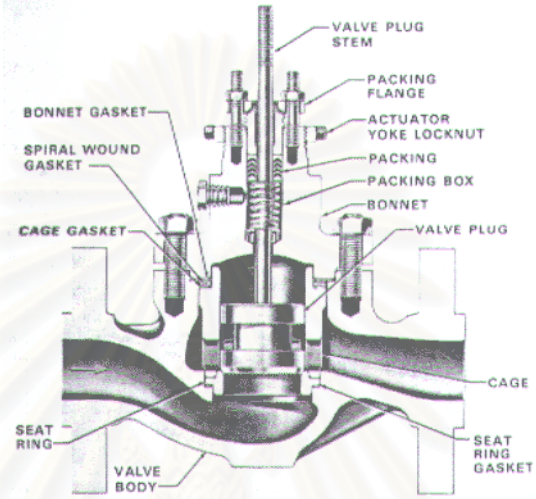
เป็นลักษณะการปิด – เปิด Valve ที่อยู่ในแนวเส้นรอบวง เช่น Ball Valve, Butterfly Valve เป็นต้น



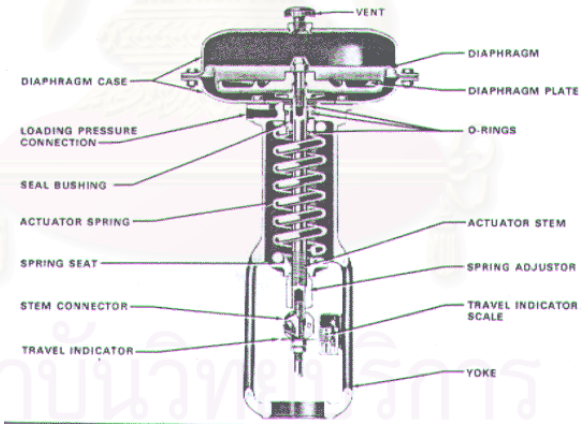
รูปที่ 4.4 Rotary-Shaft Valve (ที่มา: วินัย, 2538)

4.2 **ส่วนประกอบของ** Control Valve

ที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นคำนิยาม-ชื่อที่ใช้เรียกชิ้นส่วนประกอบของ Control Valve โดยรวมทั้งส่วนประกอบต่าง ๆ Valve Bodies กับ Actuator แต่จะขอกล่าว Bonnet และ Globe Valve ซึ่งมีส่วนประกอบดังแสดงในรูปที่ 4.5 และ 4.6



รูปที่ 4.5 ส่วนประกอบของวาล์ว



รูปที่ 4.6 ส่วนประกอบของ Bonnet

Valve Bodies : ส่วนที่เป็นเปลือกนอกของวาล์ว ภายในจะเป็นส่วนที่ต้องประกอบกับ valve seat, valve cage และอื่น ๆ พร้อมทั้งเป็นช่องทางเดิน (port) ของของไหล ส่วนภายนอกจะเป็นที่ตั้ง bonnet, bonnet flange และส่วนประกอบอื่น ๆ valve body ทำจากวัสดุจำพวกเหล็กคาร์บอน ซึ่งขึ้นอยู่กับการใช้งานเป็นสำคัญ โดยการหล่อขึ้นรูปแล้วนำมาผ่าน machine เพื่อตกแต่งผิวและขนาด

Cage : ส่วนที่ติดตั้งอยู่ภายในของ Valve body, มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกกลวง, เป็นช่องทางเดินของของไหลและเป็นส่วนช่วยประคองการเคลื่อนที่ของ valve plug ประกอบกับ seat ring และ /หรือรักษาแนวการเคลื่อนที่ด้วย seat ring, cage ทำจากวัสดุประสมพวก alloy ที่ต้องทนต่อความดันและอุณหภูมิสูง ๆ รวมทั้งยังทนต่อการเกิด cavitation, flashing, erosion และ vibration (ผนังของ cage จะมีช่องทางเดินแบบต่าง ๆ ที่จะให้ flow characteristic เรียกว่า cage style) นอกจากนี้ผิวของผนัง cage ด้านในยังทำการเคลือบผิวเพื่อให้ทนต่อการเสียดสี

Plug : เป็นส่วนที่เคลื่อนที่เพื่อใช้ในการปิด – เปิดช่องทางเดินของของไหล โดยควบคุมอัตราการไหลที่จะไหลผ่านช่องทางเดินของ cage, plug มีหลายแบบขึ้นอยู่กับ cage และ flow characteristic โดยส่วนมาก plug จะทำจากวัสดุชนิดเดียวกับ cage นอกจากนี้งานบางชนิด plug ที่ผลิตขึ้นมายังผ่านการเพิ่มคุณสมบัติทางวัสดุที่เรียกว่า Stellite

Stem : เป็นลักษณะของโลหะแท่งกลมยาว ปลายส่วนหนึ่งยึดกับ plug ด้วย pin และปลายอีกข้างหนึ่งเป็นเกลียวเชื่อมต่อกับ actuator stem connector ส่วนปลายด้านเกลียวนั้นมีไว้เพื่อให้หมุนคลายตัวขึ้นหรือลงขณะตั้งหน้าสัมผัส stem ทำมาจากวัสดุประสมที่แข็งเหนียว ทนต่อแรงกด – อัดและการกัดกร่อน

Seat Ring : เป็นส่วนที่นำใส่เข้าไปใน body และมีลักษณะเป็นวงแหวนตามรูปทรงของช่องทางเดิน (port) ของของไหล ปกติ seat ring ทำจากวัสดุเช่นเดียวกับ valve plug และยังสามารถทำ stellite

Spiral Wound Gasket : มีลักษณะเป็นวงแหวนทำหน้าที่รับแรงกดของการประกอบ bonnet เข้ากับ body ที่จะไปกระทำกับ cage ไม่ให้ cage รับแรงโดยตรง อันจะทำให้ cage แตกได้ spiral wound gasket ทำจากวัสดุประสมเป็นเส้นยาวนำมาขดเป็นก้นหอย หน้าตัดรูปตัววีแล้วมีเยื่อกันรั่วไม่ให้ของไหลรั่วออกมาระหว่างหน้า bonnet กับ body โดยทั่วไปจะต้องใช้ร่วมกับ cage gasket และ bonnet gasket

Bellow Seat Bonnet : เป็น bonnet ชนิดหนึ่งที่ใช้ bellow ทำหน้าที่ป้องกันการรั่วรอบ ๆ valve plug stem

Bonnet : เป็นส่วนประกอบหลักของ bonnet assembly ไม่รวมกับชิ้นส่วนที่ใช้กันรั่ว

Bonnet Assembly : ส่วนประกอบของ bonnet รวมกับชิ้นส่วนที่สัมผัสกับการเคลื่อนที่ของ valve plug stem และยังรวมถึงส่วนที่ป้องกันการรั่วซึมตลอดความยาวของ stem นอกจากนี้ยังรวมถึงส่วนที่ติดตั้งร่วมกับ valve actuator การป้องกันการรั่วซึมอาจจะกล่าวถึง packing หรือ bellow และรวมถึง packing lubricator assembly ที่ประกอบด้วย isolating valve

หรือไม่มี บางครั้ง bonnet บางแบบจะมี radiation fin หรือเป็นแบบ extension bonnet ที่เลือกใช้เพื่อรักษาอุณหภูมิซึ่งแตกต่างกันระหว่าง valve body และ sealing

Diaphragm : ส่วนที่รับแรงดันและส่งแรงที่เกิดขึ้นไปยัง diaphragm plate และ actuator stem ทำจาก nylon fabric เคลือบผิวด้วย nitrite rubber เพื่อป้องกันสารเคมี

Diaphragm : (ที่ใช้ใน Diaphragm valve) ส่วนที่ใช้ในการปิดของ diaphragm valve ซึ่งจะให้ปริมาณการไหลต่าง ๆ กัน เช่น Saunders patent diaphragm valve เป็นต้น

Diaphragm Actuator : เป็นส่วนประกอบที่ทำหน้าที่ให้ความดันของของไหลไปกระทำกับ diaphragm เพื่อสร้างแรงให้กับ actuator stem ใน actuator นี้อาจจะมีหรือไม่มี spring เพื่อใช้สำหรับการเคลื่อนที่ของ stem

Diaphragm Case : ส่วนที่ติดตั้งอุปกรณ์รับแรงดันของสัญญาณควบคุม มีลักษณะเป็นห้องกลางสูงและลึก สร้างขึ้นจากเหล็กกล้าขึ้นรูป (heavy presses steel) ผิวนอกอาบสังกะสีและทาสีอยู่ที่ผิวบน

Diaphragm Plate : ส่วนที่รับแรงดันจาก diaphragm เพื่อส่งแรงไปให้ actuator stem

Guide Bushing : เป็น bushing (ปลอก) ชนิดที่อยู่ใน bonnet บางแบบ, bottom flange หรือ body เพื่อทำหน้าที่ประคองแนวการเคลื่อนที่ของ valve plug กับ seat ring การประคองนี้กล่าวรวมถึงส่วนที่อยู่ภายในของ bonnet หรือ bottom flange หรือ seat ring หรือ seat ring extension หรือ cage

Packing Box (Assembly) : ส่วนหนึ่งที่อยู่ภายใน bonnet ทำหน้าที่ป้องกันการรั่วรอบ ๆ stem รวมทั้งช่วยประกอบการเคลื่อนที่ของ stem อีกด้วย ซึ่งในส่วนของ packing box ยังประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

Packing : เป็นวัสดุป้องกันการรั่วซึมรอบ ๆ stem มีคุณสมบัติช่วยเป็น การหล่อลื่นเพื่อ ลด Friction ในขณะที่ stem เคลื่อนที่ ขนาด และลักษณะของ Packing ขึ้น อยู่กับชนิดของ valve และชนิดของของไหล Packing follower: ส่วนที่ยึดอยู่ด้านบนของ packing ทำหน้าที่กด Packing ให้อัดแน่นอยู่ภายใน packing box

Packing spring : ส่วนที่อยู่ด้านล่างของ packing ทำหน้าที่ช่วยระบายความร้อนเก็บสารหล่อลื่น , ทำให้การถอด packing สะดวกขึ้นและปรับ แรงกดยึดของ packing

Packing flange : เป็นที่ยึดส่วนต่าง ๆ ของ packing box พร้อมทั้งยังใช้กดอัด Packing ให้ถูกกดมากหรือน้อย โดยการขันนัตที่ bonnet flange studs (นอกจากนี้ยังมี packing nut, packing ring, packing wiper ring, felt wiper ring)

Packing Lubricator Assembly : ส่วนหนึ่งของ bonnet assembly เพื่อใช้ฉีดสารหล่อลื่น (lubricant เข้าไปใน packing box)

Port : การเปิดตามค่าคงที่ ปกติจะมีขนาดเท่ากับความโตภายในของ seat ring เป็นบริเวณที่ของไหลไหลผ่าน

Spring Adjuster : เป็น fitting ชนิดหนึ่งที่มีเกลียวมาตรฐานเดียวกับเกลียวของ actuator stem ทำหน้าที่ปรับความแข็งของ spring ที่อยู่ใน valve actuator

Stem Connection : เป็น clamp ชนิดหนึ่งที่แยกเป็น 2 ส่วนใช้ยึด valve stem กับ actuator stem

Travel Indicator : เป็นส่วนที่ชี้ระยะการเคลื่อนที่ของ valve plug จะติดตั้งอยู่กับ stem ด้วย stem connector และ stem nut

Travel Indicator Scale : แผ่นที่มีสเกลแสดงระยะการเคลื่อนที่ของ valve plug จะติดตั้งอยู่กับ yoke

Trim : ส่วนประกอบที่อยู่ใน valve body และเป็นส่วนที่สัมผัสกับของไหล ไม่รวมกับ body, bonnet assembly และ bottom flange ซึ่งได้แก่ seat ring, valve plug stem, valve plug, valve plug guide, guide bushing และ cage

Yoke : โครงสร้างที่ประกอบเข้ากับ diaphragm case assembly ทำจากเหล็กชิ้นเดียวกันโดยการหล่อ เป็นที่ติดตั้ง valve positioners, air sets switch, travel indicator scale ส่วนของ yoke จะยึดติดกับ bonnet ด้วย yoke locknut

4.2.1 CONTROL VALVE BODIES

Valve Bodies คือ ส่วนที่ของไหลที่ต้องการควบคุมไหลผ่าน เป็นส่วนหลักของ Valve ที่จะต้องเผชิญต่อความดัน อุณหภูมิ การสึกกร่อน (Erosion) การผุกร่อน (Corrosion) และอื่น ๆ

Valve Bodies ที่ใช้ระบบควบคุมมีหลายแบบ ซึ่งแต่ละแบบจะมีลักษณะเฉพาะตามความเหมาะสมของการทำงาน โดยทั่วไปชนิดของ Valve Bodies จะใช้กับการทำงานตามลักษณะของการปิด-เปิดช่องทางเดินของของไหล ดังที่กล่าวมาแล้วตอนต้นที่เป็นแบบการเคลื่อนที่ปิด-เปิด ตามแนวเส้นตรงกับการเคลื่อนที่ตามแนวเส้นรอบวง

ส่วนใหญ่ในงานระบบควบคุมที่เป็นส่วนของ Control Valve จะกล่าวถึง Valve Bodies แบบอื่น ๆ เพื่อใช้ควบคุมอัตราการไหลของของไหล

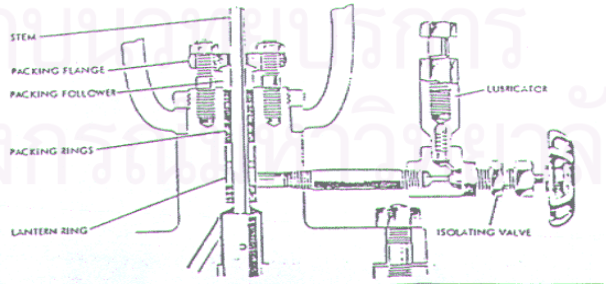
4.2.2 CONTROL VALVE BONNET

Bonnet ของ Control Valve เป็นส่วนที่เชื่อมอยู่ระหว่าง Valve Body กับ Actuator ทำหน้าที่ให้ Valve Plug Stem เคลื่อนที่ขึ้น – ลงสำหรับ Valve แบบ Sliding Stem และจะประครองการหมุนของ Shaft สำหรับ Valve แบบ Rotary นอกจากนี้ภายใน Bonnet มี Packing Box ไว้สำหรับเป็นที่ติดตั้ง Packing เพื่อทำหน้าที่กันรั่วอีกด้วย ลักษณะการยึด Bonnet เข้ากับ Body ที่นิยมใช้กันมากคือ แบบ Bolted Flange เป็นแบบที่ใช้ Stub-Bolt ส่วนอีกแบบหนึ่งคือแบบ Screw Type ซึ่งเป็นแบบที่ใช้ยึดสำหรับ Control Valve ขนาดเล็ก

สำหรับ Valve Body แบบ Cage Style เมื่อประกอบ Bonnet ด้วย Bolted Flange จะมีแรงกดอัดเพื่อป้องกันการรั่วซึมระหว่าง Bonnet Flange กับ Body และระหว่าง Seat Ring กับ Body เพระแรงกดจะกดลงบน Gasket Spiral Wound Gasket จนถึง Cage และ Seat ring กับ Body Gasket แต่วาลว์บางแบบอาจจะใช้ Monel ที่ทำจากโลหะทำหน้าที่แทน Gasket ดังนั้นแรงที่กดลงบน Bonnet จะต้องสม่ำเสมอเท่า ๆ กันทุกจุดของ Bolted เพราะ Bonnet เป็นตัวกำหนดแนวศูนย์ร่วมระหว่าง Cage, Plug, Seat และ Body

4.2.3 CONTROL VALVE PACKING

โดยทั่วไป Control Valve จะมี Packing Box อยู่ที่ Valve Bonnet สำหรับ Control Valve แบบ Sliding Stem และที่ Body Flange สำหรับ Control Valve แบบ Rotary Shaft หน้าที่ของ Packing คือกันไม่ให้ของไหลรั่วออกมาบริเวณรอบ Valve Stem และเป็นตัวประคองการเคลื่อนที่ของ Valve Stem หรือ Shaft ซึ่งจะมีผลต่อการคำนวณหาขนาดของ Actuator ดังนั้นคุณสมบัติของ Packing ที่ดีควรมี Friction ต่ำ ๆ หรือมีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะออกแบบมาใช้งานได้และยังต้องทนต่อความดัน และอุณหภูมิได้เป็นอย่างดี รวมทั้งทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีที่ใช้งาน



รูปที่ 4.7 ภาพตัดของ Packing Box แบบ Bolted Type

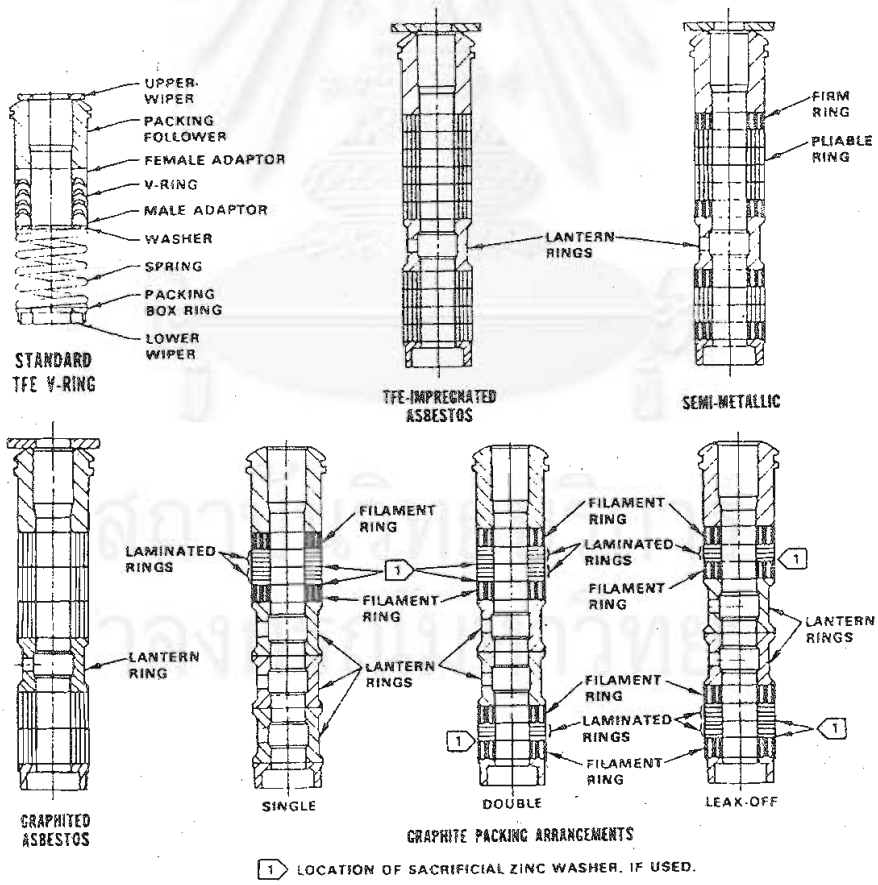
(ที่มา: Control Valve Handbook, 1965)

ตามรูปแสดงภาพตัดของ Packing Box แบบ Bolted Type ประกอบด้วย Packing Flange , Packing Follower , Lantern Ring และจำนวนชิ้นของ Packing Ring

Packing Flange จะสัมผัสอยู่กับ Follower ด้วยส่วนโค้ง Stud – Bolt ของ Packing จะใช้ในการปรับความแน่นของ Packing และทำให้แนวของ Packing Ring อยู่ในศูนย์เดียวกันกับ Valve Stem และผิวของ Packing Box ส่วน lantern Ring จะทำหน้าที่เก็บสะสมจาระบีจากการอัดมาทาง Isolating Valve กับ Lubricator ดังนั้น Isolating Valve จะกันไม่ให้ Process Pressure ทะลักออกจาก Packing Box ในขณะที่ทำการอัดจาระบี ส่วนนี้เป็นส่วนที่จะต้องป้องกันไม่ให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน ในขณะปฏิบัติงานต่องานความดันสูง

สารหล่อลื่น (จาระบี = Greases) สำหรับ Valve Stem จะแตกต่างกันตามระดับของอุณหภูมิใช้งานคือตั้งแต่ 500 degree F ขึ้นไป ความหนืดจะเปลี่ยนแปลงตามเกรดของวัตถุหล่อลื่น

การติดตั้ง Packing ใน Packing box นั้น สามารถทำได้หลายแบบ ตามลักษณะของวาล์วและชนิดของ Packing ตามรูปที่ 4.8 แสดงชนิดของ Packing ทั้งนี้วัสดุที่นิยมใช้ทำ Packing มีหลายชนิด ซึ่งจะเหมาะสมกับการทำงานแตกต่างกัน ดังนี้



รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบการจัดวางตามวัสดุของ Packing

(ที่มา: Control Valve Handbook, 1965)

1. TPE (TEFLON) V-Ring ทำจากพลาสติกที่มีความยืดน้อยและยังเป็นฉนวนไฟฟ้า โดยหล่อมาจาก mold รูปหน้าตัด V ใช้กับ valve stem ที่มีผิวเรียบ 2-4 inch และภายใน packing box ควรจะมีผิวเรียบ 16 inch teflon ไม่ต้องใช้สารหล่อลื่น สัมประสิทธิ์การขยายตัวไม่สูง ใช้งานกับอุณหภูมิในช่วง -40°F ถึง 450 °F (232 °C) ใช้กับสารเคมีได้ แต่ไม่สามารถใช้กับ nuclear plant นอกจากนี้ยังใช้งานที่เป็น vacuum ได้อีกด้วย
2. O-Ring หรือ Cheron Ring ทำมาจาก elastomers เช่น Neoprene หรือ Buna-N ใช้กับงานความดันต่ำ และอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 180 °F ตัวอย่างเช่น temperature control valve สำหรับงาน air conditioning
3. TPE-Impregnated Asbestos นำ asbestos fiber ผสมกับ TFE ลงใน mold ที่มีหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยม มีความฝืดมากกว่า TFE แต่อัดแน่นได้ดีกว่าทั้งยังสามารถกัน leak ได้ กรณี valve stem เกิดการโก่งตัวเพียงเล็กน้อย ใช้กับอุณหภูมิในช่วง–100°F ถึง 450 °F
4. Semi-Metallic เป็น packing ring ที่ทำขึ้นจากแกน asbestor ภายนอกหุ้มด้วย aluminium Foil ใช้กับงาน high temp. และ high pressure แบบนี้ต้องใช้สารหล่อลื่น เมื่ออุณหภูมิเกิน 800 °F (427 °C)
5. Graphited Asbestos ทำจากวัสดุหลายชนิดคือ asbestor fiber, lead wool, flake graphite neoprene เคลือบผิวจำนวนน้อย ใช้กับของไหลจำพวก น้ำมัน ไอน้ำ และแก๊ส อุณหภูมิไม่เกิน 450°F packing แบบนี้มี friction มากกว่าแบบ TFE ควรใช้สารหล่อลื่นด้วย
6. Laminated and Filament Graphite มีคุณสมบัติทางด้าน high thermal conductivity อายุการใช้งานนานแต่ความฝืดมีมากใช้กับอุณหภูมิตั้งแต่ช่วงจุดเยือกแข็ง (Cryogenic) ถึง 120 °F (649 °C) ใช้ในงาน nuclear plant และสารเคมีจำพวกคลอไรด์ packing แบบนี้ไม่ต้องใช้สารหล่อลื่น แต่ถ้าอุณหภูมิที่ packing box เกิน 800°F (427 °C) จำเป็นต้องใช้ extension bonnet
7. Grafoil คือ วัสดุที่ทำจาก graphite ทั้งหมด มีคุณสมบัติยืดหยุ่นและอ่อนตัวตามทิศทางของแรงกด มีคุณสมบัติคล้าย pyrolytic graphite มีสัมประสิทธิ์ความยืดต่ำ และใช้งานกับ high temp. ประมาณ 6,600 °F

4.2.4 CONTROL VALVE ACTUATOR

Actuator เป็นส่วนหนึ่งของ Control Valve ที่มีความสำคัญต่อการทำงานเป็นอย่างยิ่ง ถึงแม้ว่าสัญญาณควบคุมจะส่งมาอย่างถูกต้อง แต่ถ้า Actuator ไม่ได้ทำงานตามคำสัญญาณนั้น ก็จะมีผลให้ Process เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ โดยทั่วไป Actuator ที่ใช้กับ Control Valve สามารถแบ่งออกตามประเภทของตัวกลางที่สั่งงานได้เป็น 5 ประเภทใหญ่ คือ

1. Spring and diaphragm actuator
2. Piston and Cylinder actuator
3. Electro – Hydraulic actuator
4. Electro – mechanical actuator
5. Manual actuator

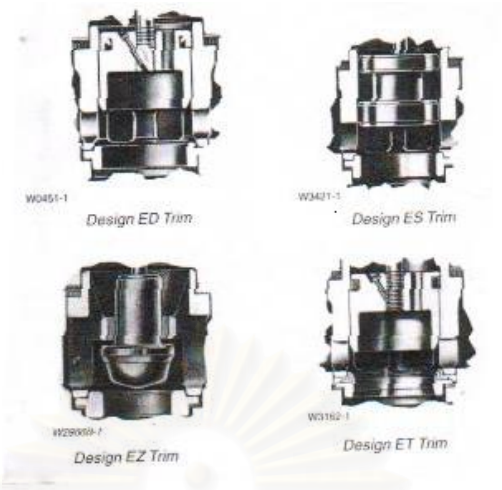
4.2.5 VALVE TRIM

Trim เป็นหัวใจหรือส่วนหลักของ Control Valve ทำหน้าที่ประการแรกคือ สร้างพื้นที่การไหล (Orifice Area) ตามสัดส่วนกับการเคลื่อนที่ของ Valve Plug เพื่อให้ได้ Flow Capacity หน้าที่ประการที่สองคือ ปิดไม่ให้ของไหลไหลผ่านไปได้ (Shut Off) หน้าที่ดังกล่าวจะทำร่วมกับ Valve Body Shape , Actuator , Stem Packing และแรงจากการไหลของของไหลซึ่งขึ้นอยู่กับ Trim

Valve Trim จะประกอบด้วยชิ้นส่วนที่อยู่ภายใน Valve Body ที่สัมผัสกับของไหลในขณะไหลผ่าน Control Valve ซึ่งได้แก่สิ่งต่อไปนี้คือ Valve Plug , Seat , Cage , Stem Plug Guide , และ Bushings ส่วน Stuffing Box มีส่วนประกอบที่ถือว่าเป็น Valve Trim คือ Packing Follower , Spring, Lantern Ring, และ Packing Retaining Ring

Valve Plug จะเคลื่อนที่ขึ้น – ลง เพื่อควบคุมอัตราการไหลของของไหล และปิดไม่ให้ของไหลไหลผ่าน โดย Valve Plug จะต้องสัมผัสกดลงบน Seat Ring ด้วยแรงกดของ Valve Stem ที่ส่งมาจาก Actuator

ในขณะที่ Valve Plug เคลื่อนที่จะเกิดแรงต้านจากการไหลของของไหล (Dynamic Fluid Flow) ซึ่งแรงที่มาจากของไหล เพื่อทำให้การควบคุมอย่างต่อเนื่องเป็นไปด้วยดี แต่การควบคุมการไหลอย่างต่อเนื่องยังขึ้นอยู่กับ รูปร่างของ Valve Plug และช่องทางเดินของ Cage ที่จะให้คุณลักษณะการไหล (Flow Characteristic) แตกต่างกันไป เช่น Quick Opening , Linear , Parabolic หรือ =% (Equal Percentage)



รูปที่ 4.9 Valve Trim Components (ที่มา: Control Valve Handbook, 1965)

นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบอื่น ๆ ที่มีผลต่อการออกแบบ Valve Trim ได้แก่ อุณหภูมิความดัน Flashing Fluids , Cavitation , Fluid Viscosity และ Solid contents การควบคุมอัตราการไหลที่ต้องการ Pressure Drop ในขณะผ่านตัววาล์วและพลังงานบางส่วนที่ของไหลถ่ายเทให้แก่ Valve Trim และ Body

4.2.6 CONTROL VALVE ACCESSORIES

โดยทั่วไป Control Valve จะทำงานร่วมกับอุปกรณ์ประกอบ ที่ติดตั้งอยู่กับ Valve และติดตั้งอยู่ใกล้กับ Valve วัตถุประสงค์ของการใช้อุปกรณ์ประกอบในขณะที่ Valve ทำงานเพื่อ

1. ทำให้ Control Valve ทำงานตาม ค่าของสัญญาณควบคุมได้ถูกต้อง
2. ทำให้ Control Valve ทำงานตาม การตอบสนองของสัญญาณได้รวดเร็วขึ้น
3. ทำให้ Control Valve รักษาเสถียรภาพของโปรเซส
4. ทำให้ Control Valve ทำงานตาม เงื่อนไขของระบบควบคุม
5. ฯลฯ

อุปกรณ์ประกอบที่มีใช้เป็นส่วนมาก คือ

1. Valve Positioner
2. Booster
3. Switching Valve

4.3 ลักษณะเฉพาะของวาล์วควบคุมและการซ่อมบำรุง

4.3.1 วาล์วควบคุมประกอบด้วยอุปกรณ์หลายชนิด ทำงานร่วมกัน เช่น วาล์ว (Valve Body) ตัวขับวาล์ว (Actuator) ตัวควบคุมตำแหน่ง (Positioner) ตัวปรับระดับความดัน (Regulator) ฯลฯ ซึ่งอุปกรณ์แต่ละตัวนี้ ประกอบด้วยชิ้นส่วนย่อย ๆ มากมายอีกด้วย และจำเป็นต้องซ่อมบำรุงแตกต่างๆ กัน

4.3.2 วาล์วควบคุมมีราคาสูง เช่น วาล์วขนาด 1 นิ้ว ราคาตัวละ 50,000 บาท ทำให้ไม่สามารถจะเก็บวาล์วทั้งตัวไว้ในสินค้าคงคลัง เพื่อเป็นอะไหล่ไว้สำหรับใช้เปลี่ยนทั้งตัวเมื่อวาล์วเกิดปัญหา สำหรับบริษัทใหญ่อาจทำสามารถทำได้ โดยจะเก็บ1-2 ตัว สำหรับวาล์วที่สำคัญมาก ๆ และมี Spec. เหมือนกันหลาย ๆ ตัว

4.3.3 ตัววาล์ว (Valve Body) จะเป็นส่วนที่เกิดความเสียหายมากที่สุด และต้องทำการซ่อมบำรุงมากที่สุด เพราะเป็นส่วนที่ของไหลไหลผ่าน และต้องทำงานเคลื่อนที่ขึ้นลงตลอดเวลา ส่วนอุปกรณ์อื่น จะเป็นส่วนประกอบที่ใช้สั่งการให้วาล์วทำงานเท่านั้น โอกาสที่จะเสียหายจึงมีน้อยมาก

4.3.4 ชิ้นส่วนที่จำเป็นต้องเปลี่ยนเมื่อเกิดการสึกหรอเนื่องจากการทำงาน ได้แก่

- Seat Ring ซึ่งเป็นช่องทางผ่านของของไหล
- Plug เป็นชิ้นส่วนบังคับให้ของไหลไหลมากน้อย
- Stem เป็นชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ขึ้นลง เมื่อต้องการเปิด-ปิดวาล์ว

4.3.5 ประเก็นกันรั่ว (Gasket) เป็นชิ้นส่วนที่อยู่ระหว่างโลหะ ใช้ป้องกันการรั่วซึมระหว่างชิ้นส่วนโลหะ วาล์วควบคุมแต่ละตัวจะมีประเก็นกันรั่วหลายตำแหน่ง ตามแต่การออกแบบ ประเก็นกันรั่วเป็นอะไหล่ประเภทอะไหล่สิ้นเปลือง (Consumer Part) จะต้องเปลี่ยนทุกครั้ง เมื่อถอดวาล์วควบคุม

4.3.6 การรั่วของของไหลบริเวณ Bonnet เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นบ่อยที่สุด และเกิดขึ้นได้กับวาล์วทุกตัว ซึ่งการรั่วนี้จะทำให้เกิดการสูญเสียของไหลสู่บรรยากาศ หากของไหลนั้นเป็นสารกัดกร่อน หรือเป็นแก๊ส อาจทำให้เกิดอันตรายต่อพนักงานในบริเวณนั้นได้

4.3.7 ตัวควบคุมตำแหน่ง (Positioner) เป็นอุปกรณ์เครื่องมือวัด เมื่อทำงานไปอาจเกิดการเลื่อนช่วงของการควบคุม จึงจำเป็นต้องปรับแต่ง (Calibrate) เป็นระยะ ๆ ตามความเหมาะสม

4.3.7 สาเหตุที่ทำให้วาล์วควบคุมหยุดทำงาน (Failure) สามารถเกิดขึ้นได้ 4 สาเหตุใหญ่ คือการรั่ว (Leakage) เกิดการรั่วที่ภายในวาล์วหรือรั่วออกมาภายนอก ซึ่งจะทำให้ชิ้น

ส่วนที่อยู่ในบริเวณนั้นเกิดการเสียหาย และส่งผลให้วาล์ว Fail การรั่วที่มักเกิดขึ้นบ่อยๆ ได้แก่ บริเวณ Trim, Body หรือ Packing เป็นต้น

1. การเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต (Process Upset) เช่นการเพิ่ม/ลดความดันหรืออุณหภูมิ การเพิ่มอัตราการไหล หรืออื่น ๆ ซึ่งอาจไม่เหมาะสมกับวาล์วควบคุมที่ใช้งานอยู่
2. คุณภาพของของเหลวหรือก๊าซในกระบวนการผลิต (Fluid Quality) เช่น การมีฝุ่นหรือเศษโลหะปะปนในของเหลวหรือการที่ก๊าซมีการเปลี่ยนสถานะจากก๊าซเป็นของเหลวบางส่วน ซึ่งการเปลี่ยนสถานะนี้อาจทำให้เกิดการกัดกร่อนได้
3. ปัญหาทางเครื่องกล (Mechanical Problem) เป็นปัญหาที่เกิดจากตัวอุปกรณ์หรือวาล์วควบคุม เกิดจากการใช้งานบ่อยหรือการหมดอายุการใช้งานของอุปกรณ์บางส่วน สามารถแบ่งเป็นบริเวณที่เกิดได้ดังนี้
   - ตัววาล์วควบคุม เช่นเกิดการสึกบริเวณ Trim หรือการรั่วของตัว Valve Body เป็นต้น
   - อุปกรณ์อื่น ๆ เช่น แผ่น Diaphragm ใน Actuator เกิดการขาด หรือ Spring หัก เป็นต้น
   - แหล่งจากพลังงาน (Supply) เช่น ขาดสัญญาณสั่งงาน ทั้งสัญญาณลมหรือสัญญาณไฟฟ้า ทำให้วาล์วไม่สามารถทำงานได้ เป็นต้น

4.3.9 หากวาล์วที่ใช้อยู่นั้น ถูกต้องและเหมาะสมกับ Process และวาล์วไม่ได้เคลื่อนที่บ่อย วาล์วนั้นจะทำงานได้ดีมาก อาจไม่ต้องทำการซ่อมบำรุงหรือเปลี่ยนอะไหล่ นอกจากการตรวจเช็คตามคาบเวลาเท่านั้น

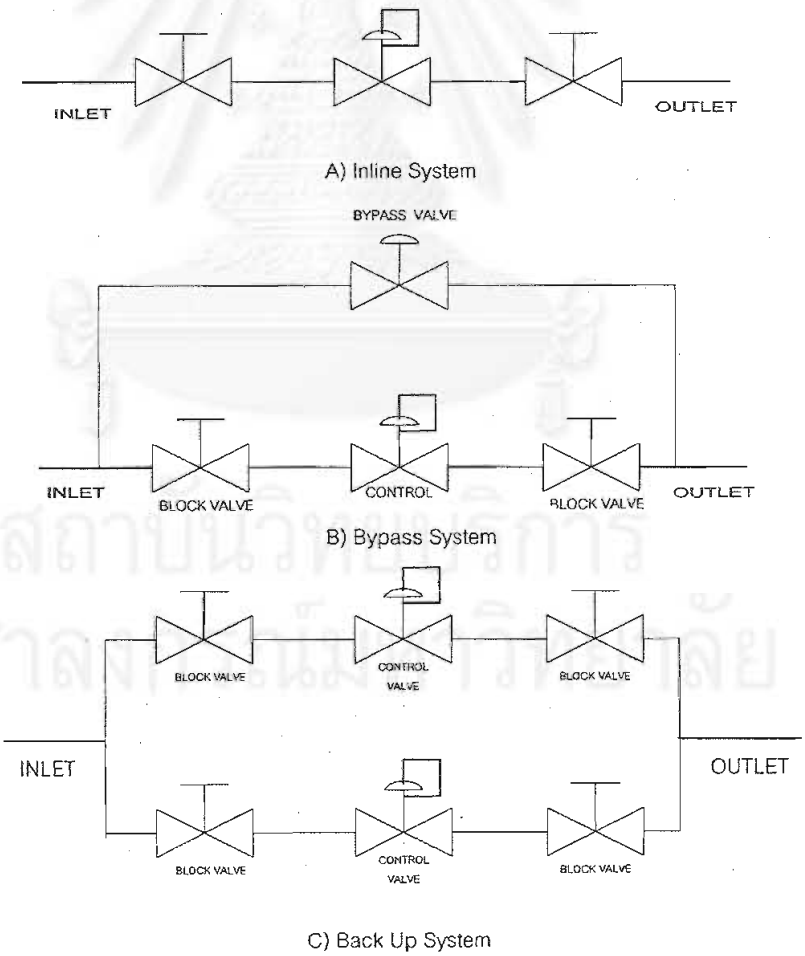
4.3.10 การติดตัววาล์วควบคุมในสายการผลิต จะต้องติดตั้ง Block Valve ด้านหน้าและหลังวาล์วควบคุม เพื่อกั้นของไหลในกระบวนการผลิตออกจากวาล์วควบคุม เมื่อต้องการถอดวาล์วออก จะสามารถถอดได้โดยการ ปิด Block Valve ทั้งสอง แล้วจึงถอดวาล์วควบคุมออกได้

4.3.11 ระบบการติดตั้งวาล์วควบคุมในสายการผลิต การออกแบบจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งานและการวางแผนการผลิตด้วย สามารถติดตั้งได้ดังนี้ คือ

- In Line System เป็นระบบที่ใช้อยู่ทั่วไป สำหรับวาล์วที่ไม่ต้องการการซ่อมบำรุงมากนัก และใช้ในระบบที่หากเกิดการขัดข้องแล้ว ไม่กระทบกับกระบวนการผลิต
- Bypass System เป็นระบบที่นิยมใช้ เหมาะสำหรับวาล์วควบคุมที่จำเป็น

ต้องทำการซ่อมบำรุงตามคาบเวลา เพราะสามารถทำการถอดวาล์วออกมาเพื่อซ่อมได้ในที่กระบวนการผลิตยังคงเดินอยู่ได้ (ไม่ต้องหยุดการผลิต) หากวาล์วควบคุมเกิดการขัดข้อง ยังคงสามารถเปลี่ยนมาใช้งานที่วาล์วที่เป็น Bypass แทนได้ โดยจะเป็นระบบ Manual

- Back Up System ระบบที่เหมาะสำหรับกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง ระบบที่ความเสี่ยงต่อการขัดข้องของวาล์วควบคุมสูง คือ หากเกิดการขัดข้องที่วาล์วตัวหนึ่ง สามารถเปลี่ยนใช้วาล์วอีกตัวหนึ่งแทนได้ โดยไม่กระทบกับกระบวนการผลิต ซึ่งระบบนี้จะดีกว่าระบบ Bypass ตรงที่ วาล์วตัวที่ทำงานแทน สามารถทำงานได้เสมือนกับวาล์วตัวแรก แต่สำหรับระบบ Bypass วาล์วที่เป็น Bypass จะเป็นแค่ On-Off Valve (ไม่ใช่วาล์วควบคุม) ที่ต้องใช้คนเป็นคนบังคับให้เปิดปิดมากน้อย



รูปที่ 4.10 ลักษณะการติดตั้งวาล์วควบคุมในสายการผลิต

4.4. **การบำรุงรักษาวาล์วควบคุม** (CONTROL VALVES MAINTENANCE)

วาล์วควบคุมเป็นอุปกรณ์ (Instrument) ที่อาจจะกล่าวได้ว่าสำคัญมากในวงจรควบคุม (Control Loop) เพราะเป็นส่วนที่จะต้องสัมผัสกับส่วนของโปรเซสโดยตรง ไม่ว่าจะเป็นความดันที่สูง หรืออุณหภูมิที่ร้อนมาก การกัดกร่อนจากคุณสมบัติของของไหลบางประเภท ซึ่งวาล์วควบคุมจะต้องทำการควบคุมอัตราการไหลของของไหลให้เหมาะสมกับสภาวะและสภาพความต้องการของโปรเซส (Process) ในขณะที่ทำการควบคุมโปรเซสด้านปลายทางอยู่นั้น อาจจะเกิดเหตุการณ์ใด ๆ ต่อวาล์วควบคุมจนทำให้การควบคุมโปรเซสหรือขบวนการผลิตในขณะนั้นต้องหยุดชะงักลงก็เป็นได้ นั่นแสดงว่าจะต้องเกิดผลเสียหายกับผลิตภัณฑ์ (Product) หรือในบางกรณีอาจจะทำให้อุปกรณ์เกิดการเสียหายได้ ด้วยเหตุผลนี้จึงควรที่จะให้ความสำคัญต่อการบำรุงรักษาและปฏิบัติการบำรุงรักษากับวาล์วควบคุมให้ได้ประสิทธิผลมากที่สุด

การบำรุงรักษาวาล์วควบคุม โดยทั่วไปจะแบ่งหรือจำแนกออกได้ 2 วิธีการเพื่อใช้ในการปฏิบัติ และจัดระบบการบำรุงรักษา แต่บางอุตสาหกรรมนักวิชาการอาจจะจำแนกวิธีการบำรุงรักษาวาล์วควบคุมแตกต่างกับที่จะกล่าวต่อไปนี้

4.4.1 Preventive Maintenance

ในงานบำรุงรักษาวาล์วควบคุมนั้น การบำรุงรักษาป้องกันนั้นจะกล่าวถึง การตรวจสอบก่อนนำเข้าติดตั้ง การติดตั้ง การนำวาล์วควบคุมเข้าใช้งาน และสภาพแวดล้อมที่จะทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของวาล์วควบคุมในขณะทำงาน สิ่งเหล่านี้จะต้องปฏิบัติให้ถูกต้องตามหลักวิชาการและคำนึงถึงความปลอดภัย

4.4.2 Overhaul

เป็นการตรวจสอบสภาพวาล์วควบคุม เพื่อให้วาล์วควบคุมทำงานตามที่ต้องการให้ได้นานที่สุด ซึ่งในส่วนนี้จะกล่าวถึง การถอดวาล์วควบคุม การตรวจสอบโดยใช้กรรมวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย (NDT) การซ่อมในโรงซ่อม (Shop Repair) แต่บางครั้งวาล์วควบคุมบางส่วนก็อาจจะทำการตรวจซ่อมที่ Pipeline ขึ้นอยู่กับสภาพของการเสียหาย โดยกระทำอยู่ภายใต้การหยุดเดินเครื่อง

ทั้ง Preventive Maintenance และ Overhaul นั้นจะปฏิบัติกับอุปกรณ์ที่อยู่ติดกับวาล์วควบคุมด้วย เช่น Valve Positioner, Volume Booster, Pressure Regulator,

Lock – up Device ฯลฯ เพราะว่าอุปกรณ์ดังกล่าวจะให้การทำงานของวาล์วควบคุม เป็นไปด้วยความถูกต้อง และให้โปรเซสนั้น ๆ ดำเนินต่อไปได้อย่างไม่มีปัญหา

โดยทั่วไป บริษัทผู้ผลิตวาล์วควบคุมจะจัดทำรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการติดตั้ง (Installation) และการบำรุงรักษา ให้ถูกต้องตามคุณลักษณะ (Characteristic), ลักษณะจำเพาะ (Specification), การออกแบบ (Design) ตามหลักวิชาการของวาล์วควบคุมแต่ละชนิด ให้อยู่ในรูปของคู่มือ (Instruction Manual) ซึ่งในคู่มือนี้ควรจะมีรายละเอียดที่แสดงส่วนประกอบของวาล์วควบคุม อะไหล่ (Spare Part) และวิธีการสั่งของให้ถูกต้อง และเกิดข้อผิดพลาดน้อยที่สุด

ในงานเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม วิศวกรและช่าง จะต้องทำความเข้าใจการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อยู่ในโปรเซส ควบคุมการเดินเครื่องของอุปกรณ์ให้ทำงานตามเป้าหมายที่ต้องการ ไม่ว่าจะเป็นการควบคุมด้วยมือในบางลูป ควบคุมกึ่งอัตโนมัติและควบคุมอัตโนมัติ นอกจากนี้เมื่ออุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งทำงานผิดพลาด หรือเกิดความเสียหายขึ้นมา วิศวกรและช่างอาจจะต้องทำการซ่อมบำรุงรักษา (Maintenance) เพื่อให้อุปกรณ์ตัวนั้นสามารถทำงานต่อไปได้อีก จากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าทุกวิธีการมีความสำคัญต่อโปรเซส มากเท่า ๆ กัน ซึ่งบางหน่วยงานอาจจะแยกส่วนที่ทำหน้าที่เดินเครื่อง (Operator) ไว้ส่วนหนึ่ง และส่วนซ่อมบำรุงรักษา (Maintenance) ไว้อีกส่วนหนึ่ง แต่ที่แน่นอนเมื่อท่านเข้ามารับงานทางด้านซ่อมบำรุง ท่านก็ต้องให้ความสำคัญกับงานบำรุงรักษามากที่สุด งานบำรุงรักษาเป็นงานที่ต้องใช้เวลาพอสมควร เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ประวัติ ปัญหาต่าง ๆ ที่พบเห็นกับอุปกรณ์ แล้วนำมาจัดทำเป็นโปรแกรมการบำรุงรักษาของอุปกรณ์นั้น ๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

โครงสร้างองค์กรและการบริหารระบบงาน

บริษัทตัวอย่างเริ่มก่อตั้งมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2520 บริหารกิจการโดยคนไทย ซึ่งเล็งเห็นถึงแนวโน้มของการเจริญเติบโตของภาคอุตสาหกรรมว่าน่าจะมีการเติบโตอย่างรวดเร็ว และคาดว่าความต้องการเครื่องมือวัดและควบคุมทางอุตสาหกรรมจะเพิ่มขึ้นด้วย จึงติดต่อไปยังบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์เครื่องมือวัดชั้นนำในหลายๆ ประเทศ เพื่อตกลงให้เป็นตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย ปัจจุบันได้เป็นตัวแทนจำหน่ายและบริการสินค้านำเข้าคุณภาพประมาณ 20 ยี่ห้อ จากประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และประเทศในแถบยุโรป โดยสามารถแบ่งได้ดังนี้

1. เครื่องมือวัดและควบคุม แรงดัน อุณหภูมิ ระดับ และอัตราการไหล (Pressure Temperature Level and Flow Measurement & Control)
2. เครื่องมือทดสอบ (Test Equipment)
3. ธุรกิจบริการตรวจสอบ ซ่อมบำรุง และแก้ไขเครื่องมือวัด (Maintenance Repair and Overhaul MRO Service)
4. ธุรกิจงานติดตั้งระบบไฟฟ้ากำลัง, ตู้คอนโทรล

บริษัทตัวอย่างได้ดำเนินธุรกิจการจำหน่ายอุปกรณ์นี้อย่างต่อเนื่องมา โดยเมื่อปี 2543 ทางบริษัทมีผลประกอบการร่วม 400 ล้านบาท และมีพนักงานทั้งสิ้น 110 คน โดยมีสถานที่ประกอบการ 3 ที่ คือ

1. สำนักงานใหญ่ ที่กรุงเทพฯ เป็นสถานที่ทำการติดต่อกับลูกค้า เพื่อจำหน่ายสินค้า
2. สำนักงานที่กรุงเทพฯ (อีกอาคารหนึ่ง) เป็นสถานที่ทำการตรวจสอบ ซ่อมบำรุง แก้ไขเครื่องมือวัด
3. โรงงานที่จังหวัดนครปฐม เป็นสถานที่ทำการติดตั้งไฟฟ้ากำลัง ตู้คอนโทรล การซ่อมบำรุงจำนวนมาก อีกทั้งยังเป็นที่เก็บสินค้าคงคลังอีกด้วย

5.1 โครงสร้างและการบริหารงานของบริษัทตัวอย่าง

ทางบริษัทตัวอย่างมีโครงสร้างและการบริหารงาน โดยแบ่งออกเป็น 3 ฝ่ายใหญ่ ๆ ดังนี้

5.1.1 ฝ่ายบัญชีและ การตลาด

ฝ่ายบัญชีและการตลาด จะมีหน้าที่ โดยแบ่งออกเป็น 2 ฝ่าย คือ

1. ฝ่ายบัญชี และการเงิน
2. ฝ่ายจัดซื้อ ทั้งในประเทศ และต่างประเทศ

5.1.2 ฝ่ายสนับสนุนงานขาย

ฝ่ายสนับสนุนงานขาย จะมีหน้าที่ประสานงานกับฝ่ายขายเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ ทั้งก่อนและหลังการขาย โดยแบ่งออกเป็น 2 ฝ่าย คือ

1. ฝ่ายพัฒนาธุรกิจ (Business Development)
   จะทำงานประสานงานกับฝ่ายผู้จัดการขายผลิตภัณฑ์ ในการวางแผนการขาย การประชาสัมพันธ์สินค้า และติดต่อบริษัทผู้ผลิต
2. ฝ่ายบริการตรวจสอบ ซ่อมบำรุง และแก้ไขเครื่องมือวัด (Maintenance Repair and Overhaul)
   จะทำงานประสานกับพนักงานขายและฝ่ายขายบริการ ในการให้บริการตรวจสอบ ซ่อมบำรุง และแก้ไขเครื่องมือวัดที่ลูกค้าส่งมา หรือรับเหมาซ่อมบำรุงเครื่องมือวัดให้แก่ลูกค้าตามระยะเวลาที่กำหนด

5.1.3 ฝ่ายขาย (Sales Division)

ทำหน้าที่เกี่ยวกับการขายและการตลาดทั้งหมดของบริษัท โดยมีการแบ่งออกเป็นฝ่ายขายที่ 1 (Sales Division 1) ฝ่ายขายที่ 2 (Sales Division 2) และฝ่ายขายโครงการ (Project Sales) การแบ่งออกเป็นฝ่ายขายที่ 1 และ 2 นั้นใช้การแบ่งโดยมีความรับผิดชอบในประเภทและยี่ห้อของสินค้าต่างกัน ส่วนฝ่ายขายโครงการจะมุ่งเน้นในงานขายที่เป็นโครงการ ซึ่งแต่ละโครงการต้องใช้ระยะเวลาในการติดต่อและติดตามงานอย่างใกล้ชิด แบ่งเป็นฝ่ายย่อยๆ ได้ดังนี้

5.1.3.1 ฝ่ายขายโครงการ (Project Sales Division)

ทำหน้าที่ดูแลงานขายโครงการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นใหม่ ซึ่งเป็นงานขาย

ทั้งระบบ ฝ่ายขายโครงการจะต้องประสานงานกับฝ่ายขายที่ 1 และ 2 ในการสนับสนุนด้านราคาและคุณลักษณะของสินค้า นอกจากนี้ยังต้องประสานงานกับฝ่ายบริการตรวจสอบ ซ่อมบำรุง หากงานขายโครงการนั้น ๆ ระบุว่าเป็นงานขายที่รวมการติดตั้ง

5.1.3.2. ฝ่ายขายที่ 1 (Sales Division 1) ดูแลรับผิดชอบงานขายสินค้าเครื่องมือวัดและควบคุมทั่วไป เกี่ยวกับ การวัดความดัน อุณหภูมิ ระดับ และอัตราการไหล รวมถึงอุปกรณ์ในการควบคุมและวิเคราะห์ (Process Analytical) ด้วย

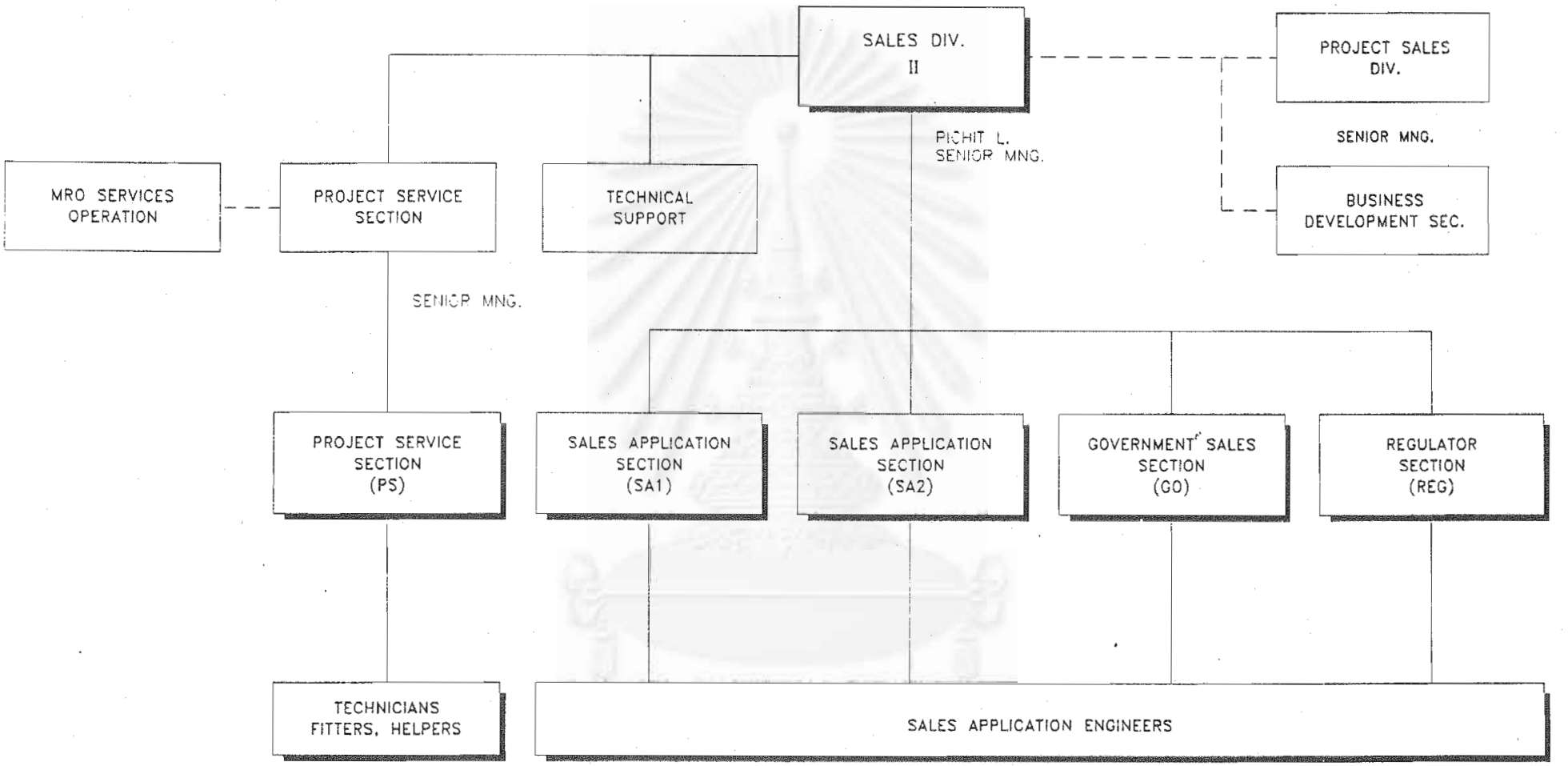
5.1.3.3 ฝ่ายขายที่ 2 (Sales Division 2) จะดูแลรับผิดชอบการขายสินค้าวาล์วประเภทต่าง ๆ ได้แก่ วาล์วควบคุม (Control Valve) วาล์วนิรภัย (Safety Valve) และวาล์วปรับแรงดัน (Regulator Valve) แบ่งออกเป็น 4 แผนก ดังแสดงในรูปที่ 5.1 ทั้งนี้แต่ละแผนกจะมีหน้าที่ดูแลงานที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถอธิบายลักษณะงานของแต่ละแผนกดังนี้

1. Sales Application 1 Section (SA1)

พนักงานจะอยู่ประจำในบริษัท ทำหน้าที่ดูแลงานขายวาล์วควบคุมที่ลูกค้าติดต่อมาทางหน้าร้าน สอบถามทางโทรศัพท์หรือทางโทรสาร ตามที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งอาจเป็นวาล์วทั้งตัว หรือเฉพาะอะไหล่ (Spare part) ก็ได้ รวมทั้งช่วยรับเรื่องหรือเสนอราคาแทนพนักงานในแผนก SA2 กรณีที่ลูกค้าต้องการเร่งด่วน

2. Sales Application 2 Section (SA2)

ทำหน้าที่ดูแลงานขายทั้งวาล์วควบคุม และวาล์วปรับแรงดัน โดยมุ่งเน้นให้พนักงานขายออกไปพบลูกค้าในพื้นที่ต่าง ๆ เพื่อสอบถามความต้องการของลูกค้า และนำมาเสนอราคา ซึ่งลูกค้าส่วนมากจะเป็นกลุ่มลูกค้าในเขตนิคมอุตสาหกรรมจังหวัดระยอง เนื่องจากมีโรงงานปิโตรเคมีกัลและโรงกลั่นน้ำมัน ซึ่งจำเป็นต้องใช้วาล์วควบคุม และวาล์วปรับแรงดันในกระบวนการผลิต นอกจากนี้ยังมีหน้าที่ประสานงานกับแผนกบริการซ่อมบำรุงในกรณีที่ลูกค้าต้องการซื้ออะไหล่ของวาล์วพร้อมบริการ หรือรับงานซ่อมบำรุงประจำปีให้แก่ลูกค้า (Valve Overhaul)



รูปที่ 5.1 แสดงโครงสร้างการทำงานของแผนกขายที่ 2

3. Government Sales Section (GO)

ทำหน้าที่ดูแลงานขายทั้งวาล์วควบคุม และวาล์วปรับแรงดันเหมือนกัน แต่มุ่งเน้นเฉพาะกลุ่มลูกค้าที่เป็นหน่วยงานการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งเป็นโรงไฟฟ้าของรัฐ เช่น โรงไฟฟ้าพระนครเหนือ โรงไฟฟ้าพระนครใต้ โรงไฟฟ้าบางปะกง และโรงไฟฟ้าแม่เมาะ เป็นต้น ส่วนโรงไฟฟ้าของเอกชน ได้แก่ บริษัทผลิตไฟฟ้าระยอง บริษัทผลิตไฟฟ้าขนอม เป็นต้น แผนก GO จะทำหน้าที่ติดต่อประสานงานกับเจ้าหน้าที่ของการไฟฟ้าในการเสนอราคา ติดตามผลการประมูล และส่งมอบ ส่วนการการเลือกชนิดของสินค้าจะได้รับการสนับสนุนจากแผนก GSA

4. Government Sales Application Section (GSA)

ทำหน้าที่ดูแลงานขายเหมือนกับแผนก GO แต่เป็นหน่วยงานราชการอื่นที่ไม่ใช่การไฟฟ้าฝ่ายผลิต และหน่วยงานของรัฐวิสาหกิจ ทั่วประเทศ เช่น การประปานครหลวง กรมควบคุมมลพิษ เป็นต้น นอกจากนี้จะทำงานประสานงานกับแผนก GO ในการเลือกวาล์วควบคุม และวาล์วปรับแรงดัน ให้มีคุณลักษณะการใช้งาน (Specification) ตรงกับความต้องการของลูกค้า

5. Project Service Section (PS)

ทำหน้าที่เสนอขายบริการเกี่ยวกับการซ่อมบำรุงวาล์วควบคุม การติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ แก่ลูกค้า ทั้งที่เป็นงาน Project หรืองานซ่อมเล็กๆ น้อยๆ หากได้รับงานแล้ว จะมอบหมายงานให้แผนก MRO Services เป็นผู้ทำการซ่อมบำรุง โดยแผนก Project Service จะทำหน้าที่ประสานงานระหว่างลูกค้ากับแผนกซ่อมบำรุง เพื่อให้ตรงตามความต้องการของลูกค้าและให้เกิดความประทับใจในการบริการ

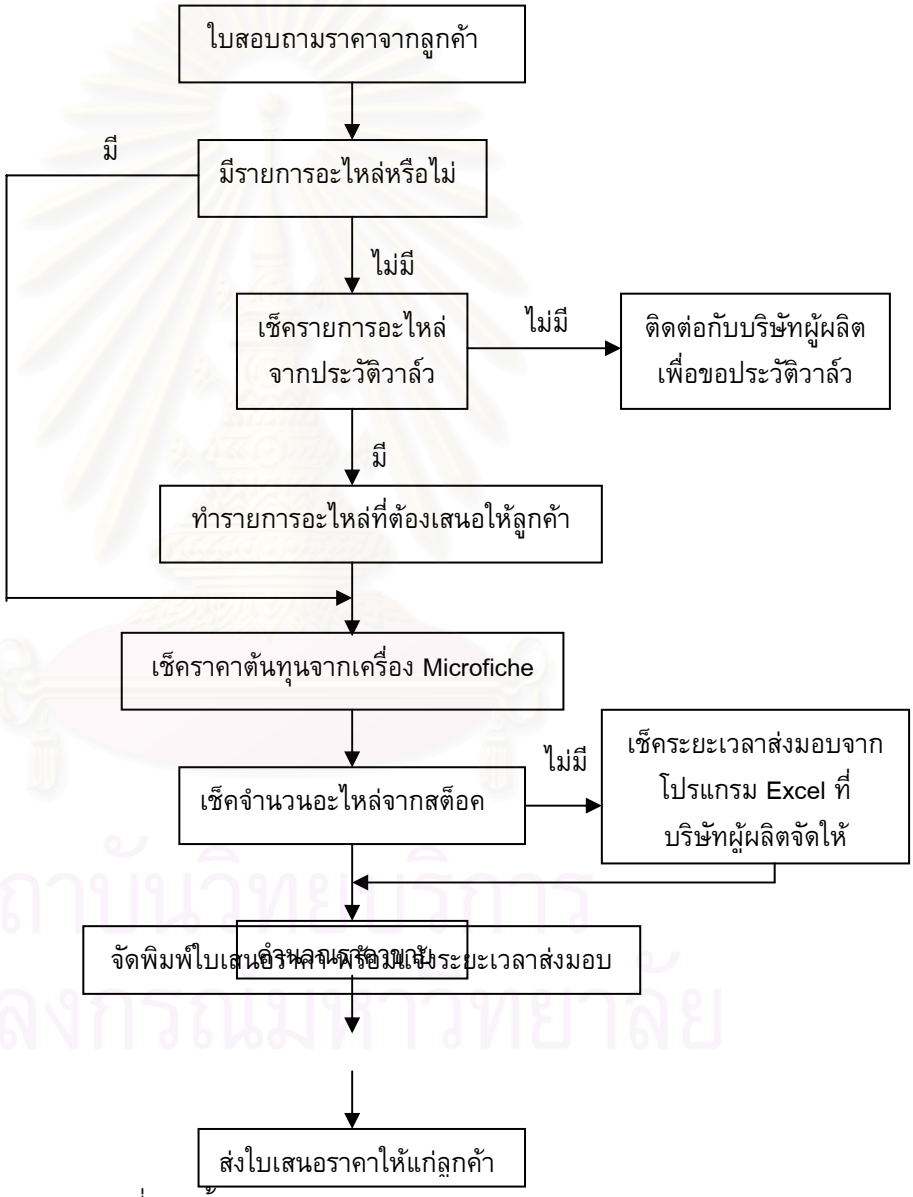
6. Technical Support

ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาทางด้านเทคนิคการทำงานของสินค้าทุกประเภท การซ่อมบำรุงวาล์วควบคุม ทั้งทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับโรงงานอุตสาหกรรมด้วย

5.2 ระบบการทำงานของฝ่ายขายของบริษัทตัวอย่าง

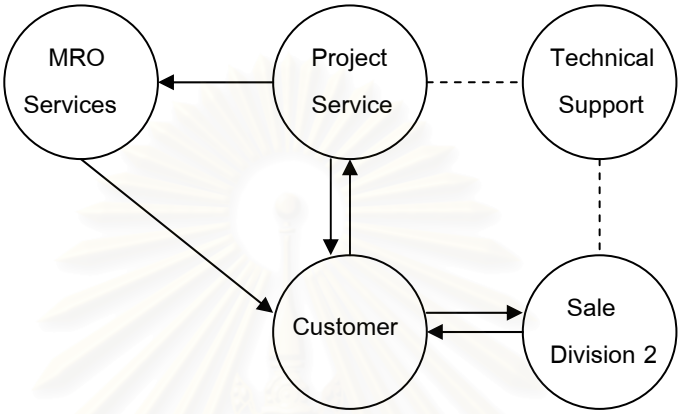
ภายในแผนกขายที่ 2 แบ่งหน้าที่ให้พนักงานฝ่ายขายแต่ละคนดูแลลูกค้าเฉพาะกลุ่ม

และให้พนักงานขายอื่น ช่วยทำ Spec. หรือช่วยเมื่อพนักงานนั้นไม่อยู่ในบริษัท เมื่อพนักงานขายได้รับในสอบถามราคาจากลูกค้าทางโทรสารหรือโดยตรงจากลูกค้า เมื่อพบลูกค้าต้องการซื้ออะไหล่ แต่ไม่ทราบรายการอะไหล่ พนักงานฝ่ายบริการจะช่วยเลือกรายการอะไหล่จากประวัติของวาล์ว หลังจากนั้นพนักงานขายจะเช็คราคาต้นทุน การส่งมอบสินค้า คำนวณราคาขาย และพิมพ์ในเสนอราคา พร้อมทั้งส่งใบเสนอราคานั้นให้แก่ลูกค้า ตลอดจนติดตามงานจนให้ได้รับการสั่งซื้อจากลูกค้า ซึ่งมีขั้นตอนอย่างละเอียดดังนี้



รูปที่ 5.2 ขั้นตอนการทำงานของฝ่ายขาย

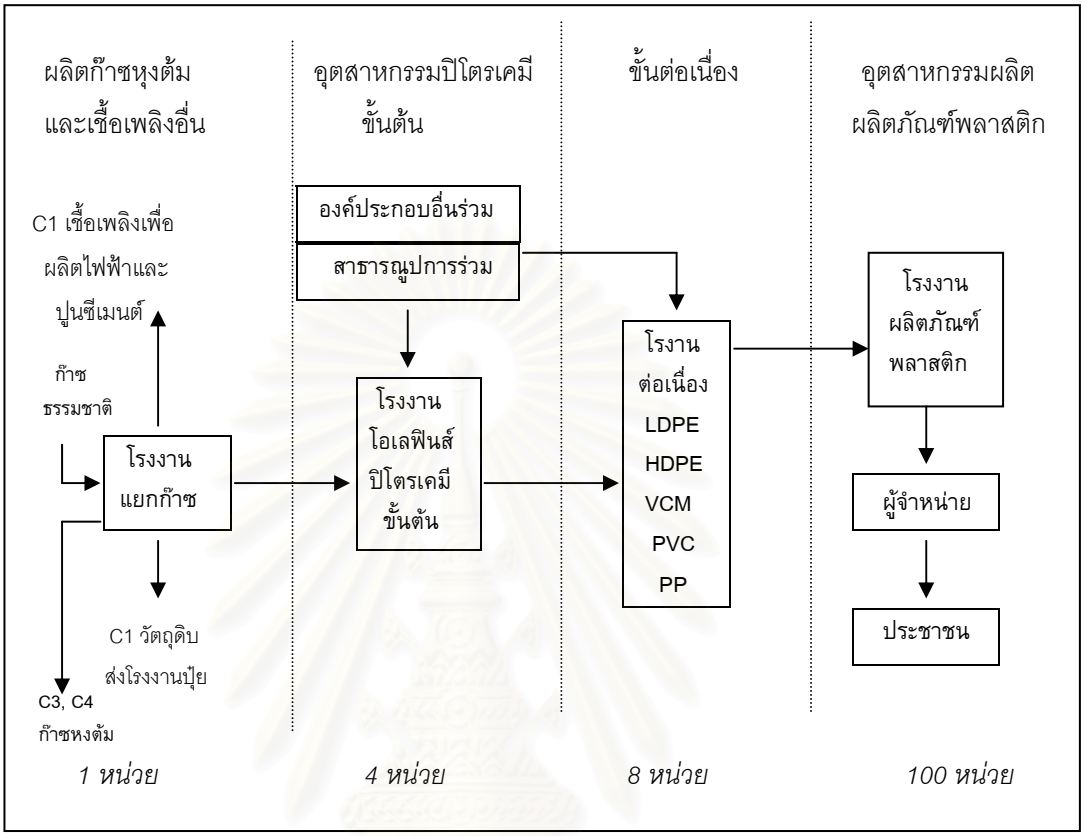
ในการศึกษานี้จะเกี่ยวข้องกับแผนกขายที่ 2 กับแผนกขายบริการการซ่อมบำรุง ของแผนก Project Service และต้องประสานงานกับแผนก MRO Service อีกด้วย ซึ่งทั้งหมดจะทำต้องประสานงานกันภายในบริษัทและติดต่อกับลูกค้า ดังแสดงในรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 การประสานงานภายในแผนกกับลูกค้า

บริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ที่ประกอบธุรกิจหลักเป็นผู้ผลิตและจำหน่ายสารโอเลฟินส์ ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมขั้นต้น (Upstream unit) โดยใช้อีเทนและโพรเพนจากโรงแยกก๊าซธรรมชาติ เป็นวัตถุดิบ ผลิต เอทลีน และโพรพิลีน ซึ่งมีชื่อรวมเรียกว่าโอเลฟินส์ ส่งต่อให้อุตสาหกรรมขั้นต่อเนื่อง (downstream units) 4 ราย เพื่อผลิตโพลิเอทิลีน (PE) และโพลิโพรพิลีน (PP) ซึ่งมีชื่อรวมเรียกว่า โพลิโอเลฟินส์ (PO) นอกจากนี้ เมื่อนำเอทิลีนทำ ปฏิกิริยากับคลอรีน (chlorine = CL) ก็ผลิตไวนิลคลอไรด์โมโนเมอร์ (vinyl chloride monomer = VCM) และถ้านำวีซีเอ็มมาต่อกันยาว ๆ ก็เรียกว่า พีวีซี หรือโพลิไวนิลคลอไรด์ (polyvinyl chloride = PVC) ซึ่งเป็นเม็ดพลาสติกที่นำไปทำหนังเทียม ท่อน้ำ และฉนวนหุ้มสายไฟฟ้าได้

บริษัทกรณีศึกษา ได้ดำเนินการก่อที่ตำบลมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง เริ่มดำเนินการผลิตเชิงพาณิชย์ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2532 มีพนักงานทั้งสิ้น 700 คน และการลงทุนรวมทั้งสิ้นประมาณ 20,000 ล้านบาท ส่วนใหญ่เป็นการลงทุนของภาคเอกชนที่ผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกประเภท PE, PP, VCM และ PVC เพื่อใช้ในประเทศเป็นหลัก

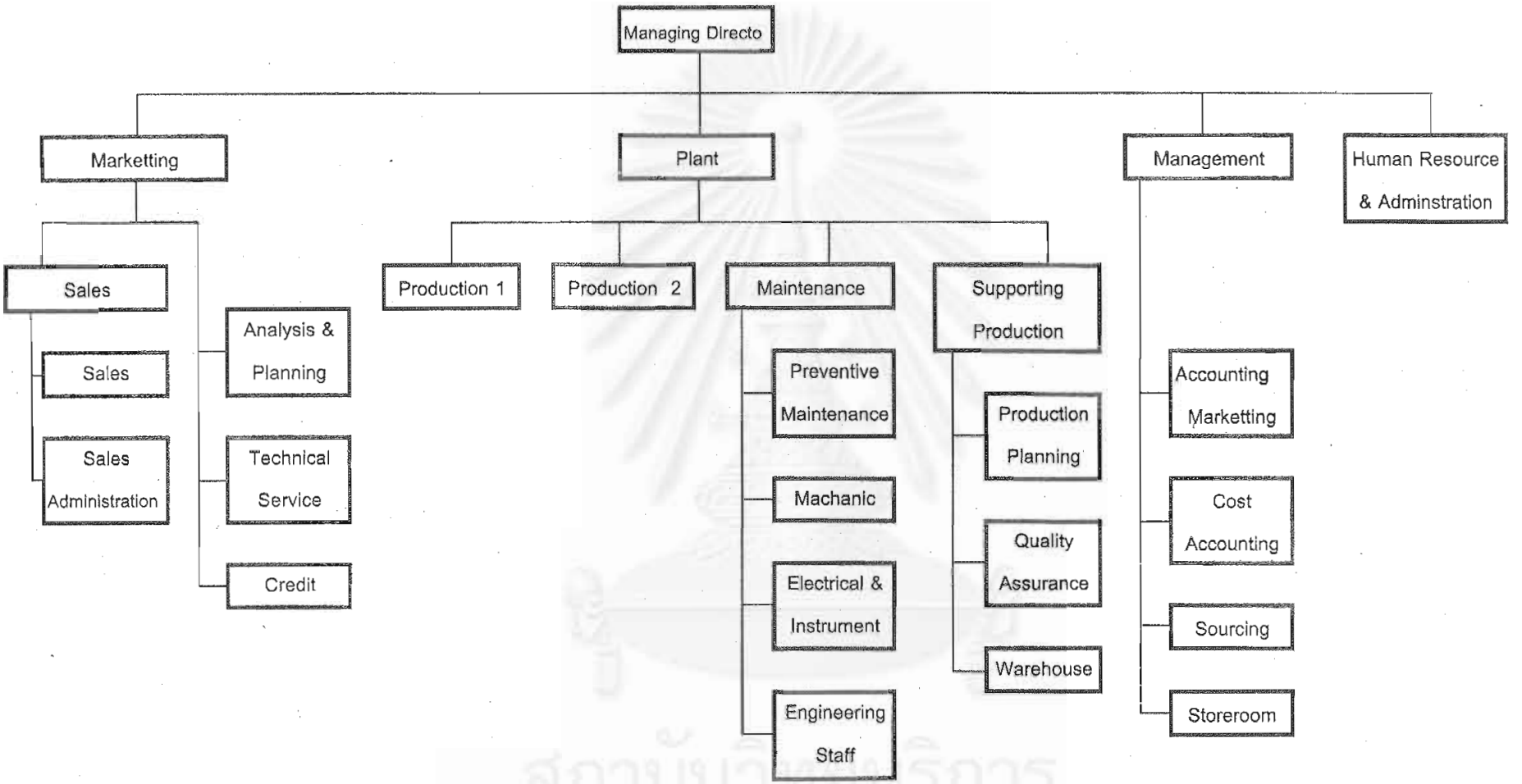


รูปที่ 5.4 แผนผังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

5.3 โครงสร้างและการจัดองค์กรของบริษัทกรณีศึกษา

บริษัทฯ ตัวอย่างมีการจัดองค์กรตามรูปที่ 5.5 ซึ่งได้แบ่งสถานที่เป็น 2 ส่วนคือ แผนกการตลาดจะอยู่ที่สำนักงานใหญ่ที่กรุงเทพฯ เพื่อให้ง่ายต่อการติดต่อกับลูกค้าในการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ของบริษัทฯ สำหรับส่วนการผลิตจะอยู่ที่อำเภอมาบตาพุด จังหวัดระยอง บริษัทฯ ตัวอย่างประกอบด้วย ผู้จัดการฝ่ายผลิต 2 คน และผู้จัดการฝ่ายซ่อมบำรุง 1 คน ซึ่งจะรายงานโดยตรงกับผู้จัดการโรงงาน

แผนกซ่อมบำรุงประกอบด้วย 3 แผนกย่อย และแผนกวิศวกรรม (Engineer Staff) ซึ่งจะต้องรายงานทำงานทั้งหมดกับผู้จัดการฝ่ายซ่อมบำรุง แผนกซ่อมบำรุงประกอบด้วยพนักงานทั้งสิ้น 88 คน สามารถแบ่งได้ดังนี้



รูปที่ 5.5 แสดงโครงสร้างการจัดองค์กรของบริษัทกรณีศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Manpower in Maintenance Department

- Maintenance Department Manager	1	คน
- Section Manager	3	คน
- Engineer	7	คน
- Supervisor	10	คน
- Craftsman	67	คน
รวมทั้งสิ้น	88	คน

หน้าที่และความรับผิดชอบของแผนกซ่อมบำรุง มีดังนี้

1. Preventive Maintenance : โดยจะต้องป้องกันการหยุดเครื่องตัวอย่างกระทันหัน โดยการตรวจเช็ค การเติมน้ำมัน และการซ่อมแซมแบบง่าย ๆ
2. Breakdown Maintenance : จะต้องทำการซ่อม หรือติดตั้งอุปกรณ์ตัวใหม่แทน โดยเร็วที่สุด เมื่อเกิดการหยุดเครื่องอย่างกระทันหัน
3. ข้อมูลทางเทคนิค : จะต้องจัดเก็บเอกสารข้อมูลเฉพาะของอุปกรณ์แต่ละตัว เช่น รุ่น บริษัทผู้ผลิต จำนวน ขนาด รายการอะไหล่ เป็นต้น
4. จัดทำ Drawing สำหรับอุปกรณ์แต่ละตัว
5. จัดเก็บเอกสารการวางผังโรงงานและการจัดวางเครื่องจักรต่าง ๆ
6. ควบคุมและจัดเตรียมอะไหล่สำหรับซ่อมบำรุง
7. พัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร และติดตั้งเครื่องจักรใหม่ เมื่อถึงเวลาที่เหมาะสม
8. ร่วมมือกับแผนกอื่นๆ เพื่อพัฒนาการทำงานของเครื่องจักรให้ดีขึ้นอยู่เสมอ

แต่ละแผนกในฝ่ายซ่อมบำรุงจะต้องรับผิดชอบหน้าที่ต่าง ๆ กันดังนี้

1. แผนกเครื่องกล (Mechanical Section) จะต้องรับผิดชอบการซ่อมและเปลี่ยนเครื่องจักร ตลอดระยะเวลาการหยุดเครื่องจักร และหลังจากเดินเครื่องแล้ว จะต้องซ่อมอุปกรณ์อื่น ที่สามารถซ่อมได้ เช่น การซ่อมเครื่องจักรตัวเดิมที่มีปัญหา หลังจากนำเครื่องจักรตัวใหม่ไปติดตั้งในกระบวนการผลิตแทน เพื่อให้เครื่องจักรเดิมสามารถกลับไปใช้งานได้ดีอีกครั้ง เมื่อมีปัญหาครั้งต่อไป พนักงานบางส่วนจะต้องดูแล จัดเก็บอุปกรณ์ทั่วไป และอุปกรณ์สำหรับการซ่อมบำรุงด้วย

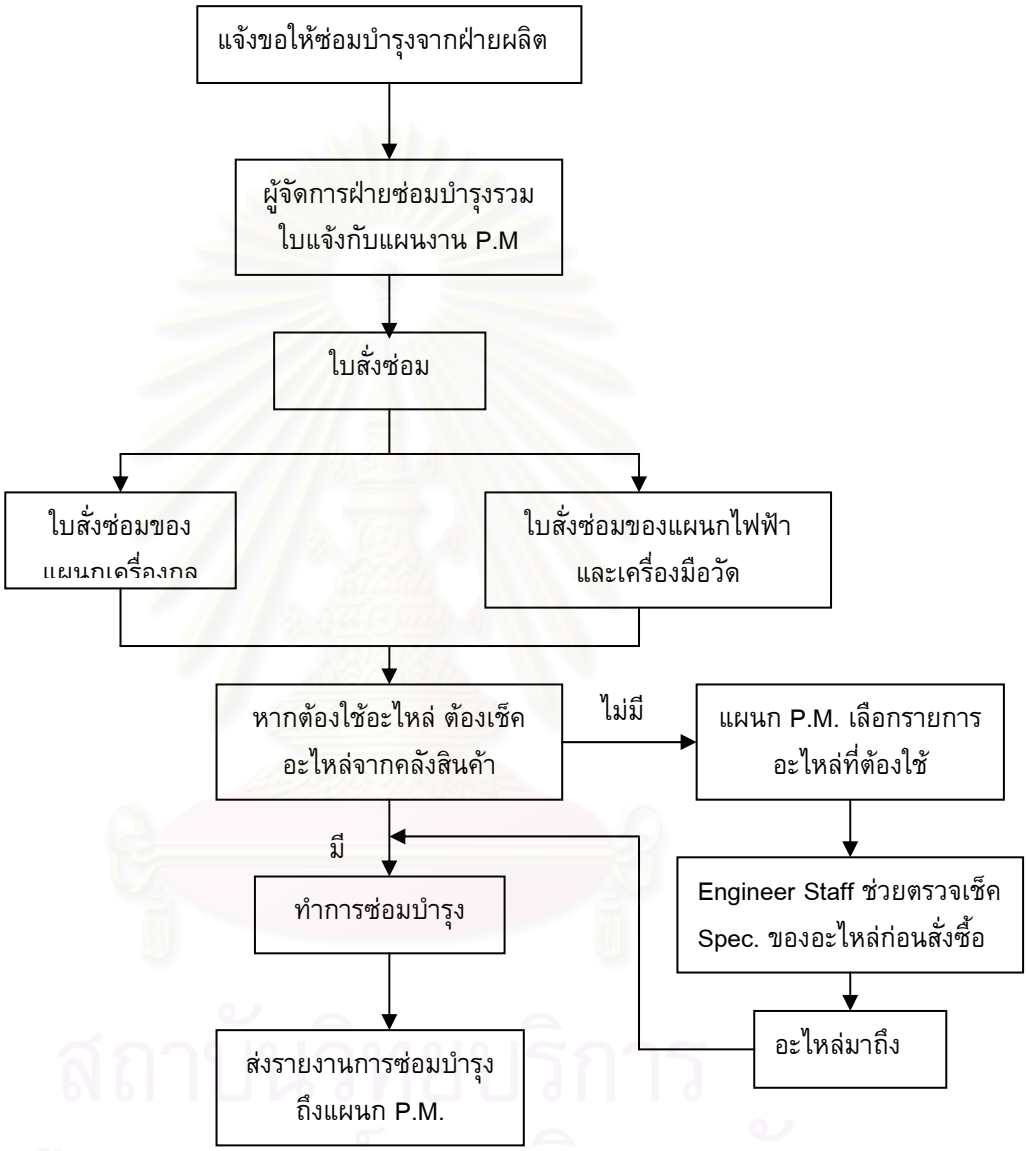
2. แผนกไฟฟ้าและเครื่องมือวัด (Electrical and Instrument Section) รับผิดชอบการตรวจสอบ ซ่อมและเปลี่ยนอุปกรณ์ทางไฟฟ้าและเครื่องมือวัด
3. แผนกซ่อมบำรุงป้องกันการชำรุด (Preventive Maintenance Section) รับผิดชอบการตรวจสอบตามคาบเวลา การเติมน้ำมันหล่อลื่น สำหรับชิ้นส่วนทางเครื่องกล จัดเตรียมใบสั่งงาน และแจกจ่ายให้กับแผนกเครื่องกล แผนกไฟฟ้าและเครื่องมือวัด อีกทั้งต้องจัดทำตารางเวลาในการหยุดซ่อมประจำปีด้วย
4. แผนกวิศวกรรม (Engineering Staff) เป็นแผนกที่ประกอบด้วยวิศวกรที่ช่วยสนับสนุนทางเทคนิค และช่วยตรวจเช็คราย การอะไหล่ โดยจะต้องติดต่อกับบริษัทผู้ขายหรือผู้รับเหมา เพื่อจัดเตรียมการซ่อมบำรุงในโรงงาน และต้องทำการพัฒนาศักยภาพการทำงานของกระบวนการผลิตด้วย

5.4 ระบบการทำงานในการซ่อมบำรุงของบริษัทกรณีศึกษา

บริษัทกรณีศึกษา มีเครื่องจักรและอุปกรณ์จำนวนมาก ดังนั้นจึงต้องทำระบบในการสั่งงาน เพื่อให้สามารถซ่อมเครื่องจักรได้ตามเวลา แก้ปัญหาได้ถูกจุด และค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ระบบการสั่งซ่อมบำรุงจะเริ่มจากการแจ้งจากพนักงานฝ่ายผลิต นำมารวมกับแผนงานที่วางไว้โดยแผนก P.M. โดยแผนกซ่อมบำรุง P.M. จะจะจัดทำใบสั่งซ่อม และแยกให้แผนกต่าง ๆ หลังจากที่แต่ละแผนกได้รับใบสั่งซ่อมแล้ว จะต้องทำเช็คว่า จะซ่อมเครื่องจักรในขณะที่เครื่องจักรกำลังทำงานอยู่ได้หรือไม่ หรือจำเป็นต้องหยุดเครื่องจักรนั้น ถ้าหากจำเป็นต้องหยุดเครื่องจักร ผู้จัดการแผนกซ่อมบำรุงจะต้องแจ้งให้ผู้จัดการโรงงานทราบ และจึงทำการวางกำหนดการซ่อมกับฝ่ายผลิตและฝ่ายวางแผนการผลิต เพื่อกำหนดช่วงเวลาการหยุดงานและวางแผนกการซ่อมบำรุงพร้อมกับแต่ตั้งผู้รับผิดชอบการซ่อมบำรุงในแต่ละครั้ง

การเกิดการหยุดของเครื่องจักรอย่างกะทันหัน เนื่องจากการเดินเครื่องไม่ถูกต้อง หรือเกิดสิ่งผิดปกติจากอุปกรณ์ใดๆ ผู้จัดการฝ่ายผลิตจะต้องเรียกผู้ที่เกี่ยวข้องเข้าประชุม เพื่อหาข้อสรุป ผู้จัดการฝ่ายผลิตจะต้องทำรายงานแจ้งสามารถที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ ในขณะที่ผู้จัดการฝ่ายซ่อมบำรุงจะต้องประมาณเวลาที่ต้องหยุดเครื่อง และวิธีการแก้ปัญหาในครั้งนี้และป้องกันการเกิดปัญหาขึ้นอีกในอนาคต

โดยปกติแล้ว การซ่อมบำรุงจะเกิดขึ้นเมื่อเกิดการหยุดอย่างกะทันหัน บริษัทตัวอย่างจะให้บริษัทผู้รับเหมา ทำการซ่อมเครื่องจักร เพื่อให้ลดระยะเวลาในการหยุดเครื่องจักร แต่อย่างไรก็ตาม ค่าแรงในการซ่อมบำรุงก็สูงขึ้นด้วย



รูปที่ 5.6 ขั้นตอนการซ่อมบำรุงของบริษัทกรณีศึกษา

บริษัทกรณีศึกษา เป็นบริษัทที่เล็งเห็นความสำคัญของการซ่อมบำรุง โดยจะถือว่าเป็นงานที่ต้องสนับสนุน แต่ฝ่ายผลิตหรือฝ่ายปฏิบัติการ เพื่อดูแลรักษาเครื่องจักรฯ อุปกรณ์ ต่าง ๆ และให้บริการที่สร้างความน่าเชื่อถือได้ ในด้านความพร้อมของกระบวนการผลิตตลอดเวลา หน้าที่หลักของฝ่ายซ่อมบำรุงจึงจะต้องพยายามไม่ให้เกิดความเสียหายหรือความสูญเสียเวลาอันเนื่องมาจากการทำงานของเครื่องจักรหรือให้เกิดน้อยที่สุด

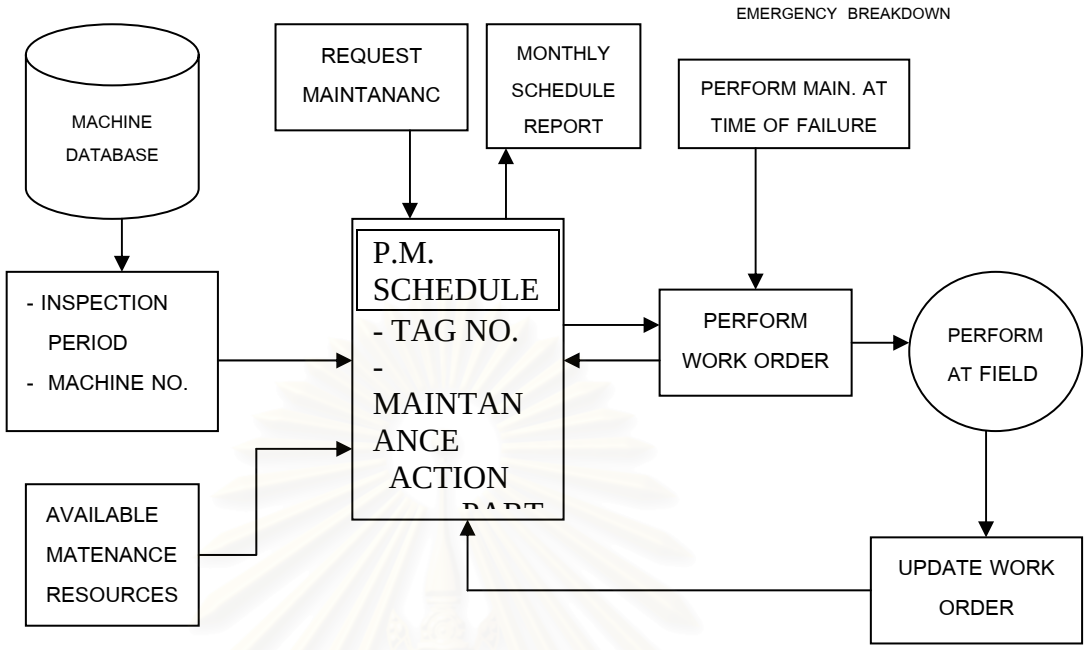
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บริษัทกรณีศึกษามีการจัดทำการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันสำหรับอุปกรณ์ทั้งหมดภายในบริษัท สำหรับวาล์วควบคุมและอุปกรณ์ช่วยในการทำงานอื่นๆ (Control Valve & Accessories) ซึ่งได้จัดโปรแกรมสำหรับซ่อมบำรุงไว้คือ Q / Y / SD หมายถึง ประจำทุก 3 เดือน / ประจำปี / การหยุดการผลิต (Shutdown) โดยการซ่อมบำรุงประจำ 3 เดือน จะทำการตรวจเช็คภายนอก เกี่ยวกับการรั่วบริเวณต่างๆ ซึ่งสามารถตรวจดูได้ด้วยตาเปล่า การซ่อมบำรุงประจำปี (Yearly Maintenance) จะทำการตรวจเช็ควาล์วโดยการเปิดวาล์ว เพื่อตรวจสอบภายใน ทำความสะอาดชิ้นส่วนภายใน และซ่อมให้วาล์วกลับเข้าสู่ในสภาพที่ดีที่สุด ซึ่งจะทำการซ่อมบำรุงวาล์วที่สามารถถอดวาล์วออกจากงานการผลิตเพื่อนำมาซ่อมและวาล์วที่ทำงานบ่อย ๆ ตามประสบการณ์ของวิศวกรฝ่ายซ่อมบำรุง

การหยุดการผลิตของบริษัท (Shutdown) จะเป็นการหยุดกระบวนการผลิตทั่วโรงงานเพื่อทำการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ทั้งหมด ปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์หรือปรับปรุงการทำงานของโรงงาน อย่างไรก็ตามภายในโรงงาน ยังอาจเกิดการเกิดเหตุขัดข้องอย่างกระทันหันฉุกเฉิน (Emergency Breakdown) ซึ่งจะเกิดขึ้นกับเครื่องจักรใด ๆ จนทำให้ต้องหยุดใช้งานลง การหยุดของเครื่องจักรนี้หากมีมากเท่าใด จะมีผลเสียมากเท่านั้น การซ่อมแบบกระทันหันฉุกเฉินจึงต้องรีบปฏิบัติในทันที เพื่อให้เครื่องจักรกลับมาทำงานได้เหมือนเดิมโดยเร็วที่สุด ซึ่งการซ่อมบำรุงดังที่กล่าวมา สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.7

สำหรับการทำงานของบริษัทกรณีศึกษาและบริษัทตัวอย่างจขะต้องทมำงานประสานกันอย่างต่อเนื้องคือ บริษัทตัวอย่างจะเสนอขายอะไหล่สำหรับวาล์วควบคุม เมื่อได้รับการสอบถามราคาจากบริษัทกรณีศึกษา และบริษัทกรณีศึกษา จะเป็นผู้สั่งซื้อและนำอะไหล่ใบใช้ในการซ่อมบำรุง ทั้งนี้จะมีหลายขั้นตอน และแต่ละขั้นตอนจะต้องมีการใช้เอกสารต่างๆ กันทำให้การทำงานจะต้องมีเอกสารมาก ซึ่งสามารถแสดงการไหลของเอกสารได้ดังรูปที่ 5.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

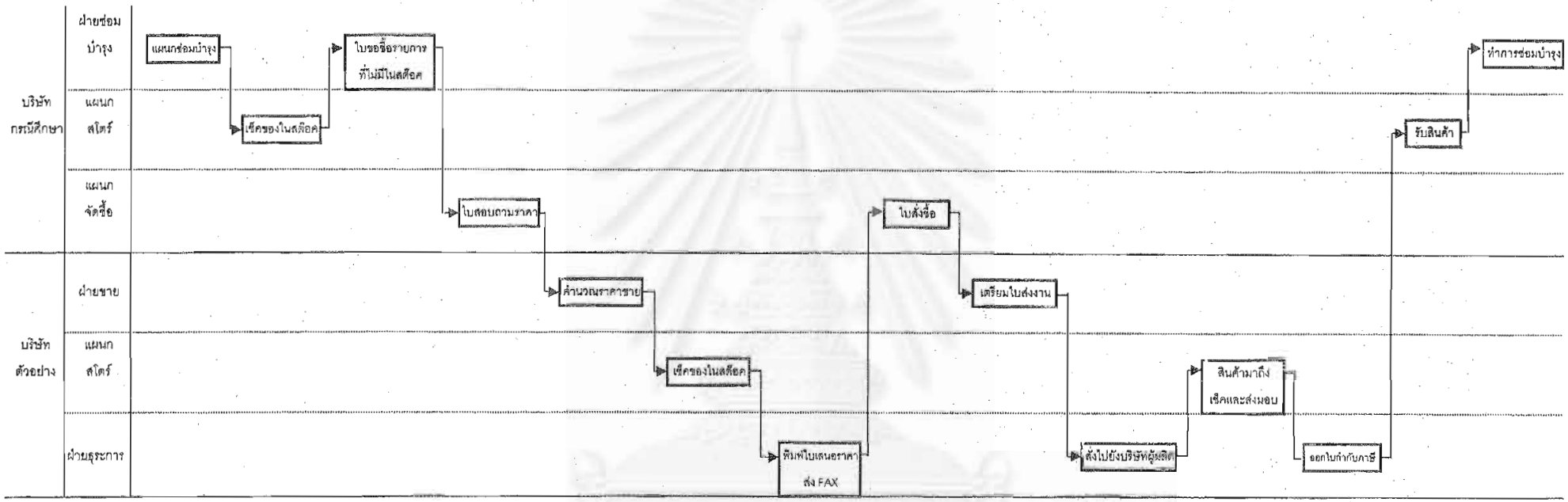


รูปที่ 5.7 การซ่อมบำรุงเมื่อเกิดการหยุดการผลิตของบริษัท

5.5 ระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักร

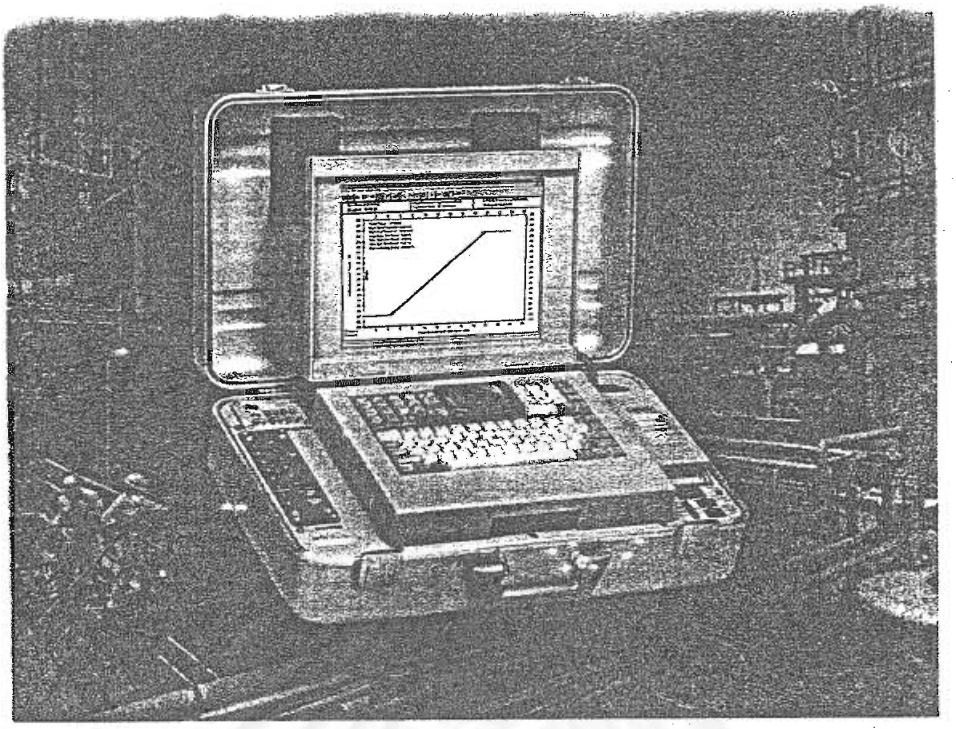
ระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักร คือเครื่องมืออย่างหนึ่งที่ช่วยให้สามารถใช้เครื่องจักรอุปกรณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและส่งผลให้กิจกรรมการผลิตอยู่ในสภาพที่ต้องการ ตามแผนที่วางไว้ โดยผู้จัดการโรงงานจะเป็นผู้มีหน้าที่รับผิดชอบสูงสุด

การบำรุงรักษาตามคาบเวลาที่เหมาะสมสำหรับการซ่อมบำรุงวาล์วควบคุมที่จัดทำในครั้งนี้จะเป็นการบำรุงรักษาโดยถือเอาเวลาเป็นหลัก (Time Base) สำหรับการบำรุงรักษาโดยเอาสภาพเป็นหลัก (Condition Base) เป็นการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์นั้น จะมีอุปกรณ์เฉพาะคือ "Flow Scanner" Valve Diagnostic System ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจสอบสภาพการทำงานและตรวจสอบสิ่งผิดปกติกับวาล์วควบคุม และยังช่วยพยากรณ์การซ่อมบำรุงว่าต้องทำการซ่อมบำรุงที่ส่วนใด โดยต้องอาศัยช่างเทคนิคเฉพาะด้านที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับวาล์วควบคุมและการใช้เครื่องจักรด้วย



รูปที่ 5.8 การไหลของข้อมูลการจัดทำการซ่อมบำรุงถึงการส่งมอบสินค้า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.9 FlowScanner Valve Diagnostic System

ในบริษัทตัวอย่างมีพนักงานเพียงท่านเดียวที่สามารถทำงานนี้ได้โดยได้ผ่านการอบรมจากบริษัทผู้ผลิตโดยตรง แต่อย่างไรก็ตาม การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์นี้เป็นเรื่องที่ยุ่งยากมากและเสียค่าใช้จ่ายสูง เพราะอุปกรณ์ FlowScanner นี้มีเพียงเครื่องเดียวในประเทศไทย ซึ่งบริษัทตัวอย่างจะต้องเช่าจากบริษัทผู้ผลิต ในราคาเดือนละ 20,000 บาท และอุปกรณ์นั้นมีราคาสูงถึง 900,000 บาท ฉะนั้นทางบริษัทตัวอย่างจะสามารถทำการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์เมื่อมีการซ่อมวาล์วจำนวนมากและลูกค้าต้องการเท่านั้น

ในงานวิจัยนี้จะทำระบบซ่อมบำรุงในส่วนที่เกี่ยวกับการเสนออะไหล่ให้แก่บริษัทกรณีศึกษา เพื่อใช้ในการซ่อมบำรุงแบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ซึ่งจะมีแผนการปฏิบัติเพื่อที่จะป้องกันล่วงหน้า ก่อนที่จะเกิดการขัดข้องในระหว่างการใช้งานและคงสภาพเครื่องจักรให้อยู่ในสภาพที่จะใช้งานได้ ซึ่งไม่รวมถึงการซ่อมหลังเกิดเหตุ ส่วนใหญ่จะเป็นการซ่อมบำรุงรักษาตามคาบเวลาที่ปฏิบัติวางแผนโดยฝ่ายซ่อมบำรุงรักษา

ในปัจจุบันนี้มีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในกิจกรรมการซ่อมบำรุงเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานโดยส่วนใหญ่จะนำมาใช้งานในการเก็บข้อมูลการซ่อมบำรุง ในบริษัทกรณีศึกษามีการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปชื่อ "TEROMAN" เป็น Program Package สำหรับการซ่อม

ซ่อมบำรุงอุปกรณ์ทุกชนิด รวมถึงวาล์วควบคุมด้วย ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ทำบนระบบเก็บข้อมูล DOS และจะเก็บข้อมูลประวัติการซ่อมบำรุงของแต่ละรายการ ได้แก่ วัน เวลา การซ่อมบำรุง ลักษณะการซ่อม ระยะเวลา และค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงทั้งหมด ทั้งนี้จะไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับรายการอะไหล่ที่ใช้เปลี่ยนไปในแต่ละครั้ง ในปัจจุบันนี้โปรแกรมดังกล่าวไม่ทันสมัยและมีประโยชน์ใช้สอยไม่มากนัก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

การวิเคราะห์และออกแบบระบบสารสนเทศ

การวิเคราะห์และออกแบบระบบสารสนเทศ ที่ใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผล จะต้องเริ่มจากการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งใช้เป็น Input ของระบบสารสนเทศ คือการออกแบบฐานข้อมูลและการออกแบบส่วนประมวลผล โดยวิธีการและแบบจำลองทางด้านการออกแบบฐานข้อมูลที่มีใช้อยู่ โดยการหารูปแบบความสัมพันธ์ของข้อมูล โครงสร้าง ขั้นตอนและวิธีการทำงานทั้งหมดของระบบสารสนเทศ เพื่อช่วยในการออกแบบให้สามารถทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

6.1 ความต้องการของผู้ใช้ (User's Requirement)

จะต้องรวบรวมความต้องการจากผู้ใช้งาน มาทำการวิเคราะห์ และจำแนกปัญหาของความต้องการออกเป็นกลุ่ม ซึ่งจะเป็นการกำหนดขอบเขตของระบบสารสนเทศที่จะพัฒนาขึ้นนี้ จากการเก็บรวบรวมความต้องการด้านต่าง ๆ สามารถสรุปความต้องการของผู้ใช้งานและผู้ที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

6.1.1 ง่ายในการใช้งานและสามารถเข้าใจถึงขั้นตอนการใช้งานได้

6.1.2 จะต้องสามารถคำนวณราคาขายอะไหล่ แต่ละรายการได้ถูกต้องโดยใช้ข้อมูลของราคาต้นทุน ภาษี ค่าขนส่งอัตราแลกเปลี่ยน เพื่อช่วยในการคำนวณราคาขายได้รวดเร็วและถูกต้องแม่นยำกว่าการคำนวณด้วยมือ

6.1.3 จะต้องสามารถจัดเก็บรายการอะไหล่ของวาล์วแต่ละตัวที่ได้เสนอราคา เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการเสนอราคาครั้งถัดไป

6.1.4 จะต้องสามารถจัดพิมพ์ใบเสนอราคา ใบสั่งงานได้ เพื่อความสะดวกและถูกต้อง เพราะไม่ต้องทำการพิมพ์ใหม่อีกครั้ง

6.1.5 จะต้องสามารถช่วยในการสั่งอะไหล่สำหรับเก็บในคลังสินค้า ในรายการที่มีจำนวนน้อยกว่า Min. Stock เพื่อทำให้อะไหล่ในคลังสินค้ามีปริมาณที่เหมาะสม

6.1.6 จะต้องสามารถทำการจองสินค้าเพื่อขายและตัดจำนวนสินค้าในคลังสินค้า เพื่อให้แน่

ใจว่าเมื่อลูกค้าสั่งซื้อสินค้า จะมีสินค้าส่งมอบให้ลูกค้าอย่างแน่นอน

6.1.7 จะต้องสามารถแจ้งรายชื่อสินค้าและจำนวนของสินค้าคงคลังได้

6.1.8 จะต้องสามารถจัดเก็บข้อมูลใบเสนอราคาแต่ละใบได้ เพื่อใช้ในการตรวจสอบต่อไป

6.1.9 จะต้องสามารถเปลี่ยนแปลงฐานข้อมูลให้ใหม่ขึ้นได้ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจากบริษัทผู้ผลิต

6.1.10 จะต้องสามารถค้นหาข้อมูลที่ถูกจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลและสามารถเพิ่ม ลบ ปรับเปลี่ยนข้อมูลบางส่วนได้ เพื่อทำให้ข้อมูลทันสมัยขึ้น

6.1.11 จะต้องสามารถค้นหารายละเอียดการสั่งซื้อสินค้าของลูกค้า ตามใบสั่งซื้อได้ เพื่อช่วยให้ระบบการสั่งซื้อสินค้ามีประสิทธิภาพมากขึ้น

6.1.12 จะต้องสามารถรันเลขที่ใบเสนอราคาอัตโนมัติที่ต่อเนื่องกัน เพื่อความสะดวกในการจัดทำใบเสนอราคา

6.1.13 จะต้องสามารถแสดง Code ของวาล์วควบคุมและแผนงานซ่อมบำรุงของวาล์วแต่ละตัว เพื่อให้ทราบระดับความต้องการการซ่อมบำรุงที่ถูกต้อง

6.1.14 จะต้องสามารถแจ้งกำหนดการซ่อมบำรุงล่วงหน้า 2 เดือนก่อนกำหนดการซ่อมบำรุงจริง เพื่อจะได้จัดทำใบเสนอราคาแก่ลูกค้า

6.1.15 จะต้องสามารถสนับสนุนการพัฒนาระบบในด้านอื่น ๆ ต่อไปในอนาคต

ข้อมูลที่ปรากฏอยู่ในระบบ ประกอบด้วย

- ใบเสนอราคา จะประกอบด้วยข้อมูลต่างๆ คือ เลขที่ใบเสนอราคา วันที่เสนอราคา ข้อมูลลูกค้า ชื่อผู้ขาย ระยะเวลากำหนดส่งมอบสินค้า ระยะเวลายืนราคา การจ่ายเงิน วันที่ต้องทำ PM. รายการของอะไหล่ที่เสนอราคา ซึ่งประกอบด้วย ชื่ออะไหล่ Part No.ของอะไหล่ Tag No. จำนวนที่เสนอราคา ราคาต่อหน่วยสินค้า และ ราคารวม
- ใบสั่งซื้อ จะประกอบด้วยข้อมูลต่างๆ คือเลขที่ใบสั่งซื้อ วันที่สั่งซื้อสินค้า เลขที่ใบเสนอราคา รายการของอะไหล่ที่สั่งซื้อ ซึ่งประกอบด้วย ชื่ออะไหล่ Part No.ของอะไหล่ Tag No. จำนวนที่สั่งซื้อ ราคาต่อหน่วยสินค้า และ ราคารวม
- ใบสั่งงาน จะประกอบด้วยข้อมูลต่างๆ คือเลขที่ใบสั่งงาน วันที่สั่งงาน เลขที่ใบสั่งซื้อ วันที่กำหนดส่งมอบสินค้าจากบริษัทผู้ผลิต วันที่ต้องทำ PM. รายการของ

อะไหล่ที่สั่งไปยังบริษัทผู้ผลิต ซึ่งประกอบด้วย ชื่ออะไหล่ Part No.ของอะไหล่ จำนวนที่ต้องการสั่ง ราคาต้นทุนต่อหน่วยสินค้า ราคารวม และวัสดุของอะไหล่

- กำหนดการซ่อม จะประกอบด้วย Tag No., Serial No., Recommend of PM., กำหนดการซ่อมครั้งหลังสุด และกำหนดการซ่อมครั้งถัดไป
- พนักงานขาย สำหรับข้อมูลของพนักงานขาย จะเก็บข้อมูลคือ ชื่อของพนักงานขาย สำหรับรหัสของพนักงานขาย สามารถทราบได้จากเลขที่ใบเสนอราคา
- ลูกค้า จะประกอบด้วยข้อมูลต่างๆ คือ ชื่อ ที่อยู่ หมายเลขโทรศัพท์ หมายเลขแฟกซ์ และชื่อผู้ติดต่อซึ่งเป็นตัวแทนของบริษัทลูกค้า
- บริษัทผู้ผลิต จะประกอบด้วยข้อมูลต่างๆ คือ ชื่อ ที่อยู่ หมายเลขโทรศัพท์ หมายเลขแฟกซ์ และชื่อผู้ติดต่อซึ่งเป็นตัวแทนของบริษัทลูกค้า
- สินค้า จะประกอบด้วยข้อมูลต่างๆ คือ ชื่อสินค้า รหัสของสินค้า ประเภทของสินค้า จำนวนสินค้า Min. Stock และ Max. Stock

คุณสมบัติของผู้ใช้งาน

ผู้ใช้งานโปรแกรมสำเร็จรูปนี้จะเป็นพนักงานในบริษัทตัวอย่าง ซึ่งจะเป็นบุคคลที่มีความสำคัญในระบบงานนี้เพราะเป็นผู้ที่ต้องปฏิบัติงานบนโปรแกรมนี้ ซึ่งจะต้องสามารถช่วยให้การทำงานของผู้ใช้งานสะดวก รวดเร็วขึ้น จึงต้องเป็นผู้ระบุความต้องการและทดสอบการทำงานของโปรแกรมว่าเป็นไปตามความต้องการทั้งหมด ผู้ใช้งานจะประกอบด้วย ผู้จัดการฝ่ายขาย และพนักงานขาย ซึ่งทำหน้าที่เสนอราคาอะไหล่ให้แก่ลูกค้า

- ผู้จัดการฝ่ายขาย (Sale Manager) จบการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมศาสตร์เครื่องกล ทำงานในบริษัทตัวอย่างเป็นเวลา 16 ปี และมีประสบการณ์และเชี่ยวชาญทางด้านงานขายและซ่อมบำรุงวาล์วควบคุม อีกทั้งเป็นบุคคลที่ลูกค้าบริษัทผู้ผลิตและพนักงานทุกท่านให้ความเคารพ เชื่อถือในการทำงานอย่างมาก ผู้จัดการฝ่ายขาย จะเป็นผู้ที่คอยตรวจเช็ค ให้คำปรึกษา และดูแลความเรียบร้อยของโปรแกรมเท่านั้น
- พนักงานขาย (Sale Person) จบการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์ สาขาเคมีหรือฟิสิกส์ เป็นพนักงานขายในบริษัทตัวอย่างประมาณ 3-5 ปี ซึ่งมีประสบการณ์ในการทำงานขายอะไหล่วาล์วควบคุมและมีความรู้ในเรื่องวาล์วควบคุม อีกทั้งยังทราบ

ขั้นตอนและปัญหาในการทำงานภายในบริษัทเป็นอย่างดี พนักงานขายจะเป็นผู้ที่ใช้งานโปรแกรมจัดทำใบเสนอราคาตลอดจนทำใบสั่งงานจนครบทุกขั้นตอน

6.2 การออกแบบฐานข้อมูลในระดับ Conceptual

จะต้องนำเอาความต้องการต่าง ๆ ของผู้ใช้งาน มาทำการวิเคราะห์โดยการศึกษาความต้องการอย่างละเอียด เพื่อแยกแยะและกำจัดความต้องการที่คลุมเครือและไม่จำเป็นต่อการออกแบบทิ้งไป จากนั้นจึงนำความต้องการที่ได้นี้ไปเขียน Conceptual Schema จาก Entity และ Relationship ได้ดังรูปที่ 6.1

6.3 การออกแบบส่วนระบบงานและส่วนประมวลผลของโปรแกรม

ระบบงานของงานวิจัยนี้จะประกอบด้วยข้อมูลของการซ่อมบำรุงและการเสนอขายอะไหล่ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

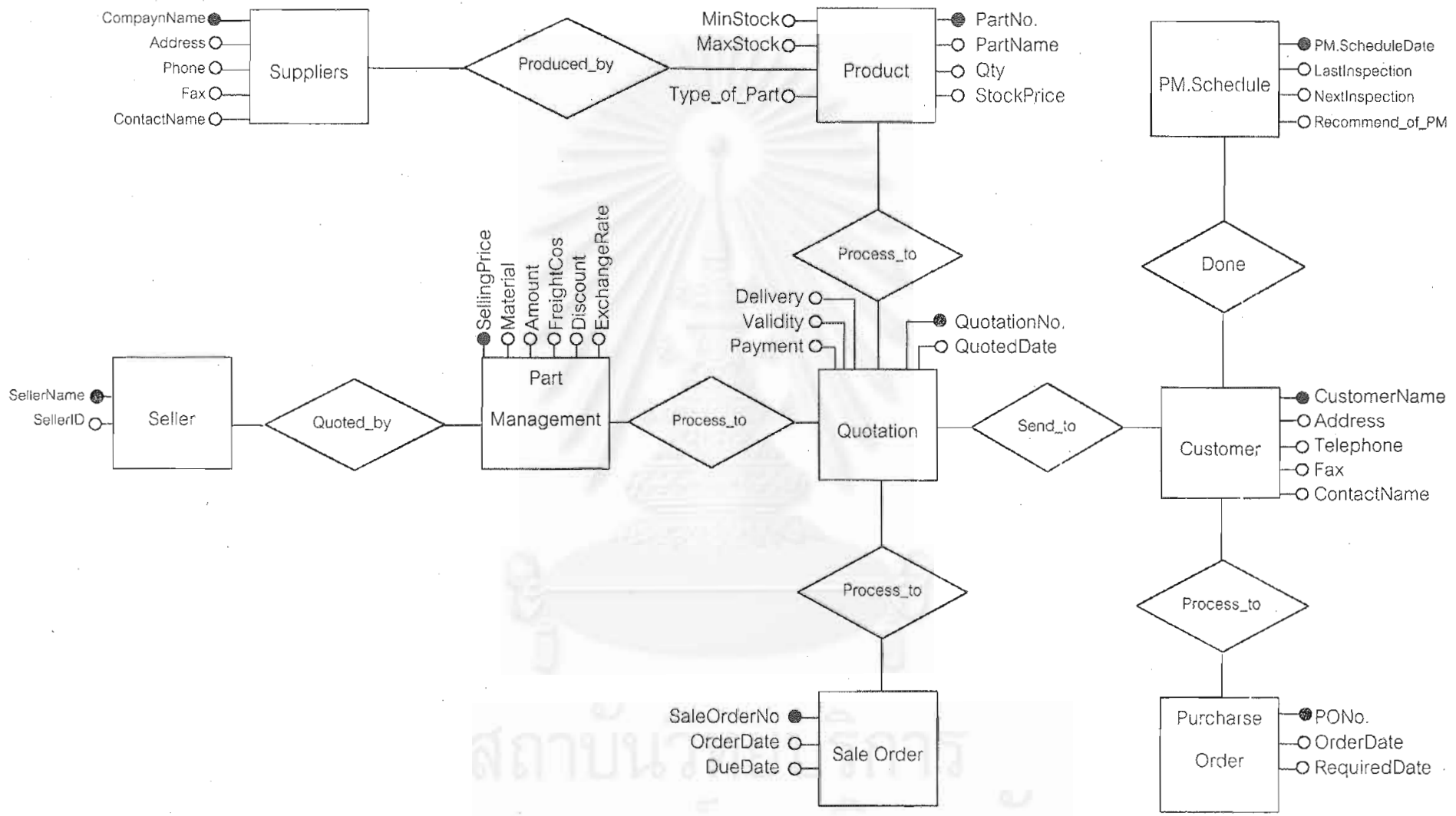
- ประวัติและข้อมูลของวาล์วควบคุม
- รายการอะไหล่ที่จำเป็นต้องใช้ในการซ่อมบำรุงทั้งหมด
- การวางแผนงานและการกำหนดการซ่อมบำรุง
- แผนการบำรุงป้องกันรักษาเชิงป้องกันและการปฏิบัติงาน
- แผนงานสต๊อกอะไหล่และชิ้นส่วนของอะไหล่
- แผนงานการเสนอราคาอะไหล่แก่บริษัทกรณีศึกษา
- การจัดการเกี่ยวกับอะไหล่
- รายงานต่าง ๆ

ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

6.4 ประวัติและข้อมูลของวาล์วควบคุม

ทำการเลือกข้อมูลประวัติของวาล์วควบคุมจำนวน 50 ตัว จากบริษัทกรณีศึกษาจากวาล์วทั้งสิ้น 1,000 กว่าตัว ตามตารางที่ ค-1 ในเอกสารอ้างอิง ค โดยจัดเก็บข้อมูลที่จำเป็นลักษณะเฉพาะของวาล์วควบคุมแต่ละตัวที่สำคัญดังนี้

1. เลขลำดับประจำตัวของวาล์วของบริษัทกรณีศึกษา (Tag No) บ่งบอกถึงชนิดและสถานะที่ตั้งของวาล์วควบคุม
2. เลขประจำตัว วาล์วควบคุม (Serial No) ของบริษัทผู้ผลิต
3. รุ่นของวาล์วควบคุม (Model)



รูปที่ 6.1 การออกแบบข้อมูลในระดับ Conceptual

4. ขนาดของวาล์วควบคุม (Size of Valve Body)
5. การใช้งานและสถานที่ในการบวนการผลิต (Application)
6. อุปกรณ์อื่นๆ ที่ช่วยการทำงาน (Accessories)

สำหรับข้อมูลอื่น ๆ เช่น ลักษณะการติดตั้ง, วันที่เริ่มติดตั้ง, Drawing, Process Condition, Design และอื่นๆ นั้น ไม่ได้ทำการจัดเก็บทั้งนี้เพราะข้อมูลดังกล่าวไม่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้

6.5 รายการอะไหล่ ที่จำเป็นต้องใช้ในการซ่อมบำรุง

เนื่องจากวาล์วควบคุมประกอบด้วยชิ้นส่วนหลายประเภทจำนวนมาก ทั้งที่เป็นชิ้นส่วนประเภทโลหะที่เป็นโครงสร้างของวาล์วควบคุม ประเภทที่ใช้ควบคุมการทำงาน ประเภทวัสดุกันรั่ว เช่น ซีล หรือ ประเก็บ ฯลฯ ทางบริษัทผู้ผลิตจึงได้จัดแบ่งชิ้นส่วนที่จำเป็นต้องใช้ในการซ่อมบำรุง (Recommend Spare Part) ซึ่งวาล์วแต่ละรุ่นจะไม่เหมือนกัน ตาม Design ของวาล์วรุ่นนั้น ๆ รายการอะไหล่ที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำนั้น สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

6.5.1 อะไหล่ประเภทสิ้นเปลือง (Consumable Part : CP) คือ อะไหล่ส่วนที่จำเป็นต้องใช้เปลี่ยนเมื่อทำการซ่อมบำรุงทุกครั้ง เป็นชิ้นส่วนที่จำเป็นต้องมีในสต๊อกตลอดเวลา ส่วนใหญ่เป็นอะไหล่ป้องกันการรั่ว ได้แก่ Bonnet Gasket, Body Gasket, Spiral Wound Gasket, Gasket Shim และ Packing set เป็นต้น

6.5.2 อะไหล่ที่ไม่ใช่อะไหล่สิ้นเปลือง (Recommend Part : RP) คือ อะไหล่ที่ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนทุกครั้งที่ทำการซ่อมบำรุง อะไหล่ประเภทนี้สามารถแยกย่อยได้ดังนี้

- อะไหล่ที่สัมผัสกับของไหลในวาล์ว และเป็นอะไหล่สำคัญที่ควบคุมปริมาณการไหลอีกด้วย หรือเรียกว่า Trim ได้แก่ Plug, Stem และ Groove Pin เป็นต้น
- อะไหล่ประเภทซีลกันรั่ว เป็นอะไหล่ที่เรียกว่า Soft Part ซึ่งมีอายุการใช้งานน้อยและไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิสูง ๆ ได้ ได้แก่ Seal Ring , Piston Ring และ Back Up Ring เป็นต้น

ทางบริษัทตัวอย่างได้ทำการเลือกรายการอะไหล่ประเภท Recommend Spare Part และ Consumable Part สำหรับวาล์วควบคุม ตัวอย่างตามตารางที่ 6.1 โดยค้นหาดูจากประวัติของวาล์วและเลขประจำตัวสินค้า (Serial No.) ทำโดยฝ่ายขายร่วมกับช่างเทคนิคที่มีประสบการณ์ในการเลือกอะไหล่

Tag No. : 1CAA-ACV-4518 Serial No. J118227

Description	P/N	Material	Type	Qty
STEM	1U388835162	316 SST STEM	RP1	1
PLUG	1V657346172	416 SST PLUG	RP1	1
PIN	1V322635072	316 SST	RP1	1
DISC	1V710406242	PTFE	RP2	1
SEAL RING	1V659305092	PTFE/CARBON	RP2	1
BACK-UP RING	1V6592X0032	NITRILE	RP2	1
GASKET	1R3098X0052	GR/SST	CP	1
SPIRAL GASKET	1R309999282	S316/COM	CP	1
GASKET	1R3101X0032	GR/SST	CP	1
GASKET SHIM	16A1937X012	316 SST	CP	1
PACKING SET	1R290001012	PTFE	CP	2

ตารางที่ 6.1 ตัวอย่างรายการอะไหล่ของวาล์วควบคุม

6.6 การวางแผนงานและการกำหนดงานซ่อมบำรุง

การจัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของวาล์วควบคุมตามตารางที่ ค-2 ในเอกสารอ้างอิง ค นั้นจะต้องใช้เกณฑ์ในการจัดทำแผนการบำรุง ซึ่งสามารถแบ่งได้ 5 แบบ ดังนี้.

6.6.1 คำแนะนำเกี่ยวกับการซ่อมบำรุงของวาล์วควบคุมจากบริษัทผู้ผลิต (Recommend by Supplier)

6.6.2 การพิจารณาความสำคัญของวาล์วควบคุมต่อกระบวนการผลิต (Criticality)

6.6.3 ความถี่ของการเปิดปิดวาล์วควบคุม (Frequency to Operation) จากฝ่าย Production ของบริษัทกรณีศึกษา

6.6.4 ประสิทธิภาพการทำงานของวาล์วควบคุม (Performance) จากฝ่ายซ่อมบำรุง

6.6.5 ประวัติการทำงานและการเกิดเหตุขัดข้องของวาล์วควบคุมจากฝ่ายซ่อมบำรุง (Maintenance History)

6.6.1 Recommend by Supplier คือคำแนะนำ ว่าวาล์วควบคุมควรจะทำการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันเมื่อไหร่ บริษัทผู้ผลิตได้แนะนำว่าจะต้องทำการตรวจเช็คทุก 6 เดือน ตามรูปที่ 6.2 และจากประสบการณ์ในการซ่อมบำรุงวาล์วของบริษัทตัวอย่างนั้น ได้แนะนำว่าอย่างน้อยทุก 2 ปี ทำการ Overhaul วาล์วควบคุม

> The following procedures should be carried out at least once every 6 months to check that the control valve is operating properly. These checks can be performed when the control valves in-line, and in some cased, without interrupting service. However, if there seems to be on internal problem, the inspection should be carried out following the instructions in the sections on disassembly and assembly

รูปที่ 6.2 คำแนะนำจากบริษัทผู้ผลิต

6.6.2 Criticality คือ เกณฑ์ในการพิจารณาจัดแบ่งความสำคัญของวาล์วควบคุมสามารถแยกได้ 4 หัวข้อใหญ่คือ

1. การกำหนดชั้นความสำคัญของอุปกรณ์ในกระบวนการผลิต

   อุปกรณ์ชั้น A คือ อุปกรณ์ที่เมื่ออุปกรณ์นั้นเสียหายแล้ว จะทำให้กระบวนการผลิตนั้น ต้องหยุดเดินเครื่องหรือไม่สามารถทำตามหน้าที่ทั้งหมดทันที หรือภายใน 30 นาที หรือไม่สามารถทำให้ทำตามหน้าที่ได้ ถึง 80%

   อุปกรณ์ชั้น B คือ อุปกรณ์ที่เมื่ออุปกรณ์นั้นเสียหายแล้ว จะทำให้กระบวนการผลิตนั้น ไม่สามารถทำตามหน้าที่ได้ทั้งหมด หลังระยะเวลาผ่านไป 30 นาที หรือทำให้ไม่สามารถทำให้ทำตามหน้าที่ได้ ถึง 100% แต่มากกว่า 80%

   อุปกรณ์ชั้น C คือ อุปกรณ์ที่ไม่ใช่อุปกรณ์ชั้น A หรือ B

2. สถานที่ติดตั้งวาล์วควบคุม (Location) การพิจารณาถึงสถานที่ติดตั้งมีหลักการพิจารณาดังนี้

- ความสามารถในการเข้าไปทำการซ่อมวาล์วควบคุม ว่าสามารถเข้าไปทำการซ่อมบำรุงได้หรือไม่ สภาพแวดล้อมภายในบริเวณนั้นเช่น อุณหภูมิสูง ระดับความดังของเสียง หรือ ความสูง เป็นต้น
- การติดตั้งวาล์วควบคุม เป็นแบ Inline System, Bypass System หรือ Back Up System
- มีอุปกรณ์สำรองหรือมีสายการผลิตทดแทน เช่น มีสายการผลิต 2 สายที่ทำงานได้เหมือนกัน แต่จะเปิดใช้งานทีละสายการผลิตหรือมีสายการผลิตมากกว่า 1 สาย แต่ดำเนินการผลิตไม่เต็มกำลังการผลิต จึงไม่ต้องใช้การผลิตบางสายการผลิต เป็นต้น

3. ค่าการใช้งานเฉพาะของในกระบวนการผลิต (Process Condition)คือค่าของความดัน, อุณหภูมิ, อัตราการไหล ฯลฯ ของกระบวนการผลิตนั้นว่ามีการเปลี่ยนแปลงบ่อยไหม (Fluctuate)
4. คุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Quality) หากการทำงานของวาล์วควบคุมมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (ด้านขาออกของวาล์ว) จำเป็นต้องให้วาล์วควบคุมทำงานในสภาพนั้นตลอดเวลา ไม่ควรทำการแตะต้องหรือซ่อมวาล์วควบคุมโดยไม่จำเป็น

6.6.3 ความถี่ของการเปิดปิดวาล์วควบคุม (Frequency to Operate)

เราไม่สามารถระบุหรือนับเป็นจำนวนครั้งของการเปิดปิดได้ ฝ่ายผลิตจะใช้การสังเกตว่าวาล์วทำงานเปิดปิด (Stem เคลื่อนที่ขึ้นลง) บ่อยไหม ทั้งนี้หากความถี่ในการเปิดปิดวาล์วมาก จะมีโอกาสให้วาล์วนั้นเกิดการสึกหรอหรือเสียหายได้มากกว่า วาล์วที่มีความถี่ในการเปิดปิดน้อย

6.6.4 ประสิทธิภาพการทำงานของวาล์วควบคุม (Performance)

เป็นข้อมูลที่ได้จากฝ่ายซ่อมบำรุงที่ระบุว่า วาล์วควบคุมนั้นสามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด เช่นการเปิด-ปิด ได้สนิทของวาล์วควบคุม การรั่วภายในตัววาล์วควบคุม การทำงานเป็นสัดส่วนกับสัญญาณที่สั่งการ ซึ่งสามารถแบ่งระดับประสิทธิภาพการทำงานได้ดังนี้

- Excellent ดีเลิศ
- Better ดีมาก
- Good ดี
- Fair ดีพอใช้

6.6.5 ประวัติการทำงานและการเกิดเหตุขัดข้องของวาล์วควบคุม (Maintenance History) ซึ่งสามารถดูจากประวัติการทำงานเดิมที่จัดเก็บอยู่ในโปรแกรม โดยจะระบุเป็นจำนวนครั้งเฉลี่ยของการเกิดเหตุขัดข้องต่อปี (Failure Rate per Year) โดยส่วนมากจะมีค่าระหว่าง 0-2 ครั้ง เพราะวาล์วควบคุมจะไม่เกิดเหตุขัดข้องบ่อยนัก

การจัดทำแผนการบำรุงรักษานั้น ผู้จัดทำได้ทำการขอข้อมูลทั้งหมดจากฝ่าย Production และ Maintenance จากบริษัทกรณีศึกษา และผู้จัดทำได้ขอคำปรึกษาจากบุคคล 2 ท่าน ซึ่งขณะนี้ทำงานอยู่ที่บริษัทตัวอย่าง ซึ่งเป็นผู้ที่มีความชำนาญและประสบการณ์ในการซ่อมบำรุงวาล์วควบคุม ดังนี้

ท่านที่ 1 ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง Service Project Manager

สำเร็จการศึกษา : ระดับ ปวส. ที่เทคนิคกรุงเทพฯ

<u>ประสบการณ์การทำงาน</u>

ปี พ.ศ. 2513 – 2525 ช่างเทคนิคในองค์การแก้ว (Glass Organization)

ปี พ.ศ. 2526 – 2531 ผู้จัดการฝ่ายขาย

ปี พ.ศ. 2532 – ปัจจุบัน ผู้จัดการฝ่ายขายบริการซ่อมบำรุงวาล์วควบคุม

ท่านที่ 2 (เป็นคนอินเดีย) ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง Technical Support Manager

Qualification: Electrical Engineering in Power Passed in 1965 from Technique Collage in India

<u>Experience:</u>

1964 – 1980	In India as Electrical Engineer in Sugar Mills
1980 – 1984	Sugars Mills at Sudan North Africa as Electrical Engineer
1985 – 1988	Senior Engineer Electrical in Petrochemical Industry in India
1989 – 1997	Thai Peroxide Co.,Ltd in Thailand Petrochemical as Engineering Manager
1997 – 1999	Tuntex Petrochemicals in Thailand Petrochemical as Chief Specialist
1999 – Now	Technical Support Manager

จากการร่วมมือกันวางแผนการซ่อมบำรุงระหว่างบริษัทตัวอย่างและบริษัทกรณีศึกษา ได้ทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันขึ้น สามารถอธิบายข้อสรุปในการวางแผนสำหรับ Code ของต่างๆ ได้ดังนี้

Code A	หมายความว่าวาล์วควบคุมใช้กับกระบวนการผลิตที่สำคัญและไม่สามารถถอดวาล์วทำการซ่อมบำรุงได้ เพราะจะส่งผลกระทบอย่างมากกับกระบวนการผลิต การซ่อมบำรุงจะต้องทำทุกครั้งที่หยุดกระบวนการการผลิต (เนื่องจากเหตุผลใดก็ตาม) หรือเมื่อมีโอกาสและจะต้องทำทุกครั้งที่มีการ Shut Down ของโรงงาน
Code B1	วาล์วควบคุมนี้ใช้งานกับกระบวนการผลิตปกติ (Normal Operation) ที่มีความถี่ในการใช้งานมากและมีโอกาสที่วาล์วจะเกิดการขัดข้องสูง จึงต้องทำการซ่อมบำรุงมากกว่าวาล์วอื่น ๆ
Code B2	วาล์วควบคุมนี้ใช้งานกับกระบวนการปกติที่มีความถี่ในการใช้งานปานกลาง จะทำการซ่อมบำรุงตามคาบเวลา
Code B3	วาล์วควบคุมนี้ใช้งานกับกระบวนการปกติที่มีความถี่ในการใช้งานน้อย การขัดข้องไม่เกิดขึ้นบ่อยนัก
Code C	วาล์วควบคุมนี้ไม่มีความจำเป็นต้องวางแผนซ่อมบำรุงล่วงหน้า แต่จะทำการซ่อมบำรุงเมื่อใดก็ได้ที่ต้องการ หรือเมื่อพนักงานซ่อมบำรุงว่าง จากการซ่อมบำรุงอื่น ๆ

6.7 แผนการบำรุงป้องกันรักษาเชิงป้องกันและการปฏิบัติงาน

ตารางแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (P.M. Maintenance Schedule) สำหรับวาล์วทั้งหมดสามารถแสดงได้ตามตารางที่ ค-3 ในเอกสารอ้างอิง ค แสดงช่วงซ่อมบำรุงของปี 2000 ถึง 2001 ที่เป็นราย 3 เดือน ครึ่งปี และ หนึ่งปี สำหรับการ Shut Down และ WN นั้น เป็นการซ่อมบำรุงที่ไม่ทราบกำหนดเวลาที่แน่นอน จึงยังไม่สามารถระบุในแผนการซ่อมนี้ได้ แต่ในตอนปลายปีทุกปีจะต้องมีการสรุปผลการทำงานประจำปี จึงจะมีการ Update กำหนดการซ่อมบำรุง จึงจะมีการระบุเวลาการทำ Shut Down และ WN

การปฏิบัติงานตามแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน สามารถดูได้จาก Maintenance Schedule จะระบุด้วย รหัส 2 ตัว โดยรหัสแรกหมายถึงระยะเวลาที่ต้องทำการซ่อมบำรุง และรหัสที่สองหมายถึง การปฏิบัติงาน (Action) ซึ่งมีรายละเอียดตามตารางที่ 6.2 ดังนี้

P.M.	First Digit : Period	Second Digit : Action	Conclusion
QI	Q = Quarterly	I = Inspection	ทำการตรวจสอบด้วยตาประจำทุก 3 เดือน
HT	H = Half Yearly	T = Test and Calibrate	ทำการทดสอบและปรับแต่งประจำทุก 6 เดือน
HC	H = Half Yearly	C = Clean and Check inside valve	ทำความสะอาดและตรวจเช็คภายในวาล์วประจำทุก 6 เดือน
YO	Y = Yearly	O = Overhaul	ทำการ Overhaul ประจำทุก 1 ปี
SD	-	-	ทำการ Overhaul เมื่อหยุดโรงงาน
WN	-	-	ทำการ Overhaul เมื่อต้องการ

ตารางที่ 6.2 แสดงความหมายของ Maintenance Schedule

หมายเหตุ : Action C : จะเปลี่ยนอะไหล่ประเภท Consumable Parts ได้ Packing และ Gasket เป็นต้น

Action O : จะเปลี่ยนอะไหล่ที่แนะนำจากบริษัทผู้ผลิต (Recommend Parts) ได้แก่ Plug, Stem, Groove Pin, Seal, Packing และ Gasket เป็นต้น

การปฏิบัติงานการซ่อมบำรุง ได้ออกแบบการซ่อมบำรุงแบบตามคาบเวลาและเมื่อหยุดโรงงานการเพื่อซ่อมบำรุง สามารถแบ่งเป็น 4 แบบ คือ I, T, C และ O โดยมีรายละเอียดของการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงมีดังนี้

1. การตรวจสอบ (Inspection) ส่วนมากจะทำการตรวจเช็คเป็นประจำทุก 3 เดือน ซึ่งพนักงานในแผนกซ่อมบำรุง P.M. จะเป็นผู้ปฏิบัติงานนี้ ส่วนใหญ่จะเป็นการเช็คการรั่วที่บริเวณวาล์วและข้อต่อต่าง ๆ การตรวจนี้เป็นการตรวจด้วยสายตา (Visual Check) และลงบันทึกในแบบฟอร์มการตรวจสอบ หรือ เช็คชีส (Check Sheet) ในตารางที่ ค-4 ในเอกสารอ้างอิง ค Quarterly Inspection Report โดยจะตรวจสอบว่าวาล์วควบคุมอยู่ในสภาพที่ดีหรือไม่
2. การทดสอบและการปรับแต่ง (Test and Calibrate) เป็นการซ่อมบำรุงตามคาบเวลา คือทุก 6 เดือน โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติงานและรายงานการตรวจสอบตามรายงาน Test and Calibrate Report ในตารางที่ ค-5 ในเอกสารอ้างอิง ค
3. การทำความสะอาดและการตรวจเช็คภายในวาล์ว (Clean and Check inside

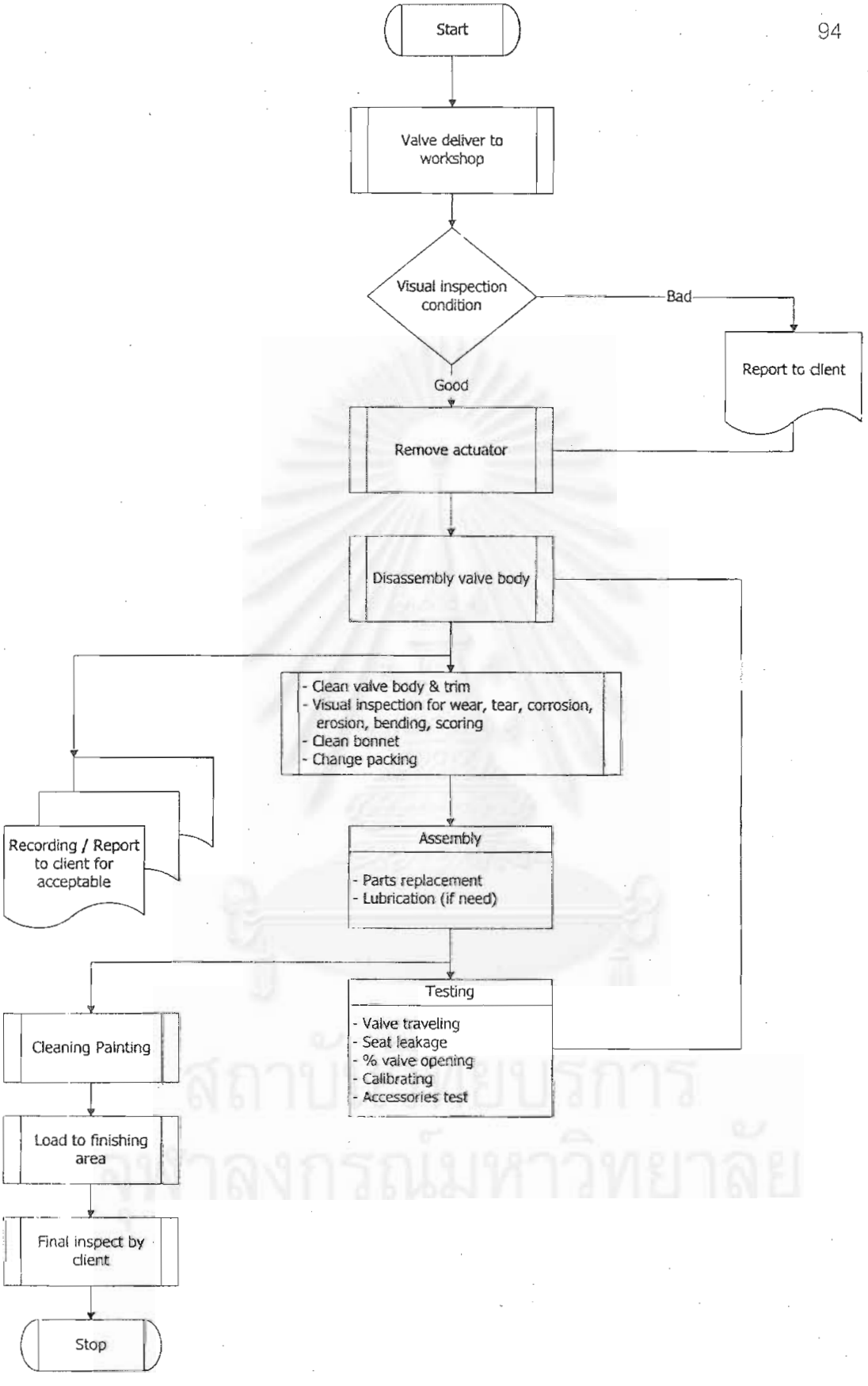
Valve) คือการซ่อมบำรุงที่ต้องเปิดวาล์วควบคุม เพื่อตรวจเช็คภายในตัววาล์วควบคุมทั้งหมด ว่ามีชิ้นส่วนใดเกิดการสึกหรอบ้างหรือไม่ และจะต้องเปลี่ยนอะไหล่ประเภท Consumable Part เมื่อประกอบวาล์วควบคุม ซึ่งจะต้องทำการทดสอบและปรับแต่งวาล์วควบคุม และอุปกรณ์อื่น ๆ ด้วย และกรอกข้อมูลในแบบฟอร์ม Control Valve Overhaul Report ในตารางที่ ค-6 ในเอกสารอ้างอิง ค และสามารถจำแนกหัวข้อการปฏิบัติงานได้ดังนี้

- Valve Signature Testing (Diagnostics)
- Leak Checks
- Diaphragm Checks
- Calibrate on Valve
- Cleaning Valve Body and Trim
- Special Tubing, Fitting and Packing etc.
- Special Testing Requirement for Hydro and Seat Leak
- Accessories Test
- Special Painting, If Required

4. การ Overhaul Valve หมายถึงการถอดทุกชิ้นส่วนของวาล์วควบคุม ตรวจสภาพภายใน ล้างทำความสะอาดหล่อลื่น ทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนที่เกิดการชำรุดและประกอบวาล์ว ทำการทาสีใหม่ ทำการ Calibrate ตามมาตราฐานสากล และตรวจสอบการรั่วของวาล์วควบคุม ซึ่งเป็นการซ่อมบำรุงที่จำเป็นมากที่สุดสำหรับวาล์วควบคุม คือ เป็นการซ่อมบำรุงที่เสมือนการทำให้วาล์วกลับมามีสภาพการทำงานที่ดีขึ้น ซึ่งต้องบันทึกในรายการเดียวกันกับรายงานสำหรับการทำความสะอาดและตรวจเช็คภายในวาล์วควบคุม แต่การ Overhaul จะต้องการเปลี่ยนอะไหล่ประเภท Recommend Spare Part ทั้งหมด สำหรับขั้นตอนการปฏิบัติงานจะแสดงดังรูปที่ 6.3

6.8 แผนงานสต๊อกอะไหล่และชิ้นส่วนของเครื่องจักร

หลังจากที่ได้แผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันแล้ว จะต้องทำการเก็บอะไหล่ไว้สำหรับซ่อมบำรุง ในจำนวนที่พอดี ไม่มากหรือน้อยไป เพื่อให้สามารถมีอะไหล่ไว้ซ่อมได้ทันเวลาเมื่อเกิดเหตุขัดข้อง และเมื่อจำเป็นต้องใช้เปลี่ยนอะไหล่ด่วน การเก็บอะไหล่จำนวนมากเกินความจำเป็นและไม่ได้ถูกนำขาย จะกลายเป็นอะไหล่ค้างสต๊อก (Dead Stock) ทำให้บริษัทมีต้นทุน



รูปที่ 6.3 Control Valve Overhaul Works Procedure

(จม) สูงขึ้น หากเก็บอะไหล่จำนวนน้อยเกินไป ไม่เพียงพอหรือตรงกับความต้องการใช้ในการซ่อมบำรุง จะทำให้ซ่อมวาล์วไม่ได้ ไม่สามารถผลิตสินค้าได้ ซึ่งก็ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายสูงด้วย จากประสบการณ์การขายอะไหล่ของวาล์วควบคุมเป็นเวลากว่า 20 ปี จึงได้ทำแผนงานสต๊อกอะไหล่ โดยการทำตาราง Interchangeability ของบริษัทตัวอย่าง โดยแยกตามวาล์วควบคุมทีละกลุ่ม ดังนี้

วาล์ว Code A จะจัดเก็บอะไหล่ในสต๊อกในปริมาณ 100% ของอะไหล่ที่ต้องใช้

วาล์ว Code B จะจัดเก็บอะไหล่ในสต๊อกในปริมาณ 50% ของอะไหล่ที่ต้องใช้

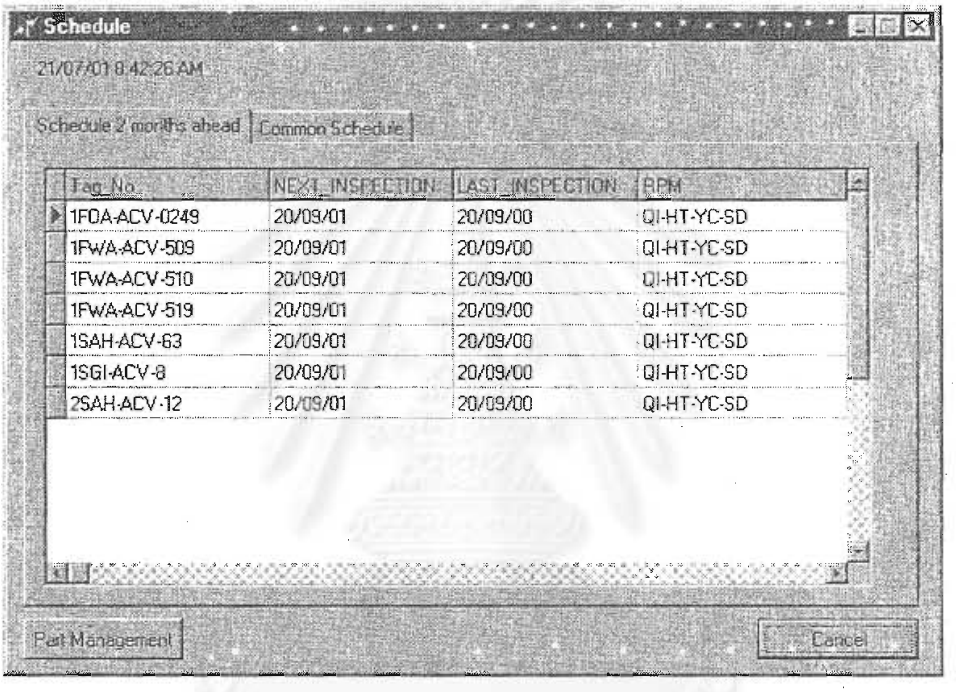
วาล์ว Code C จะจัดเก็บอะไหล่ในสต๊อกในปริมาณ 25% ของอะไหล่ที่ต้องใช้

การทำ Interchangeability Spare Parts สามารถดูได้ในเอกสารอ้างอิง ง โดยในตารางที่ ง-1,ง-2 และ ง-3 สำหรับวาล์ว Code A, B และ C ตามลำดับ สำหรับตารางที่ ง-4 จะเป็นรายการอะไหล่รวมของวาล์วทั้ง Code A, B และ C โดยทางบริษัทตัวอย่างได้สรุปแผนงานสต๊อกอะไหล่, ปริมาณสต๊อกน้อยที่สุด และปริมาณสต๊อกมากที่สุดที่ควรมีอะไหล่นั้นอยู่ในสต๊อก การพิจารณาปริมาณอะไหล่ในสต๊อกนั้น ทางบริษัทตัวอย่างมีข้อกำหนดที่ต้องปฏิบัติตามดังนี้

1. อะไหล่ที่มีราคาสูงกว่า 30,000 บาท จะสามารถมีในสต๊อกได้เพียง 1 ชิ้นเท่านั้น
2. บริษัทตัวอย่างจะไม่เก็บสต๊อกอะไหล่ในรายการที่มีมูลค่าสูงกว่า 50,000 บาท
3. อะไหล่ประเภทอะไหล่สิ้นเปลืองสามารถมีในสต๊อกได้มากเพราะมีการหมุนเวียนสูง
4. หากมีลูกค้าอื่น ๆ ต้องการอะไหล่บางรายการด่วนมาก สามารถนำอะไหล่ที่จัดเก็บสำหรับบริษัทกรณีไปใช้ได้ก่อนเป็นกรณีพิเศษ (ต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้จัดการฝ่ายขายที่ 2) ก็ต่อเมื่อจำนวนอะไหล่ที่เหลือ (หลังจากหักจำนวนที่ต้องการใช้) มีจำนวนมากกว่า Min. Qty. และจะต้องนำอะไหล่นั้นมาคืนโดยเร็วที่สุด
5. เมื่อจำนวนอะไหล่ในสต๊อกลดลงเหลือเท่าปริมาณ Min Qty หรือน้อยกว่า จะต้องเตรียมสั่งอะไหล่ไปยังบริษัทผู้ผลิตเป็นจำนวนเท่ากับผลต่างระหว่าง Max. Qty. กับจำนวนอะไหล่ที่มีอยู่ขณะนั้น
6. จะทำการสั่งอะไหล่เพื่อเก็บเข้าสต๊อก โดยการสั่งไปยังบริษัทผู้ผลิต ก็ต่อเมื่อ มูลค่าการสั่งต่อครั้ง ไม่น้อยกว่า 30,000 บาท เพราะจะต้องมากกว่า Min Order ที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด
7. อื่น ๆ ตามแต่บริษัทจะเห็นสมควร

6.9 แผนงานการเสนอราคาอะไหล่

จากแผนงานการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน ทางบริษัทตัวอย่างจะต้องเสนอขายอะไหล่แก่บริษัทกรณีศึกษาก่อน เพื่อให้บริษัทกรณีศึกษาสามารถมีอะไหล่เพื่อใช้ซ่อมได้ทันเวลาตามแผนการซ่อมบำรุงที่วางไว้ โปรแกรมจะเตือนให้พนักงานขายเสนอราคาอะไหล่แก่บริษัทกรณีศึกษาล่วงหน้าเป็นระยะเวลา 2 เดือน เพราะระยะเวลาดังกล่าวจะเป็นเวลารวมของการดำเนินการสั่งซื้อไปยังบริษัทผู้ผลิต การสั่งอะไหล่จากบริษัทผู้ผลิต และการส่งมอบอะไหล่ถึงบริษัทกรณีศึกษา



รูปที่ 6.4 แผนงานการเสนอราคาล่วงหน้า

6.10 การจัดการเกี่ยวกับอะไหล่ (Parts Management)

เป็นการจัดการเกี่ยวกับอะไหล่ เช่น การคำนวณราคาขายอะไหล่ การเสนอราคาอะไหล่ และการกำหนดการส่งมอบสินค้า สำหรับแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน บริษัทตัวอย่างจะจัดเตรียมใบเสนอราคาทันทีที่มีการเตือนล่วงหน้าหรืออย่างช้า ไม่เกิน 3 วันนับจากวันเตือนล่วงหน้า และจะเสนออะไหล่ของวาล์วที่ต้องกทำการซ่อมบำรุงในวันเดียวกัน การเสนอราคาจะเสนอราคารวมกันเป็นใบเสนอราคาเดียวกัน (ไม่ได้แยกเป็นวาล์วแต่ละตัว) เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาในการเสนอราคา

6.10.1 การคำนวณราคาขายอะไหล่ จะต้องใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลที่ได้จัดเก็บไว้เพื่อคำนวณราคาขายของรายการอะไหล่แต่ละรายการโดยอัตโนมัติ ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้คำนวณราคาขายมีดังนี้

- ราคาต้นทุน (List Price) มีหน่วยเป็น ดอลลาร์สหรัฐ (US$)
- ส่วนลดจากบริษัทผู้ผลิต (Discount) คือ 17%
- ค่าขนส่งทางอากาศ (Airfreight Cost) บริษัทตัวอย่างจะใช้ค่าเฉลี่ย คือ 15%
- ค่าภาษี (Duty Cost) เป็นค่าภาษีที่ต้องจ่ายเวลาที่นำสินค้าเข้าประเทศ ค่าภาษีนี้จะต้องเสียตามวัสดุที่ใช้ทำอะไหล่ ดังตารางที่ 6.3
- อัตราแลกเปลี่ยน (Exchange Rate) จะมีค่าเป็นจำนวนบาทต่อ 1ดอลลาร์สหรัฐ ณ.เวลานั้น

MATERIAL	DUTY (%)
416 SST PLUG, 316 SST STEM	8
BUSHING	13
SST, GRAPHIT, ALLOY6, N06600	23
PTFE, NITRILE, PTFE/CARBON, VITON	33

ตารางที่ 6.3 ค่าภาษีของวัสดุชนิดต่าง ๆ

<u>ตัวอย่างการคำนวณราคาขาย</u>

Part No. 10A4206X012

Description : Seal Ring

Material : PTFE

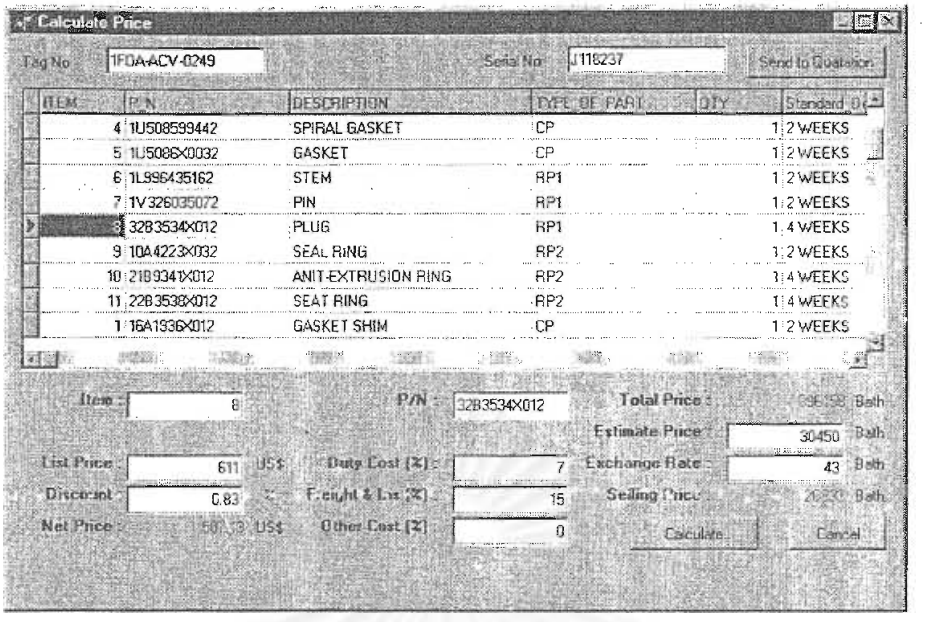
List Price : 47.3 US$

Exchange Rate : 44 Baht/US$

<u>สูตร</u> Selling Price = List Price X Discount X Freight Cost X Duty Cost X Exchange Rate

= 47.3 X 0.83 X 1.15 X 1.33 X 44

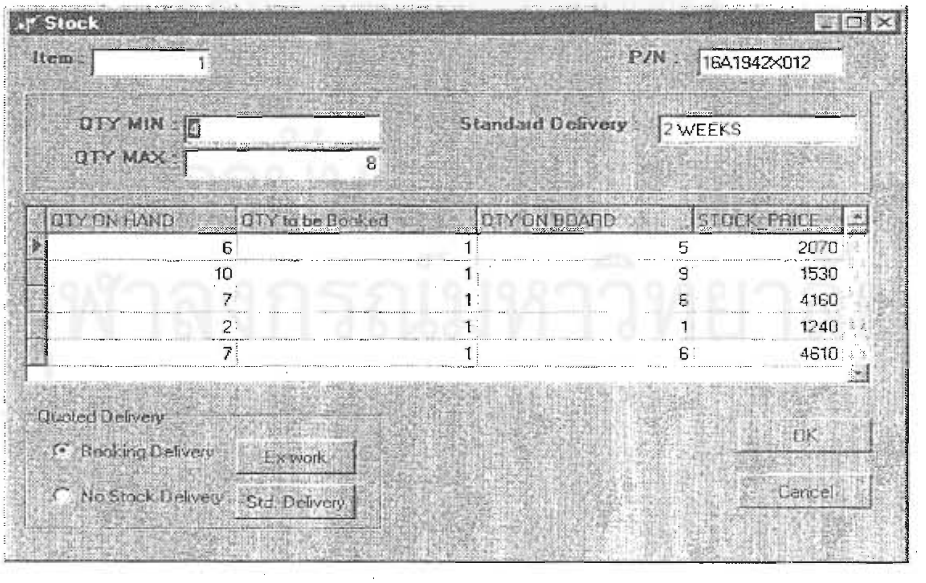
= 2,642 Baht



รูปที่ 6.5 การคำนวณราคาขายของอะไหล่

6.10.2 การระบุกำหนดการส่งมอบสินค้า

เมื่อคำนวณราคาขายของอะไหล่ จะต้องระบุกำหนดการส่งมอบอะไหล่ด้วย การเช็คจำนวนอะไหลในสต๊อกของบริษัทตัวอย่าง หากมีสินค้าในสต๊อกจะต้องทำการจองอะไหล่ไว้ เพื่อความมั่นใจว่าเมื่อลูกค้าสั่งซื้อมา จะมีอะไหล่ส่งให้ลูกค้าได้ตามที่ได้เสนอราคาไปแล้ว เมื่อมีสินค้าในสต๊อกจะสามารถส่งมอบได้ภายใน 1 สัปดาห์ หลังจากได้รับการสั่งซื้อ หากไม่มีสินค้าในสต๊อกของบริษัทตัวอย่าง จะต้องสั่งสินค้าไปยังบริษัทผู้ผลิต และจะสามารถส่งมอบสินค้าได้ตามไม่เกิน 6 สัปดาห์

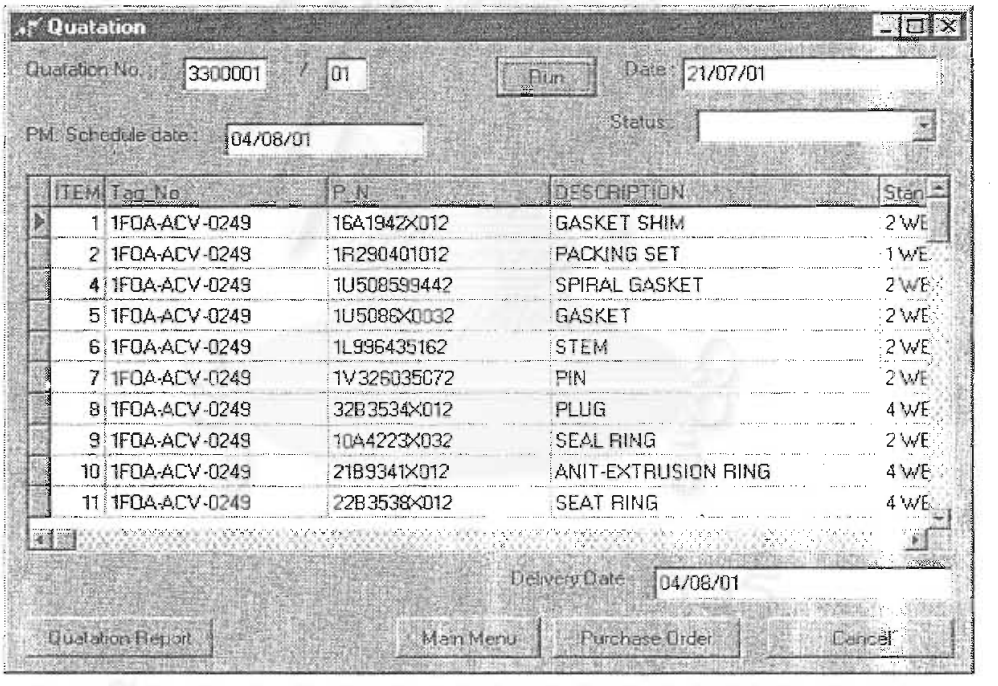


รูปที่ 6.6 การเช็คกำหนดส่งมอบสินค้าจากสต๊อก

6.10.3 ใบเสนอราคา (Quotation)

เป็นเอกสารที่จัดทำโดยบริษัทตัวอย่าง เพื่อแจ้งลูกค้าทราบเกี่ยวกับรายการอะไหล่ ราคาและกำหนดส่งมอบสินค้าของอะไหล่ที่ต้องใช้ในการซ่อมบำรุง โดยในเอกสารใบเสนอราคา จะประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

- เลขที่ใบเสนอราคา และวันที่ที่เสนอราคา
- ชื่อบริษัทกรณีศึกษา และชื่อเจ้าหน้าที่จัดซื้อ
- ชื่อพนักงานขายของบริษัทตัวอย่าง
- รายการอะไหล่, P/N, จำนวนและราคา
- กำหนดส่งมอบสินค้า (Delivery)
- การจ่ายเงิน (Payment) บริษัทกรณีศึกษามีเครดิตเป็นระยะเวลา 30 วัน
- ระยะเวลาในการยืนราคานี้ (Validity)

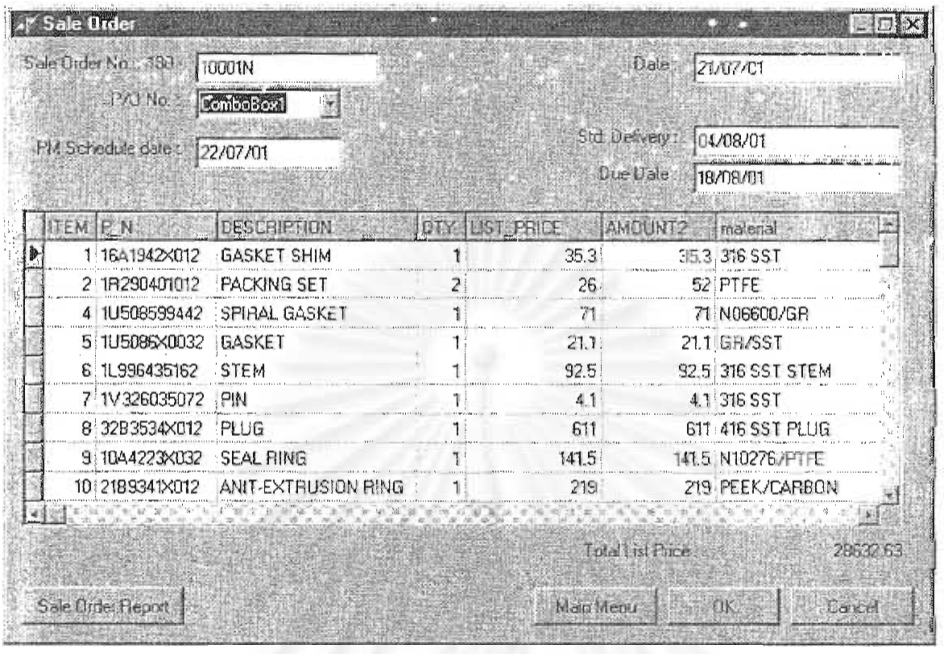


รูปที่ 6.7 รูปแบบในการเสนอราคา

6.10.4 ใบสั่งงาน (Sale Order)

เมื่อได้เสนอราคาอะไหล่แก่ลูกค้าและได้รับใบสั่งซื้อ (Purchase Order) จากลูกค้ามานั้น ทางบริษัทตัวอย่างจะจัดส่งสินค้าในรายการที่มีสินค้าในสต๊อกที่ได้ทำการจองไว้

แล้ว และสำหรับสินค้าที่ไม่มีในสต๊อกจะต้องทำการสั่งงานไปยังบริษัทผู้ผลิต โดยจะต้องจัดทำใบสั่งงาน ตามตัวอย่างด้านล่าง



รูปที่ 6.8 ระบบการทำใบสั่งงาน

6.10.5 การส่งมอบสินค้า (Delivery)

เมื่อสินค้าที่สั่งไปยังบริษัทผู้ผลิตมาถึงประเทศไทย บริษัทตัวอย่างต้องผ่านกระบวนการนำสินค้าเข้าพร้อมทั้งเสียภาษี และเมื่อสินค้ามายังบริษัทตัวอย่าง พนักงานขายจะต้องตรวจเช็คว่าความถูกต้องของสินค้า เช็คจำนวนของสินค้า เช็คว่ามีการชำรุดเนื่องจากการขนส่งไหม เมื่อสินค้าครบสมบูรณ์ จะต้องทำการส่งมอบสินค้าแก่ลูกค้าในทันที

เมื่อถึงขั้นตอนนี้ จะต้องทำการป้อนข้อมูลว่าได้ทำการซ่อมบำรุงไปเมื่อใด หากได้ส่งมอบสินค้าก่อนกำหนดการซ่อมบำรุง ก็จะทำการซ่อมบำรุงตามแผนการซ่อมบำรุงที่วางไว้ หากเกิดปัญหาการส่งมอบสินค้าล่าช้า ทางบริษัทกรณีศึกษา จำเป็นต้องเลื่อนวันที่ต้องทำการซ่อมบำรุงออกไป แต่ทั้งนี้จะภายใน 7 วันนับจากได้รับสินค้าแล้ว

6.11 รายงานต่าง ๆ

รายงานที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม โดยทำการออกแบบให้เหมาะสมและง่ายต่อการใช้ง่าย ซึ่งสามารถแบ่งออกได้

6.11.1 รายงานเกี่ยวกับข้อมูลของวาล์วควบคุม

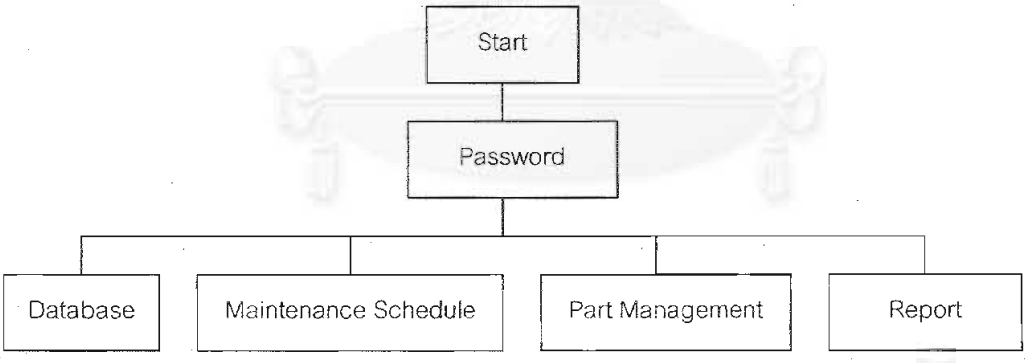
- รายงานข้อมูลของวาล์วควบคุม (Valve Database Report)
- รายงานข้อมูลของรายการอะไหล่ของวาล์วควบคุม (Part Database Report)
- รายงานข้อมูลของราคาอะไหล่ (Price Database Repot)
- รายงานข้อมูลของสินค้าในคลังสินค้า (Inventory Database Report)

6.11.2 รายงานเกี่ยวกับการจัดการอะไหล่

- รายงานใบเสนอราคา (Quotation Report)
- รายงานใบสั่งงาน (Sale Order Report)

6.12 โปรแกรมที่สำเร็จ

จากการออกแบบในส่วนฐานข้อมูลและส่วนการประมวลผลต่างๆ และการสอบถามความต้องการของผู้ใช้งาน ในส่วนที่ได้กล่าวถึงก่อนหน้านี้ โปรแกรมได้ถูกจัดทำและพัฒนาขึ้น โดยใช้โปรแกรม Delphi ซึ่งสามารถดูรูปแบบการแสดงผลและวิธีการใช้งานได้ในเอกสารอ้างอิง จ ซึ่งภายในโปรแกรมจะประกอบด้วย 4 ส่วนหลักที่สำคัญ คือ ส่วนของฐานข้อมูล กำหนดการซ่อมบำรุง การจัดการอะไหล่ และส่วนรายงานต่าง ๆ ซึ่งสามารถสรุปและแสดงเมนูการใช้งานได้ดังนี้



รูปที่ 6.9 รายละเอียดของเมนูการใช้งาน

บทที่ 7

การทดสอบและประเมินผลระบบงาน

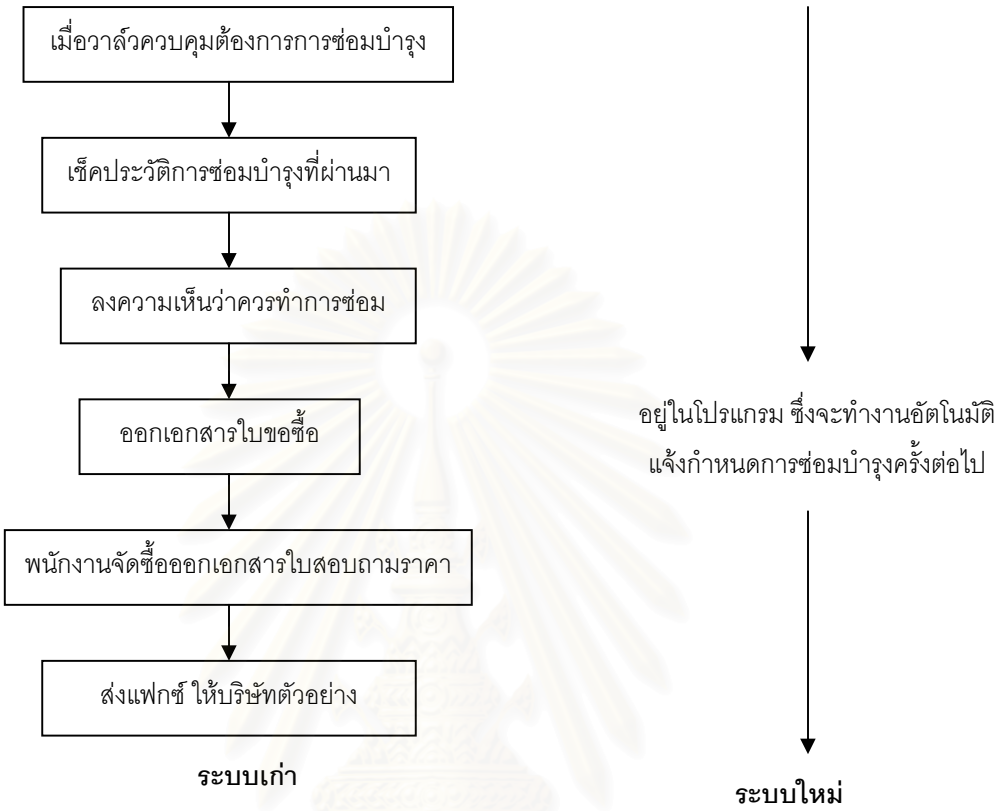
ในบทนี้จะเป็นการทดสอบและประเมินผลระบบงานซ่อมบำรุงและการจัดการอะไหล่ของวาล์วควบคุม เพื่อช่วยงานที่ทำอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาและบริษัทตัวอย่าง ซึ่งไม่ได้ใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยประมวลผล ระบบใหม่ที่จัดทำขึ้นนี้เป็นระบบฐานข้อมูลที่สามารถช่วยงานซ่อมบำรุงได้ การทดสอบของระบบใหม่ ทำได้โดยทำการป้อนข้อมูลทั้งหมดของวาล์วควบคุมลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และทำการทดสอบการทำงาน เพื่อเปรียบเทียบกับระบบงานเก่า ประเมินผลงานด้านการดำเนินงานและด้านระบบเอกสารและระยะเวลาที่ลดลง

7.1 **การประเมินผลงานด้านการดำเนินงาน** (Operational Evaluation)

ทำการประเมินขั้นตอนการทำงานทุกขั้นตอน ตั้งแต่วาล์วควบคุมต้องการการบำรุงรักษา การสอบถามราคาอะไหล่ การเสนอราคาอะไหล่ ตลอดจนการส่งมอบสินค้าให้แก่บริษัทกรณีศึกษา โดยทำการเปรียบเทียบระบบเก่ากับระบบใหม่ที่จัดทำขึ้น โดยแยกออกได้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

7.1.1 ขั้นตอนการสอบถามราคา

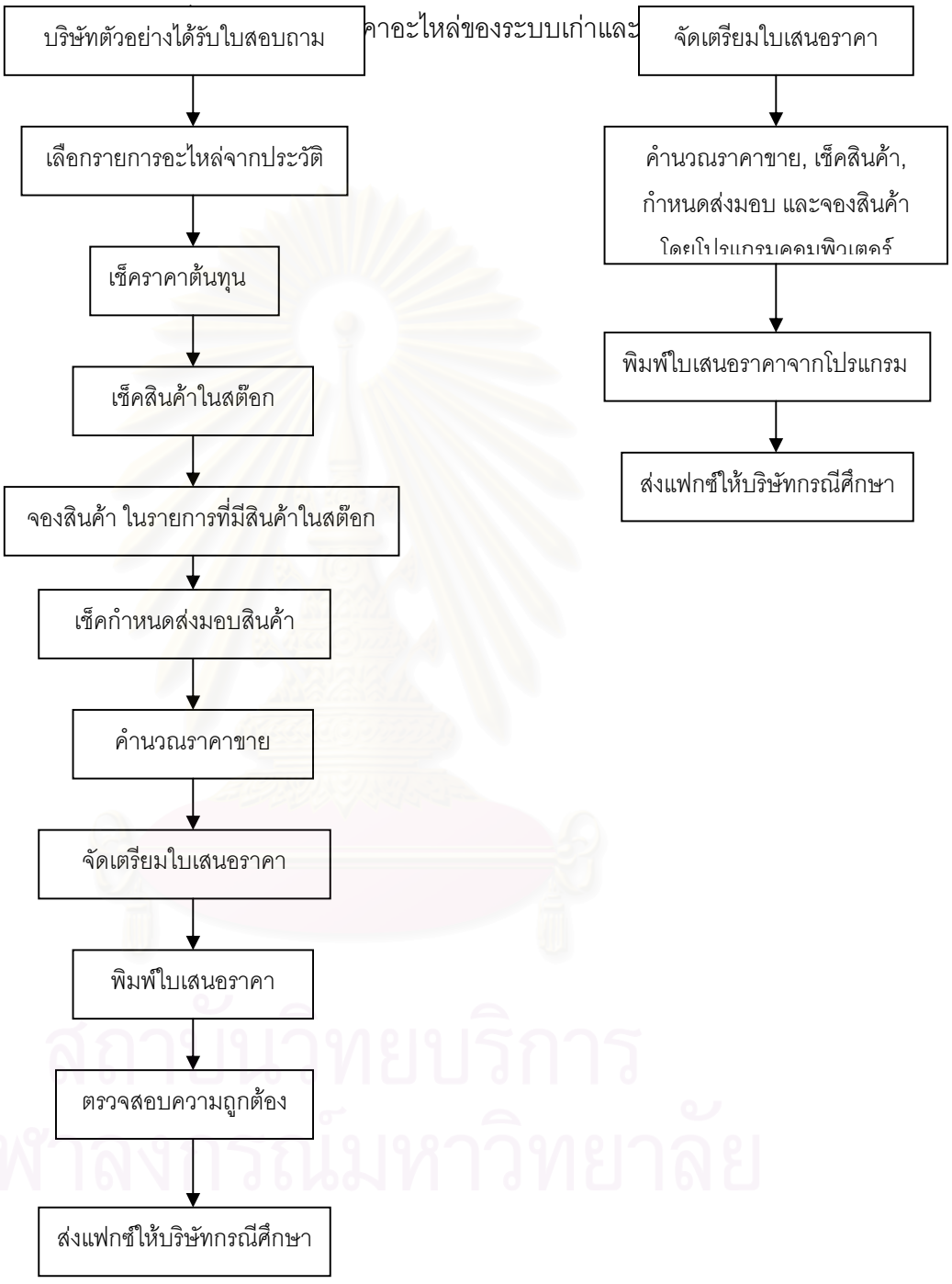
เป็นขั้นตอนเริ่มต้นภายในบริษัทกรณีศึกษา นับตั้งแต่เริ่มเห็นว่าวาล์วควบคุมต้องการการซ่อมบำรุง จึงเริ่มออกเอกสารเพื่อสอบถามราคามายังบริษัทตัวอย่าง ซึ่งมีขั้นตอนเปรียบเทียบระบบเก่ากับระบบใหม่ดังรูปที่ 7.1 จะเห็นว่า ระบบเก่าบริษัทกรณีศึกษาต้องเป็นผู้ดำเนินขั้นตอนทั้งหมด แต่ในระบบใหม่ขั้นตอนนี้ทั้งหมดจะมีอยู่ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์และจะทำงานอัตโนมัติ โดยบริษัทตัวอย่าง จะเป็นผู้รับผิดชอบทำงานทั้งหมด โดยบริษัทกรณีศึกษาจะไม่ต้องทำอะไรเลย



รูปที่ 7.1 ขั้นตอนการสอบถามราคาของระบบเก่าและระบบใหม่

7.1.2 ขั้นตอนการเสนอราคาอะไหล่

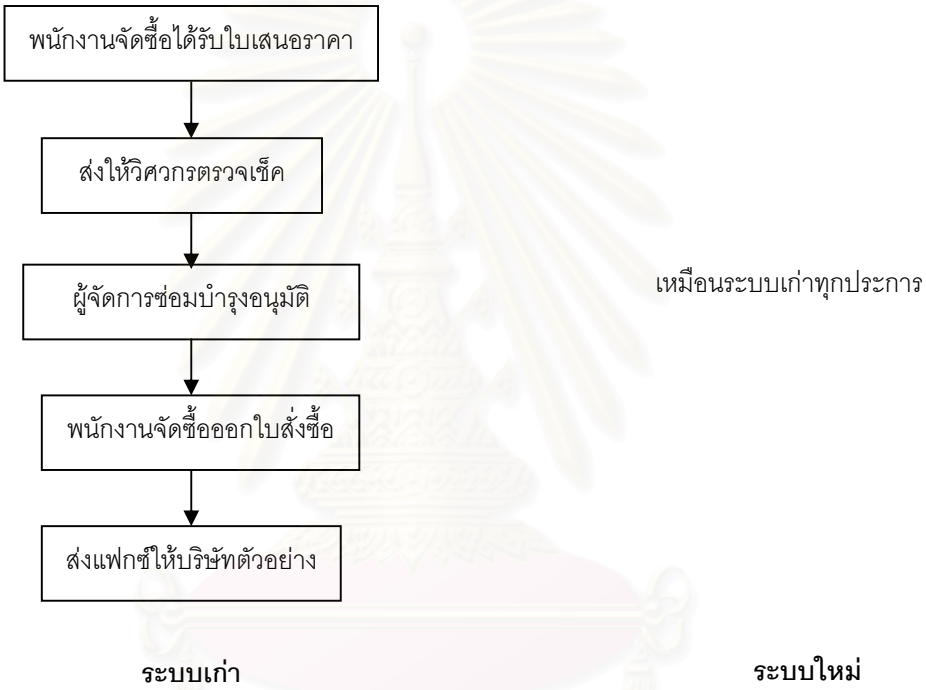
เป็นขั้นตอนต่อจากการสอบถามราคาจากบริษัทกรณีศึกษา โดยจะจัดการเกี่ยวกับอะไหล่ทั้งหมดของภายในบริษัทตัวอย่าง ซึ่งมีขั้นตอนตามรูปที่ 7.2 จะเห็นว่าระบบเก่ามีหลายขั้นตอนที่ต้องให้พนักงานเป็นผู้ทำ เช่น การเลือกรายการอะไหล่ การเช็คต้นทุน การเช็คสินค้าในสต๊อก การจองสินค้า และ การคำนวณราคาของอะไหล่เป็นต้น ซึ่งมีโอกาสเกิดความผิดพลาดได้ และบางขั้นตอนเป็นการทำงานที่ซ้ำซ้อนกัน เช่น การเตรียมใบเสนอราคาโดยการเขียน แล้วจึงต้องนำไปพิมพ์เป็นใบเสนอราคา โดยพนักงานแผนกธุรการ ซึ่งตั้งอยู่ห่างจากแผนกขายพอสมควร ในระบบใหม่จะสามารถจัดทำทุกอย่างโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ตลอดจนพิมพ์ใบเสนอรคา



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.1.2 ขั้นตอนการพิจารณาการสั่งซื้อ

เป็นขั้นตอนการพิจารณาการสั่งซื้อหลังจากที่บริษัทกรณีศึกษาได้รับใบเสนอราคาจากบริษัทตัวอย่าง ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานของระบบเก่าและระบบใหม่เหมือนกันทุกประการ ตามรูปที่ 7.3 เพราะเป็นขั้นตอนการตรวจสอบและพิจารณาภายในบริษัทกรณีศึกษาซึ่งไม่สามารถใช้คอมพิวเตอร์เข้าช่วยได้



รูปที่ 7.3 ขั้นตอนการพิจารณาการสั่งซื้อของระบบเก่าและระบบใหม่

7.1.4 ขั้นตอนการสั่งซื้อและส่งมอบสินค้า

เป็นขั้นตอนสุดท้าย หลังจากที่บริษัทกรณีศึกษาได้พิจารณาสั่งซื้ออะไหล่กับบริษัทตัวอย่าง เมื่อบริษัทตัวอย่างได้รับใบสั่งซื้อ จะต้องจัดเตรียมสินค้าและส่งมอบสินค้าในรายการที่มีสินค้านั้นในคลังสินค้า หรือทำการสั่งงานไปยังบริษัทผู้ผลิต ตามรูปที่ 74 ซึ่งระบบใหม่สามารถช่วยลดขั้นตอนการทำงานในส่วนของการจัดทำใบสั่งงานจากใบสั่งซื้อที่มีอยู่ในโปรแกรม ไม่ต้องทำการเตรียมและพิมพ์ใบสั่งงานใหม่ ซึ่งจะสามารถลดความซ้ำซ้อนและลดโอกาสความผิดพลาดได้อีกด้วย

รูปที่ 7.4 การสั่งซื้อและส่งมอบสินค้าของระบบเก่าและระบบใหม่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2 การประเมินผลการทำงานการทำงานและระยะเวลาของระบบเก่าและระบบใหม่

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นงานใหม่ที่ไม่เคยมีทำมาก่อน จึงไม่สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดำเนินงานในส่วนแผนงานการซ่อมบำรุงได้ อีกทั้งการซ่อมบำรุงแต่ละครั้งต้องใช้เวลานานอย่างน้อย 6-12 เดือน และการปรับปรุงและปรับเปลี่ยนแผนงานอาจต้องใช้เวลา 2 ปีขึ้นไป ดังนั้นผู้จัดทำจึงทำการประเมินผลงานโดยการเปรียบเทียบการทำงานด้านเอกสารและระยะเวลาของแต่ละขั้นตอนในส่วนการจัดการเสนอราคาอะไหล่ในบริษัทตัวอย่างเท่านั้น ซึ่งการประเมินผลระบบใหม่ทำโดยการทดลองป้อนข้อมูลจำนวน 30 รายการและทำการทดสอบรันโปรแกรมจนครบทุกขั้นตอนเทียบกับระยะเวลาของระบบเก่า ดังตารางที่ 7.1

7.3 ความคิดเห็นของพนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงของบริษัทกรณีศึกษา

ผู้จัดทำได้นำผลงานวิจัยและโปรแกรมการใช้งานนี้ แสดงกับพนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงของกรณีศึกษาทั้ง 2 ท่านที่เป็นผู้ให้ข้อมูลแก่ผู้จัดทำ จากการสอบถาม สามารถสรุปความคิดเห็นได้ว่าการจัดทำงานวิจัยนี้ เป็นงานวิจัยที่สามารถช่วยในการทำการซ่อมบำรุงให้สะดวกขึ้นและเป็นประโยชน์มาก เป็นการบริการที่ดีมากแก่บริษัทกรณีศึกษา เพราะส่วนใหญ่บริษัทที่ขายสินค้าอะไหล่จะไม่สนใจกับงานการซ่อมบำรุง และไม่ได้ให้ความช่วยเหลือ หรือให้ความร่วมมือมากนัก เพราะไม่ได้ทำให้บริษัทขายสินค้าได้มากขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ การส่งมอบสินค้าจะต้องช่วยดูแลให้สามารถส่งสินค้าได้ทันเวลาตามที่ได้บอกไว้ ไม่ล่าช้า เพราะการซ่อมบำรุงจะได้เป็นไปตามกำหนดการ และจะได้จัดเตรียมงาน ใบสั่งงาน และพนักงานที่ต้องทำการซ่อมรอไว้ ช่วยให้บริษัทไม่ต้องเก็บอะไหล่เพื่อให้ในการซ่อมซึ่งตรงกับนโยบายของบริษัทในขณะนี้ คือลดปริมาณและค่าใช้จ่ายในการเก็บสินค้าในคลังสินค้าให้น้อยที่สุด ในบางครั้ง ทางบริษัทอาจไม่ซื้ออะไหล่ที่ได้เสนอราคามา ทั้งหมด เพราะหากอะไหล่บางรายการยังมีในคลังสินค้าอยู่ จะต้องใช้อะไหล่ในคลังสินค้าก่อน อีกทั้งโปรแกรมก็ใช้งานง่ายด้วย

บทที่ 8

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการเสนอราคาอะไหล่ของวาล์วควบคุม สำหรับการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันแก่บริษัทกรณีศึกษา โดยจะเริ่มจากแผนงานซ่อมบำรุง การเสนอราคา การสั่งซื้อ การสั่งงานไปยังบริษัทผู้ผลิต จนถึงการส่งมอบสินค้า การจัดทำงานวิจัยนี้ เพื่อนำไปใช้งานในหน่วยงานที่ผู้จัดทำสังกัดอยู่ คือ บริษัทนำเข้าและขายวาล์วควบคุม โดยมีวัตถุประสงค์ในการที่จะใช้เป็นเครื่องมือในการทำงานด้านการเสนอราคาอะไหล่ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และแก้ไขปัญหาที่พบอยู่ในขณะนี้

8.1 สรุปผลงานวิจัย

จากการศึกษาและพัฒนาแผนการซ่อมบำรุงวาล์วควบคุมสำหรับบริษัทกรณีศึกษา โดยการเลือกและจัดกลุ่มเครื่องจักรที่สำคัญ กลุ่มเครื่องจักรที่สำคัญมากต้องวางแผนการซ่อมบำรุงให้ทำการซ่อมมากกว่าเครื่องจักรในกลุ่มที่สำคัญน้อยกว่า ซึ่งทำให้สามารถซ่อมบำรุงได้ตรงกับสภาพและความจำเป็นของเครื่องจักรนั้นๆ และไม่เกิดความสูญเปล่าในการซ่อมบำรุงกับเครื่องจักรที่มีสภาพการใช้งานที่ดีแล้ว

การพิจารณาทำแผนการซ่อมบำรุงยังต้องใช้ข้อมูลจากบริษัทกรณีศึกษา เช่น ความถี่ในการเปิด-ปิดของวาล์วควบคุมจากฝ่ายผลิต และข้อมูลประสิทธิภาพการใช้งาน และอัตราการเกิดการขัดข้องต่อปีของวาล์วควบคุมแต่ละตัวจากฝ่ายซ่อมบำรุง ข้อมูลทั้งหมดได้ถูกนำมาวิเคราะห์สรุปร่วมกันระหว่างบริษัทกรณีศึกษาและบริษัทตัวอย่าง และจัดทำแผนการซ่อมบำรุงที่เหมาะสมพร้อมทั้งกำหนดการซ่อมบำรุง โดยจะมีการตรวจเช็คด้วยตาประจำสามเดือน การทดสอบและปรับแต่งทุก 6 เดือน และการถอดวาล์วควบคุมเพื่อตรวจเช็คสภาพภายใน เพื่อให้วาล์วควบคุมกลับมามีสภาพการใช้งานที่ดี พร้อมทั้งได้จัดทำรายงานสำหรับการตรวจเช็คทั้งหมด

บริษัทตัวอย่างจะเป็นผู้จัดเตรียมรายการอะไหล่ที่ต้องใช้เปลี่ยนในแต่ละครั้งของการซ่อมบำรุง โดยจะเสนอราคาอะไหล่ล่วงหน้าเป็นเวลา 2 เดือนก่อนวันที่ต้องทำการซ่อมบำรุงตามกำหนดการซ่อมบำรุงของบริษัทกรณีศึกษา และได้เตรียมขั้นตอนการสั่งซื้อ การสั่งงานไปยังบริษัทผู้ผลิต จนสิ้นสุดที่การส่งมอบสินค้า ทั้งนี้ยังได้จัดทำรายการอะไหล่ที่ควรมีในคลังสินค้าเพื่อใช้ในกรณีฉุกเฉิน โดยใช้วิธีการ Interchangeability

สำหรับโปรแกรมได้จัดทำขึ้น โดยใช้โปรแกรม Delphi ร่วมกับระบบฐานข้อมูลในโปรแกรม Microsoft Access ซึ่งโปรแกรมนี้เป็นเครื่องมือช่วยในการจัดการรายการอะไหล่ทั้งหมดของบริษัทตัวอย่าง และสามารถอำนวยความสะดวกแก่บริษัทตัวอย่างและบริษัทกรณีศึกษาได้เป็นอย่างมาก

8.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อช่วยในการจัดการอะไหล่ของวาล์วควบคุมให้ตรงกับแผนงานการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันของบริษัทกรณีศึกษา ข้อเสนอแนะจากการศึกษานี้เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับอนาคต ดังนี้

8.2.1 ควรจัดทำจำนวนวาล์วควบคุมเพิ่มขึ้น จนครบทั้งหมดที่มีในบริษัทกรณีศึกษา เพื่อเป็นระบบงานที่ครอบคลุมวาล์วทั้งหมดในบริษัทกรณีศึกษา

8.2.2 ควรมีการปรับเปลี่ยนแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน ทุก 2 ปี เพื่อความเหมาะสมกับวาล์วควบคุม โดยการนำข้อมูลการซ่อมบำรุงของปีล่าสุด มาประกอบการพิจารณาเพิ่มเติมด้วย

8.2.3 ควรจัดทำกับอุปกรณ์ประเภทอื่นๆ ที่มีหลักการและระบบฐานข้อมูลเหมือนกัน เช่น Regulator, Relief Valve หรือ Switching Valve เป็นต้น

8.2.4 หากวาล์วที่มีความสำคัญมากแต่มักเกิดปัญหาขึ้นบ่อย อาจจะทำการเก็บวาล์วควบคุมทั้งตัว เพื่อใช้เปลี่ยนวาล์วทั้งตัวแทนการเปลี่ยนเฉพาะอะไหล่ ทั้งนี้อาจจะมีการตกลงทำสัญญาบริษัทตัวอย่างเป็นกรณีพิเศษ

8.2.5 หากทางบริษัทกรณีศึกษามีงบประมาณ ควรจัดซื้ออุปกรณ์ FlowScanner เพื่อใช้ในการตรวจสอบวาล์วแบบ Condition Base วิธีนี้จะให้ผลการซ่อมบำรุงดีกว่า และช่วยลดจำนวนพนักงานในการซ่อมบำรุงด้วย

8.2.6 บริษัทผู้ผลิตควรจัดทำการวิเคราะห์หาอายุการใช้งานของอะไหล่ที่จำเป็นสำหรับการใช้งานประเภทต่าง ๆ เพื่อเป็นประโยชน์ในการซ่อมบำรุงในอนาคต

8.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา

8.3.1 ระบบงานใหม่ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเสนอราคา คือช่วยลดขั้นตอนในการตรวจเช็คราคา กำหนดส่งมอบ จำนวนสินค้าในคลังสินค้า อีกทั้งยังลดการทำงานด้านเอกสารอีกด้วย

8.3.2 ช่วยลดความผิดพลาดอันเนื่องมาจากการคำนวณราคาขาย การตัดจำนวนสินค้าคงคลังผิดพลาดได้

8.3.3 ช่วยให้ฝ่ายขายทราบสถานะของงานเสนอราคา รวมทั้งสามารถช่วยค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับวาล์วควบคุมได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น

8.3.4 ช่วยให้ฝ่ายขายทำงานเสนอราคาขายอะไหล่ได้ โดยไม่ต้องรอช่างเทคนิคตรวจหารายการอะไหล่ให้เพราะได้ทำการจัดเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูลแล้ว

8.3.5 ช่วยประหยัดเวลาและลดขั้นตอนของการทำงานของฝ่ายจัดซื้อและฝ่ายซ่อมบำรุงที่ไม่ต้องทำเรื่องสอบถามราคาอะไหล่มายังบริษัทตัวอย่าง

8.3.6 สามารถลดปริมาณการเก็บอะไหล่ในคลังสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาและทำให้บริษัทตัวอย่างขายอะไหล่ได้มากขึ้น

8.3.7 งานวิจัยนี้เหมาะสำหรับบริษัทกรณีศึกษา เพราะเป็นการร่วมกันจัดทำขึ้น แต่อย่างไรก็ตามสามารถนำไปใช้กับบริษัทอื่นได้ ต้องทำการจัดเก็บฐานข้อมูลและวางแผนงานซ่อมบำรุงใหม่

8.4 ปัญหาและอุปสรรคในการศึกษา

เมื่อเริ่มทำการเก็บข้อมูล สามารถทำได้ยากเพราะบริษัทกรณีศึกษาอยู่ห่างไกล ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง และการเข้าพบเพื่อทำการสอบถามจะต้องทำการนัดล่วงหน้า บางครั้งเกิดปัญหาไม่สามารถเข้าพบได้ เพราะพนักงานในบริษัทกรณีศึกษามีงานที่ต้องทำมาก

จากแผนงานการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันที่จัดทำขึ้น จะเกิดปัญหาขึ้นได้ หากทางบริษัทกรณีศึกษาไม่สามารถทำการซ่อมบำรุงได้ตรงตามแผนการซ่อมบำรุง อันเนื่องมากจากเหตุผล

ภายในบริษัท เช่น การสไตรท์ของพนักงาน การลาออกของพนักงาน การเกิดอุบัติเหตุภายในโรงงาน พนักงานซ่อมบำรุงไม่เพียงพอกับงานซ่อมบำรุง การเปลี่ยนแปลงนโยบายการซ่อมบำรุง หรือการเกิดเหตุสุดวิสัยจากธรรมชาติ เช่นการเกิดฝนตกหนัก การเกิดฟ้าผ่า เป็นต้น ทำให้การซ่อมบำรุงต้องถูกเลื่อนออกไปก่อน ซึ่งจะกระทบกับการทำงานของบริษัทตัวอย่าง และทำให้ต้องทำการปรับเปลี่ยนแผนการซ่อมบำรุงใหม่ด้วย

8.5 บทสรุป

จากการศึกษาวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ พบว่าสามารถจัดทำแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันของวาล์วควบคุมแก่บริษัทกรณีศึกษา ซึ่งเป็นระบบที่น่าเชื่อถือและเหมาะสมกับการทำงานของบริษัทการซ่อมบำรุงของบริษัทกรณีศึกษา เพราะได้จัดทำจากข้อมูลจริงและประวัติเดิมที่สำคัญทั้งหมด สำหรับรายการอะไหล่ที่ต้องใช้ในการซ่อมบำรุง ทางบริษัทตัวอย่างจะช่วยจัดเตรียมรายการอะไหล่ ซึ่งจะเป็นรายการอะไหล่ที่ถูกต้องกับวาล์วควบคุมเพราะบริษัทตัวอย่างมีประสบการณ์ในการเลือกรายการอะไหล่ โดยสามารถเช็คจากประวัติของวาล์วควบคุมจากบริษัทผู้ผลิตและจากคู่มือการซ่อมบำรุง การเสนอราคาอะไหล่ล่วงหน้าก่อนการซ่อมบำรุง เพื่อให้ทางบริษัทกรณีศึกษาได้เตรียมการสั่งอะไหล่เพื่อใช้ในการซ่อมได้ทันเวลา สำหรับบริษัทตัวอย่างสามารถลดขั้นตอนและระยะเวลาในการจัดทำใบเสนอราคา ตลอดจนใบสั่งงานได้ และบริษัทกรณีศึกษาสามารถลดขั้นตอนการจัดเตรียมอะไหล่ตามแผนการซ่อมบำรุง อีกทั้งยังไม่ต้องทำการเก็บอะไหล่เป็นจำนวนมากในคลังสินค้า ซึ่งทำให้การซ่อมบำรุงทั้งหมดมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง ลดค่าใช้จ่ายในการเก็บอะไหล่ และลดความสูญเสียอันเกิดจากการขัดข้องของวาล์วควบคุมด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, จำลอง คุรุอุตสาหะ, การออกแบบฐานข้อมูล, กรุงเทพมหานคร: หจก.ไทยเจริญการพิมพ์, 2542

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, จำลอง คุรุอุตสาหะ, คัมภีร์ระบบฐานข้อมูล, กรุงเทพมหานคร: หจก.ไทยเจริญการพิมพ์, 2542

ชิดพงศ์ ประดิษฐสุวรรณ, การบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงปฏิบัติ, กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2535

นท.ตระการ ก้าวกสิกรรม, พท. พิศักดิ์ เจริญภักดี, คู่มือการเลือกใช้งานวาล์ว, กรุงเทพมหานคร: บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2539

ปริทรรศน์ พันธุบรรยงก์, หลักสูตรการบำรุงรักษาทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม, กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 2536

สุรศักดิ์ องอาจถาวร, แนวความคิดเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเครื่องจักร, กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2535

สุวิช พึ่งเจริญ, การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ของการบำรุงรักษาเครื่องจักร, กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2535

วิจิตร ตัณฑสุทธิ, วันชัย ริจิรวนิช, ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, การวิจัยดำเนินงาน, กรุงเทพมหานคร: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2540

ภาษาอังกฤษ

Chaichan Chareonsuk, Maintenance Planning in Production Systems : a Case Study in the Thai Paper Co., Ltd., Degree of Master of Engineering, Asian Institute of Technology, 1995

K.C. Lam, Setting up a building services Maintenance Scheme, Southeast Asia Facility Management, 2001

Lowa Marshalltown, Fisher Control Valve Hand Book, 1977

Prapan Nitikhunkasem, Expert System for Maintenance Management, Degree of Master of Engineering, Asian Institute of Technology, 1992

Raymond McLead, Management Information Systems, Prentice Hall,Inc, 1995

Supakorn Sookpunya, A Decision Support System in Strategic Information Systems Planning: A case study in a newly established computer business, Degree of Master of Engineering in Engineering Management, Chulalongkorn University, 2000

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
ข้อแนะนำในการซ่อมบำรุงวาล์วควบคุม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อแนะนำในการซ่อมบำรุงวาล์วควบคุม

วัตถุประสงค์

1. บอกลำดับขั้นการถอด CONTROL VALVE เพื่อทำการตรวจสอบได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย
2. อธิบายวิธีการตรวจสอบ CONTROL VALVE เพื่อทำการบำรุงรักษา
3. บอกลำดับขั้นตอนการประกอบ CONTROL VALVE ได้อย่างถูกต้อง
4. สอบเทียบและปรับ VALVE POSITIONER เพื่อให้ CONTROL VALVE ทำงานถูกต้อง

TEST BEFORE CALIBRATION

1. ต่อ AIR SUPPLY ให้กับ VALVE POSITIONER
2. ป้อนสัญญาณควบคุม VALVE POSITIONER ที่ 0-25-50-75-100% และ 100-75-50-20-0%
3. บันทึกค่าเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่ของ VALVE PLUG ลงในตาราง CALIBRATION SHEET

ขั้นตอนการถอด CONTROL VALVE

1. ทำให้ VALVE PLUG STEM เคลื่อนที่ลงต่ำสุด (ป้อนสัญญาณ INPUT 100% ถ้าเป็นชนิด AIR TO ZERO)
2. ปลด STEM CONNECTOR ออก โดยคลายนัตล็อค
3. ลดสัญญาณ INPUT ลงที่ 0%
4. หมุนนัตล็อค VALVE STEM เพื่อแยก VALVE STEM ออกจาก ACTUATOR STEM
5. ค่อย ๆ วาง VALVE STEM ลง, ให้ VALVE PLUG นั่งลงบน SEAT RING(ระวังอย่าให้กระแทกโดยเด็ดขาด)
6. ทำการ MARK LINE ระหว่าง ACTUATOR กับ BONNET

7. ใช้ค้อนและเหล็กช่าง ตอกให้ YOKE LOCK NUT คลายออก แล้วหมุนออกจาก BONNET ด้วยมือ
8. ยก ACTUATOR ออกจาก BONNET
9. ถอดนัตล็อค VALVE STEM และแผ่น TRAVEL INDICATOR ออกจาก VALVE PLUG STEM
10. ทำการ MARK LINE ระหว่าง BONNET กับ BODY
11. ถอดนัตล็อค BONNET ออก (ควรถอดตรงข้ามกัน)
12. ยก BONNET ออกจาก VALVE BODY (ระวังอย่าให้ VALVE PLUG ถูกกระแทก)
13. ถอด PACKING FLANGE ออกโดยการถอดนัตล็อค 2 ตัว
14. แยก VALVE PLUG STEM ออกจาก BONNET
15. ถอด SEAT RING ออกจาก BODY ด้วย SEAT RING RETAINER
16. ทำความสะอาด BODY ,TRIM, BONNET
17. ตรวจสภาพของ BODY,TRIM,BONNET แล้วบันทึกรายละเอียดลงใน CONTROL VALVE INSPECTION SHEET

ขั้นตอนการประกอบ CONTROL VALVE

1. ทาสารเคลือบผิวที่เกลียวของ SEAT RING
2. สวม SEAT RING เข้ากับเกลียวของ BODY ค่อย ๆ หมุนด้วยมือจนตึง
3. ขัน SEAT RING ด้วย SEAT RING RETAINER ให้แน่นตามค่าที่กำหนดมาจากบริษัทผู้ผลิต
4. ทาสารเคลือบผิวลงบนผิวของ BONNET – GASKET แล้ววางลงที่บ่าด้านบนของ BODY
5. สวม VALVE PLUG เข้ากับ BONNET
6. ประคอง VALVE PLUG แล้วยก BONNET สวมลงบน BODY ให้ตรงตำแหน่ง MARK LINE ที่ทำไว้
7. ทาสารเคลือบผิวลงบนเกลียวของ BONNET STUD
8. ขันนัต BONNET ให้แน่นด้วยค่า TORQUE WRENCH ตามที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด

9. ประกอบ PACKING และส่วนประกอบลงใน PACKING BOX
10. ขันนัต PACKING FLANGE ให้แน่นพอควรทดลองดึง VALVE STEM ขึ้น-ลง ให้สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยมือ
11. ประกอบ ACTUATOR เข้ากับ BONNET ให้ตรงกับตำแหน่ง MAKER LINE ที่ทำไว้
12. ขัน YOKE LOCK NUT ให้แน่น โดยใช้ค้อนตีกับเหล็กส่ง
13. ประกอบ STEM CONNECTOR เพื่อยึด VALVE STEM กับ ACTUATOR STEM
14. ตั้ง TRAVEL INDICATOR อยู่ที่ตำแหน่ง 100 % แล้วล็อคนัตให้แน่นพอควร
15. ป้อนสัญญาณ INPUT VALVE STEM จะต้องอยู่ในตำแหน่งปิดสุด
16. ขันนัต VALVE STEM ถ้า VALVE STEM ไม่เคลื่อนที่ แสดงว่า VALVE อยู่ตำแหน่งปิดสุด 0% แต่ถ้า VALVE STEM สามารถเคลื่อนที่ลงไปได้อีก ให้ขันนัต VALVE STEM เพื่อให้ VALVE PLUG สัมผัสกับ SEAT RING เมื่อเริ่มสัมผัสแล้วให้ขัน VALVE STEM เข้าเบา ๆ จนแน่น
17. ปรับ TRAVEL INDICATOR ให้ตรงตำแหน่งของสเกลที่ 0 % แล้วขันล็อคนัต VALVE STEM ให้แน่น
18. ทำการปรับ VALVE POSITIONER ต่อไป

การถอด VALVE ACTUATOR

หลังจากที่ทำการถอดแยก VALVE ACTUATOR ออกจาก VALVE BONNET แล้วถ้าการบำรุงรักษาอยู่ในช่วงเวลาที่จะต้องตรวจสอบการทำงานก็ไม่จำเป็นต้องถอด แต่ถ้าตรวจสอบการทำงานแล้ว VALVE ACTUATOR ที่มีปัญหาจะต้องทำการถอดชิ้นส่วนออกเพื่อตรวจสอบส่วนที่เสียหาย อีกประการหนึ่ง ถ้าการบำรุงรักษาพอดีกับช่วงวาระของการตรวจสอบชิ้นส่วนและตรวจสอบการทำงานแล้ว ช่างซ่อมบำรุงจะต้องถอดแยกชิ้นส่วนเพื่อทำการตรวจสอบ ตัวอย่างเช่นแผ่นไดอะแฟรม (DIAPHRAGM) ที่ทำหน้าที่รับความดัน จะต้องตรวจสอบหารอยรั่วและตรวจสอบสภาพ-อายุการใช้งานที่สามารถจะทำงานต่อไปได้ แผ่นไดอะแฟรมที่ทำงานกับวาล์วควบคุม อยู่ในเขตที่มีอุณหภูมิและมีสารกัดกร่อนอยู่ อายุการใช้งานจะสั้นกว่าไดอะแฟรมที่ใช้งานกับอุณหภูมิปกติและไม่อยู่ในเขตที่มีสารกัดกร่อน

ขั้นตอนที่จะกล่าวต่อไปนี้ อธิบายกับการถอด VALVE ACTUATOR แบบ REVERSE ACTING

ขั้นตอนการถอด VALVE ACTUATOR

1. ถอดอุปกรณ์ประกอบที่ติดอยู่กับ VALVE ACTUATOR ออก เช่น AIR PRESSURE REGULATOR ท่อลม (AIR TUBING OR PIPING)
2. หมุนคลาย SPRING ADJUSTER ทวนเข็มนาฬิกา เพื่อคลายแรงดันของสปริง
3. แยก SPRING ADJUSTER, SPRING SEAT และ ACTUATOR SPRING ออกจาก ACTUATOR STEM
4. ถอดแยกฝาครอบ (DIAPHRAGM CASE โดยถอด CAP SCREW และ NUT)
5. แยก DIAPHRAGM , DIAPHRAGM PLATE และ ACTUATOR STEM กับ SEAT BUSHING ออกจากกัน ระวังอย่าให้ O-RING เกิดความเสียหาย
6. แยกส่วนประกอบตามข้อ 5 ออกจากกันโดยหมุนคลายสกรู (CAP SCREW)
7. ถอด O-RING ออกจาก SEAL BUSHING โดยถอดแหวนล็อค (SNAP RING) และตรวจสอบความเสียหายของ O-RING เช่น สภาพเนื้อ ผิว (แข็ง- อ่อน)
8. ทำความสะอาดส่วนประกอบของ VALVE ACTUATOR (ถ้าสีของ ACTUATOR CASE ลอกหรือหลุดออก ควรทำการเคลือบผิวสีใหม่ , ล้าง SEAL BUSHING – ACTUAOR STEM – SNAP RING – SPRING SEAT – SPRING ADJUSTOR ด้วยน้ำมันล้างคราบสิ่งสกปรกและฝุ่น

ขั้นตอนการประกอบ VALVE ACTUATOR

1. ติดตั้ง LOWER DIAPHRAGM CASE โดยยึดเข้ากับ YOKE ด้วย CAP SCREW
2. อัดจารบีลง ในร่องของ O-RING ที่อยู่บน SEAL BUSHING
3. ทาจารบีที่ SEAL BUSHING ติดตั้ง BUSHING เข้ากับด้านบนของ YOKE และล็อคด้วยแหวนล็อค
4. ประกอบ ACTUATOR STEM , LOWER DIAPHRAGM PLATE , DIAPHEAM DIAPHRAGM PLATE และ CAP SCREW กับ SPACER เข้าด้วยกันเสร็จแล้วสวมเข้ากับ YOKE ผ่าน BUSHING (ระวังจะเสียดสีกับ O-RING)
5. ติดตั้ง DIAPHRAGM CASE และล็อคด้วย CAP SCREW กับ NUT ให้แน่นโดยรอบ
6. ติดตั้ง ACTUATOR SPRING และ SPRING SEAT เข้ากับ ACTUATOR STEM
7. ทาจารบีลงบนเกลียวของ SPRING ADJUSTERและหมุน ADJUSTER เข้ากับ ACTUATOR STEM ให้อัดเข้ากับ SPRING SEAT

8. ตรวจสอบเทียบ (CALIBRATION) ACTUATOR ให้ทำงานตามคุณสมบัติจำเพาะ (SPECIFICATION)

CONTROL VALVE POSITIONER CALIBRATION

CHECK BEFORE ADJUSTMENT

1. ทำการตรวจเช็คสภาพภายนอกของ CONTROL VALVE. ตรวจสอบค่า BENCH SET, AIR SUPPLY , INPUT SIGNAL จาก DATA PLATE
2. เตรียมการ TEST ทำการต่ออุปกรณ์ตามรูป TEST SET UP, เปิด AIR SUPPLY
3. ป้อนสัญญาณ INPUT ที่ 0-25-75-100 % และ 100-75-50-25-0 ~%
4. บันทึกเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่ของ VALVE PLUG ลงในตาราง CALIBRATION SHEET

ADJUSTMENT

ทำการปรับ VALVE POSITIONER หลังจากทำการตรวจสอบสภาพของ BODY, TRIM, BONNET เรียบร้อย แล้ว

1. ตรวจสภาพปรับของ CONTROL VALVE อย่างละเอียด, ตรวจสอบความถูกต้องของ LUBRICATE
2. ทำการต่ออุปกรณ์ตามรูป TEST SET UP, ทำการเปิด AIR SUPPLY
3. ป้อนสัญญาณ INPUT ที่ 0%
4. อ่านค่าแรงดัน OUTPUT ของ POSITIONER จะต้องมีค่าเท่ากับค่าแรงดันของ BENCH SET ที่ 0%
5. ถ้าอ่านค่าแรงดัน OUTPUT ไม่ถูกต้องทำให้การปรับ ZERO SPRING ของ POSITIONER จนอ่านค่าแรงดัน OUTPUT ได้ถูกต้องกับค่า BENCH SET ที่ 0%
6. ใช้มือสัมผัสความรู้สึกที่ VALVE STEM ป้อนสัญญาณ INPUT ที่ 1 – 2 % VALVE STEM จะต้องเริ่มเคลื่อนที่
7. ถ้า VALVE STEM ไม่เคลื่อนที่ให้ทำการปรับ ACTUATOR SPRING โดยหมุน SPRING ADJUSTOR (ทวนเข็มเป็นการลด, ตามเข็มเป็นการเพิ่ม)
8. ทำการตั้ง TRAVEL INDICATOR ที่ 0 % ล็อคนัตให้แน่น

9. ป้อนสัญญาณ INPUT 100 % TRAVEL INDICATOR จะต้องชี้ที่ 100 %
10. ถ้า TRAVEL INDICATOR ชี้ไม่ถูกต้องให้ทำการปรับ TRAVEL FEED BACK ARM (COARSE)หรือ FEED BACK SPRING(FINE)
11. ป้อนสัญญาณที่ 0-25-50-75-100% และ 100-75-50-25-0% บันทึกการเคลื่อนที่ของ VALVE ลงในตาราง CALIBRATION SHEET

การบดวาล์ว (VALVE LAPPING)

หมายถึงกระบวนการของการทำงานเพื่อปรับแต่งผิวหน้าสัมผัส (Seat Ring Surface) ระหว่าง Valve Plug กับ Valve Seat ด้วยสารขัดผิว (Abrasive or Compound) ขั้นตอนการบดหน้าวาล์ว ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ติดตั้ง SEAT RING
2. การประกอบ VALVE PLUG และ BONNET
3. การใช้เครื่องมือสำหรับบดวาล์ว
4. วิธีการบดวาล์ว
5. ตรวจสอบผิวสัมผัสหลังจากการบดวาล์ว

การติดตั้ง SEAT RING

1. ก่อนที่จะทำการประกอบ SEAT RING เข้ากับ BODY จะต้องทาสารเคลือบผิวรอบ ๆ เกลียว ของ SEAT RING ก่อน
2. ใส่ SEAT RING เข้ากับ VALVE BODY โดยใช้มือหมุนเกลียวของ SEAT RING เข้ากับ BODY (ระวังอย่าให้ปีนเกลียว)
3. ขัน SEAT RING ให้แน่นตาม SPEC. ของบริษัทผู้ผลิต อย่าขันแน่นเกินไปเพราะจะทำให้เสียหายต่อเกลียวได้ การขันควรใช้เครื่องมือเฉพาะอย่างของวาล์วแต่ละแบบ

ประกอบ VALVE PLUG **และ** BONNET

1. เพื่อประกอบ SEAT RING ลงใน BODY แล้วเราจะนำ VALVE PLUG ใส่ลงใน VALVE BODYและสวมอยู่กับ SEAT RING ก่อนนั้นจะต้องทาผงขัด (LAPPING COMPOUND) ที่ผิวสัมผัสของVALVE PLUG กับ SEAT RING (ทาเป็นจุดที่ SEATING SUPEACE) ถ้าทามากเกินไปจะทำให้เกิดการสิ้นเปลืองโดยใช่เหตุ

2. สวม VALVE GAGE ลงใน VALVE BODY หมุน VALVE GAGE ให้เคลื่อนตัวอยู่ใน VALVE BODY เพื่อให้แน่ใจว่า SEAT RING กับ VALVE PLUG อยู่ในศูนย์เดียวกัน
3. ทาน้ำมันหล่อลื่นที่ผิวของ VALVE PLUG เพื่อลดความฝืดระหว่างผิว VALVE PLUG กับ VALVE GAGE
4. วาง BONNET ลงบน VALVE BODY ขันให้แน่นด้วยนัต ใช้มือดึง VALVE PLUG ให้เคลื่อนที่ ขึ้นลง ใน BONNET และ VALVE BODY เพื่อให้แน่ใจว่า VALVE PLUG สามารถเคลื่อนที่อยู่ในVALVE BODY ได้
5. ใส่ PACKING ลงใน RAVKING BOX ของ BONNET จะทำหน้าที่ช่วยประคองก้านวาล์วระหว่างทำการบดวาล์ว

การใช้เครื่องมือสำหรับบดวาล์ว

เครื่องมือที่ใช้ในการบดวาล์ว จะช่วยในการหมุนก้านวาล์วในขณะทำการบดวาล์วให้ใช้แรงน้อยและกดผิวสัมผัส ของ VALVE PLUG กับ SEAT RING ให้สัมผัสกันในแนวของศูนย์กลางตลอดเวลาการหมุน

ลักษณะของเครื่องมือนี้มีลักษณะคล้าย ๆ พวงมาลัยรถยนต์ ติดตั้งที่เกลียวของ VALVE STEM ยึดติดกับ VALVE STEM ด้วยนัต

วิธีการบดวาล์ว

การบดวาล์วดังต่อไปนี้ จะทำการบด VALVE PLUG และ SEAT RING ถึง 4 จุดด้วยกัน โดยจะบดห่างกัน 90 องศา โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. สังเกตจุดเริ่มต้นของเครื่องมือก่อนทำการบด และทำ MARK LINE ไว้
2. หมุนเครื่องมือวงล้อกลับไปกลับมา โดยจะหมุนกี่ครั้งนั้นขึ้นอยู่กับสภาพการสึกของ PLUG & SEAT ขณะหมุนไม่จำเป็นต้องกดก้านวาล์วลงไปอีก เพราะน้ำหนักของเครื่องมือ, ก้านวาล์ว , VALVE PLUG ก็มีมากพอที่จะทำให้ VALVE PLUG สัมผัสกับ SEAT
3. เมื่อหมุนได้ครบตามจำนวนครั้งที่กำหนดแล้วให้ยกเครื่องมือขึ้น VALVE PLUG จะยกขึ้นด้วยแล้วเลื่อนจากตำแหน่งเดิม 90 องศา แล้ววางเครื่องมือลงช้า ๆ ไม่ให้ VALVE PLUG กระแทกกับ SEAT
4. ทำเช่นเดียวกับข้อ 3 จนกระทั่งครบ 360 องศา ตรงกับที่ทำ MARK ไว้

หลังทำการบดวาล์วตามขั้นตอนดังกล่าวข้างต้นแล้ว ถ้าผลยังไม่เป็นที่น่าพอใจ (SEAT SURFACE ยังไม่ได้) เราจะต้องทำการบด VALVE ใหม่อีก ก่อนจะทำการบดครั้งต่อไปเราจะต้องทำความสะอาด VALVE PLUG และ SET ให้สะอาด

<u>การตรวจสอบผิวสัมผัสหลังการบดวาล์ว</u>

1. การทดสอบด้วยตา

   ตรวจสอบดูผิวสัมผัส (SEAT SURFACE) จะต้องเรียบและเป็นเงา ความเรียบจะต้องสม่ำเสมอ ตลอดเส้นรวบวงของผิวสัมผัส ความกว้างของผิวสัมผัส ตลอดเส้นรอบวงจะต้องมีขนาดเท่ากันตลอด

2. การทดสอบด้วยสี

   คุณสมบัติของสีที่จะทำการตรวจสอบ

   1. เกาะตัวได้ดีกับผิวของโลหะ
   2. ไม่เหนียวจนเกินไป
   3. สามารถเช็ดออกได้ง่าย
   4. ไม่แข็งตัวขณะเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง

ขั้นตอนการตรวจสอบด้วยสี

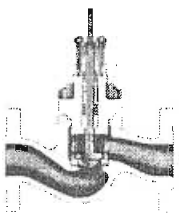
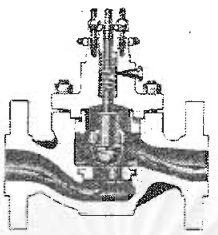
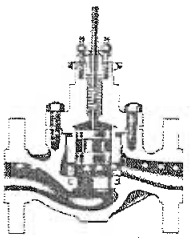
1. ทำความสะอาดผิวสัมผัสของ SEAT SURFAC ให้สะอาด
2. นำสีแตะผิวสัมผัสทั้งสองส่วนเป็นระยะ ๆ ตามแนวเส้นรอบวงที่สัมผัส
3. หมุน VALVE PLUG ให้สัมผัสกับ SEAT (2-3 รอบ)
4. ยก VALVE PLUG และ SEAT เพื่อตรวจสอบผิว ถ้าสีไม่สม่ำเสมอแสดงว่าผิวสัมผัสยังไม่ดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างของวาล์วควบคุม

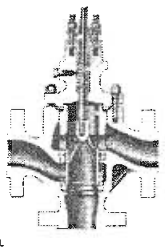
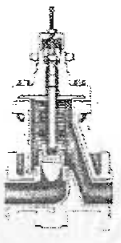
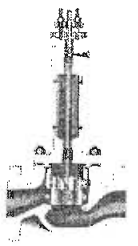
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Fisher Controls Sliding-Stem Valves

 W6377-1/IL DESIGN CP	 W2966-1/IL DESIGN EZ	 W3421-3/IL DESIGN ES
Applications		
General service for controlling liquids and gases, with severe service capability and extensive range of alloy materials	**easy-e** heavy-duty general service for controlling liquids and gases, including viscous and other hard-to-handle fluids. UOP applications.	**easy-e** heavy-duty, general-service and severe service valve for clean liquids and gases
Style		
Single-port with integral flanges, stem-guided, seat retainer, quick-change trim	Single-seated, post-guided globe or angle valve. Unbalanced Seat retainer Metal or soft seats	Cage-guided globe or angle valve Unbalanced trim Cage-retained seat
Sizes		
1/2 through 4 inches	1/2 through 4 inches	Design ES: 1/2 through 8 inches Design EWS: 4 x 2 through 12 x 8 inches
Ratings		
ANSI Class 150 and 300	ANSI Class 125, 300, or 600	Design ES: ANSI Class 150, 300, or 600 Design EWS: ANSI Class 300, 600, or 900
End Connections		
Integral raised-face flanges	Screwed NPT female, flat- or raised-face flanged, ring-type joint, socket-weld, and buttwelding ends	Screwed NPT female, flat- or raised-face flanged, ring-type joint, socket-weld, and buttwelding ends
Valve Body Materials		
1/2 and 3/4 inch: stainless steel (to ASME or ASTM specifications) 1 through 4 inch: steel, 316L stainless steel, alloy 20, Monel, Hastelloy, 304L (to ASME or ASTM specifications)	Cast iron, steel, alloy steel, stainless steel (to ASME, ASTM, or DIN specifications)	Cast iron, steel, alloy steel, stainless steel (to ASME, ASTM, or DIN specifications)
Valve Plug and Seat Ring (Trim) Materials		
1/2 and 3/4 inch (stainless steel with or without alloy 6 on plug/stem 1 through 4 inch (stainless steel with or without alloy 6 on seat)	Stainless steel with or without alloy 6 on seat or seat and guide Soft seat is PTFE	Stainless steel with or without alloy 6 on seat or seat and guide Soft seat is PTFE
Flow Characteristics and Maximum Flow Coefficients		
Equal percentage or linear Maximum C_v from 2.63 to 195	Quick opening, linear, or equal percentage Maximum C_v from 4.47 to 190	Quick opening, linear, or equal percentage Maximum C_v from 6.53 to 1110
Shutoff Class (ANSI/FCI 70-2)		
1/2 and 3/4 inch (Class IV standard with metal seats, Class V optional with metal seats) 1 through 4 inch (Class IV standard with metal seats, Class V optional with metal seats, or Class VI with optional soft seats)	Class IV (standard with metal seats), Class V (optional with metal seats), or Class VI (with optional soft seats)	Class IV (standard with metal seats), Class V (optional with metal seats), or Class VI (with optional soft seats)
Available Actuator Types (Refer to Pages 6 and 7)		
System 9000 FloVue final control system; Type 657 or Type 667 spring and diaphragm; Type 585C or 585CR piston	System 9000 FloVue final control system; Type 657 or Type 667 spring and diaphragm; Type 585C or 585CR piston	System 9000 FloVue final control system; Type 657 or Type 667 spring and diaphragm; Type 585C or 585CR piston

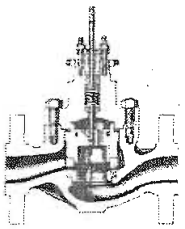
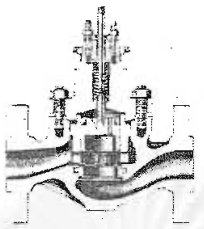
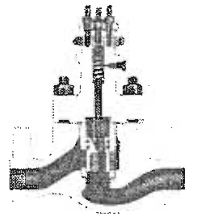
ตารางที่ ข-2 แสดงสินค้าของวาล์วควบคุม

Fisher Controls Sliding-Stem Valves

 W0665-3/IL DESIGNS YD AND YS	 W4521-2/IL DESIGN RSS	 W5397-1/IL DESIGNS ET-C, EWT-C, AND EZ-C
Applications		
Three-way valves for flow-mixing or flow-splitting service.	Lined valve for severely corrosive or toxic process fluids. An economic alternative to alloy valve bodies. Limited in pressure and temperature.	**easy-e** heavy-duty, general and severe service cryogenic valve for tight shutoff with clean liquids and gases with higher pressure drops and temperatures to −325°F (−198°C)
Style		
Cage-guided three-way globe valves Balanced (Design YD) or unbalanced (Design YS) trim	Fully lined, single-seated, unbalanced globe valve. Bellows stem seal	Cage-guided globe valve w/ balanced trim (ET-C and EWT-C) or Post-guided valve w/ unbalanced trim (EZ-C) Cage-retained seat (ET-C and EWT-C) Seat ring retained by spacer (EZ-C)
Sizes		
1/2 through 6 inches	1/2 through 4 inches (face-to-face dimensions to ANSI/ISA or DIN specifications)	Design ET-C: 3 through 8 inch Design EWT-C: 6 x 4 through 10 x 8 inches Design EZ-C: 1 through 4 inch
Ratings		
ANSI Class 125, 150, 250, 300, or 600	ANSI Class 150 or 300	ANSI Class 150, 300, or 600
End Connections		
NPT female, ANSI Class 125, 150, 250, 300, or 600 flat- or raised-face flanged, and ring-type joint	Raised-face flanges	Raised-face flanges
Valve Body Materials		
Cast iron, steel, alloy steel, stainless steel (to ASME, ASTM, or DIN specifications)	Ductile iron, steel, or stainless steel with PFA liner	Stainless steel (to ASME, ASTM, or DIN specifications)
Valve Plug and Seat Ring (Trim) Materials		
Stainless steel	Pure modified PTFE, PTFE bellows, or Hastelloy C276 bellows	Stainless steel valve plug with alloy 6 on seat or seat and guide. Stainless steel seat ring.
Flow Characteristics and Maximum Flow Coefficients		
Linear Maximum C_v from 8.42 to 567	Equal percentage Maximum C_v from 0.212 to 145	Quick opening, linear, or equal percentage Maximum C_v from 136 to 863 (ET-C) Maximum C_v from 271 to 1040 (EWT-C) Maximum C_v from 13.2 to 223 (EZ-C)
Shutoff Class (ANSI/FCI 70-2)		
Class II or IV (Design YD) Class IV or V (Design YS)	Class VI (soft seat)	Class IV (ET-C, EWT-C, and EZ-C) Standard Air Test is optional for ET-C and EWT-C. Class VI Optional (EZ-C) All classes shown are at ambient temperature.
Available Actuator Types (Refer to Pages 6 and 7)		
System 9000 FloVue final control system; Type 657 or Type 667 spring and diaphragm; Type 585C or 585CR piston	System 9000 FloVue final control system; Type 657 or Type 667 spring and diaphragm; Type 585C or 585CR piston	System 9000 FloVue final control system; Type 657 or Type 667 spring and diaphragm; Type 470, 585C or 585CR piston

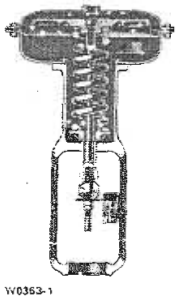
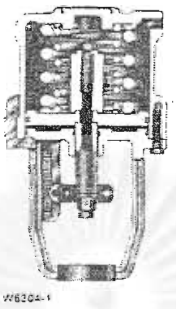
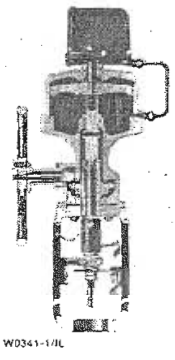
ตารางที่ ข-3 แสดงสินค้าของวาล์วควบคุม

Fisher Controls Sliding-Stem Valves

 DESIGN ED	 DESIGN ET	 DESIGNS HP AND EH
Applications		
easy-e heavy-duty, general and severe service valve for clean liquids and gases with higher pressure drops but where tight shutoff is not required.	**easy-e** heavy-duty, general and severe service valve for tight shutoff with clean liquids and gases with higher pressure drops and temperatures to 450°F (to 600°F with optional seal materials)	For high-pressure and severe service applications
Style		
Cage-guided globe or angle valve Balanced trim Cage-retained seat	Cage-guided globe or angle valve Balanced trim Cage-retained seat	Cage-guided globe or angle valve Balanced or unbalanced trim
Sizes		
Design ED: 1/2 through 8 Design EWD: 4 x 2 through 24 x 20 inches	Design ET: 1/2 through 8 Design EWT: 4 x 2 through 24 x 20 inches	Design HP: 1 through 6 inches Design EH: 1 through 20 inches
Ratings		
Design ED: ANSI Class 150, 300, or 600 Design EWD: ANSI Class 300, 600, or 900	Design ET: ANSI Class 125, 300, or 600 Design EWT: ANSI Class 300, 600, or 900	ANSI Class 900, 1500, 2500, or intermediate ANSI ratings
End Connections		
Screwed NPT female, flat- or raised-face flanged, ring-type joint, socket-weld, and buttwelding ends	Screwed NPT female, flat- or raised-face flanged, ring-type joint, socket-weld, and buttwelding ends	Raised-face flanged, ring-type joint, socket-weld, and buttwelding ends Expanded ends
Valve Body Materials		
Cast iron, steel, alloy steel, stainless steel (to ASME, ASTM, or DIN specifications)	Cast iron, steel, alloy steel, stainless steel (to ASME, ASTM, or DIN specifications)	Cast iron, steel, alloy steel, stainless steel (to ASME, ASTM, or DIN specifications)
Valve Plug and Seat Ring (Trim) Materials		
Stainless steel with or without alloy 6 on seat or seat and guide	Stainless steel with or without alloy 6 on seat or seat and guide Soft seat is PTFE	Stainless steel with or without alloy 6 on seat or seat and guide
Flow Characteristics and Maximum Flow Coefficients		
Quick opening, linear, or equal percentage Maximum C_v from 17.2 to 6500	Quick opening, linear, or equal percentage Maximum C_v from 17.2 to 6500	Linear, equal percentage, or characterized Maximum C_v from 0.354 to 2600
Shutoff Class (ANSI/FCI 70-2)		
Class II (standard) Class III or IV (optional depending on size) Class V (w/ C-seal trim)	**Standard Air Test:** 0.05 mL/min/psid/inch of port diameter (standard with soft seat) Class IV (standard with metal seats), Class V (optional with soft or metal seats)	Class II, III, IV, or V (depending on size and construction)
Available Actuator Types (Refer to Pages 6 and 7)		
System 9000 FloVue final control system; Type 657 or Type 667 spring and diaphragm; Type 585C or 585CR piston	System 9000 FloVue final control system; Type 657 or Type 667 spring and diaphragm; Type 585C or 585CR piston	Type 657 or Type 667 spring and diaphragm; Type 470, 490, 585C or 585CR piston

ตารางที่ ข-4 แสดงสินค้าของวาล์วควบคุม

Globe Valve Actuators

 W0363-1 TYPES 657 AND 667	 W6204-1 TYPE 585C, 585CR, 585, AND 585R	 W0341-1/IL TYPE 470 and 490
Features		
Heavy-duty actuators	Heavy-duty actuators	Heavy-duty actuators for large valves and valves with long travel
Style		
Spring-return pneumatic diaphragm	Double-acting piston or spring-bias piston	Double-acting piston
Typical Maximum Thrust, Newtons (Varies with Operating Pressure, Spring, and Construction)		
169 000	70 300 at 10.3 bar operating pressure	100 000 at 8.6 bar operating pressure
Accessories		
Pneumatic or electro-pneumatic valve positioners, FIELDVUE® digital valve controller, limit switches, position transmitters, handwheels, travel stops, and supply pressure filter-regulator	Pneumatic or electro-pneumatic valve positioners, FIELDVUE® digital valve controller, limit switches, position transmitters, handwheels, travel stops, and supply pressure filter-regulator	Pneumatic valve positioners, limit switches, position transmitters, handwheels, travel stops, and supply pressure filter-regulator

H415T05

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

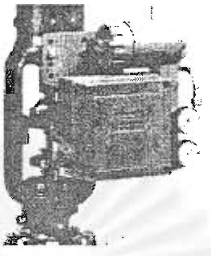
ตารางที่ ข-5 แสดงสินค้าของวาล์วควบคุม

Valve Positioners

Type 3582 and 3582i Valve Positioners (for Type 657 and 667 Actuators)

The Type 3582 pneumatic and 3582i electro-pneumatic valve positioners are accurate, efficient positioners for use with Type 657 and 667 actuators.

The field-proven design is fast to respond to input signal changes and is able to withstand the vibrations of most plants.



W5500

Options... ■ Gauges and ■ bypass valve for direct-acting positioners using full input signal range.

CE Mark... This product has the CE Mark to EMC Directive (electromagnetic compatibility): ■ EN 50081 ■ EN 50082 Namur recommendations--increased levels (refer to the table for other certifications)

Type 3582 and 3582i Positioner Specifications

Type	Input Signal		Supply Pressure	Input Bellows Rating	Operative Temperature	WEIGHT	Connections
3582	0.2 to 1.0 or 0.4 to 2.0 bar	3 to 15 or 6 to 30 psig	0.3 bar above the actuator requirement up to 3.4 bar maximum	2.4 bar	-40 to 71°C	2.5 kg	**Pressure and Vent Connections:** 1/4-inch NPT Type 3582i **Conduit:** 1/2 NPT
3582i	4 to 20 mA constant current with 30 Vdc maximum compliance voltage; equivalent circuit is 120 ohms shunted by three 5.6 V zener diodes		0.3 bar above the actuator requirement up to 3.4 bar maximum	- - -	-40 to 71°C	3.6 kg	

H411T10

Type 3582 and 3528i Capacities and Housing

SUPPLY PRESSURE, BAR	SUPPLY AIR DEMAND, Nm^3/h	AIR CONSUMPTION, Nm^3/h		HOUSING
		Type 3582	Type 3582i	
1.4	4.7	0.38	0.42	IP 54 per IEC 529 classification (weatherproof); vent should be on the side or bottom for weatherproof applications
2.0	7.0	0.48	0.53	
2.4	8.1	0.54	0.59	

H411T11

Type 582i Certifications

INTRINSIC SAFETY OR NON-INCENDIVE		INTRINSIC SAFETY OR NON-INCENDIVE	FLAMEPROOF		DIVISION 2		EXPLOSION-PROOF
PTB	CSA[1] or FM[1]	SAA	LCIE	SAA	CSA	FM	CSA or FM
EEx ia IIC T6	Class I, Division 1, Groups[1] A, B, C, D T5	Ex ia IIC T4 Ex n IIC T4	EEx d IICT6	Ex d IIB T6	Class I Division 2, Groups A, B, C, D Class III, Division 2, Groups E, F, G	Class I Division 2, Groups A, B, C, D Class II, Division 2, Groups F, G	Class I, Division 1, Groups A, B, C, D Class II Division 1, Groups E, F, G

1. Contact your nearest sales office or sales representative for the appropriate FM entity ratings and CSA parametric ratings for each group.

H411T12

ตารางที่ ข-6 แสดงสินค้าของวาล์วควบคุม

ภาคผนวก ค
เอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานซ่อมบำรุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ITEM	TAG NO.	MODEL	APPLICATION	MODEL	ACCESSORIES	TYPE
1	1CAA-ACV-4518	J118227	IGNITER FUEL ATOMIZING AIR PRESS. CONTROL VALVE	1-1/2" 657(34)-ET	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
2	1CAA-ACV-4502	J118228	WARM-UP BURNER ATOMIZING AIR PRESS. CONTROL VALV	1-1/2" 667(34)-ET	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
3	1ECB-ABV-19	J118229	BCP EMERGENCY COOLING WATER DRAIN VALVE	4" (4X2) 657(45)-EWT	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
4	1ECB-ABV-16	J118230	BCP EMERGENCY COOLING WATER SHUT-OFF VALVE	4" (4X2) 657(45)-EWT	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
5	1FOA-ACV-0359	J118231	IGNITER PRESS. CONTROL VALVE	2-1/2" 667(40)-ET	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
6	1FOA-ACV-0405	J118232	WARM-UP OIL FLOW CONTROL VALVE	2" 667(40)-ET	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
7	1FOA-ACV-0212	J118235	FUEL OIL PRESS. CONTROL VALVE	6" (6X4) 667(70)-EWT	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
8	1FOA-ACV-0213	J118236	FUEL OIL PRESS. CONTROL VALVE	6" (6X4) 667(70)-EWT	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
9	1FOA-ACV-0249	J118237	FUEL OIL FLOW CONTROL VALVE	6" 667(70)-ET	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
10	1FOA-ACV-0250	J118238	FUEL OIL FLOW CONTROL VALVE	6" 667(70)-ET	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
11	1FOA-ABV-0377	J118239	IGNITER OIL SHUT-OFF VALVE	1-1/2" 667(34)-EZ	67AFR	GLOBE VALVE
12	1FOA-ABV-0414	J118240	WARM-UP OIL SHUT-OFF VALVE	4"(4X2) 667(40)-EWT	67AFR	GLOBE VALVE
13	1FOA-ABV-0260	J118241	FUEL OIL SHUT-OFF VALVE	6"(6X4) 667(45)-EWT	67AFR	GLOBE VALVE
14	1FOA-ABV-0262	J118242	FUEL OIL CHARGE VALVE	2" 667(40)-ET	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
15	1FWA-ACV-24	J118243	BCP INJECTION WATER CONTROL VALVE	3" 657(60)-EHD	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
16	1FWA-ACV-27	J118244	BCP WARMING DISCHARGE CONTROL VALVE	3" 657(60)-EHD	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
17	1FWA-ACV-103	J118245	RH DSH SPRAY CONTROL VALVE	2" 667(70)-HPAS	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
18	1FWA-ACV-104	J118246	RH DSH SPRAY CONTROL VALVE	2" 667(70)-HPAS	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
19	1FWA-ACV-105	J118247	RH DSH SPRAY CONTROL VALVE	2" 667(70)-HPAS	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
20	1FWA-ACV-106	J118248	RH DSH SPRAY CONTROL VALVE	2" 667(70)-HPAS	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
21	1FWA-ACV-519	J118249	BURNER PURGE D.S.H. SPRAY WATER CONTROL VALVE	1" 667(34)-EZ	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
22	1FWA-ACV-523	J118250	FUEL TRACE D.S.H. SPRAY WATER CONTROL VALVE	1" 667(34)-EZ	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
23	1FWA-ACV-509	J118251	LP TURBINE BY-PASS SPRAY CONTROL VALVE	4" 667(45)-ET	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
24	1FWA-ACV-510	J118252	LP TURBINE BY-PASS SPRAY CONTROL VALVE	4" 667(45)-ET	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
25	1FWA-ACV-511	J118253	LP TURBINE BY-PASS SPRAY CONTROL VALVE	4" 667(45)-ET	3582I-67AFR	GLOBE VALVE

ตารางที่ ค-1 ข้อมูลประวัติของวาล์วควบคุมที่ได้จัดเก็บ

ITEM	TAG NO.	MODEL	APPLICATION	MODEL	ACCESSORIES	TYPE
26	1FWA-ACV-512	J118254	LP TURBINE BY-PASS SPRAY CONTROL VALVE	4" 667(45)-ET	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
27	2PSA-ACV-6	J118256	AUX. STEAM PRESS. CONTROL VALVE	4" 667(70)-EHD	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
28	2PSA-ACV-19	J118257	AUX. STEAM PRESS. CONTROL VALVE	8"(8X6) 667(70)-EWD	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
29	2PSA-ACV-20	J118258	AUX. STEAM PRESS. CONTROL VALVE	6"(6X4) 667(45)-EWD	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
30	2PSA-ACV-71	J118259	8 BAR AUX. STEAM CONTROL VALVE	4" 667(45)-ED	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
31	2PSA-ACV-507	J118260	FUEL OIL ATOMIZE STEAM PRESS. CONTROL VALVE	4" 657(45)-ET	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
32	2PSA-ACV-0413	J118261	FUEL OIL TEMP. CONTROL VALVE	6"(6X4) 667(45)-EWD	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
33	2PSA-ACV-0414	J118262	FUEL OIL TEMP. CONTROL VALVE	6"(6X4) 667(45)-EWD	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
34	2SAH-ACV-11	J118263	SAH TEMP. CONTROL VALVE	8"(8X6) 657(60)-EWD	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
35	2SAH-ACV-12	J118264	SAH TEMP. CONTROL VALVE	8"(8X6) 657(60)-EWD	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
36	1SAH-ACV-69	J118265	SAH DRAIN TANK CONTROL VALVE	4"(4X2) 657(40)-EWT	67AFR	GLOBE VALVE
37	1SAH-ACV-70	J118266	SAH DRAIN TANK CONTROL VALVE	4"(4X2) 657(40)-EWT	67AFR	GLOBE VALVE
38	1SAH-ACV-63	J118267	SAH DRAIN TANK LEVEL CONTROL VALVE	3" 657(40)-ET	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
39	1SAH-ACV-64	J118268	SAH DRAIN TANK LEVEL CONTROL VALVE	3" 657(40)-ET	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
40	1SAH-ABV-74	J118269	SAH DRAIN VALVE (FOR CONDENSER)	6"(6X4) 667(45)-EWT	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
41	1SAH-ABV-73	J118270	SAH DRAIN VALVE	6"(6X4) 667(45)-EWT	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
42	1SAH-ABV-35	J118271	SAH DRAIN TANK AIR VENT VALVE	1" 667(34)-ET	67AFR	GLOBE VALVE
43	1SGA-ACV-0267	J118276	2RY DSH SPRAY CONTROL VALVE	6" 667(80)-EHD	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
44	1SGA-ACV-0268	J118277	2RY DSH SPRAY CONTROL VALVE	6" 667(80)-EHD	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
45	1SGI-ACV-8	J118282	SOOT BOLWER STEAM PRESS. CONTROL VALVE	2" 667(70)-EHS	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
46	1SGI-ACV-9	J118283	SOOT BOLWER STEAM PRESS. CONTROL VALVE	2" 667(70)-EHS	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
47	1SG1-ABV-21	J118284	BOILER SOOT BLOWER DRAIN VALVE	1" 667(34)-ES	67AFR	GLOBE VALVE
48	1SG1-ABV-22	J118285	BOILER SOOT BLOWER DRAIN VALVE	1" 667(34)-ES	67AFR	GLOBE VALVE
49	1SG1-ABV-33	J118286	AH SOOT BLOWER DRAIN VALVE	2-1/2" 667(45)-ES	3582I-67AFR	GLOBE VALVE
50	1SG1-ABV-29	J118287	AH SOOT BLOWER STEAM SHUT-OFF VALVE	3" 667(46)-ES	67AFR	GLOBE VALVE

ตารางที่ ค-1 (ต่อ) ข้อมูลประวัติของวาล์วควบคุมที่ได้จัดเก็บ

NO.	TAG NO.	MODEL	RECOMMEND BY SUPPLIER	RECOMMEND BY PRODUCTION		RECOMMEND BY MAINTENANCE		RECOMMEND FOR PM.	
			(CHECK EVERY)	CRITICALITY	FRQ. TO OPERATION	PERFORMANCE	FAILURE RATE PER YEAR	CODE	MAINTENANCE SCHEDULE
1	1CAA-ACV-4518	J118227	6 MONTH	B	MORE	EXCELLENT	1	B3	QI-HT-SD
2	1CAA-ACV-4502	J118228	6 MONTH	B	MORE	EXCELLENT	1	B3	QI-HT-SD
3	1ECB-ABV-19	J118229	6 MONTH	A	LESS	EXCELLENT	0	A	QI-SD
4	1ECB-ABV-16	J118230	6 MONTH	A	LESS	EXCELLENT	1	A	QI-SD
5	1FOA-ACV-0359	J118231	6 MONTH	C	LESS	BETTER	1	C	QI-WN
6	1FOA-ACV-0405	J118232	6 MONTH	C	LESS	BETTER	0	C	QI-WN
7	1FOA-ACV-0212	J118235	6 MONTH	B	MORE	GOOD	2	B1	QI-HC-YO-SD
8	1FOA-ACV-0213	J118236	6 MONTH	B	MORE	GOOD	1	B1	QI-HC-YO-SD
9	1FOA-ACV-0249	J118237	6 MONTH	B	LESS	BETTER	1	B2	QI-HT-YC-SD
10	1FOA-ACV-0250	J118238	6 MONTH	B	LESS	BETTER	2	B2	QI-HT-YC-SD
11	1FOA-ABV-0377	J118239	6 MONTH	A	LESS	EXCELLENT	0	A	QI-SD
12	1FOA-ABV-0414	J118240	6 MONTH	A	LESS	BETTER	1	A	QI-SD
13	1FOA-ABV-0260	J118241	6 MONTH	B	LESS	BETTER	1	B3	QI-HT-SD
14	1FOA-ABV-0262	J118242	6 MONTH	A	MORE	EXCELLENT	0	A	QI-SD
15	1FWA-ACV-24	J118243	6 MONTH	C	MORE	BETTER	1	C	QI-WN
16	1FWA-ACV-27	J118244	6 MONTH	C	MORE	GOOD	2	C	QI-WN
17	1FWA-ACV-103	J118245	6 MONTH	B	LESS	EXCELLENT	0	B3	QI-HT-SD
18	1FWA-ACV-104	J118246	6 MONTH	B	LESS	BETTER	1	B3	QI-HT-SD
19	1FWA-ACV-105	J118247	6 MONTH	B	LESS	BETTER	1	B3	QI-HT-SD
20	1FWA-ACV-106	J118248	6 MONTH	B	LESS	BETTER	1	B3	QI-HT-SD
21	1FWA-ACV-519	J118249	6 MONTH	B	MORE	BETTER	1	B2	QI-HT-YC-SD
22	1FWA-ACV-523	J118250	6 MONTH	C	MORE	EXCELLENT	0	C	QI-WN
23	1FWA-ACV-509	J118251	6 MONTH	B	MORE	BETTER	1	B2	QI-HT-YC-SD
24	1FWA-ACV-510	J118252	6 MONTH	B	MORE	BETTER	1	B2	QI-HT-YC-SD
25	1FWA-ACV-511	J118253	6 MONTH	B	MORE	BETTER	1	B2	QI-HT-YC-SD

ตารางที่ ค-2 ข้อมูลและข้อสรุปของแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

NO.	TAG NO.	MODEL	RECOMMEND BY SUPPLIER (CHECK EVERY)	RECOMMEND BY PRODUCTION		RECOMMEND BY MAINTENANCE		RECOMMEND FOR PM.	
				CRITICALITY	FRQ. TO OPERATION	PERFORMANCE	FAILURE RATE PER YEAR	CODE	MAINTENANCE SCHEDULE
26	1FWA-ACV-512	J118254	6 MONTH	B	MORE	BETTER	1	B2	QI-HT-YC-SD
27	2PSA-ACV-6	J118256	6 MONTH	C	LESS	BETTER	1	C	QI-WN
28	2PSA-ACV-19	J118257	6 MONTH	A	LESS	EXCELLENT	0	A	QI-SD
29	2PSA-ACV-20	J118258	6 MONTH	A	LESS	EXCELLENT	0	A	QI-SD
30	2PSA-ACV-71	J118259	6 MONTH	B	LESS	FAIR	2	B3	QI-HT-SD
31	2PSA-ACV-507	J118260	6 MONTH	A	MORE	EXCELLENT	1	A	QI-SD
32	2PSA-ACV-0413	J118261	6 MONTH	A	LESS	EXCELLENT	0	A	QI-SD
33	2PSA-ACV-0414	J118262	6 MONTH	A	LESS	BETTER	1	A	QI-SD
34	2SAH-ACV-11	J118263	6 MONTH	C	MORE	EXCELLENT	0	C	QI-WN
35	2SAH-ACV-12	J118264	6 MONTH	C	LESS	BETTER	1	B2	QI-HT-YC-SD
36	1SAH-ACV-69	J118265	6 MONTH	B	MORE	BETTER	1	B1	QI-HC-YO-SD
37	1SAH-ACV-70	J118266	6 MONTH	B	MORE	GOOD	2	B1	QI-HC-YO-SD
38	1SAH-ACV-63	J118267	6 MONTH	B	LESS	EXCELLENT	0	B2	QI-HT-YC-SD
39	1SAH-ACV-64	J118268	6 MONTH	B	LESS	GOOD	1	B2	QI-HT-YC-SD
40	1SAH-ABV-74	J118269	6 MONTH	C	MORE	GOOD	2	C	QI-WN
41	1SAH-ABV-73	J118270	6 MONTH	B	MORE	BETTER	1	B1	QI-HC-YO-SD
42	1SAH-ABV-35	J118271	6 MONTH	A	LESS	BETTER	0	A	QI-SD
43	1SGA-ACV-0267	J118276	6 MONTH	B	MORE	BETTER	1	B3	QI-HT-SD
44	1SGA-ACV-0268	J118277	6 MONTH	B	MORE	GOOD	2	B3	QI-HT-SD
45	1SGI-ACV-8	J118282	6 MONTH	B	MORE	GOOD	2	B2	QI-HT-YC-SD
46	1SGI-ACV-9	J118283	6 MONTH	B	MORE	BETTER	1	B2	QI-HT-YC-SD
47	1SG1-ABV-21	J118284	6 MONTH	C	LESS	BETTER	1	C	QI-WN
48	1SG1-ABV-22	J118285	6 MONTH	C	LESS	FAIR	2	C	QI-WN
49	1SG1-ABV-33	J118286	6 MONTH	A	MORE	EXCELLENT	0	A	QI-SD
50	1SG1-ABV-29	J118287	6 MONTH	C	LESS	GOOD	1	C	QI-WN

ตารางที่ ค-2 (ต่อ) ข้อมูลและข้อสรุปของแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

NO.	TAG NO.	MODEL	PM. CODE	YEAR 2000												YEAR 2001											
				JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1	1CAA-ACV-4518	J118227	B3	QI			QI		HT	QI			QI		HT	QI			QI		HT	QI			QI		HT
2	1CAA-ACV-4502	J118228	B3	QI			QI		HT	QI			QI		HT	QI			QI		HT	QI			QI		HT
3	1ECB-ABV-19	J118229	A	QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI		
4	1ECB-ABV-16	J118230	A	QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI		
5	1FOA-ACV-0359	J118231	C	QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI		
6	1FOA-ACV-0405	J118232	C	QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI		
7	1FOA-ACV-0212	J118235	B1	QI	*HC*		QI			QI	*YO*		QI			QI	*HC*		QI			QI	*YO*		QI		
8	1FOA-ACV-0213	J118236	B1	QI			QI	*HC*		QI			QI	*YO*		QI			QI	*HC*		QI			QI	*YO*	
9	1FOA-ACV-0249	J118237	B2	QI		HT	QI			QI		*YC*	QI			QI		HT	QI			QI		*YC*	QI		
10	1FOA-ACV-0250	J118238	B2	QI			QI		HT	QI			QI		*YC*	QI			QI		HT	QI			QI		*YC*
11	1FOA-ABV-0377	J118239	A	QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI		
12	1FOA-ABV-0414	J118240	A	QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI		
13	1FOA-ABV-0260	J118241	B3	QI			QI		HT	QI			QI		HT	QI			QI		HT	QI			QI		HT
14	1FOA-ABV-0262	J118242	A	QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI		
15	1FWA-ACV-24	J118243	C	QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI		
16	1FWA-ACV-27	J118244	C	QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI		
17	1FWA-ACV-103	J118245	B3	QI			QI		HT	QI			QI		HT	QI			QI		HT	QI			QI		HT
18	1FWA-ACV-104	J118246	B3	QI			QI		HT	QI			QI		HT	QI			QI		HT	QI			QI		HT
19	1FWA-ACV-105	J118247	B3	QI			QI		HT	QI			QI		HT	QI			QI		HT	QI			QI		HT
20	1FWA-ACV-106	J118248	B3	QI			QI		HT	QI			QI		HT	QI			QI		HT	QI			QI		HT
21	1FWA-ACV-519	J118249	B2	QI		HT	QI			QI		*YC*	QI			QI		HT	QI			QI		*YC*	QI		
22	1FWA-ACV-523	J118250	C	QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI		
23	1FWA-ACV-509	J118251	B2	QI		HT	QI			QI		*YC*	QI			QI		HT	QI			QI		*YC*	QI		
24	1FWA-ACV-510	J118252	B2	QI		HT	QI			QI		*YC*	QI			QI		HT	QI			QI		*YC*	QI		
25	1FWA-ACV-511	J118253	B2	QI			QI		HT	QI			QI		*YC*	QI			QI		HT	QI			QI		*YC*

ตารางที่ ค-3 P.M. Maintenance Schedule

NO.	TAG NO.	MODEL	PM. CODE	YEAR 2000												YEAR 2001											
				JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
26	1FWA-ACV-512	J118254	B2	QI			QI		HT	QI			QI		YC	QI			QI		HT	QI			QI		YC
27	2PSA-ACV-6	J118256	C	QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI		
28	2PSA-ACV-19	J118257	A	QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI		
29	2PSA-ACV-20	J118258	A	QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI		
30	2PSA-ACV-71	J118259	B3	QI			QI		HT	QI			QI		HT	QI			QI		HT	QI			QI		HT
31	2PSA-ACV-507	J118260	A	QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI		
32	2PSA-ACV-0413	J118261	A	QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI		
33	2PSA-ACV-0414	J118262	A	QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI		
34	2SAH-ACV-11	J118263	C	QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI		
35	2SAH-ACV-12	J118264	B2	QI		HT	QI			QI		YC	QI			QI		HT	QI			QI		YC	QI		
36	1SAH-ACV-69	J118265	B1	QI	HC		QI			QI	YO		QI			QI	HC		QI			QI	YO		QI		
37	1SAH-ACV-70	J118266	B1	QI			QI	HC		QI			QI	YO		QI			QI	HC		QI			QI	YO	
38	1SAH-ACV-63	J118267	B2	QI		HT	QI			QI		YC	QI			QI		HT	QI			QI		YC	QI		
39	1SAH-ACV-64	J118268	B2	QI			QI		HT	QI			QI		YC	QI			QI		HT	QI			QI		YC
40	1SAH-ABV-74	J118269	C	QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI		
41	1SAH-ABV-73	J118270	B1	QI	HC		QI			QI	YO		QI			QI	HC		QI			QI	YO		QI		
42	1SAH-ABV-35	J118271	A	QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI		
43	1SGA-ACV-0267	J118276	B3	QI			QI		HT	QI			QI		HT	QI			QI		HT	QI			QI		HT
44	1SGA-ACV-0268	J118277	B3	QI			QI		HT	QI			QI		HT	QI			QI		HT	QI			QI		HT
45	1SGI-ACV-8	J118282	B2	QI		HT	QI			QI		YC	QI			QI		HT	QI			QI		YC	QI		
46	1SGI-ACV-9	J118283	B2	QI			QI		HT	QI			QI		YC	QI			QI		HT	QI			QI		YC
47	1SG1-ABV-21	J118284	C	QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI		
48	1SG1-ABV-22	J118285	C	QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI		
49	1SG1-ABV-33	J118286	A	QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI		
50	1SG1-ABV-29	J118287	C	QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI			QI		

ตารางที่ ค-3 (ต่อ) P.M. Maintenance Schedule

QUARTERLY INSPECTION REPORT

PREVENTIVE MAINTENANCE	DEPT : INSTRUMENTATION
INSTRUMENT TYPE : CONTROL VALVE	FREGNENCY : QUARTER

ITEM	TAG.NO.	VALVE SIZE	CHECK LEAK AT					REMARK
			EXHAUST & FLANGE	GLAND PACKING	OUTSIDE FITTING	CONDUIT SEAL	BODY CLEAN	
1	1CAA-ACV-4518	1-1/2"						
2	1CAA-ACV-4502	1-1/2"						
3	1ECB-ABV-19	4"						
4	1ECB-ABV-16	4"						
5	1FOA-ACV-0359	2-1/2"						
6	1FOA-ACV-0405	2"						
7	1FOA-ACV-0212	6"						
8	1FOA-ACV-0213	6"						
9	1FOA-ACV-0249	6"						
10	1FOA-ACV-0250	6"						
11	1FOA-ABV-0377	1-1/2"						
12	1FOA-ABV-0414	4"						
13	1FOA-ABV-0260	6"						
14	1FOA-ABV-0262	2"						
15	1FWA-ACV-24	3"						
16	1FWA-ACV-27	3"						
17	1FWA-ACV-103	2"						
18	1FWA-ACV-104	2"						
19	1FWA-ACV-105	2"						
20	1FWA-ACV-106	2"						
21	1FWA-ACV-519	1"						
22	1FWA-ACV-523	1"						
23	1FWA-ACV-509	4"						
24	1FWA-ACV-510	4"						
25	1FWA-ACV-511	4"						
26	1FWA-ACV-512	4"						

NOTE : Δ = NOT LEAK ΔΔ = LEAK

INSPEC. BY : _____

DATE : _____

ตารางที่ ค-4 Quaterly Inspection Report

QUARTERLY INSPECTION REPORT

PREVENTIVE MAINTENANCE	DEPT : INSTRUMENTATION
INSTRUMENT TYPE : CONTROL VALVE	FREGNENCY : QUARTER

ITEM	TAG.NO.	VALVE SIZE	CHECK LEAK AT					REMARK
			EXHAUST & FLANGE	GLAND PACKING	OUTSIDE FITTING	CONDUIT SEAL	BODY CLEAN	
27	2PSA-ACV-6	4"						
28	2PSA-ACV-19	8"						
29	2PSA-ACV-20	6"						
30	2PSA-ACV-71	4"						
31	2PSA-ACV-507	4"						
32	2PSA-ACV-0413	6"						
33	2PSA-ACV-0414	6"						
34	2SAH-ACV-11	8"						
35	2SAH-ACV-12	8"						
36	1SAH-ACV-69	4"						
37	1SAH-ACV-70	4"						
38	1SAH-ACV-63	3"						
39	1SAH-ACV-64	3"						
40	1SAH-ABV-74	6"						
41	1SAH-ABV-73	6"						
42	1SAH-ABV-35	1"						
43	1SGA-ACV-0267	6"						
44	1SGA-ACV-0268	6"						
45	1SGI-ACV-8	2"						
46	1SGI-ACV-9	2"						
47	1SG1-ABV-21	1"						
48	1SG1-ABV-22	1"						
49	1SG1-ABV-33	2"						
50	1SG1-ABV-29	3"						

NOTE : Δ = NOT LEAK ΔΔ = LEAK

INSPEC. BY : _____

DATE : _____

ตารางที่ ค-4 (ต่อ) Quaterly Inspection Report

TEST AND CALIBRATE REPORT

PREVENTIVE MAINTENANCE	DEPT : INSTRUMENTATION
INSTRUMENT TYPE : CONTROL VALVE	FREGNENCY : HALF YEARLY

TOPIC NO.	ACTIVITIES TO BE CARRIED OUT DURING MAINTENANCE	COMMENT
1	CHECK LEAKAGE IN BOTH FLANGES	
2	PUT PRESSURE ON BOLT OF BONNET BY TORQUE WRENCH	
3	CHECK LEAKAGE ON ALL FITTING BY SNOP (SOAP WATER)	
4	CALIBRATE THE OPERATION RANGE ON POSITIONER	
5	CALIBRATE & CHECK RESPONSE AT CONTROL ROOM	

ITEM NO.	TAG.NO.	TOPIC 1	TOPIC 2	TOPIC 3	TOPIC 4	TOPIC 5	STATUS	REMARK
1	1CAA-ACV-4518	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
2	1CAA-ACV-4502	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
3	1FOA-ACV-0212	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
4	1FOA-ACV-0213	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
5	1FOA-ACV-0249	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
6	1FOA-ACV-0250	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
7	1FWA-ACV-103	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
8	1FWA-ACV-104	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
9	1FWA-ACV-105	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
10	1FWA-ACV-106	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
11	1FWA-ACV-519	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
12	1FWA-ACV-509	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
13	1FWA-ACV-510	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
14	1FWA-ACV-511	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
15	1FWA-ACV-512	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
16	2PSA-ACV-71	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
17	1SAH-ACV-69	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
18	1SAH-ACV-70	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
19	1SAH-ACV-63	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
20	1SAH-ACV-64	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
21	1SGA-ACV-0267	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
22	1SGA-ACV-0268	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		

STATUS A = GOOD B = CHANGE PACKING C = CALIBRATE AGAIN D = OVERHAUL ON VALVE E = OTHER

TEST BY : _____	APPROVE BY : _____
DATE : _____	DATE : _____

ตารางที่ ค-5 Test and Calibrate Report

Control Valve Overhaul Report

Tag. No. : _____ Serial No. : _____ Leakage Classes (ANSI / FCI)
Type : _____ Body Size : ____Class____ Leakage Classes : II / III / IV / V / VI
Body Mat' : _____ Trim : _____ Test Medium : Air / Water
Type : _____ Actuator size : _____ Test Pressure : _____ kg/cm2G/psiG
Mfg By : _____ Bench set : _____ Maximum Leakage : _____SCFH/BPM

Test Before Overhaul

Test Item	Test Pressure Psig, Bar	Holding Time Minutes	Allowable Leak SCFH, BPM	Actual Leak SCFH, BPM	Result
1) Seat Leak Test					
2) Hydro Test					
3) Other					

Part to change	Yes	Detail	Note
1) Packing Set			
2) Gasket Shim			
3) Seat Ring Gasket			
4) Spiral Would Gasket			
5) Bonnet Gasket			
6) Plug / Stem Assy			
7) Seat Ring or Retainer			
8) Sealing & Backup Ring			
9) Piston Ring			
0) Diaphragm			
1) Cage			
2) Other			

Test After Overhaul

Test Item	Test Pressure Psig, Kg/cm^{2}g	Holding Time Minutes	Allowable Leak SCFH, BPM	Actual Leak SCFH, BPM	Result
1) Seat Leak Test					
2) Hydro Test					
3) Other					

Operation Test

Signal	Unit	0%	25%	50%	75%	100%	Result
Simulate	mADC, Psig						
Standard	mADC, Psig						
Open	% Indicator						
Close	% Indicator						
Stroking Time	Second, Min	_____ Close			_____ Open		

Remark : Plug Start To Stroke = _____mADC / PSIG

Accessories Function Test

☐ Positioner ☐ Handwheel
☐ Solenoid Valve ☐ Limit Switch
☐ Other

Result

☐ Accepted
☐ Not Accepted
☐ Accepted As Note

Test By :	Inspec By :	Approved By :
Date :	Date :	Date :

ตารางที่ ค-6 Control Valve Overhaul Report

ภาคผนวก ง

INTERCHANGEABILITY SPARE PART

สถาบันวิทยบริการ
าลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ITEM	DESCRIPTION	P/N	STOCK PRICE	J118229	J118230	J118239	J118240	J118242	J118257	J118258	J118260	J118261	J118262	J118271	J118286	TOTAL
1	PLUG	11A5207X012	9,340												1	1
2	GASKET SHIM	16A1639X012	970								1					1
3	GASKET SHIM	16A1931X012	890												1	1
4	GASKET SHIM	16A1936X012	660											1		1
5	GASKET SHIM	16A1937X012	890			1										1
6	GASKET SHIM	16A1938X012	970	1	1		1	1								4
7	GASKET SHIM	16A1941X012	1,170									1	1			2
8	GASKET SHIM	16A1942X012	2,070						1	1						2
9	PLUG	16A3335X052	4,360			1										1
10	SEAT RING	16A3350X052	12,430			1										1
11	PISTON RING	17A3988X012	4,460									3	3			6
12	PISTON RING	17A3990X012	9,360						1	1						2
13	PIN	1B599335072	80			1										1
14	PIN	1B599635072	80												1	1
15	PACKING SET	1E3190X0222	660									2	5		1	8
16	PACKING SET	1E3191X0282	820						1	1						2
17	GASKET	1J5047X0062	790									1	1			2
18	STEM	1K586935162	2,470	1	1		1	1								4
19	STEM	1L996435162	4,610						1	1						2
20	GASKET	1R2859X0042	460											1		1
21	SPIRAL GASKET	1R286099282	660											1		1
22	GASKET	1R2862X0062	270											1		1
23	PACKING SET	1R290001012	790			2								2		4
24	PACKING SET	1R290201012	970	1	1		2	2								6
25	GASKET	1R3098X0052	330			1										1
26	SPIRAL GASKET	1R309999282	820			1										1
27	GASKET	1R3101X0032	520			1										1
28	GASKET	1R3296X0042	460	1	1		1	1								4
29	SPIRAL GASKET	1R329799282	820	1	1		1									3
30	SPIRAL GASKET	1R329799442	1,360					1								1
31	GASKET	1R3299X0042	660	1	1		1	1								4
32	SPIRAL GASKET	1R359999442	1,240												1	1
33	SPIRAL GASKET	1R372299442	2,200									1	1			2
34	GASKET	1R3724X0042	970								1	1	1			3
35	GASKET	1R3844X0052	460								1				1	2

ตารางที่ ง-1 INTERCHANGEABILITY SPARE PART FOR VALVE CODE A

TEM	DESCRIPTION	P/N	STOCK PRICE	J118229	J118230	J118239	J118240	J118242	J118257	J118258	J118260	J118261	J118262	J118271	J118286	TOTAL
37	SPIRAL GASKET	1R384599442	1,650								1					1
38	PACKING SET	1R3846X0042	970								1					1
39	GASKET	1R3874X0032	2,270												1	1
40	SEAT RING	1U222746172	8,420								1				1	2
41	STEM	1U230535162	3,460								1	1	1			3
42	STEM	1U388835162	2,090			1								1		2
43	STEM	1U389035162	2,470												1	1
44	GASKET	1U5081X0052	1,500						1	1						2
45	SPIRAL GASKET	1U508599442	4,160						1	1						2
46	PACKING SET	1V2396X0022	1,300						1							1
47	PACKING SET	1V2396X0022	1,300							1						1
48	PIN	1V322635072	140											1		1
49	PIN	1V322735072	140	1	1		1	1			1	1	1			7
50	PIN	1V326035072	240						1	1						2
51	PACKING RING	1V3802X0022	1,040									2	3		1	6
52	BACK-UP RING	1V550705292	3,360				1									1
53	BACK-UP RING	1V5507X0042	3,100	1	1			1								3
54	SEAL RING	1V550805092	1,200	1	1		1	1								4
55	SPIRAL GASKET	1V644199442	3,300						1	1						2
56	PLUG	1V657146172	5,280											1		1
57	PLUG	1V657546172	6,350	1	1		1	1								4
58	PLUG	1V657746172	15,400								1					1
59	BACK-UP RING	1V6590X0042	2,850											1		1
60	SEAL RING	1V659105092	660											1		1
61	SEAT RING	1V676446172	23,870									1	1			2
62	DISC	1V710106242	1,000											1		1
63	DISC	1V710706242	1,780	1	1		1	1								4
64	PLUG	27A3932X012	46,590									1	1			2
65	PLUG	27A3944X012	48,740						1	1						2
66	SEAT RING	2V721546172	42,460						1	1						2

ตารางที่ ง-1 (ต่อ) INTERCHANGEABILITY SPARE PART FOR VALVE CODE A

ITEM	DESCRIPTION	P/N	STOCK PRICE	J118227	J118227	J118228	J118236	J118237	J118238	J116241	J118245	J118246	J118247	J118248	J118249	J118251	J118252	J118253	J118254	J118259	J118264	J118265	J118266	J118267	J118268	J118270	J118276	J118277	J118282	J118283	TOTAL	AGREEMENT
1	SEAL RING	10A4206X032	2,770																			1	1								2	1
2	SEAL RING	10A4223X012	8,300			1	1																								2	1
3	SEAL RING	10A4223X032	8,300					1	1																						2	1
4	GASKET SET	12B7100X132	15,540								1	1	1	1																	4	2
5	PLUG	15A6484X052	11,060																	1						1					2	1
6	GASKET SHIM	16A1936X012	660												1																1	0.5
7	GASKET SHIM	16A1937X012	890	1	1																										2	1
8	GASKET SHIM	16A1938X012	970																			1	1								2	1
9	GASKET SHIM	16A1940X012	1,040																					1	1						2	1
10	GASKET SHIM	16A1941X012	1,170			1	1			1						1	1	1	1	1						1					9	4.5
11	GASKET SHIM	16A1942X012	2,070					1	1												1										3	1.5
12	PLUG	16A5417X092	36,130																										1	1	2	1
13	PLUG	16A5708X052	4,360												1																1	0.5
14	PISTON RING	17A3990X012	9,360																		1										1	0.5
15	GASKET	18A2812X012	8,590																								1	1			2	1
16	GASKET	19A2542X012	3,100																										1	1	2	1
17	PIN	1B599335072	80												1																1	0.5
18	PIN	1B599835072	140																	1						1					2	1
19	PACKING RING	1D7518X0132	1,360																								3	3			6	3

ตารางที่ ง-2 INTERCHANGEABILITY SPARE PART FOR VALVE CODE B

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ITEM	DESCRIPTION	P/N	STOCK PRICE	J11822	J11822	J11822	J11823	J11823	J11823	J11824	J11824	J11824	J11824	J11824	J11825	J11825	J11825	J11825	J11825	J11826	J11826	J11826	J11826	J11826	J11827	J11827	J11827	J11828	J11828	TOTAL	AGREEMENT
20	PACKING SET	1E3190X0222	660																	2					1					3	1.5
21	PACKING SET	1E3191X0282	820																		1								1	1	3	1.5
22	PIN	1F723635072	300								1	1	1	1															1	1	6	3
23	STEM	1J320535162	5,280																	1					1					2	1
24	GASKET	1J5047X0062	790			1	1			1					1	1	1	1	1		1				1					10	5
25	STEM	1K586935162	2,470																		1	1								2	1
26	STEM	1K587735162	4,610			1	1	1												1										4	2
27	STEM	1L996435162	4,610					1	1											1										3	1.5
28	STEM	1P597335162	16,440																							1	1			2	1
29	STEM	1P6696X0012	30,150								1	1	1	1																4	2
30	GASKET	1R2859X0042	460												1															1	0.5
31	SPIRAL GASKET	1R286099282	660												1															1	0.5
32	GASKET	1R2862X0062	270												1															1	0.5
33	PACKING SET	1R290001012	790	2	1										1															4	2
34	PACKING SET	1R290201012	970							2						2	2	2	2			2	2	2	2					18	9
35	PACKING SET	1R290401012	1,530			2	2	2	2		1	1	1	1																12	6
36	GASKET	1R3098X0052	330	1	1																									2	1
37	SPIRAL GASKET	1R309999282	820	1	1																									2	1
38	GASKET	1R3101X0032	520	1	1																									2	1

ตารางที่ ง - 2 (ต่อ) INTERCHANGEABILITY SPARE PART FOR VALVE CODE B

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ITEM	DESCRIPTION	P/N	STOCK PRICE	J118227	J118227	J118228	J118236	J118237	J118238	J118241	J118245	J118246	J118247	J118248	J118249	J118251	J118252	J118253	J118254	J118259	J118264	J118265	J118266	J118267	J118268	J118270	J118276	J118277	J118282	J118283	TOTAL	AGREEMENT
39	GASKET	1R3296X0042	460																			1	1								2	1
40	SPIRAL GASKET	1R329799282	820																			1	1								2	1
41	GASKET	1R3299X0042	660																			1	1								2	1
42	GASKET	1R3481X0052	520																					1	1						2	1
43	SPIRAL GASKET	1R348299282	1,080																					1	1						2	1
44	GASKET	1R3484X0042	890																					1	1						2	1
45	SPIRAL GASKET	1R372299282	1,200			1	1			1						1	1	1	1												7	3.5
46	SPIRAL GASKET	1R372299442	2,200																	1						1					2	1
47	GASKET	1R3724X0042	970			1	1			1						1	2	1	1	1						1					10	5
48	SEAT RING	1U222846172	10,030																					1	1						2	1
49	STEM	1U230535162	3,460							1						1	1	1	1					1	1						7	3.5
50	PISTON RING	1U2392X0012	6,360																								3	1			4	2
51	SEAT RING	1U285346172	4,070												1																1	0.5
52	STEM	1U388835162	2,090	1	1										1																3	1.5
53	GASKET	1U5081X0052	1,500					1	1												1										3	1.5
54	SPIRAL GASKET	1U508599442	4,160					1	1												1										3	1.5
55	GASKET	1U5086X0032	1,240					1	1																						2	1
56	PACKING RING	1U6768X0022	2,390																								2	1			3	1.5
57	PACKING SET	1V2396X0022	1,300																		1								1	1	3	1.5

ตารางที่ ง-2 (ต่อ) INTERCHANGEABILITY SPARE PART FOR VALVE CODE B

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ITEM	DESCRIPTION	P/N	STOCK PRICE	J118227	J118227	J118228	J118236	J118237	J118238	J118241	J118245	J118246	J118247	J118248	J118249	J118251	J118252	J118253	J118254	J118259	J118264	J118265	J118266	J118267	J118268	J118270	J118276	J118277	J118282	J118283	TOTAL	AGREEMENT
58	PIN	1V322635072	140	1	1																										2	1
59	PIN	1V322735072	140							1						1	1	1	1			1	1	1	1						9	4.5
60	PIN	1V326035072	240			1	1	1	1												1										5	2.5
61	PIN	1V334035072	1,100																								1	1			2	1
62	PACKING SET	1V3802X0022	1,040																	2						2					4	2
63	SPIRAL GASKET	1V644199442	3,300																		1										1	0.5
64	PLUG	1V657346172	5,280	1	1																										2	1
65	PLUG	1V657946172	16,000							1						1	1	1	1					1	1						7	3.5
66	BACK-UP RING	1V6592X0032	3,040	1	1																										2	1
67	SEAL RING	1V659305092	1,000	1	1																										2	1
68	BACK-UP RING	1V6596X0032	3,360																					1	1						2	1
69	BACK-UP RING	1V659805292	3,510							1																					1	0.5
70	BACK-UP RING	1V6598X0022	3,420													1	1	1	1												4	2
71	SEAL RING	1V659905092	1,880							1						1	1	1	1												5	2.5
72	SEAL RING	1V669705092	1,660																					1	1						2	1
73	DISC	1V710406242	1,200	1	1																										2	1
74	DISC	1V711606242	3,360								1					1	1	1	1												5	2.5
75	SEAT RING	21B7013X012	46,740																			1	1								2	0.5
77	ANIT-EXTRUSIO	21B9340X012	9,680																			1	1								2	1

ตารางที่ ง-2 (ต่อ) INTERCHANGEABILITY SPARE PART FOR VALVE CODE B

ITEM	DESCRIPTION	P/N	STOCK PRICE	J118227	J118227	J118228	J118236	J118237	J118238	J118241	J118245	J118246	J118247	J118248	J118249	J118251	J118252	J118253	J118254	J118259	J118264	J118265	J118266	J118267	J118268	J118270	J118276	J118277	J118282	J118283	TOTAL	AGREEMENT
78	ANIT-EXTRUSIO	21B9341X012	12,840					1	1																						2	1
79	SEAT RING	22B3538X012	33,430					1	1																						2	1
80	PLUG	23B0168X012	51,600								1																				1	0.5
81	PLUG	23B0168X012	43,850									1	1	1																	3	1.5
82	SEAT RING	23B0174X012	25,860								1	1	1	1																	4	2
83	SEAT RING	24A4249X012	36,360			1	1																								2	1
84	SEAT RING	25A5715X052	24,220																	1						1					2	1
85	SEAT RING	26A5290X032	37,830																										1	1	2	1
86	SEAT RING	26A5294X012	32,430																								1	1			2	1
87	GASKET	26A5318X012	4,750																										1	1	2	1
88	PLUG	27A3944X012	48,740																		1										1	0.5
89	PLUG	28A1010X012	27,300			1	1																								2	1
90	STEM	28A2260X112	44,350																										1	1	2	1
91	GASKET	29A9219X012	8,500																								2	2			4	2
92	SEAT RING	2V721546172	42,460																		1										1	0.5
93	PLUG	32B3534X012	30,450					1	1																						2	1
94	PLUG	33B6097X012	46,590																			1	1								2	1
95	PLUG	36A5394X012	50,830																								1	1			2	1

ตารางที่ ง-2 (ต่อ) INTERCHANGEABILITY SPARE PART FOR VALVE CODE B

TEM	DESCRIPTION	P/N	STOCK PRICE	J118231	J118232	J118243	J118244	J118250	J118256	J118263	J118269	J118284	J118285	J118287	TOTAL	AGREEMEN
1	SEAL RING	10A4216X032	2,660	1											1	0.25
2	STEM	10A9265XH52	15,890			1	1								2	0.5
3	PLUG	11A5214X012	11,320											1	1	0.25
4	GASKET SHIM	16A1936X012	660					1				1	1		3	0.75
5	GASKET SHIM	16A1937X012	890	1											1	0.25
6	GASKET SHIM	16A1938X012	970		1									1	2	0.5
7	GASKET SHIM	16A1941X012	1,170								1				1	0.25
8	GASKET SHIM	16A1942X012	2,070							1					1	0.25
9	PISTON RING	17A3990X012	9,360							1					1	0.25
10	GASKET	18A8274X012	3,100			1	1								2	0.5
11	GASKET	19A4321X012	6,040						1						1	0.25
12	PIN	1B599135072	140									1	1		2	0.5
13	PIN	1B599235072	110					1							1	0.25
14	PIN	1B599635072	80											1	1	0.25
15	PACKING SET	1E3190X0222	660											1	1	0.25
16	PACKING SET	1E3191X0282	820			1	1		1	1					4	1
17	GASKET	1J5047X0062	790								1				1	0.25
18	STEM	1K586935162	2,470		1									1	2	0.5
19	STEM	1L996435162	4,610							1					1	0.25
20	GASKET	1R2859X0042	460					1				1	1		3	0.75
21	SPIRAL GASKET	1R286099282	660					1				1	1		3	0.75
22	GASKET	1R2862X0062	270					1				1	1		3	0.75
23	PACKING SET	1R290001012	790					1				1	1		3	0.75
24	PACKING SET	1R290201012	970	2	1						2				5	1.25
25	GASKET	1R3098X0052	330	1											1	0.25
26	SPIRAL GASKET	1R309999442	1,240	1											1	0.25
27	GASKET	1R3100X0032	2,270	1											1	0.25
28	GASKET	1R3296X0042	460		1										1	0.25
29	SPIRAL GASKET	1R329799282	820		1										1	0.25
30	GASKET	1R3299X0042	660		1										1	0.25
31	GASKET	1R3418X0052	460											1	1	0.25
32	GASKET	1R3484X0042	890											1	1	0.25
33	SPIRAL GASKET	1R372299282	1,200								1				1	0.25
34	GASKET	1R3724X0042	970								1				1	0.25
35	GASKET	1R3844X0052	460	1											1	0.25
36	GASKET	1R3847X0032	660	1											1	0.25
37	PLUG	1U216146172	4,910									1	1		2	0.5

ตารางที่ ง-3 INTERCHANGEABILITY SPARE PART FOR VALVE CODE C

ITEM	DESCRIPTION	P/N	STOCK PRICE	J118231	J118232	J118243	J118244	J118250	J118256	J118263	J118269	J118284	J118285	J118287	TOTAL	AGREEMEN
38	SEAT RING	1U222546172	4,930									1	1		2	0.5
39	SEAT RING	1U222646172	6,800											1	1	0.25
40	PISTON RING	1U2258X0012	3,360			1	1								2	0.5
41	PISTON RING	1U2258X0022	14,200						1						1	0.25
42	STEM	1U230535162	3,460								1				1	0.25
43	SEAT RING	1U285246172	4,070					1							1	0.25
44	STEM	1U388835162	2,090					1				1	1		3	0.75
45	STEM	1U389035162	2,470	1											1	0.25
46	GASKET	1U5081X0052	1,500							1					1	0.25
47	SPIRAL GASKET	1U508599442	4,160							1					1	0.25
48	PLUG	1U844546172	17,590					1							1	0.25
49	STEM	1V1743X0042	34,780						1						1	0.25
50	PACKING SET	1V2396X0022	1,300			1	1		1	1					4	1
51	PIN	1V322735072	140	1	1						1				3	0.75
52	PIN	1V326035072	240			1	1		1	1					4	1
53	PACKING SET	1V3802X0022	1,040											1	1	0.25
54	BACK-UP RING	1V5507X0042	3,100		1										1	0.25
55	SEAL RING	1V550805092	1,200		1										1	0.25
56	SPIRAL GASKET	1V644199442	3,300							1					1	0.25
57	PLUG	1V657546172	6,350		1										1	0.25
58	PLUG	1V658146172	16,000								1				1	0.25
59	BACK-UP RING	1V6598X0022	3,420								1				1	0.25
60	SEAL RING	1V659905092	1,880								1				1	0.25
61	DISC	1V710706242	1,780		1										1	0.25
62	DISC	1V711606242	3,360								1				1	0.25
63	SEAT RING	21B6970X012	15,250	1											1	0.25
64	ANIT-EXTRUSIO	22B4694X012	8,300	1											1	0.25
65	SEAT RING	26A5292X012	17,650			1	1								2	0.5
66	GASKET	26A5320X012	5,840			1	1								2	0.5
67	GASKET	26A5322X012	14,600						1						1	0.25
68	PLUG	27A3944X012	48,740							1					1	0.25
69	SEAT RING	28B9475X012	39,800						1						1	0.25
70	SEAT RING	2V721546172	42,[illegible]							1					1	0.25
71	PLUG	33B6094X012	31,640	1											1	0.25
72	PLUG	36A5379X012	34,680			1	1								2	0.5
73	PLUG	36A5479X072	37,370						1						1	0.25

ตารางที่ ง-3 (ต่อ) INTERCHANGEABILITY SPARE PART FOR VALVE CODE C

ITEM	DESCRIPTION	P/N	STOCK PRICE	VALVE CODE A	VALVE CODE B	VALVE CODE C	TOTAL	MIN QTY IN STOCK	MAX QTY IN STOCK
1	SEAL RING	10A4206X032	2,770		1		1	1	2
2	SEAL RING	10A4216X032	2,660			0.25	0.25	1	2
3	SEAL RING	10A4223X012	8,300		1		1	1	2
4	SEAL RING	10A4223X032	8,300		1		1	1	2
5	STEM	10A9265XH52	15,890			0.5	0.5	1	2
6	PLUG	11A5207X012	9,340	1			1	1	2
7	PLUG	11A5214X012	11,320			0.25	0.25	1	2
8	GASKET SET	12B7100X132	15,540		2		2	2	3
9	PLUG	15A6484X052	11,060		1		1	1	2
10	GASKET SHIM	16A1639X012	970	1			1	1	2
11	GASKET SHIM	16A1931X012	890	1			1	1	2
12	GASKET SHIM	16A1936X012	660	1	0.5	0.75	2.25	3	6
13	GASKET SHIM	16A1937X012	890	1	1	0.25	2.25	3	6
14	GASKET SHIM	16A1938X012	970	4	1	0.5	5.5	6	12
15	GASKET SHIM	16A1940X012	1,040		1		1	1	2
16	GASKET SHIM	16A1941X012	1,170	2	4.5	0.25	6.75	7	14
17	GASKET SHIM	16A1942X012	2,070	2	1.5	0.25	3.75	4	8
18	PLUG	16A3335X052	4,360	1			1	1	2
19	SEAT RING	16A3350X052	12,430	1			1	1	2
20	PLUG	16A5417X092	36,130		1		1	1	2
21	PLUG	16A5708X052	4,360		0.5		0.5	1	2
22	PISTON RING	17A3988X012	4,460	6			6	6	12
23	PISTON RING	17A3990X012	9,360	2	0.5	0.25	2.75	3	6
24	GASKET	18A2812X012	8,590		1		1	1	2
25	GASKET	18A8274X012	3,100			0.5	0.5	1	2
26	GASKET	19A2542X012	3,100		1		1	1	2
27	GASKET	19A4321X012	6,040			0.25	0.25	1	2
28	PIN	1B599135072	140			0.5	0.5	1	2
29	PIN	1B599235072	110			0.25	0.25	1	2
30	PIN	1B599335072	80	1	0.5		1.5	2	4
31	PIN	1B599635072	80	1		0.5	1.5	1	2
33	PIN	1B599835072	140		1		1	1	2
34	PACKING RING	1D7518X0132	1,360		3		3	3	6
35	PACKING SET	1E3190X0222	660	8	1.5	0.25	9.75	10	20
36	PACKING SET	1E3191X0282	820	2	1.5	1	4.5	5	10
37	PIN	1F723635072	300		3		3	3	6
38	STEM	1J320535162	5,280		1		1	1	2

ตารางที่ ง-4 TOTAL INTERCHARGABILITY SPARE PART

ITEM	DESCRIPTION	P/N	STOCK PRICE	VALVE CODE A	VALVE CODE B	VALVE CODE C	TOTAL	MIN QTY IN STOCK	MAX QTY IN STOCK
39	GASKET	1J5047X0062	790	2	5	0.25	7.25	8	16
40	STEM	1K586935162	2,470	4	1	0.5	5.5	6	12
41	STEM	1K587735162	4,610		2		2	2	4
42	STEM	1L996435162	4,610	2	1.5	0.25	3.75	4	8
43	STEM	1P597335162	16,440		1		1	1	2
44	STEM	1P6696X0012	30,150		2		2	1	2
45	GASKET	1R2859X0042	460	1	0.5	0.75	2.25	3	6
46	SPIRAL GASKET	1R286099282	660	1	0.5	0.75	2.25	3	6
47	GASKET	1R2862X0062	270	1	0.5	0.75	2.25	3	6
48	PACKING SET	1R290001012	790	4	2	0.75	6.75	7	14
49	PACKING SET	1R290201012	970	6	9	1.25	16.25	16	32
50	PACKING SET	1R290401012	1,530		6		6	6	12
51	GASKET	1R3098X0052	330	1	1	0.25	2.25	3	6
52	SPIRAL GASKET	1R309999442	1,240	1	1	0.25	2.25	3	6
53	GASKET	1R3100X0032	2,270			0.25	0.25	1	2
54	GASKET	1R3101X0032	520	1	1		2	2	4
55	GASKET	1R3296X0042	460	4	1	0.25	5.25	6	12
56	SPIRAL GASKET	1R329799282	820	3	1	0.25	4.25	5	10
57	SPIRAL GASKET	1R329799442	1,360	1			1	1	2
58	GASKET	1R3299X0042	660	4	1	0.25	5.25	6	12
59	GASKET	1R3418X0052	460			0.25	0.25	1	2
60	GASKET	1R3481X0052	520		1		1	1	2
61	SPIRAL GASKET	1R348299282	1,080		1		1	1	2
62	GASKET	1R3484X0042	890		4	0.25	4.25	5	10
63	SPIRAL GASKET	1R359999442	1,240	1			1	1	2
64	SPIRAL GASKET	1R372299282	1,200		3.5	0.25	3.75	4	8
65	SPIRAL GASKET	1R372299442	2,200	2	1		3	3	6
66	GASKET	1R3724X0042	970	3	5	0.25	8.25	9	18
67	GASKET	1R3844X0052	460	2		0.25	2.25	3	6
68	SPIRAL GASKET	1R384599442	1,650	1			1	1	2
69	PACKING SET	1R3846X0042	970	1			1	1	2
70	GASKET	1R3847X0032	660			0.25	0.25	1	2
71	GASKET	1R3874X0032	2,270	1			1	1	2
72	PLUG	1U216146172	4,910			0.5	0.5	1	2
73	SEAT RING	1U222546172	4,930			0.5	0.5	1	2
74	SEAT RING	1U222646172	6,800			0.25	0.25	1	2
75	SEAT RING	1U222746172	8,420	2			2	2	4

ตารางที่ ง-4 (ต่อ) TOTAL INTERCHARGABILITY SPARE PART

ITEM	DESCRIPTION	P/N	STOCK PRICE	VALVE CODE A	VALVE CODE B	VALVE CODE C	TOTAL	MIN QTY IN STOCK	MAX QTY IN STOCK
76	SEAT RING	1U222846172	10,030		1		1	1	2
77	PISTON RING	1U2258X0012	3,360			0.5	0.5	1	2
78	PISTON RING	1U2258X0022	14,200			0.25	0.25	1	2
79	STEM	1U230535162	3,460	3	3.5	0.25	6.75	7	14
80	PISTON RING	1U2392X0012	6,360		2		2	2	4
81	SEAT RING	1U285246172	4,070			0.25	0.25	1	2
82	SEAT RING	1U285346172	4,070		0.5		0.5	1	2
83	STEM	1U388835162	2,090	2	1.5	0.75	4.25	5	10
84	STEM	1U389035162	2,470	1		0.25	1.25	2	4
85	GASKET	1U5081X0052	1,500	2	1.5	0.25	3.75	4	8
86	SPIRAL GASKET	1U508599442	4,160	2	1.5	0.25	3.75	4	8
87	GASKET	1U5086X0032	1,240		1		1	1	2
88	PACKING RING	1U6768X0022	2,390		1.5		1.5	2	4
89	PLUG	1U844546172	17,590			0.25	0.25	1	2
90	STEM	1V1743X0042	34,780			0.25	0.25	1	2
91	PACKING SET	1V2396X0022	1,300	1	1	1	3	3	6
92	PACKING SET	1V2396X0022	1,300	1			1	1	2
93	PIN	1V322635072	140	1	1		2	2	4
94	PIN	1V322735072	140	7	4.5	0.75	12.25	13	26
95	PIN	1V326035072	240	2	2.5	1	5.5	6	12
96	PIN	1V334035072	1,100		1		1	1	2
97	PACKING SET	1V3802X0022	1,040	6	2	0.25	8.25	9	18
98	BACK-UP RING	1V550705292	3,360	1			1	1	2
99	BACK-UP RING	1V5507X0042	3,100	3		0.25	3.25	4	8
100	SEAL RING	1V550805092	1,200	4		0.25	4.25	5	10
101	SPIRAL GASKET	1V644199442	3,300	2	0.5	0.25	2.75	3	6
102	PLUG	1V657146172	5,280	1			1	1	2
103	PLUG	1V657346172	5,280		1		1	1	2
104	PLUG	1V657546172	6,350	4		0.25	4.25	5	10
105	PLUG	1V657746172	15,400	1			1	1	2
106	PLUG	1V657946172	16,000		3.5	0.25	3.75	4	8
107	BACK-UP RING	1V6590X0042	2,850	1			1	1	2
108	SEAL RING	1V659105092	660	1			1	1	2
109	BACK-UP RING	1V6592X0032	3,040		1		1	1	2
110	SEAL RING	1V659305092	1,000		1		1	1	2
111	BACK-UP RING	1V6596X0032	3,360		1		1	1	2
112	BACK-UP RING	1V659805292	3,510		0.5		0.5	1	2

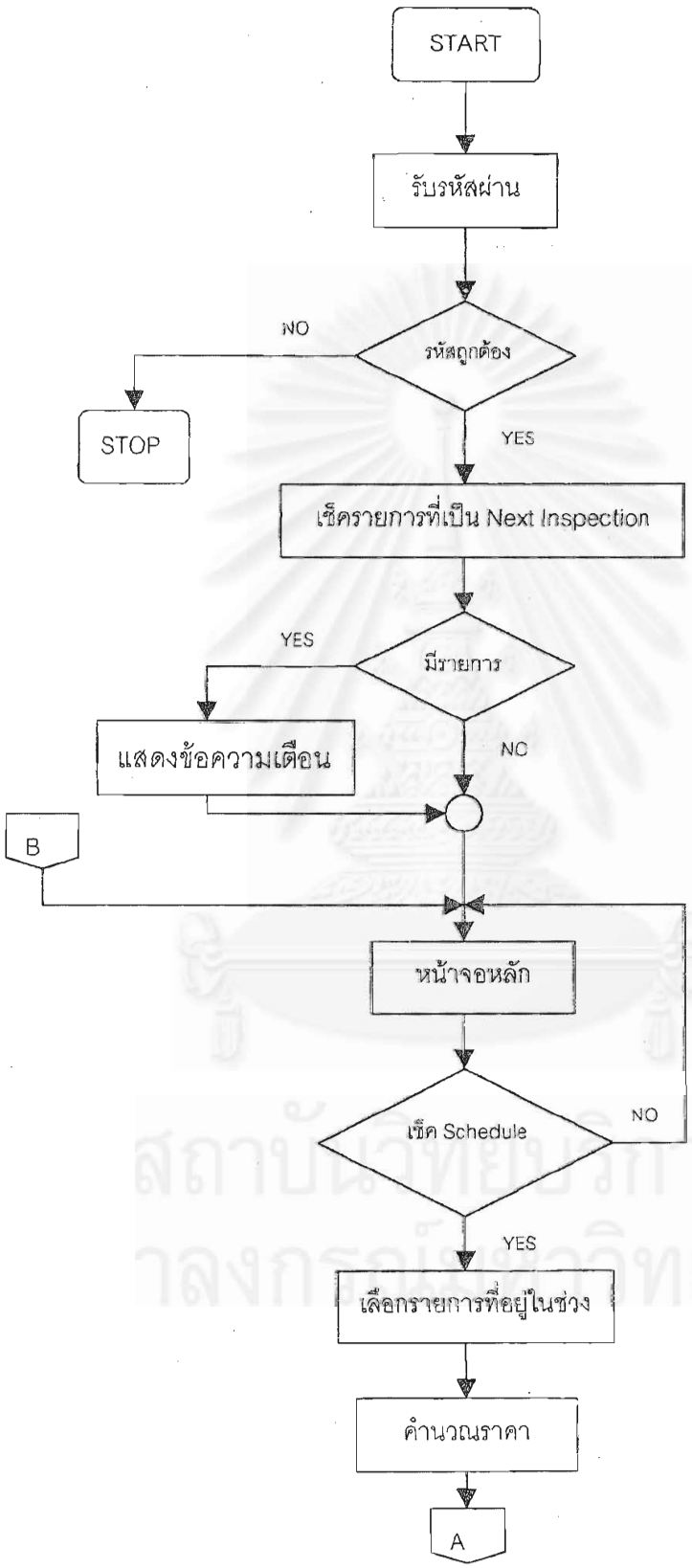
ตารางที่ ง-4 (ต่อ) TOTAL INTERCHARGABILITY SPARE PART

ITEM	DESCRIPTION	P/N	STOCK PRICE	VALVE CODE A	VALVE CODE B	VALVE CODE C	TOTAL	MIN QTY IN STOCK	MAX QTY IN STOCK
113	BACK-UP RING	1V6598X0022	3,420		2	0.25	2.25	3	6
114	SEAL RING	1V659905092	1,880		2.5	0.25	2.75	3	6
115	SEAL RING	1V669705092	1,660		1		1	1	2
116	SEAT RING	1V676446172	23,870	2			2	2	4
117	DISC	1V710106242	1,000	1			1	1	2
118	DISC	1V710406242	1,200		1		1	1	2
119	DISC	1V710706242	1,780	4		0.25	4.25	5	10
120	DISC	1V711606242	3,360		2.5	0.25	2.75	3	6
121	SEAT RING	21B6970X012	15,250			0.25	0.25	1	2
122	SEAT RING	21B7013X012	46,740		1		1	1	2
123	ANIT-EXTRUSION	21B9340X012	9,680		1		1	1	2
124	ANIT-EXTRUSION	21B9341X012	12,840		1		1	1	2
125	SEAT RING	22B3538X012	33,430		1		1	1	2
126	ANIT-EXTRUSION	22B4694X012	8,300			0.25	0.25	1	2
127	PLUG	23B0168X012	51,600		0.5		0.5	1	2
128	PLUG	23B0168X012	43,850		1.5		1.5	1	2
129	SEAT RING	23B0174X012	25,860		2		2	2	4
130	SEAT RING	24A4249X012	36,360		1		1	1	2
131	SEAT RING	25A5715X052	24,220		1		1	1	2
132	SEAT RING	26A5290X032	37,830		1		1	1	2
133	SEAT RING	26A5292X012	17,650			0.5	0.5	1	2
134	SEAT RING	26A5294X012	32,430		1		1	1	2
135	GASKET	26A5318X012	4,750		1		1	1	2
136	GASKET	26A5320X012	5,840			0.5	0.5	1	2
137	GASKET	26A5322X012	14,600			0.25	0.25	1	2
138	PLUG	27A3932X012	46,590	2			2	1	2
139	PLUG	27A3944X012	48,730	2	0.5	0.25	2.75	1	2
140	PLUG	28A1010X012	27,300		1		1	1	2
141	STEM	28A2260X112	44,350		1		1	1	2
142	SEAT RING	28B9475X012	39,800			0.25	0.25	1	2
143	GASKET	29A9219X012	8,500		2		2	2	4
144	SEAT RING	2V721546172	42,460	2	0.5	0.25	2.75	1	2
145	PLUG	32B3534X012	30,450		1		1	1	2
146	PLUG	33B6094X012	31,640			0.25	0.25	1	2
147	PLUG	33B6097X012	46,590		1		1	1	2
148	PLUG	36A5379X012	34,680			0.5	0.5	1	2
149	PLUG	36A5394X012	50,830		1		1	1	2
150	PLUG	36A5479X072	37,370			0.25	0.25	1	2

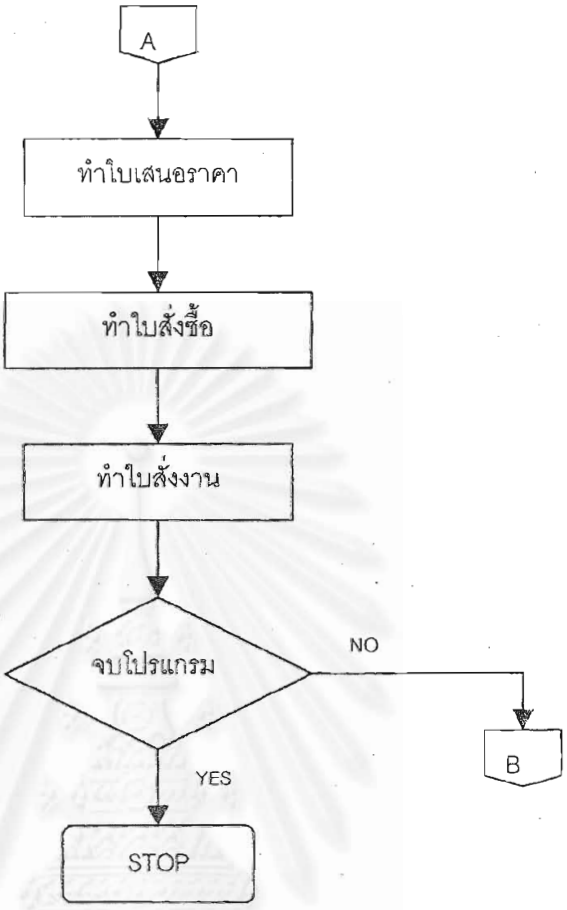
ตารางที่ ง-4 (ต่อ) TOTAL INTERCHARGABILITY SPARE PART

ภาคผนวก จ
คู่มือการใช้โปรแกรมและรายงานต่าง ๆ

สถาบันวิทยบริการ
าลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ จ-1 แสดง Flow Chart ของโปรแกรม



รูปที่ จ-1 (ต่อ) แสดง Flow Chart ของโปรแกรม

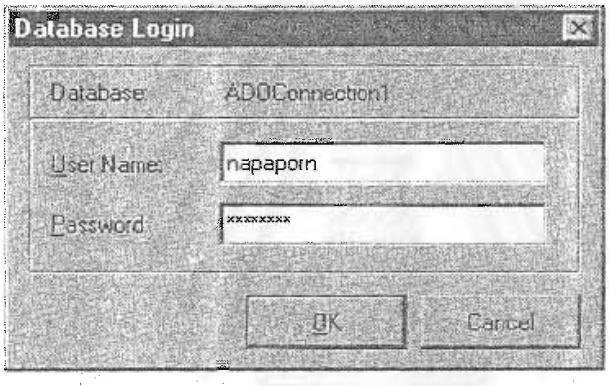
สถาบันวิทยบริการ
าลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือการใช้โปรแกรม

โปรแกรมการจัดการอะไหล่สำหรับวาล์วควบคุมนี้ ประกอบด้วยเมนูต่าง ๆ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถใช้งานโปรแกรมนี้ โดยปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

1. **รหัสผ่าน** (Password)

หลังจากที่เรียกใช้โปรแกรมแล้ว จะปรากฏหน้าจอรหัสผ่าน ซึ่งผู้ใช้งานจะต้องระบุรหัสผ่านให้ถูกต้อง จึงจะสามารถเข้าสู่การทำงานของโปรแกรมนี้ได้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้บุคคลที่ไม่ได้มีหน้าที่รับผิดชอบ เข้ามาใช้โปรแกรม



รูปที่ จ-2 หน้าจอของรหัสผ่าน

เมื่อรหัสผ่านถูกต้อง จะเข้าสู่โปรแกรมการทำงาน โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะแสดงข้อความเตือนให้ทำการเสนอราคาอะไหล่ เมื่อมีรายการของวาล์วควบคุมที่ถึงกำหนดการซ่อมในครั้งถัดไป ในช่วงเวลาล่วงหน้า 2 เดือน

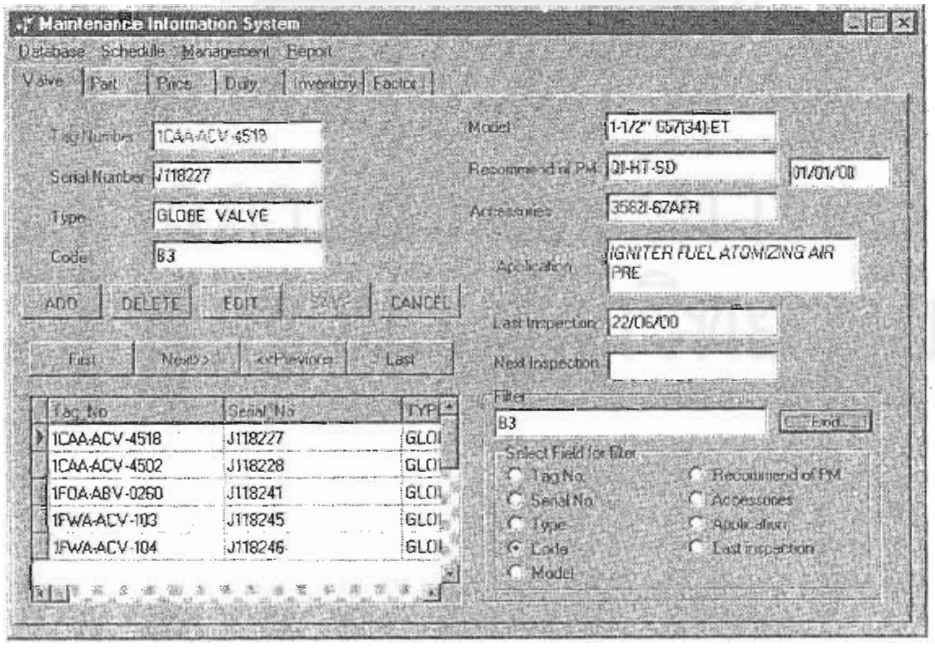
รูปที่ จ-3 หน้าจอของการเตือน

2. **ฐานข้อมูล** (Database)

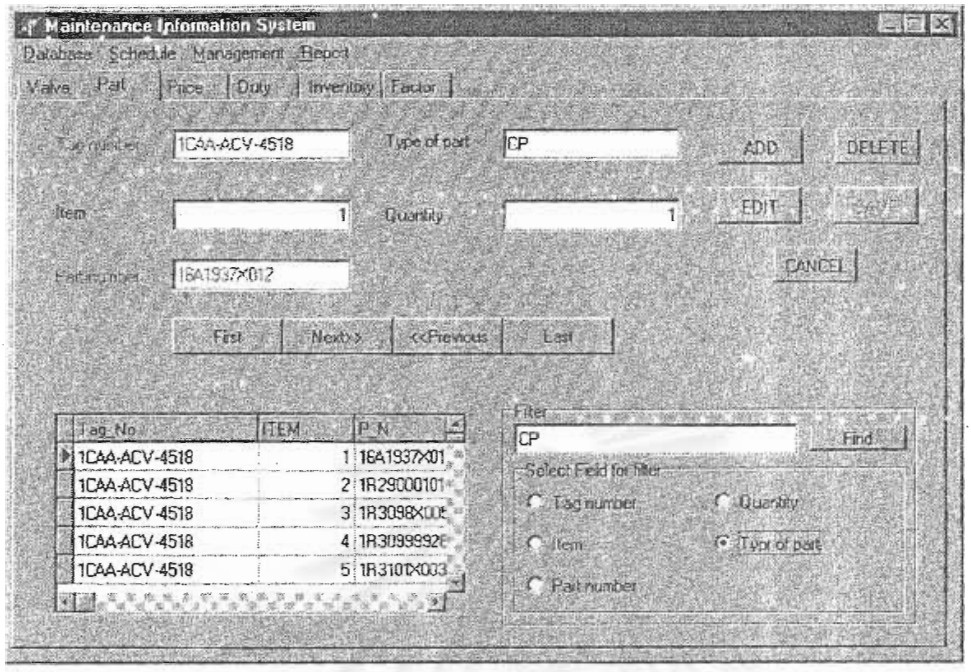
เมื่อเข้าสู่โปรแกรม จะปรากฏหน้าจอเมนูหลัก โดยจะเริ่มจากหน้าจอฐานข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยฐานข้อมูลของวาล์วควบคุม, รายการอะไหล่, ราคาอะไหล่, ภาษีของอะไหล่, รายการสินค้าคงคลัง และค่าการคำนวณต่าง ๆ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถป้อนข้อมูลต่าง ๆ ได้ โดยจะมีเมนูย่อยเพื่อช่วยในการป้อน เพิ่ม ลบ ค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมได้ดังนี้

เมนูย่อย		
	First	เมื่อต้องการไปยังรายการแรก
	Last	เมื่อต้องการไปยังรายการสุดท้าย
	Next>>	เมื่อต้องการไปรายการถัดไป
	<<Previous	เมื่อต้องการไปรายการก่อนหน้า
	Add	เมื่อต้องการเพิ่มข้อมูลในฐานข้อมูล
	Delete	เมื่อต้องการลบข้อมูลในฐานข้อมูล
	Edit	เมื่อต้องการแก้ไขข้อมูลในฐานข้อมูล
	Save	เมื่อต้องการบันทึกข้อมูลในฐานข้อมูล ภายหลังจากที่ได้ทำการแก้ไขข้อมูล

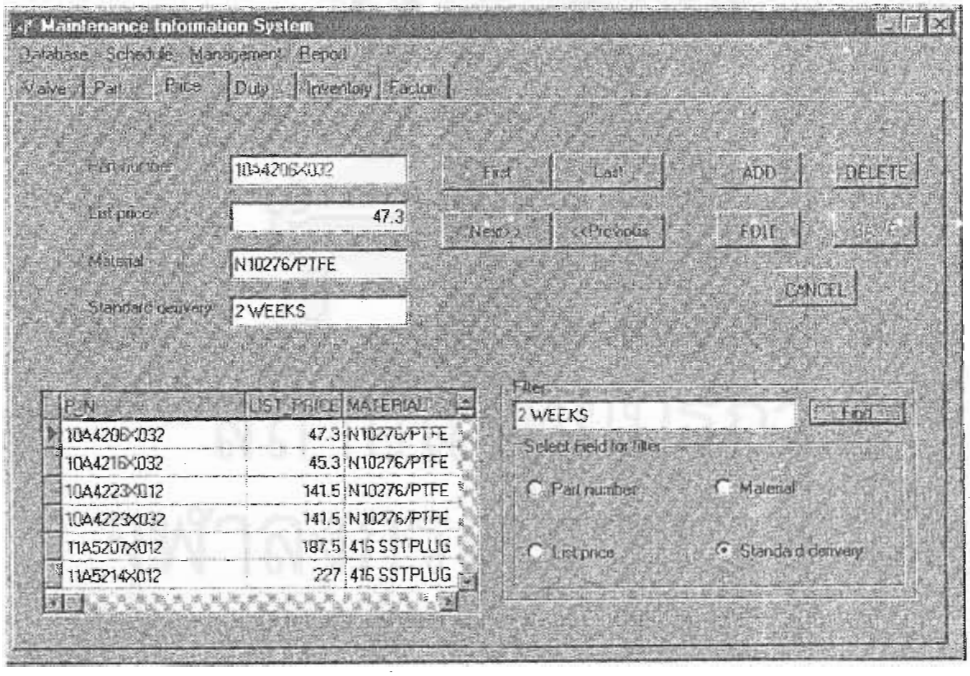
ทั้งนี้ยังมีเมนูช่วยสำหรับการค้นหาข้อมูล (Filter) โดยจะต้องคลิกเลือกประเภทของรายการที่ต้องการค้นหา แล้วจึงใส่ข้อมูลที่ต้องการ และกดปุ่ม Find โปรแกรมจะทำการค้นหาข้อมูลจากฐานข้อมูลและแสดงรายละเอียดทั้งหมดที่ค้นพบ



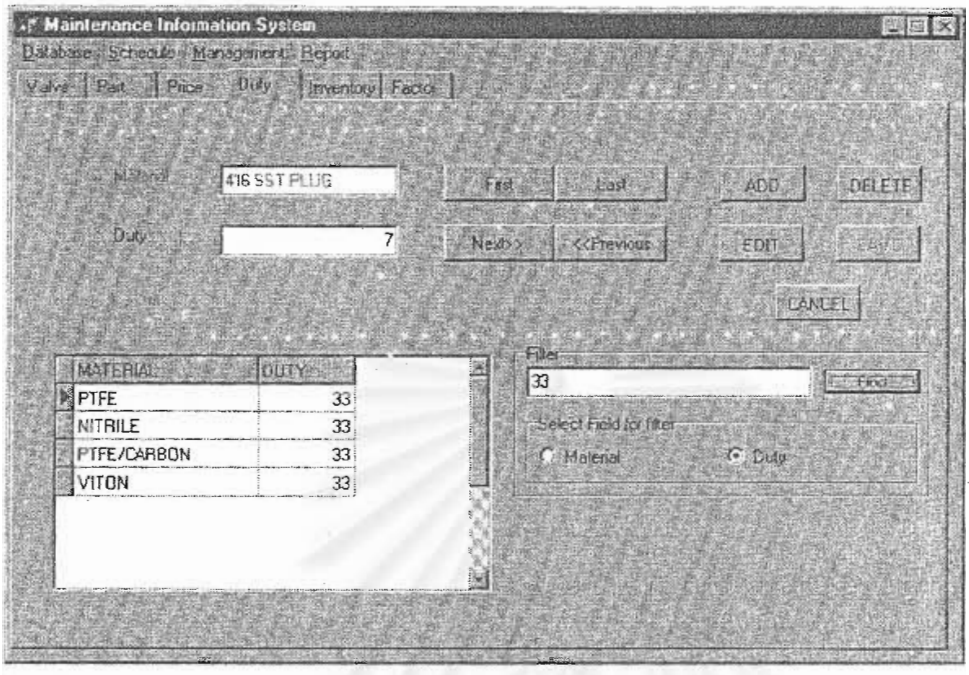
รูปที่ จ-4 หน้าจอของฐานข้อมูลของวาล์วควบคุม



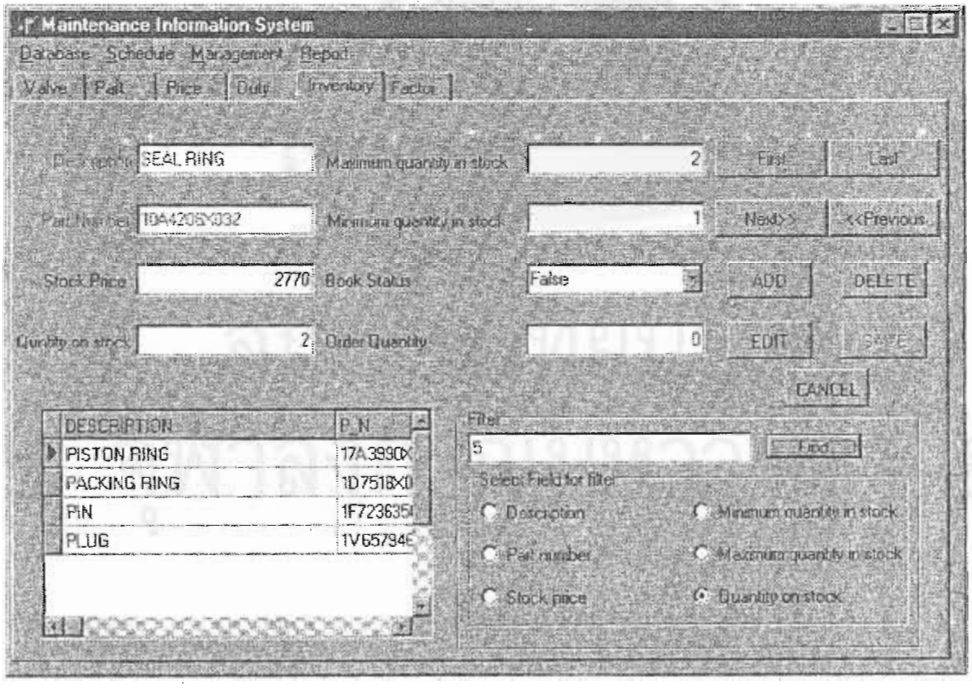
รูปที่ จ-5 หน้าจอของฐานข้อมูลของรายการอะไหล่



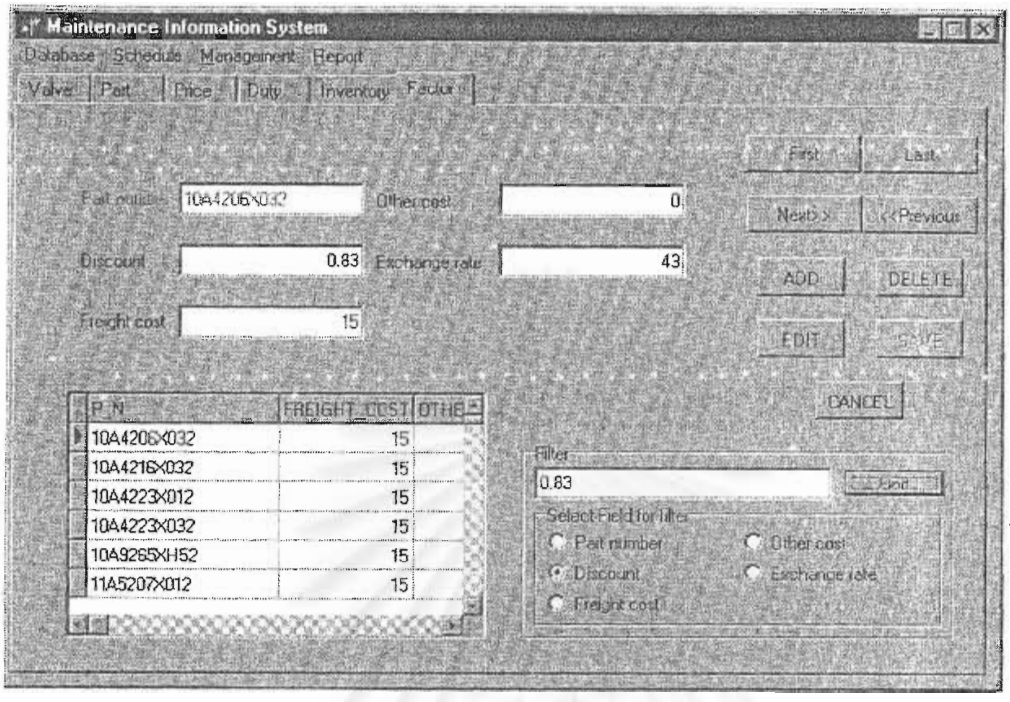
รูปที่ จ-6 หน้าจอของฐานข้อมูลของราคาอะไหล่



รูปที่ จ-7 หน้าจอของฐานข้อมูลของภาษีของอะไหล่



รูปที่ จ-8 หน้าจอของฐานข้อมูลของรายการสินค้าคงคลัง

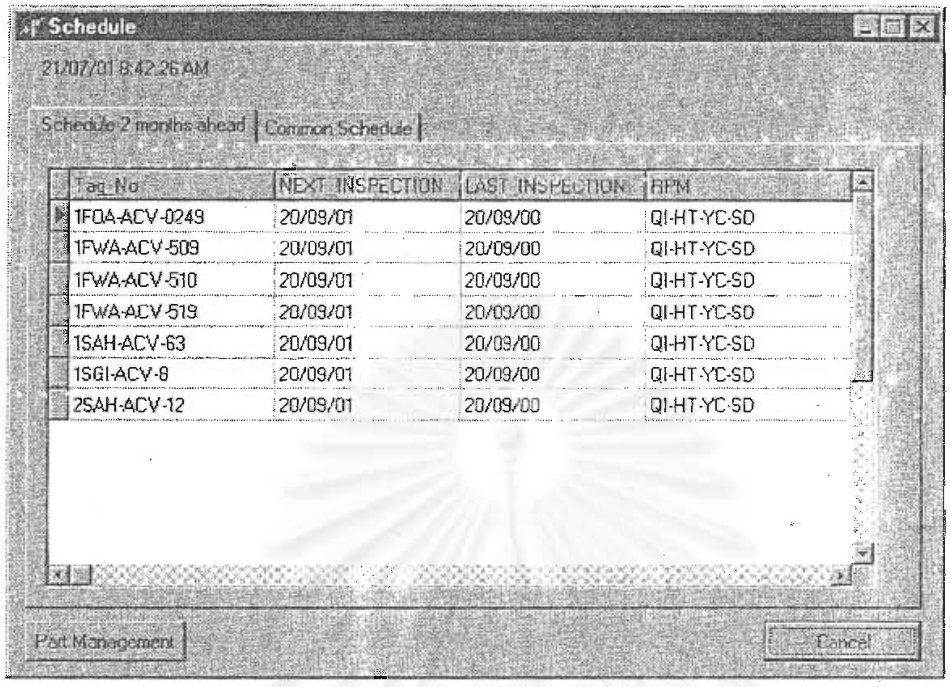


รูปที่ จ-9 หน้าจอของฐานข้อมูลของค่าคำนวณอื่น ๆ

หลังจากที่ได้ใส่ข้อมูลของวาล์วควบคุม รายการอะไหล่ ราคาของอะไหล่ทั้งหมดแล้ว โปรแกรมจะทำงานอัตโนมัติ โดยจะแสดงวันตรวจเช็คครั้งถัดไป (Next Inspection) หากถึงเวลาล่วงหน้า 2 เดือนก่อนถึงวันตรวจเช็คครั้งถัดไป โปรแกรมจะทำการเตือน โดยจะแสดงข้อความว่ามีวาล์วควบคุมที่ต้องทำการเสนอราคาแก่ลูกค้า ดังแสดงในรูป จ-3

3. กำหนดการซ่อม (Maintenance Schedule)

ในส่วนนี้จะประกอบด้วย กำหนการซ่อมบำรุง 2 แบบ คือ กำหนดการซ่อมบำรุงล่วงหน้า 2 เดือนก่อนวันตรวจเช็คครั้งถัดไป (Schedule 2 months ahead) ซึ่งจะแสดงรายการของวาล์วควบคุมที่ถึงกำหนด และจะต้องทำการเสนอราคา และกำหนดการซ่อมบำรุงทั่วไป (Common Schedule) จะเป็นกำหนดการที่เหลือที่ทราบวันตรวจเช็คครั้งถัดไป แต่ยังไม่อยู่ในช่วง 2 เดือนก่อนถึงกำหนดการทำใบเสนอราคาแก่ลูกค้า เมื่อมีวาล์วควบคุมที่ถึงกำหนดการซ่อมบำรุงในระยะเวลาล่วงหน้า 2 เดือน จะต้องทำการเสนอราคาอะไหล่ให้แก่ลูกค้า โดยทำการคลิกที่ Part Management เพื่อทำการจัดการอะไหล่สำหรับวาล์วควบคุม

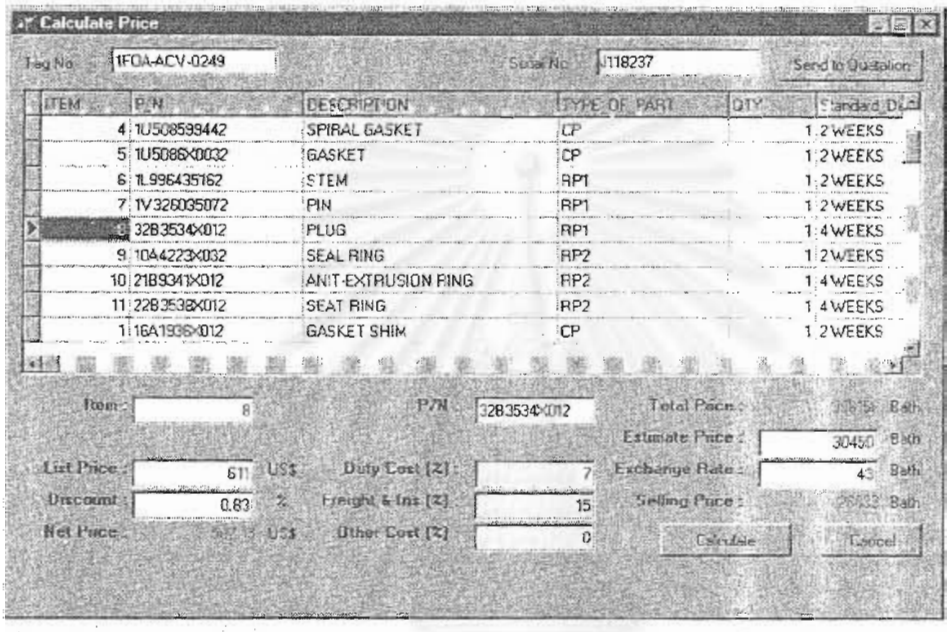


รูปที่ จ-10 หน้าจอแสดงกำหนดล่วงหน้า 2 เดือน

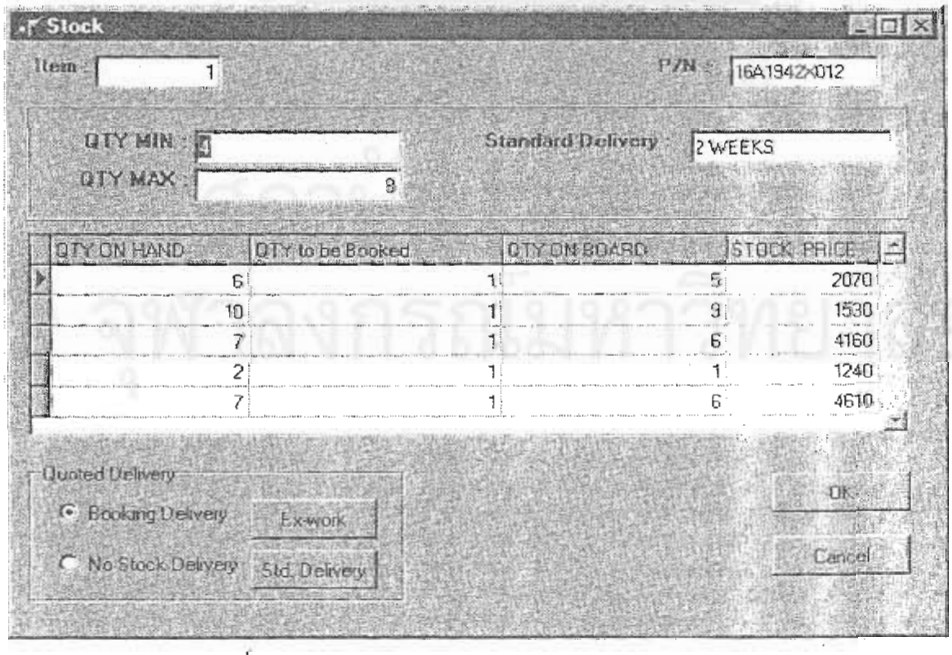
รูปที่ จ-11 หน้าจอแสดงกำหนดการทั่วไป

4. **การจัดการอะไหล่** (Part Management)

เมื่อมีวาล์วควบคุมที่ต้องทำการเสนอราคาแล้ว โปรแกรมจะทำการเลือกรายการอะไหล่ที่ต้องใช้ในการซ่อมบำรุงแต่ละครั้ง โดยสามารถเลือกทีละรายการ โปรแกรมจะทำการคำนวณราคาขาย (Selling Price) เมื่อคำนวณราคาขายแล้ว จะทำการเช็คว่าอะไหล่ในคลังสินค้าหรือไม่ หากมีจะต้องทำการจองอะไหล่และตัดจำนวนสินค้าในคลังสินค้า



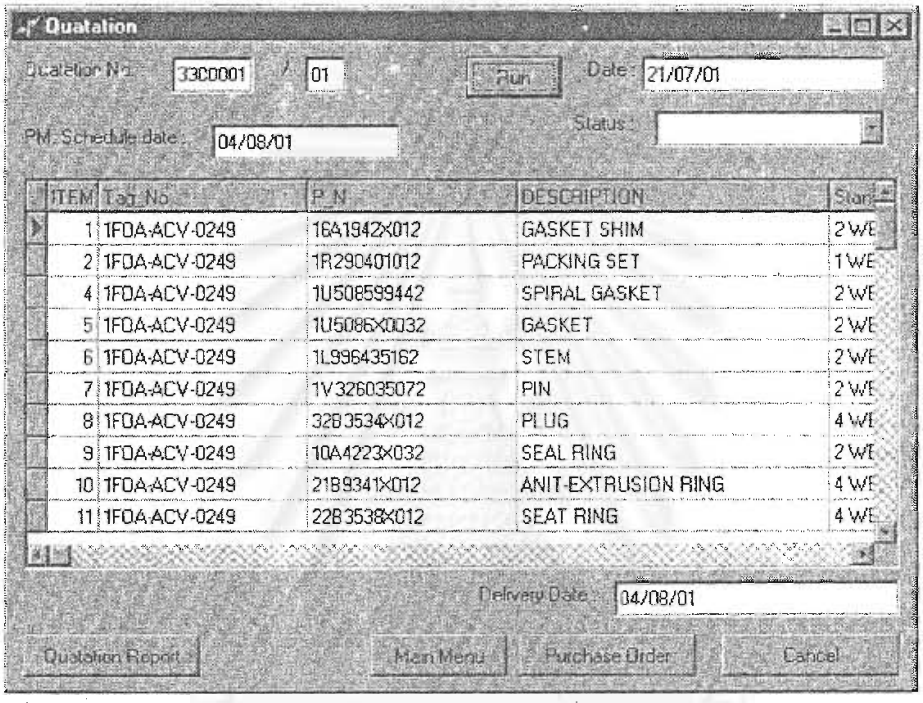
รูปที่ จ-12 หน้าจอแสดงการคำนวณราคาของอะไหล่



รูปที่ จ-13 หน้าจอของการจองสินค้าในคลังสินค้า

4.1 ใบเสนอราคา (Quotation)

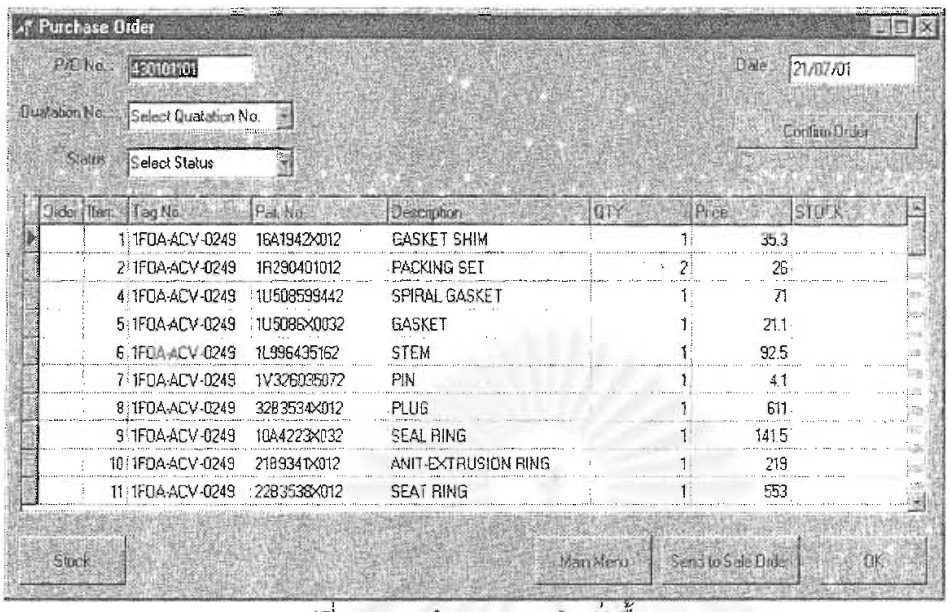
ข้อมูลของอะไหล่ที่ได้คำนวณราคาและจองสินค้าแล้ว จะต้องส่งข้อมูลมาเพื่อทำใบเสนอราคาและส่งให้ลูกค้าต่อไป โดยโปรแกรมจะกำหนดเลขที่ใบเสนอราคาโดยอัตโนมัติ สำหรับกำหนดส่งมอบสินค้าจะต้องระบุเป็นกำหนดส่งมอบสินค้าที่มากที่สุดของทุกรายการ โดยผู้ใช้งานจะเป็นผู้ระบุในช่อง Delivery Date



รูปที่ จ-14 หน้าจอแสดงใบเสนอราคา

4.2 ใบสั่งซื้อ (Purchase Order)

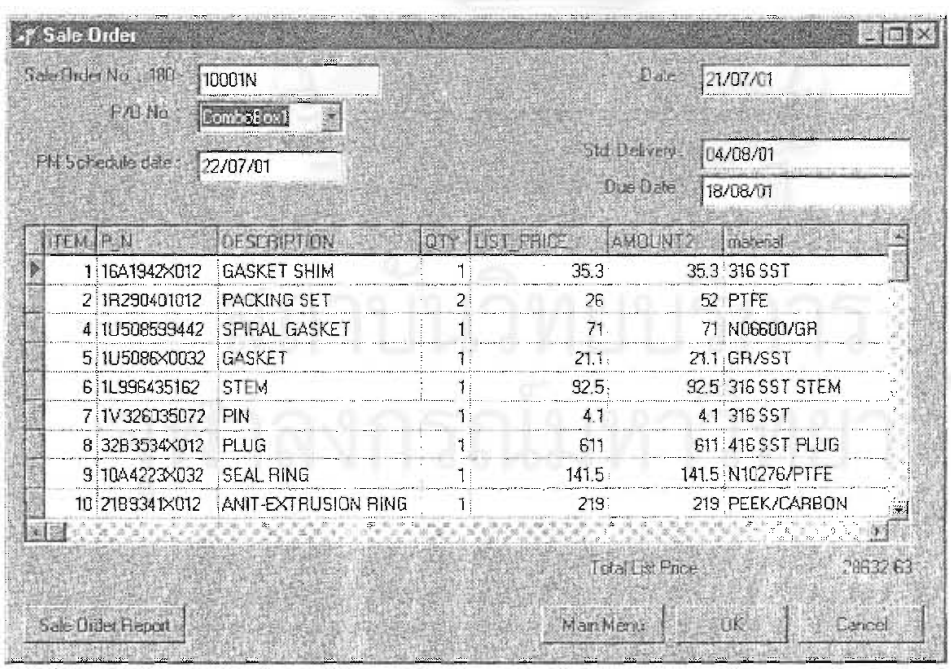
หลังจากได้พิมพ์ใบเสนอราคาและส่งแฟกซ์ให้ลูกค้าแล้ว เมื่อลูกค้าได้พิจารณาและตกลงสั่งซื้ออะไหล่ จะต้องส่งใบสั่งซื้อมาเพื่อเอกสารยืนยันการสั่งซื้อ เมื่อได้รับใบสั่งซื้อดังกล่าว ผู้ใช้งานจะต้องป้อนข้อมูลการสั่งซื้อ เลขที่ใบสั่งซื้อ รายการอะไหล่ ซึ่งจะต้องตรงกับใบเสนอราคาที่ได้เสนอให้แก่ลูกค้า



รูปที่ จ-15 หน้าจอแสดงใบสั่งซื้อ

4.3 ใบสั่งงาน (Sale Order)

จากรายการที่ลูกค้าได้สั่งซื้อ หากมีอะไหล่ในคลังสินค้า จะทำการส่งมอบสินค้าให้แก่ลูกค้า สำหรับรายการอะไหล่ที่ไม่มีในคลังสินค้า จะต้องจัดทำใบสั่งงาน เพื่อสั่งสินค้าไปยังบริษัทผู้ผลิต โดยจะป้อนเลขในสั่งงาน และกำหนดส่งมอบสินค้า (Due Date) จากบริษัทผู้ผลิต ซึ่งจะต้องพิมพ์ใบสั่งงานนี้ และส่งแฟกซ์ไปยังบริษัทผู้ผลิต



รูปที่ จ-16 หน้าจอแสดงใบสั่งงาน

5. **รายงาน** (Report)

สำหรับโปรแกรมนี้สามารถจัดพิมพ์รายงานที่ได้จากฐานข้อมูลและการประมวลผลดังนี้

5.1 รายงานรายการวาล์วควบคุม

5.2 รายงานรายการอะไหล่

5.3 รายงานราคาของอะไหล่

5.4 รายงานรายการสินค้าคงคลัง

5.5 รายงานใบเสนอราคา

5.6 รายงานใบสั่งงาน

สถาบันวิทยบริการ
าลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Valve Database Report

Tag No 1CAA-ACV-4518	Serial No. J118227		Model	1-1/2" 657(34)-ET
Last Inspection 22/06/00	Accessories 3582I-67AFR		Code	B3
Application IGNITER FUEL ATOMIZING AIR PRE		Reccommend of PM		QI-HT-SD

Tag No 1CAA-ACV-4502	Serial No. J118228		Model	1-1/2" 667(34)-ET
Last Inspection 22/06/00	Accessories 3582I-67AFR		Code	B3
Application WARM-UP BURNER ATOMIZING AIR P		Reccommend of PM		QI-HT-SD

Tag No 1ECB-ABV-19	Serial No. J118229		Model	4" (4X2) 657(45)-EWT
Last Inspection 09/04/00	Accessories 3582I-67AFR		Code	A
Application BCP EMERGENCY COOLING WATER DR		Reccommend of PM		QI-SD

Tag No 1ECB-ABV-16	Serial No. J118230		Model	4" (4X2) 657(45)-EWT
Last Inspection 09/04/00	Accessories 3582I-67AFR		Code	A
Application BCP EMERGENCY COOLING WATER SH		Reccommend of PM		QI-SD

Tag No 1FOA-ACV-0359	Serial No. J118231		Model	2-1/2" 667(40)-ET
Last Inspection 02/11/00	Accessories 3582I-67AFR		Code	C
Application IGNITER PRESS. CONTROL VALVE		Reccommend of PM		QI-WN

Part Database Report

Tag No.	Item	Description	Part No.	Type of Part	Quantity
1SAH-ACV-70	10	SEAL RING	10A4206X032	RP2	1
1SAH-ACV-69	10	SEAL RING	10A4206X032	RP2	1
1FOA-ACV-0359	11	SEAL RING	10A4216X032	RP2	1
1FOA-ACV-0212	6	SEAL RING	10A4223X012	RP	1
1FOA-ACV-0213	6	SEAL RING	10A4223X012	RP	1
1FOA-ACV-0249	9	SEAL RING	10A4223X032	RP2	1
1FOA-ACV-0250	9	SEAL RING	10A4223X032	RP2	1
1FWA-ACV-24	5	STEM	10A9265XH52	RP1	1
1FWA-ACV-27	5	STEM	10A9265XH52	RP1	1
1SG1-ABV-33	7	PLUG	11A5207X012	RP1	1
1SG1-ABV-29	6	PLUG	11A5214X012	RP1	1
1FWA-ACV-105	7	GASKET SET	12B7100X132	CP	1
1FWA-ACV-103	1	GASKET SET	12B7100X132	CP	1
1FWA-ACV-104	1	GASKET SET	12B7100X132	CP	1
1FWA-ACV-106	1	GASKET SET	12B7100X132	CP	1
1SAH-ABV-73	7	PLUG	15A6484X052	RP1	1
2PSA-ACV-71	7	PLUG	15A6484X052	RP1	1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Price Database Report

Part No.	Material	List Price	Standard Derivery
10A4206X032	N10276/PTFE	47.3	2 WEEKS
10A4216X032	N10276/PTFE	45.3	2 WEEKS
10A4223X012	N10276/PTFE	141.5	2 WEEKS
10A4223X032	N10276/PTFE	141.5	2 WEEKS
10A9265XH52	316 SST STEM	319	4 WEEKS
11A5207X012	416 SSTPLUG	187.5	2 WEEKS
11A5214X012	416 SSTPLUG	227	2 WEEKS
12B7100X132	INCO/GR	265	2 WEEKS
15A6484X052	416 SSTPLUG	222	2 WEEKS
16A1639X012	316 SST	16.6	2 WEEKS
16A1931X012	316 SST	15.1	2 WEEKS
16A1936X012	316 SST	11.2	2 WEEKS
16A1937X012	316 SST	15.1	2 WEEKS
16A1938X012	316 SST	16.6	1 WEEKS
16A1940X012	316 SST	17.7	2 WEEKS
16A1941X012	GR/SST	19.9	2 WEEKS
16A1942X012	316 SST	35.3	2 WEEKS
16A3335X052	416 SST PLUG	87.5	2 WEEKS
16A3350X052	416 SST	212	4 WEEKS
16A5417X092	416 SSTPLUG	725	2 WEEKS
16A5708X052	416 SST PLUG	87.5	2 WEEKS
17A3988X012	GR	76	3 WEEKS

Inventory Database Report

Part No.	16A1942X012	Description	GASKET SHIM	Quantity on Stock	6		
Maximum Quantity on Stock	8	Minimum Quantity on Stock	4	Stock Price	2070	Baht.	
Part No.	1R290401012	Description	PACKING SET	Quantity on Stock	10		
Maximum Quantity on Stock	12	Minimum Quantity on Stock	6	Stock Price	1530	Baht.	
Part No.	1U508599442	Description	SPIRAL GASKET	Quantity on Stock	7		
Maximum Quantity on Stock	8	Minimum Quantity on Stock	4	Stock Price	4160	Baht.	
Part No.	1U5086X0032	Description	GASKET	Quantity on Stock	2		
Maximum Quantity on Stock	2	Minimum Quantity on Stock	1	Stock Price	1240	Baht.	
Part No.	1L996435162	Description	STEM	Quantity on Stock	7		
Maximum Quantity on Stock	8	Minimum Quantity on Stock	4	Stock Price	4610	Baht.	
Part No.	1V326035072	Description	PIN	Quantity on Stock	10		
Maximum Quantity on Stock	12	Minimum Quantity on Stock	6	Stock Price	240	Baht.	
Part No.	32B3534X012	Description	PLUG	Quantity on Stock	2		
Maximum Quantity on Stock	2	Minimum Quantity on Stock	1	Stock Price	30450	Baht.	
Part No.	10A4223X032	Description	SEAL RING	Quantity on Stock	2		
Maximum Quantity on Stock	2	Minimum Quantity on Stock	1	Stock Price	8300	Baht.	

To Messvs. :
Attn : Khun Kasem Sukphram
National Petrochemical Public Co.,Ltd.
14,I-1 Mup Ta Phut Industrial Estate,
T. Map Ta Phut, A. Muang
Rayong 21150, Thailand
Fax #(038) 683815-6

Quatation No. : 3300001/01
Date : 14/04/01
Validity : 30 Days
Term of Payment : 30 Days
PM Scheduled Date : 28/04/01

ITEM	Tag_No	P_N	DESCRIPTION	QTY	UNIT PRICE	AMOUNT
1	1FOA-ACV-0249	16A1942X012	GASKET SHIM	1	2070	2070
2	1FOA-ACV-0249	1R290401012	PACKING SET	2	1530	3060
4	1FOA-ACV-0249	1U508599442	SPIRAL GASKET	1	4160	4160
5	1FOA-ACV-0249	1U5086X0032	GASKET	1	1240	1240
6	1FOA-ACV-0249	1L996435162	STEM	1	4610	4610
7	1FOA-ACV-0249	1V326035072	PIN	1	240	240
8	1FOA-ACV-0249	32B3534X012	PLUG	1	30450	30450
9	1FOA-ACV-0249	10A4223X032	SEAL RING	1	8300	8300
10	1FOA-ACV-0249	21B9341X012	ANIT-EXTRUSION RING		12840	12840
11	1FOA-ACV-0249	22B3538X012	SEAT RING	1	33430	33430

Note :

By : _____

(Naphaporn N. / Pichit L.)

Sub Total :
VAT 7 % :
Total :

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Manufacture : Fisher Control
Client : NPC
P/0 No. : 430120001
PM Schedule Date : 28/04/2001

Sale Order No. : 180 - 10001N
Date : 14/04/2001
Std. Delivery : 30 Days
Due Date : 4 Weeks

Item	P/N	Description	QTY	List Price US$	Amount	Material
1	16A1942X012	GASKET SHIM	1	35.3	35.3	316 SST
2	1R290401012	PACKING SET	2	26	52	PTFE
4	1U508599442	SPIRAL GASKET	1	71	71	N06600/GR
5	1U5086X0032	GASKET	1	21.1	21.1	GR/SST
6	1L996435162	STEM	1	92.5	92.5	316 SST STEM
7	1V326035072	PIN	1	4.1	4.1	316 SST
8	32B3534X012	PLUG	1	611	611	416 SST PLUG
9	10A4223X032	SEAL RING	1	141.5	141.5	N10276/PTFE
10	21B9341X012	ANIT-EXTRUSION RING	1	219	219	PEEK/CARBON
11	22B3538X012	SEAT RING	1	553	553	17-4PH SST
1	16A1936X012	GASKET SHIM	1	11.2	11.2	316 SST
2	1R2859X0042	GASKET	1	7.9	7.9	GR/SST
4	1R2862X0062	GASKET	1	4.6	4.6	GR/SST

By : _____

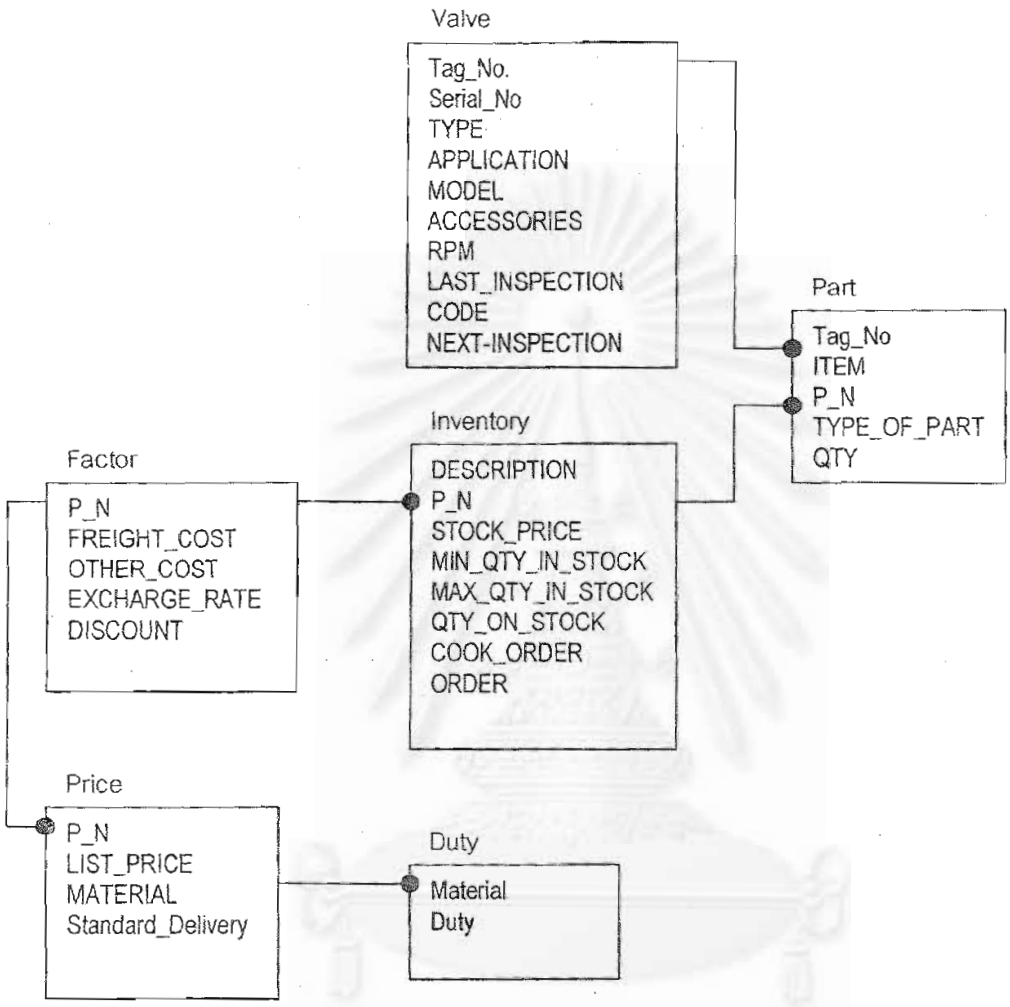
Authorized : _____

Section : _____

ภาคผนวก ฉ

โครงร่างแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ฉ-1 แสดงโครงร่างความสัมพันธ์ของข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นางสาวนภาพร นิลนที เกิดเมื่อวันที่ 13 เมษายน พ.ศ. 2513 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาฟิสิกส์อุตสาหกรรมและอุปกรณ์การแพทย์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เมื่อปี พ.ศ. 2537 และเข้าศึกษาต่อหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี 2540 ปัจจุบันทำงานตำแหน่งวิศวกรขายเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม บริษัทคณิตเอ็นจิเนียริ่ง จำกัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย