การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบจากโครงการออกแบบท่อในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขนาดเล็ก

FAILURE AND IMPACT ANALYSIS FROM SMALL-SIZED PETROLEUM CHEMICALS INDUSTRIAL PIPING PROJECT

สุภางค์ ครั่นคร้ามผิด

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2556

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบจาก
โครงการออกแบบท่อในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขนาดเล็ก

สุภางค์ ครั่นคร้ามผิด

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2556
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบจากโครงการออกแบบท่อในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขนาดเล็ก
ชื่อ - นามสกุล	นายสุภางค์ ครั่นคร้ามผิด
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ณฐา คุปตัษเฐียร, Ph.D.
ปีการศึกษา	2556

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของความบกพร่องที่ทำให้กระบวนการตรวจสอบแบบของแผนกวางแผนและออกแบบท่อท่อ (Planning and Piping) เกิดความล่าช้าในการส่งมอบงานให้กับลูกค้า และลดความผิดพลาดในกระบวนการออกแบบ และเขียนแบบของแผนกวางแผนและออกแบบท่อ (Planning and Piping) เพื่อให้ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการปรับแก้ไขงานลดลง ร้อยละ 50

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอนตามหลักการ FMEA โดยเริ่มจากขั้นตอนการระบุปัญหาได้ศึกษาปัญหาและหาสาเหตุของปัญหา จากนั้นทำการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบโดยประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA และสรุปและวิเคราะห์ค่า RPN ด้วยการใช้เทคนิคแผนภาพพาเรโตและจัดทำแผนการควบคุมการออกแบบและเขียนแบบแล้วเก็บข้อมูลหลังการปรับปรุง สุดท้ายคือขั้นตอนการควบคุม โดยการจัดทำมาตรฐานการตรวจสอบแบบเพื่อไม่เกิดปัญหานั้นซ้ำขึ้นอีก

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการใช้วิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบโดยประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA สามารถลดปัญหาที่เกิดจากการเขียนแบบและออกแบบผิดพลาดให้ลดลงจากร้อยละ 0.31 เหลือร้อยละ 0.15 ของจำนวนแบบทั้งหมด ส่งผลให้สามารถเพิ่มผลกำไรและลดความผิดพลาดและสามารถสร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อลูกค้า อันจะนำไปสู่ผลกำไรที่ดีขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ : เทคนิคการวิเคราะห์ความผิดพลาดและผลกระทบ กระบวนการออกแบบและเขียนแบบท่อ แผนการควบคุม

Thesis Title	Failure and Impact Analysis from Small-Sized Petroleum Chemicals Industrial Piping Project
Name - Surname	Mr.Supang Krankrampid
Program	Industrial Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Natha Kuptasthien, Ph.D.
Academic Year	2013

ABSTRACT

This research has an objective to analyze the cause of the failure which causes a delay in investigation processing of Planning and Piping and the delay in handover work to the customer, and to reduce failure in designing and drawing of the Planning and Piping in order to reduce 50% of total expenses on the work improvement.

There are 5 stages in operate the research according to the FMEA principles by starting from the problem identifying stages where all problems and causes of problems have been studied. After that, the failure and impact analysis will be done by applying FMEA technique, RPN value will be summarized and analyzed by using Pareto Graph Technique, the design and drawing controlling plan will be prepared, and the after-improvement details will be collected. The final stage is the controlling stage which the investigation standard is set in order not to make the same mistake again and again.

The results of this research indicated that the failure and impact analysis by applying FMEA technique can reduce problems of failure in drawing and designing stage from 0.31 percent to 0.15 percent of total drawings, and it is resulted in increasing of the benefits, reducing failures, creating good image to the customers, and it leads to the better benefits in the future.

Keywords : failure and impact analysis technique, pipe designing and drawing process, controlling plan

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากรองศาสตราจารย์ ดร.ณฐา คุปตัษเฐียร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ดร.ระพี กาญจนะ ผศ. ดร. กิตติพงษ์ กิมะพงศ์ กรรมการสอบ และดร.กรกฎ เหมสถาปัตย์ ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาได้ให้คำแนะนำและคำปรึกษาตลอดจนให้ความช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ หลักสูตรปริญญาโทที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้และเสนอแนะแนวทางต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่สำนักงานบัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ทุกท่านที่คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำระเบียบการจัดทำงานวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และจะไม่สามารถเสร็จสิ้นได้ถ้าปราศจากกำลังใจครอบครัว เพื่อนๆ ทุกคน ในการวิจัยครั้งนี้ ถึงแม้จะประสบปัญหาและอุปสรรคต่างๆ มากมาย แต่ด้วยความช่วยเหลือของทุกท่านที่กล่าวมานี้ทั้งหมด เป็นแรงผลักดันให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

สุภางค์ ครั่นคร้ามผิด

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... (3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... (4)
กิตติกรรมประกาศ ..... (5)
สารบัญ ..... (6)
สารบัญตาราง ..... (9)
สารบัญรูป ..... (10)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... (11)
บทที่ 1 บทนำ 12
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 12
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 15
1.3 สมมติฐานของการวิจัย 15
1.4 เป้าหมายและตัวชี้วัดของการวิจัย 15
1.5 ขอบเขตของการวิจัย 15
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 15
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 16
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17
2.1 โครงสร้างอุตสาหกรรมปิโตรเคมี(Petrochemical Industry Structure) 17
2.2 การเขียนแบบ (Drawing) 18
2.3 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) 19
2.4 การวิเคราะห์ข้อบกพร่อง และผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) 20
2.5 การควบคุมกระบวนการ 35
2.6 โปรแกรม PDS (Plant Design System) 40
2.7 โปรแกรม CAESAR II 40
2.8 วิจารณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 41

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 44
3.1 การศึกษากระบวนการออกแบบและเขียนแบบ 45
3.2 การจัดตั้งคณะทำงานของ FMEA 53
3.3 การอบรมเทคนิค FMEA ให้กับคณะทำงาน 54
3.4 การออกแบบโครงารฉบับร่าง 54
3.5 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบและเขียนแบบ 54
3.6 การประเมินผลและยืนยันผลการปรับปรุง 59
3.7 การสรุปผลการดำเนินงานวิจัย 60
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย 61
4.1 ผลการจัดตั้งคณะทำงานของ FMEA 61
4.2 ผลการอบรมเทคนิค FMEA ให้กับคณะทำงาน 62
4.3 ผลการออกแบบโครงการฉบับร่าง 63
4.4 การประเมินผลและการยืนยันผลการปรับปรุง 75
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ 78
5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย 78
5.2 อภิปรายผลการดำเนินงานวิจัย 80
5.3 ข้อเสนอแนะ 80
รายการอ้างอิง 81
ภาคผนวก 83
ภาคผนวก ก ตารางเกณฑ์การให้คะแนนการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะข้อบกพร่อง 84
ภาคผนวก ข ตารางการวิเคราะห์หาลักษณะข้อบกข้อบกพร่องของผลกระทบ (FME) ของการออกแบบ และเขียนแบบของแผนกวางแผนและออกแบบท่อ (ก่อนการปรับปรุง) 88
ภาคผนวก ค มาตรฐาน และเช็คชีทการตรวจสอบกระบวนการออกแบบ Piping..... 92

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ง ตารางการวิเคราะห์หาลักษณะข้อบกข้อบกพร่องของผลกระทบ (FME)
ของการออกแบบ และเขียนแบบของแผนกวางแผนและออกแบบท่อ
(หลังการปรับปรุง) 107
ภาคผนวก จ ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่ 111
ประวัติผู้เขียน 131

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 สัดส่วนการให้บริการแก่ลูกค้าแต่ละกลุ่มในงวดปี 2551-2553 13
ตารางที่ 1.2 ค่าใช้จ่ายที่สูญเสียจากการออกแบบผิดพลาดตั้งแต่ พ.ศ.2550 - 2552..... 14
ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างแบบฟอร์ม FMEA สำหรับกระบวนการ..... 23
ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ 27
ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดขึ้นของสาเหตุ..... 30
ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของระบบควบคุม 31
ตารางที่ 2.5 มาตรการตอบโต้ตามผลการประเมินความเสี่ยง 34
ตารางที่ 2.6 ผลกระทบของมาตรการตอบโต้ O, S และ D..... 35
ตารางที่ 2.7 การเปรียบเทียบระบบการควบคุมแบบดั้งเดิมและการควบคุมด้วยตนเอง..... 38
ตารางที่ 4.1 สรุปข้อกำหนดที่ต้องการของการออกแบบท่อ..... 63
ตารางที่ 4.2 สรุปแนวโน้มลักษณะข้อบกพร่องของการออกแบบท่อ..... 64
ตารางที่ 4.3 สรุปผลกระทบข้อบกพร่องของการออกแบบท่อ 66
ตารางที่ 4.4 สรุปสาเหตุข้อบกพร่องของการออกแบบท่อ 68
ตารางที่ 4.5 สรุปการควบคุมการออกแบบปัจจุบัน..... 71
ตารางที่ 4.6 การให้คะแนนความรุนแรง โอกาสการเกิด และคะแนนการตรวจจับ
ของการออกแบบท่อ 72
ตารางที่ 4.7 สาเหตุข้อบกพร่องที่ทำการแก้ไขปรับปรุง..... 73
ตารางที่ 4.8 สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องของการออกแบบท่อ..... 74
ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบค่า RPN ก่อนและหลังการปรับปรุง 75
ตารางที่ 4.10 ผลสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นจากการออกแบบผิดพลาดของโครงการใหม่..... 76
ตารางที่ 4.11 ผลสรุปค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการออกแบบผิดพลาด..... 77
ตารางที่ 4.12 การเปรียบเทียบผลการดำเนินการก่อนและหลังการปรับปรุง 77
ตารางที่ 5.1 สรุปแนวทางแก้ไขปัญหากระบวนการออกแบบท่อ 78

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 โครงสร้างสายการปฏิบัติงานบริษัทตัวอย่าง 13
รูปที่ 1.2 แนวโน้มค่าใช้จ่ายที่สูญเสียจากการออกแบบผิดพลาด..... 14
รูปที่ 2.1 ตัวอย่างแผนภูมิพาเรโตแสดงสัดส่วนงานเสียของสิ่งพิมพ์..... 20
รูปที่ 2.2 ปีรามิดของการควบคุม..... 36
รูปที่ 2. 3 แนวความคิดในการป้องกันความเผอเรอ..... 37
รูปที่ 2.4 แนวความคิดด้านการควบคุมด้วยตนเอง 39
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 44
รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการออกแบบ และตรวจสอบแบบ 46
รูปที่ 3.3 ข้อมูลภาพรวมของกระบวนการออกแบบ..... 47
รูปที่ 3.4 แผนผังการกำหนดอุปกรณ์เครื่องมือวัด 48
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการเขียนแบบ และออกแบบงานท่อของแผนกวางแผนและออกแบบท่อ 49
รูปที่ 3.6 แผนภาพระบบท่อและอุปกรณ์เครื่องมือวัด (P&ID)..... 50
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการออกแบบการเดินท่อโดยใช้โปรแกรม PDS 3D 51
รูปที่ 3.8 รูปแบบการคำนวณอุปกรณ์รองรับ..... 52
รูปที่ 3.9 แบบแปลนไอโซเมตริก (ISO Drawing)..... 53
รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการจัดทำเอกสาร DFMEA 55
รูปที่ 4.1 โครงสร้างของทีมงานวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ 62
รูปที่ 4.2 การอบรมพนักงานโดยใช้หลักการ FMEA 62
รูปที่ 4.3 แผนผังก้างปลาแสดงผลการวิเคราะห์ปัญหาข้อบกพร่องจาการออกแบบท่อ..... 68
รูปที่ 4.4 โปรแกรม 3D Program 70
รูปที่ 4.5 โปรแกรม CEASAR 70
รูปที่ 4.6 แผนภูมิแสดงลำดับค่าความเสี่ยงชี้นำของข้อบกพร่อง..... 73
รูปที่ 4.7 ตัวอย่างโครงการใหม่ พ.ศ. 2553..... 75
รูปที่ 5.1 สรุปผลค่า RPN หลังการปรับปรุง..... 79
รูปที่ 5.2 สรุปผลเปอร์เซ็นต์ค่าใช้จ่ายที่สูญเสียจากการออกแบบหลังการปรับปรุง..... 79

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory
FPGA	Field Programmable Gate Array
HDL	Hardware Description Language
NRMSE	Normalized Root Mean Squared Error
PCM	Pulse Code Modulation
SRAM	Static Read Only Memory
SNR	Signal to Noise Ratio
V/UV	Voiced and Unvoiced
VHDL	Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description Language

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ความไม่แน่นอนทางการเมืองภายในประเทศเป็นประเด็นที่ส่งผลต่อเนื่องในการขยายตัว ของอุตสาหกรรมก่อสร้างโดยเฉพาะโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ (Mega Project) ของภาครัฐที่คาดว่าจะเริ่มดำเนินการในหลายปีที่ผ่านมาต้องยกเลิกหรือชะลอโครงการออกไปและในช่วงปลายปี พ.ศ. 2552 ที่มีอุบัติเหตุด้านการเมืองและเกิดการเปลี่ยนแปลงทางการเมืองอย่างรุนแรงส่งผลให้โครงการต่างๆของภาครัฐต้องเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง อย่างไรก็ดีงานก่อสร้างขนาดใหญ่ (Mega Project) ของภาครัฐที่จะดำเนินการในอนาคต ยังเป็นเป้าหมายหลักของบริษัทตัวอย่าง โดยอาศัยประสบการณ์ และความพร้อมในทุกด้านเป็นข้อได้เปรียบกว่าคู่แข่งในธุรกิจประเภทเดียวกัน สำหรับภาคเอกชนมีการลงทุนมากขึ้นทั้งการขยายโรงงาน วางท่อก๊าซธรรมชาติเข้าสู่โรงงานอุตสาหกรรมพลังงาน ปิโตรเคมี เคมีภัณฑ์และอื่น ๆ ซึ่งแสดงให้เห็นแนวโน้มที่ดีด้านการลงทุนของภาคเอกชน ว่ามีการขยายตัวในระดับที่น่าพอใจโดยการลงทุนของเอกชนจะทยอยดำเนินการเป็นโครงการย่อย ๆ อย่างต่อเนื่อง

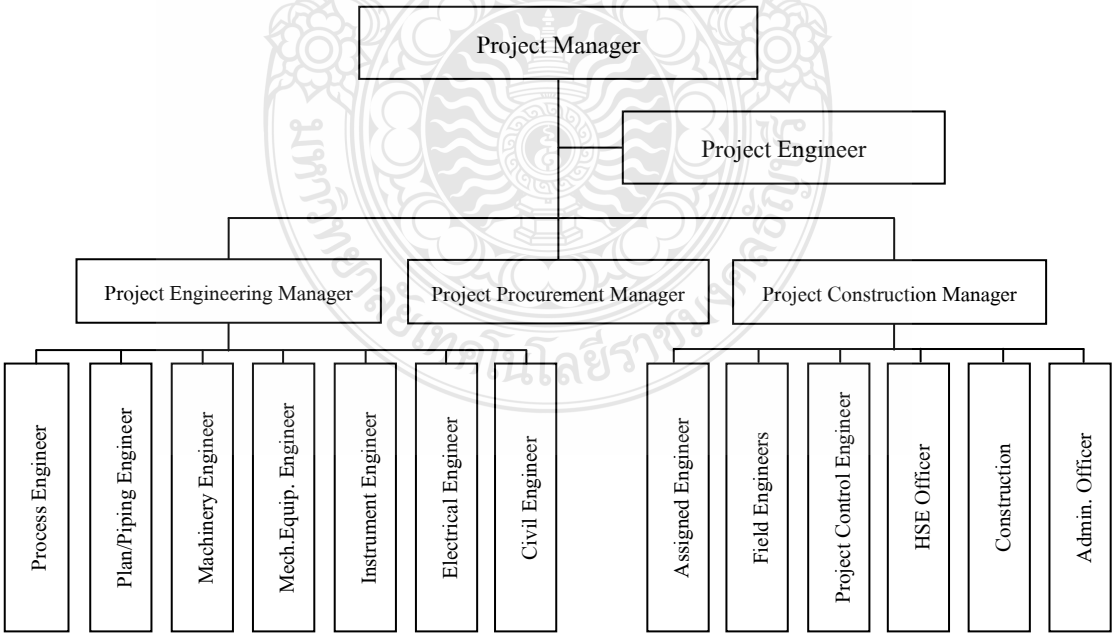
บริษัทตัวอย่างประกอบธุรกิจการให้บริการด้านการออกแบบวิศวกรรมการจัดหาเครื่องจักรและอุปกรณ์และการก่อสร้างโรงงานแบบครบวงจร (Integrated Engineering, Procurement and Construction, Integrated EPC) มีประสบการณ์ และความเชี่ยวชาญในด้านการออกแบบวิศวกรรม (Engineering Design) การจัดซื้อจัดหาเครื่องจักรและอุปกรณ์ (Procurement of Machinery and Equipment) และการรับเหมาก่อสร้างโรงงานอุตสาหกรรม (Construction of Turn-key Projects for Industrial and Process Plants) ซึ่งคลอบคลุมถึงระบบการผลิต ระบบสาธารณูปโภคของโรงงาน และระบบการจัดเก็บ ลำเลียง และขนส่งผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ ขอบเขตขนาดโครงการที่บริษัทให้บริการอยู่ในปัจจุบันจะมีมูลค่าไม่เกิน 300 ล้านเหรียญสหรัฐ โดยกลุ่มลูกค้าของบริษัทได้แก่ ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมพลังงานปิโตรเคมี เคมีภัณฑ์ และอื่น ๆ ด้วยความเป็นผู้นำในการให้บริการ Integrated EPC ตลอดระยะเวลากว่า 24 ปีที่ผ่านมา บริษัทประสบความสำเร็จในการให้บริการออกแบบและก่อสร้างโรงงานต่าง ๆ มากกว่า 160 โครงการ ทำให้บริษัทมีชื่อเสียง และได้รับความไว้วางใจอย่างสูงจากลูกค้า ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องคุณภาพของงานการออกแบบ และการก่อสร้าง การส่งมอบงานได้ทันตามกำหนดการ และความปลอดภัยในการดำเนินงาน

เป้าหมาย ลูกค้าของบริษัทฯ และบริษัทย่อยสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มอุตสาหกรรม คือ ปิโตรเคมี เคมีภัณฑ์และปิโตรเลียม โดยสัดส่วนการให้บริการแก่ลูกค้าแต่ละกลุ่มในงวดปี พ.ศ. 2551 – 2553 แสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 สัดส่วนการให้บริการแก่ลูกค้าแต่ละกลุ่มในงวดปี 2551-2553 **หน่วย:ล้านบาท**

	ปี 2551		**ปี 2552**		**ปี 2553**	
ประเภท	มูลค่า	ร้อยละ	มูลค่า	ร้อยละ	มูลค่า	ร้อยละ
ปิโตรเคมี	4,115.89	91.98	10,588.23	97.05	9,333.79	91.15
เคมีภัณฑ์	299.11	6.68	308.02	2.83	864.87	8.45
ปิโตรเลียม	59.57	1.33	13.22	0.12	41.34	0.4
รวม	4,474.58	100	10,909.47	100	10,240.00	100

ตารางที่ 1.1 แสดงสัดส่วนการให้บริการแก่ลูกค้าแต่ละกลุ่มในงวดปี 2552 สูงที่สุดโดยมีมูลค่า 10,588.23 ล้านบาท คิดเป็น 97.05% โครงสร้างทีมงานโดยทั่วไปจะสามารถแบ่งออกเป็น 3 สายงานหลัก คือ สายงานออกแบบทางด้านวิศวกรรม สายงานจัดซื้อ และสายงานการควบคุมการก่อสร้าง ซึ่งทั้งหมดอยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของผู้จัดการโครงการ (Project Manager) ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1.1

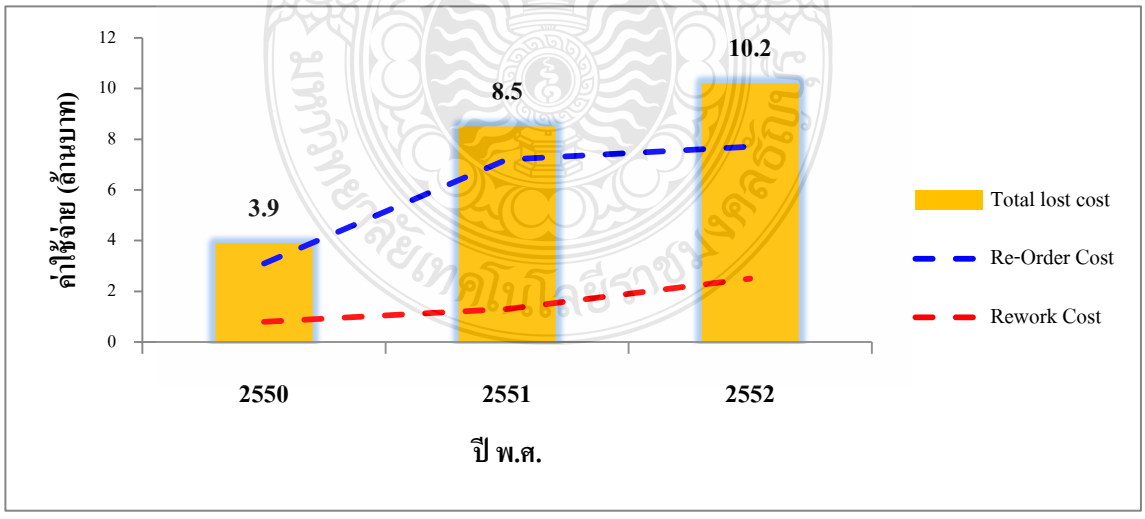


รูปที่ 1.1 โครงสร้างสายการปฏิบัติงานบริษัทตัวอย่าง

ปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษาประสบปัญหาเกี่ยวกับการออกแบบท่อที่เกิดความผิดพลาดเป็นจำนวนมากครั้ง ส่งผลกระทบต่อการประกอบไม่ได้ของหน้างานจริง ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อวัตถุดิบใหม่ (Re-order) และค่าใช้จ่ายในการปรับแก้ไขหน้างาน (Rework) ให้ได้ตามที่ลูกค้ากำหนด โดยจากการเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการออกแบบผิดพลาดในอดีตย้อนหลัง 3 ปี คือ ตั้งแต่ปี 2550 ถึง 2552 พบว่าเปอร์เซ็นต์ค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไปเมื่อเทียบกับมูลค่าโครงการมีแนวโน้มที่สูงขึ้น ดังตารางที่ 1.2 และรูปที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ค่าใช้จ่ายที่สูญเสียจากการออกแบบผิดพลาดตั้งแต่ พ.ศ. 2550 - 2552

พ.ศ.	มูลค่าโครงการ (P: ล้านบาท)	ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อวัตถุดิบใหม่ (A: ล้านบาท)	ค่าใช้จ่ายในการปรับแก้ไขงาน (B: ล้านบาท)	ค่าใช้จ่ายรวม (A+B: ล้านบาท)	เปอร์เซ็นต์ (A+B/P, %)
2550	2150	3.1	0.8	3.9	**0.18**
2551	2600	7.2	1.3	8.5	**0.33**
2552	2380	7.7	2.5	10.2	**0.43**
				เฉลี่ย	**0.31**



รูปที่ 1.2 แนวโน้มค่าใช้จ่ายที่สูญเสียจากการออกแบบผิดพลาด

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของความบกพร่องที่ทำให้กระบวนการตรวจสอบแบบของแผนก วางแผนและออกแบบท่อ (Planning and Piping) เกิดความล่าช้าในการส่งมอบงานให้กับลูกค้า

1.2.2 ลดความผิดพลาดในกระบวนการออกแบบ และเขียนแบบของแผนกวางแผนและออกแบบท่อ Planning and Piping เพื่อให้ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการปรับแก้ไขงานลดลง 50%

1.2.3 เพื่อเสนอ และจัดทำแผนการควบคุม (Control Plan) กระบวนการออกแบบ และเขียนแบบเพื่อใช้เป็นมาตรฐานการปฏิบัติงานของแผนก Planning and Piping

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

การใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความผิดพลาดและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) และแผนการควบคุม (Control Plan) สามารถลดค่าใช้จ่ายที่สูญเสียจากกระบวนการออกแบบของบริษัทกรณีศึกษาได้

1.4 เป้าหมาย และตัวชี้วัดของการวิจัย

เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่สูญเสียจากการออกแบบผิดพลาดลดลงจากเดิม 0.31% เหลือ 0.15%

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้นำเทคนิคการวิเคราะห์ความผิดพลาด และผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) มาประยุกต์ใช้ เพื่อหาแนวทางปรับปรุงกระบวนการปฏิบัติงานเพื่อลดความผิดพลาดในกระบวนการออกแบบและเขียนแบบ แล้วสร้างแผนควบคุมในการตรวจสอบแบบของพนักงานออกแบบ แผนกวางแผนและออกแบบท่อ Planning and Piping โดยเลือกทำการศึกษาเฉพาะโครงการที่ล่าช้าในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่เป็นลูกค้าสำคัญของบริษัทตัวอย่างเพียง 5 โครงการเท่านั้น

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1.6.1 ศึกษาปัญหาและเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น ของกระบวนการออกแบบและเขียนแบบของแผนกวางแผนและออกแบบท่อ Planning and Piping

1.6.2 ศึกษางานวิจัย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.6.3 ศึกษาและออกแบบแผ่นตรวจสอบเพื่อบันทึกข้อบกพร่องและสาเหตุในกระบวนการออกแบบและเขียนแบบของแผนกวางแผนและออกแบบท่อ Planning and Piping

1.6.4 วิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบโดยประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA

1.6.5 สรุปและวิเคราะห์ค่า RPN ด้วยการใช้เทคนิคแผนภาพพาเรโต

1.6.6 จัดทำแผนการควบคุมการออกแบบและเขียนแบบ

1.6.7 เก็บข้อมูลหลังการปรับปรุง

1.6.8 วิเคราะห์และประเมินผลก่อนและหลังการปรับปรุง

1.6.9 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1.6.10 เผยแพร่งานวิจัย

1.6.11 นำงานวิจัยเสนอต่อคณะกรรมการ

1.6.12 จัดทำและพิมพ์รูปเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.7.1 แผนกวางแผนและออกแบบท่อ Planning and Piping ของบริษัทตัวอย่างมีระบบเอกสารที่จำเป็นในการควบคุมกระบวนการออกแบบและเขียนแบบเบื้องต้นรวมถึงการเก็บข้อมูลจำนวนข้อบกพร่องและสาเหตุการเกิดข้อบกพร่อง

1.7.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบทำให้ทราบถึงสาเหตุหลักในการเกิดข้อบกพร่องซึ่งนำสู่การวางแผนในการกำหนดแผนควบคุม (Control Plan) กระบวนการออกแบบและเขียนแบบของแผนกวางแผนและออกแบบท่อ Planning and Piping

1.7.3 สามารถลดจำนวนข้อบกพร่องซึ่งเป็นสาเหตุของความล่าช้าในการส่งมอบงานให้กับลูกค้าได้

1.7.4 สามารถเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการออกแบบและเขียนแบบของแผนกวางแผนและออกแบบท่อ Planning and Piping

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงโครงสร้างของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งอาศัยหลักการดำเนินการ แนวทางการแก้ไขการเกิดข้อบกพร่องด้วยเทคนิคการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบสำหรับกระบวนการ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) มาใช้วิเคราะห์เพื่อเลือกกระบวนการที่มีความเสี่ยงสูง (Risk Priority Number : RPN) ตามหลักการของพาเรโต (Pareto Diagram) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 โครงสร้างอุตสาหกรรมปิโตรเคมี (Petrochemical Industry Structure)

ปัจจุบันอุตสาหกรรมปิโตรเคมีเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมอื่นมากมาย และเป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่ามหาศาล มีการแข่งขันสูงทั้งในประเทศและนานาชาติ ประเทศไทยได้มีการพัฒนาอุตสาหกรรมต้นน้ำมาเป็นระยะเวลานาน และได้เริ่มก้าวเข้าสู่การพัฒนาอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ซึ่งผลผลิตของอุตสาหกรรมดังกล่าวเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันได้แก่ สารเคมีตัวทำละลาย ไฮโดรคาร์บอน ผงซักฟอก พลาสติก เรซิน ยางสังเคราะห์ และเส้นใยสังเคราะห์ เป็นต้น

โครงสร้างอุตสาหกรรมปิโตรเคมี แบ่งเป็น 4 ขั้นการผลิตดังนี้

1. วัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี (Feedstock for Petrochemical Industry) วัตถุดิบตั้งต้นของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีล้วนมาจากผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมปิโตรเลียมและการใช้งานของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเลียมสามารถแบ่งตามการใช้ประโยชน์หลักๆ ได้ดังต่อไปนี้

1) ใช้เป็นเชื้อเพลิงสาหรับการขับเคลื่อนยานพาหนะต่างๆ เช่น ก๊าซธรรมชาติเหลว (NGL) น้ำมันเบนซิน (Gasoline) น้ำมันดีเซล (Diesel) และน้ำมันเครื่องบิน (JET A1) เป็นต้น

2) ใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อเป็นแหล่งให้ความร้อนรวมถึงการใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า เช่น ก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas) ก๊าซหุงต้มหรือก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) และน้ำมันเตา (Fuel Oil) เป็นต้น

3) ใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้น (Feedstock) สำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

2. อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น (Upstream Petrochemical Industry) เป็นอุตสาหกรรมเพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีลำดับแรกที่ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต่อเนื่องต่อไป อุตสาหกรรมกลุ่มนี้มีผลิตภัณฑ์หลักอยู่ 7 ตัว (The Seven Sisters) สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มตามโครงสร้างพื้นฐานของโมเลกุลที่ต่างกันดังนี้

1) กลุ่มอัลเคน (Alkane Group) สารตัวสำคัญ คือ มีเทน (Methane)

2) กลุ่มโอเลฟินส์ (Olefins Group) ประกอบด้วย เอทิลีน (Ethylene) โพรพิลีน (Propylene) มิกซ์ซีสี่ (Mixed C4)

3) กลุ่มอะโรแมติกส์ (Aromatics Group) ประกอบด้วยเบนซีน (Benzene) โทลูอีน (Toluene) และไซลีน (Xylene)

3. อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง(Intermediate Petrochemical Industry)เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นเป็นวัตถุดิบในการผลิตเพื่อป้อนให้กับอุตสาหกรรมขั้นปลาย อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางนี้แบ่งผลิตภัณฑ์ได้ตามสายของปิโตรเคมีขั้นต้น ดังนี้

1) ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางสายอัลเคน (Alkane Intermediates)

2) ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางสายโอเลฟินส์ (Olefin Intermediates)

3) ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางสายอะโรแมติกส์ (Aromatic Intermediates)

ผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางเหล่านี้จะถูกน้าไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายต่อไป

4. อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย (Downstream Petrochemical Industry) เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้ผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นหรือขั้นกลางมาเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายก่อนที่จะน้าไปแปรรูปในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายสามารถแบ่งเป็นกลุ่มหลักๆ ตามลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ได้ดังนี้

1) กลุ่มพลาสติก (Plastic Resins)

2) กลุ่มเส้นใยสังเคราะห์ (Synthetic Fibers)

3) กลุ่มยางสังเคราะห์ (Synthetic Rubbers, Elastomers)

4) กลุ่มสารเคลือบผิวและผลิตภัณฑ์กาว (Synthetic Coating and Adhesive Materials)[1]

2.2 การเขียนแบบ (Drawing)

การเขียนแบบเป็นสื่ออย่างหนึ่งที่จะสื่อสารระหว่างผู้ออกแบบกับผู้ผลิต หรือผู้นำความคิดนั้นมาทำเป็นรูปธรรมได้ตามที่ผู้คิดออกแบบได้คิดไว้ การเขียนแบบเป็นภาษาอย่างหนึ่งที่ใช้กันในการช่างเป็นภาษาที่ถ่ายทอดความคิดหรือความต้องการของผู้ออกแบบไปให้ผู้อื่นได้ทราบและเข้าใจได้อย่างถูกต้องแบบเป็นสื่อกลางที่จะนำความคิดไปสร้างได้อย่างถูกต้องซึ่งจะเป็นการประหยัดและได้งานตามความต้องการและมีคุณภาพเพื่อให้ได้ความเข้าใจที่ตรงกัน การเขียนแบบจะต้องเป็น

ภาษาสากล เครื่องหมาย สัญลักษณ์ และรูปแบบจะต้องเข้าใจได้ง่าย แม้แต่ผู้ที่ไม่ได้ศึกษาวิชาเขียนแบบก็สามารถเข้าใจได้พอสมควร

2.2.1 ประโยชน์ของการเขียนแบบ

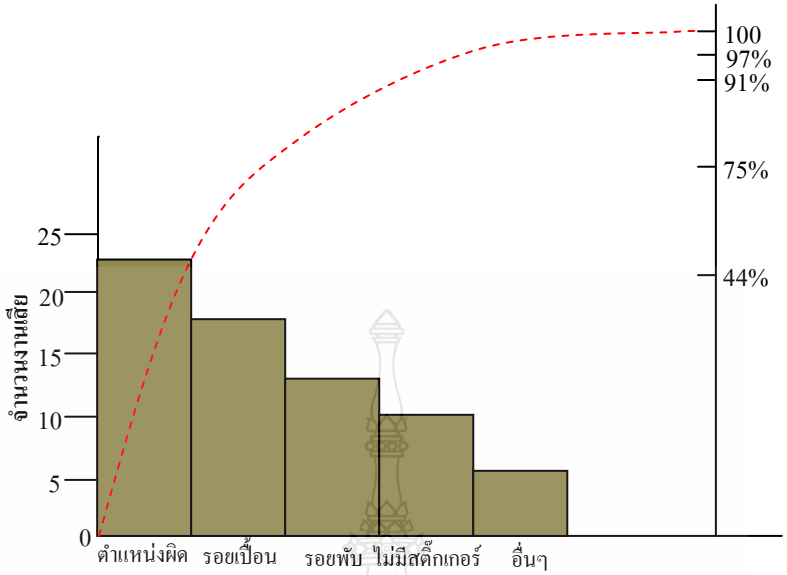
1) การเขียนแบบเป็นสื่อกลางในการผลิตผลิตภัณฑ์ มนุษย์ไม่สามารถถ่ายทอดความคิดออกไปยังบุคคลอื่นได้หลายๆ คนในสถานที่ต่างๆ กันในเวลาเดียวกัน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการเขียนแบบเป็นสื่อเชื่อมโยงบุคคล สถานที่ เวลา เหตุการณ์ให้อยู่ในสภาวะเดียวกันในโลกปัจจุบันการผลิตสินค้าของบริษัทหนึ่ง ระบบการผลิตชิ้นส่วนต่างๆ ของสินค้าอาจจะผลิตชิ้นส่วนในบริษัทเครือข่ายจากแต่ละประเทศที่อยู่ต่างทวีปกันแล้วนำชิ้นส่วนต่างๆ มาประกอบเป็นผลิตภัณฑ์เต็มรูปแบบในอีกประเทศหนึ่ง การเขียนแบบเป็นสื่อกลางทำให้แต่ละสถานที่แหล่งผลิตสามารถผลิตชิ้นงานในส่วนที่รับผิดชอบแล้วนำไปประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่เต็มรูปแบบอีกสถานที่หนึ่ง

2) การเขียนแบบเป็นเอกสารอ้างอิง ในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ รูปแบบของผลิตภัณฑ์จะต้องตกลงกันระหว่างผู้ว่าจ้างและผู้ทำการผลิต การเขียนแบบจึงเป็นเอกสารส่วนหนึ่งที่จะช่วยให้การทำสัญญาเป็นไปโดยสมบูรณ์ และการผลิตก็ไม่ผิดไปจากการว่าจ้างในการตกลงระหว่างผู้ว่าจ้างและผู้ถูกว่าจ้าง แนวความคิดของทั้งสองฝ่ายอาจจะเข้าใจตรงกัน แต่ในเรื่องรายละเอียดรูปแบบนั้นอาจจะคลาดเคลื่อนกัน และภาษาหนังสือไม่อาจจะแจ้งในรายละเอียดได้จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีภาพของผลิตภัณฑ์มาแสดงให้ชัดแจ้งเพื่อไม่มีข้อขัดแย้งในภายหลัง การเขียนแบบจึงมีบทบาทเข้ามาช่วยในสิ่งเหล่านี้ และเป็นเอกสารประกอบสัญญาในการว่าจ้างให้ทั้งสองฝ่ายปฏิบัติตามเงื่อนไขสัญญา

3) การเขียนแบบเป็นภาษาสากล การเขียนแบบเปรียบเสมือนภาษาเขียนภาษาหนึ่งที่ถูกบันทึกลงบนวัสดุ วัสดุนั้นอาจจะเป็นผนังถ้ำ แผ่นหนังสัตว์ กระดาษ หรือสิ่งใดก็ตามที่สามารถเก็บไว้ได้เป็นเวลานานทำให้คนรุ่นหลังได้ทราบถึงความเป็นมาเป็นไปของผลิตภัณฑ์หรือแนวคิดสิ่งประดิษฐ์ที่การเขียนแบบได้แสดงไว้ คนรุ่นหลังสามารถศึกษาและพัฒนาให้ได้งานที่ดียิ่งขึ้นไปเป็นลำดับโดยมีแบบเป็นหลักในการศึกษา[2]

2.3 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart)

แผนภูมินี้รู้จักกันในศตวรรษที่ 19 ซึ่งคิดค้นจากนักเศรษฐศาสตร์ชาวอิตาลีชื่อ Vifredo Pareto แผนภูมิพาเรโตเป็นแผนภูมิลักษณะกราฟแท่งที่แสดงว่าสาเหตุใดสำคัญที่สุด ประโยชน์ที่สำคัญที่สุดของแผนภูมิพาเรโต คือ ใช้เป็นเครื่องมือเพื่อการวิเคราะห์หาสาเหตุหลักของปัญหาแล้วทำการแก้ไขสาเหตุหลักนั้น ซึ่งจะทำให้สามารถแก้ปัญหาไปได้มาก ตัวอย่างแผนภูมิพาเรโต แสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างแผนภูมิพาเรโตแสดงสัดส่วนงานเสียของสิ่งพิมพ์

ประโยชน์ของแผนภูมิพาเรโต

1. ช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาที่รุนแรงและซับซ้อนให้ออกเป็นปัญหาย่อยและระบุปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบมากที่สุด แสดงผลกระทบของปัจจัยเกิดขึ้นจุดไหนลดขอบเขตของสาเหตุที่แท้จริงให้แคบลงได้ สุดท้ายแล้วอาจได้สาเหตุที่แท้จริงเพียงสาเหตุเดียวจากสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมด

2. แผนภูมิพาเรโตช่วยตอบคำถามในการวิเคราะห์ให้ง่ายขึ้น เช่น อะไรคือประเด็นความรู้ที่ใหญ่ที่สุดขององค์กร อะไรคือ 20% ของแหล่งปัญหาที่มีผลต่อ 80% ของปัญหาและควรจะเพ็งเล็งไปที่ตัวแปรไหนมากที่สุดเพื่อให้การปรับปรุงดำเนินได้จนสำเร็จลุล่วง

3. แผนภูมิพาเรโตใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูลของกระบวนการ เช่น การพิจารณาความถี่ของปัญหาย่อยที่เกิดขึ้น ทำให้สามารถวางแนวทางแก้ปัญหาได้ตรงจุดและรวดเร็ว[3]

2.4 การวิเคราะห์ข้อบกพร่อง และผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA)

FMEA คือ เทคนิคหรือกระบวนการที่สร้างขึ้นเพื่อวิเคราะห์กิจกรรมในด้านการออกแบบหรือกระบวนการผลิตเพื่อให้แน่ใจได้ว่ามีการระบุถึงปัญหาหรือข้อบกพร่องใดๆที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ในกิจกรรมนั้นๆโดยพิจารณาถึงคุณลักษณะพิเศษระดับความรุนแรงผลกระทบที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งระบุถึงวิธีการป้องกันปัญหาดังกล่าวและตรวจสอบประสิทธิผลของการป้องกัน FMEA มี 2 ชนิดใหญ่ คือ

1. DFMEA ด้านการออกแบบ (Design FMEA) กิจกรรมที่สร้างขึ้นในขั้นตอนการออกแบบเพื่อพิจารณาคุณสมบัติของสินค้าตรงตามข้อกำหนดของลูกค้า และสามารถผลิตได้ตามเป้าหมาย

2. PFMEA ด้านกระบวนการ (Process FMEA) เป็นกระบวนการที่สร้างขึ้นโดยบริษัทผู้ผลิตเพื่อให้แน่ใจว่าได้มีการพิจารณาถึงข้อบกพร่องที่มีโอกาสเกิดขึ้นทั้งหมด รวมทั้งสาเหตุและกลไกในการเกิดที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตการทำ FMEA จะมุ่งเน้นไปที่การออกแบบเสมอ ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์ (Product) หรือการออกแบบกระบวนการผลิตเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ (Process) สามารถกล่าวได้ว่า FMEA คือ กิจกรรมที่มีการจัดกลุ่มอย่างเป็นระบบและเป็นไปเพื่อ

1) พิจารณาและประเมินลักษณะข้อบกพร่องที่มีโอกาสเกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการและผลที่เกิดขึ้นตามมาจากข้อบกพร่องนั้น

2) จากนั้นจึงกำหนดกิจกรรมที่สามารถกำจัด หรือ ลดโอกาสเกิดข้อบกพร่องข้างต้น

3) จัดทำกระบวนการที่กล่าวผ่านมาแล้วข้างต้นให้เป็นเอกสารในปัจจุบัน แนวโน้มของการพัฒนาด้านคุณภาพของอุตสาหกรรมคือ การปรับปรุงผลิตภัณฑ์ และกระบวนการต่างๆอย่างต่อเนื่องในทุกๆด้านที่เป็นไปได้ ดังนั้น จึงเป็นความจำเป็นอย่างหนึ่งในการนำเอา FMEA มาเป็นวินัยทางด้านเทคนิค เพื่อการบ่งชี้และช่วยลดโอกาสที่จะเกิดข้อบกพร่องลง ให้เหลือน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ แฟกเตอร์หนึ่งที่สำคัญที่สุดในการนำ FMEA มาใช้ก็คือระยะเวลาที่ทำ FMEA หมายความว่า FMEA ควรทำก่อนที่เหตุการณ์จริงจะเกิดขึ้น

สำหรับกระบวนการ PFMEA จะถูกจัดทำขึ้นก่อนที่จะมีการผลิตขึ้นจริงและเกี่ยวข้องกับการจัดทำรายงานของรูปแบบของการเสียหลัก พร้อมกับสาเหตุของการเสีย FMEA จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงการกระทำที่จะเป็นการป้องกันข้อบกพร่องและไม่ปล่อยให้ผลิตภัณฑ์ที่อาจเสียหรือไม่ทำงานตามที่อาจจะเสียหรือไม่ทำงานตามที่ออกแบบไว้ไปถึงมือลูกค้า วัตถุประสงค์ของ PFMEA สำหรับกระบวนการคือ การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของการออกแบบผลิตภัณฑ์เทียบกับกระบวนการผลิตหรือกระบวนการประกอบที่ได้วางแผนไว้ เพื่อให้แน่ใจว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นไปตามการแก้ไขสามารถที่จะจัดทำขึ้นเพื่อที่จะขจัดสิ่งเหล่านี้ลดลงอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ PFMEA ยังทำให้เกิดจัดทำเอกสารที่เป็นประโยชน์สำหรับการพัฒนา กระบวนการผลิต กระบวนการประกอบ หรือโรงงานขึ้นอีกด้วย PFMEA สำหรับกระบวนการประกอบด้วยขั้นตอนต่อไปนี้

1. บ่งชี้ถึงผลิตภัณฑ์หลักที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเสียของกระบวนการ

2. ประเมินกระทบต่อลูกค้าเมื่อมีการเสียเกิดขึ้น

3. บ่งชี้ถึงตังเลขแปรกระบวนการที่จะต้องถูกควบคุมเพื่อลดการเกิดการเสียหายหรือการตรวจจับการเสียหาย

4. พัฒนารายการของระดับของรูปแบบของการเสียหลัก ซึ่งหมายถึงการจัดทำระบบการให้ลำดับความสำคัญสำหรับการพิจารณากิจกรรมเพื่อการแก้ไข

5. จัดทำเอกสารของผลลัพธ์ของกระบวนการผลิตหรือประกอบ

นิยมใช้ PFMEA กับชิ้นงาน/กระบวนการใหม่ เมื่อมีการเปลี่ยนชิ้นงาน/กระบวนการใหม่และเมื่อนำเอาชิ้นงาน/กระบวนการไปใช้ในการทำงานหรือสภาพแวดล้อมใหม่ ซึ่งผู้จะที่จะต้องจัดทำก็คือวิศวกรแผนกวิศวกรรมกระบวนการที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงนั้นๆในระหว่างการเริ่มต้นกระบวนการของ FMEA วิศวกรผู้รับผิดชอบจะต้องทำงานร่วมกับตัวแทนจากทุกๆ แผนกที่เกี่ยวข้องซึ่งควรจะรวมไปถึงแผนกประกอบ ผลิต วัสดุ ควบคุมคุณภาพให้บริการและจัดหา และแผนกประกอบที่อยู่ต่อจากกระบวนการนี้ PFMEA สมมติว่าผลิตภัณฑ์ตามที่ได้ออกแบบมานั้นจะเป็นไปตามความต้องการของการออกแบบ การเสียที่สำคัญซึ่งสามารถที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากการออกแบบไม่ดีนั้นจะไม่ถูกรวมอยู่ใน PFMEA ซึ่งการบ่งชี้ผลกระทบและวิธีการควบคุม ได้ถูกรวบรวมอยู่แล้วใน DFMEA

2.4.1 ลำดับขั้นตอนการสร้าง PFMEA

การสร้าง (FMEA) สำหรับกระบวนการควรเริ่มจากการสร้างแผนภูมิแสดงการไหลเพื่อแสดงแนวความคิดของกระบวนการ โดยแผนภูมิดังกล่าวควรจะบ่งชี้ถึงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่สอดคล้องกับแต่ละขั้นตอนการปฏิบัติ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างแบบฟอร์ม FMEA สำหรับกระบวนการ

FMEA สำหรับกระบวนการ หมายเลข FMEA.....**1**.....

หน้าที่.....ในจำนวนทั้งหมด.....หน้า.....

ชื่อผลิตภัณฑ์.....**2**..... ผู้รับผิดชอบ.....**3**..... ผู้จัดทำ.....**4**.....

ชื่อรุ่นผลิตภัณฑ์..... **5**..... วัน-เดือน-ปี ที่ครบกำหนดเสร็จสิ้น .....**6**..... วันเริ่มต้น .....**7**..... วันทบทวนล่าสุด.....**7**.....

คณะทำงาน .....**8**.....

หน้าที่ของกระบวนการ **9** / ความต้องการ	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง **10**	แนวโน้มของผลจากข้อบกพร่อง **11**	S **12**	จำแนก **13**	แนวโน้มของสาเหตุกลไก **14**	O **15**	การควบคุมในปัจจุบัน **16**		D **17**	RPN **18**	วิธีการแก้ไข **19**	ผู้รับผิดชอบ/วันเสร็จสิ้น **20**	ผลการไข **22**				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข **21**	S	O	D	RPN

จากตารางที่ 2.1 ลำดับขั้นตอนการสร้าง (FMEA) สามารถอธิบายตามหมายเลขที่ระบุในตารางได้ดังนี้

1. หมายเลข (FMEA) ให้ใส่หมายเลขเอกสารสำหรับ (FMEA) ลงไปเพื่อประโยชน์ในการสอบกลับได้

2. ชื่อผลิตภัณฑ์/กระบวนการให้ใส่ชื่อและจำนวนของระบบ ระบบย่อยหรือชิ้นส่วนประกอบ สำหรับกระกอบที่จะทำการวิเคราะห์

3. ผู้รับผิดชอบกระบวนการให้ใส่ชื่อผู้ผลิต (OEM) ฝ่ายงานและกลุ่มงานลงไปทั้งนี้อาจรวมถึงชื่อของผู้ส่งมอบ (ถ้าทราบ)

4. ผู้จัดทำให้ใส่ชื่อของผู้ที่หน้าที่รับผิดชอบในการจัดเตรียม (FMEA) พร้อมหมายเลขโทรศัพท์และที่อยู่ของบริษัทที่สังกัด

5. ชื่อรุ่นของผลิตภัณฑ์ ให้ใส่ชื่อรุ่นของผลิตภัณฑ์ (ปี พ.ศ. หรือโปรแกรม) ที่จะใช้และหรือได้รับผลกระทบจากกระบวนการที่ทำการวิเคราะห์

6. วันสำคัญ (Key Date) ให้ใส่วัน เดือน ปีที่ควรกำหนดเสร็จสิ้นซึ่งไม่ควรเกินไปกว่าที่กำหนด วันเริ่มต้นทำการผลิต แต่ถ้าเป็นกรณีที่ (FMEA) ได้รับการจัดทำโดยผู้ส่งมอบ วัน-เดือน-ปี ที่เสร็จสิ้นไม่ควรเกินไปกว่ากำหนดวันที่จะต้องจัดส่ง PPAP (Production Part Approval Process)

7. วัน เดือน ปีสำหรับ (FMEA) ให้ใส่วัน เดือน ปี ที่เริ่มต้นการจัดทำ (FMEA) และวัน-เดือน-ปีที่ทบทวน (FMEA) ครั้งล่าสุด

8. คณะทำงาน ให้ใส่ชื่อบุคลที่รับผิชอบ รวมถึงฝ่ายงานที่มีอำนาจในการบ่งชี้และหรือดำเนินงาน

9. หน้าที่ / ความต้องการของกระบวนการ ให้ใช้คำอธิบายง่ายๆ เกี่ยวกับกระบวนการผลิตขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ได้รับการวิเคราะห์และใส่เครื่องหมายเลขของกระบวนการหรือขั้นตอนการปฏิบัติงานลงไปด้วย ในกรณีคณะการทำงาน (FMEA) ควรมีการทบทวนถึงสมรรถนะ วัตถุดิบ กระบวนการสิ่งแวดล้อม และมาตรฐานด้านความปลอดภัย

โดยทั่วไปแล้วควรจะอธิบายอย่างกระชับที่สุดเท่าที่จะทำ ได้ถึงจุดประสงค์ของกระบวนการหรือขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ได้รับการวิเคราะห์รวมถึงสารสนเทศเกี่ยวกับ (ตัววัด/ค่าที่ประมาณ) ของระบบระบบย่อยหรือชิ้นส่วนประกอบ และในกรณีที่ที่กระบวนการประกอบด้วยขั้นตอนการปฏิบัติงานจำนวนมาก (เช่นสายงานประกอบ) ที่มีแนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่องที่แตกต่างกันแล้วก็อาจจะทำการแยกพิจารณา

ในกรณีที่ใช้ (FMEA) กับกระบวนการที่ใช้งานอยู่แล้วเพื่อวิเคราะห์แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่องจากกระบวนการ เช่น ในระบบซิกซ์ซิกม่า ในช่องนี้อาจเปลี่ยนแปลงเป็นขั้นตอนของกระบวนการ (What is the Process Step) และพิจารณาว่าคืออะไรคือปัจจัยที่ป้อนเข้าที่สำคัญ (What is The Key Process Input) ทั้งนี้เพื่อการวิเคราะห์ถึงลักษณะข้อบกพร่องในขั้นตอนต่อไปโดยการพิจารณาว่าอะไรคือสิ่งที่ปัจจัยป้อนเข้ามีความผิดพลาด (What Ways Does The Key Input Go Wrong)

10. แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง ความหมายของข้อบกพร่อง (Failure) และลักษณะข้อบกพร่อง (Failure Modes) ที่จะหมายถึงลักษณะทางกายภาพที่กระบวนการจะมาสามารถทำหน้าที่ได้ตามที่ออกแบบไว้หรือกำหนดความต้องการไว้โดยลักษณะข้อบกพร่องที่พิจารณานี้อาจจะเป็นสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องของกระบวนการท้ายและอาจเป็นผลกระทบจากลักษณะข้อบกพร่องในการวิเคราะห์แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่องสำหรับกระบวนการที่พิจารณานี้ให้กำหนดภายใต้ข้อสมมติว่า ชิ้นส่วนหรือวัตถุดิบที่นำเข้ามาจากกระบวนการก่อนหน้ามีความถูกต้องเสมอเพื่อพิจารณาถึงลักษณะข้อบกพร่องที่แท้จริงของกระบวนการที่พิจารณาโดยทั่วไปแล้วสามารถจำแนกข้อบกพร่องของกระบวนการออกได้เป็น 4 ประเภทคือ

1) การตรวจสอบวัตถุดิบ
   - เหตุผลที่ชิ้นงานได้รับการปฏิเสธ
2) การผลิต
   - คุณลักษณะที่ตรวจสอบด้วยตาเปล่า
   - คุณลักษณะที่สารถวัดได้
   - คุณลักษณะของแบบ
3) การประกอบ
   - ใช้ชิ้นส่วนประกอบที่ไม่ถูกต้องหรือทำการประกอบ
   - ชิ้นส่วนไม่ครบถ้วน
4) การทดสอบและ/หรือการตรวจสอบ
   - การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่เสีย/ปฏิเสธผลิตภัณฑ์ที่ดี

ในการระบุถึงแนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่องจะต้องระบุถึงสิ่งที่สามารถสังเกตเห็นได้ง่าย เช่น ปนเปื้อน ตกตะกอน แตกร้าว รูไม่กลม รหัสผิดพลาด มีรอยขีดข่วน ไม่มีลายเซ็นต์ผู้อนุมัติฯลฯ โดยคำที่ใช้นี้ควรจะเป็นคำที่อยู่ในภาษาเทคนิคหรือลักษณะทางกายภาพมากว่าที่สังเกตได้

11. แนวโน้มของผลจากข้อบกพร่องในช่องนี้ของแบบฟอร์ม (FMEA) ให้แสดงแนวโน้มของผลจากข้อบกพร่องที่มีความหมายว่า ผลกระทบของลักษณะข้อบกพร่องที่กระทบกับลูกค้า

โดยผลกระทบดังกล่าวอาจอยู่ในรูปของสิ่งที่ลูกค้าสังเกตเห็นหรือสิ่งที่ลูกค้าเคยมีประสบการณ์มาก่อนก็ได้ในกรณีที่เป็นลูกค้าภายในผลจากข้อบกพร่องจะอธิบายในเทอมของสมรรถนะของกระบวนการ หรือขั้นตอนการปฏิบัติงาน อาทิไม่สามารถทำให้แน่นได้ไม่สามารถสวมได้ไม่สามารถเจาะได้ทำให้อุปกรณ์เสียหาย ฯลฯ สำหรับกรณีที่เป็นลูกค้าภายนอกผลจากข้อบกพร่องจะอธิบายในเทอมของสมรรถนะของผลิตภัณฑ์หรือระบบอาทิเกิดเสียงดัง ผิวหยาบ ไม่สามารถใช้งานได้ มีกลิ่นไม่พึงประสงค์ซ่อมบำรุงมาก ฯลฯ โดยทั่วไปแล้วอาจจะจำแนกแนวโน้มของผลจากข้อบกพร่องตามที่เกิดออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

1) ผลกระทบที่จุดเกิด (Local Effects) หมายถึงผลกระทบที่มีต่อชิ้นส่วนประกอบหรือกระบวนการย่อยที่กระบวนการพิจารณา

2) ผลกระทบที่กระบวนการถัดไป (Next Higher Level Effects) หมายถึง ผลกระทบที่มีต่อกระบวนการท้ายที่มีความสัมพันธ์กับโครงสร้างรายการใช้วัสดุ

3) ผลกระทบต่อผู้ใช้ (End User Effects) หมายถึง ผลกระทบที่ผู้ใช้สามารถสังเกตเห็นได้หรือได้รับนอกจากนี้แล้วในการวิเคราะห์ถึงแนวโน้มของผลกระทบจากข้อบกพร่องนี้จะสามารถวิเคราะห์ได้จากเอกสารต่าง ๆ อาทิข้อมูลในอดีตเอกสารด้านการรับรองคุณภาพ (Quality Warranty) คำร้องเรียนของลูกค้าข้อมูลการให้การบริการภาคสนาม (Field Service) ข้อมูลการทดสอบความไว้วางใจตลอดจนเอกสาร (FMEA) สำหรับผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่คล้ายคลึงกัน

12. ความรุนแรงของผลกระทบ หรือ S-Severity ในช่องนี้จะวิเคราะห์ถึงความรุนแรงของแนวโน้มของผลกระทบจากข้อบกพร่องที่กำหนดโดยใช้ความรุนแรงจะหมายถึงขนาดของความรุนแรง (Seriousness) ของผลกระทบและความรุนแรงของผลกระทบความรุนแรงนี้จะเป็นลักษณะเชิงสัมพัทธ์ภายใต้ขอบเขตของแต่ละ (FMEA) และการลดขนาดความรุนแรงของผลกระทบความรุนแรงจะได้มาจากการออกแบบใหม่สำหรับระบบหรือกระบวนการเท่านั้นในกรณีที่จะประเมินความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อผู้ใช้นั้นจะเป็นสิ่งที่นอกขอบเขตหรือประสบการณ์ ความรู้ของวิศวกรประจำกระบวนการโดยสถานการณ์ เช่น นี้ทีม (FMEA) มีความจำเป็นต้องขอคำปรึกษาจากคณะทำงาน (FMEA) สำหรับการออกแบบ วิศวกรออกแบบและหรือวิศวกรประจำกระบวนการผลิตของลูกค้าในการประเมินความรุนแรงทีม (FMEA) ควรจะกำหนดกฎเกณฑ์สำหรับการประเมินผลก่อนเสมอ โดยทั่วไปอาจจะใช้สเกล 1-10 (อาจจะใช้สเกล 1-4 ,1-25 หรือ 1-100 ก็ได้ โดยสนใจถึงความสามารถในการแยกความแตกต่างของสเกลที่ใช้ได้) และควรกำหนดให้ความรุนแรงที่สูงที่สุด (อาจจะหมายถึงความมีอันตรายของลูกค้า) ได้คะแนนสูงที่สุด และให้ความรุนแรงที่ต่ำที่สุด (อาจหมายถึงผลกระทบที่ลูกค้าไม่ได้ให้ความสนใจหรือไม่สามารถสังเกตได้) ได้คะแนนต่ำที่สุดและถ้าผลกระทบใดได้

คะแนนต่ำที่สุดแล้วก็จะทำการตัดผลกระทบดังกล่าวออกจากการพิจารณาตารางข้างล่างแสดงถึงตัวอย่างของการให้คะแนนความรุนแรงของผลกระทบ โดยเกณฑ์ดังกล่าวจะพิจารณาลูกค้าภายนอกก่อนเป็นลำดับแรก และกรณีที่ผลกระทบเกิดขึ้นทั้งลูกค้าภายนอกและลูกค้าภายในให้ใช้คะแนนจากความรุนแรงที่สูงกว่าจากการประเมินในการวิเคราะห์ (FMEA)

13. การจำแนกช่องนี้อาจได้รับการใช้ในการจำแนก (Classify) คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการพิเศษสำหรับชิ้นส่วนประกอบระบบย่อย หรือระบบที่อาจต้องการการควบคุมกระบวนการเพิ่มเติมนอกจากนี้ก็อาจใช้ช่องนี้ในการกำหนดถึงลักษณะข้อบกพร่องที่สำคัญมากจากการประเมินผลด้านวิศวกรรม

14. แนวโน้มของสาเหตุ/กลไกของข้อบกพร่องในช่องนี้ผู้วิเคราะห์ (FMEA) จะต้องค้นหาสาเหตุรากเหง้าหรือกลไกของข้อบกพร่องมาใส่ลงไปว่าสาเหตุของข้อบกพร่อง หมายถึง วิธีการที่ข้อบกพร่องจะเกิดขึ้นโดยอธิบายในรูปของสิ่งที่จะได้รับการแก้ไขหรือสามารถได้รับการควบคุมได้ ในการค้นหาสาเหตุรากเหง้าต้องพยายามค้นหาให้ทราบถึงสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดโดยสาเหตุบางสาเหตุจะมีผลกระทบต่อลักษณะข้อบกพร่องโดยตรง (ถ้าหากควบคุมสาเหตุดังกล่าวได้ก็จะไม่เกิดลักษณะข้อบกพร่องอีก) ก็จะทำให้ (FMEA) สมบูรณ์มากแต่อย่างไรก็ตาม สาเหตุจำนวนมากมักจะเป็นสาเหตุที่เกิดขึ้นพร้อมกันการแก้ไขหรือควบคุมในการค้นหาสาเหตุรากเหง้าที่มีผลมากที่สุดต่อลักษณะข้อบกพร่องเพื่อการดำเนินการควบคุม ซึ่งสามารถใช้กฎเกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ

ผลกระทบ	**กฎเกณฑ์การจัดอันดับความรุนแรงของผลกระทบในกรณีที่ความล้มเหลวส่งผลให้เกิดความบกพร่องกับผู้บริโภค และ / หรือ โรงงานผู้ประกอบแล้ว ควรจะพิจารณาผู้บริโภคเป็นอันดับแรกก่อนเสมอแต่ถ้าเกิดผลกระทบทั้งผู้บริโภคและโรงงาน ให้พิจารณาความรุนแรงที่สูงกว่า**		**ระดับ**
	ผลกระทบต่อลูกค้า	**ผลกระทบต่อโรงงาน / ประกอบ**	
อันตรายโดยไม่มีการเตือน	รุนแรงสูงมาก เมื่อเกิดความล้มเหลวนั้นมีผลกระทบต่อความปลอดภัยในการใช้รถยนต์และ / หรือ ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของระเบียบข้อบังคับของทางราชการ	อาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน (รวมทั้งเครื่องจักร) โดยไม่มีสัญญาณการเตือนภัย	10

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ (ต่อ)

ผลกระทบ	กฎเกณฑ์การจัดอันดับความรุนแรงของผลกระทบในกรณีที่ความล้มเหลวส่งผลให้เกิดความบกพร่องกับผู้บริโภค และ / หรือ โรงงานผู้ประกอบแล้ว ควรจะพิจารณาผู้บริโภคเป็นอันดับแรกก่อนเสมอแต่ถ้าเกิดผลกระทบทั้งผู้บริโภคและโรงงาน ให้พิจารณาความรุนแรงที่สูงกว่า		ระดับ
	ผลกระทบต่อลูกค้า	ผลกระทบต่อโรงงาน / ประกอบ	
อันตรายโดยมีการเตือน	รุนแรงสูงมาก เมื่อเกิดความล้มเหลวนั้นมีผลกระทบต่อความปลอดภัยในการใช้รถยนต์และ / หรือ ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของระเบียบข้อบังคับของทางราชการ	อาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน (รวมทั้งเครื่องจักร) โดยมีสัญญาณการเตือนภัย	9
สูงมาก	ยานยนต์/ชิ้นส่วน ไม่ทำงาน สูญเสียหน้าที่การทำงานหลัก	ชิ้นส่วนทั้งหมด (100%) เป็นของเสีย (Scrap) หรือต้องนำชิ้นส่วนดังกล่าวไปซ่อมในแผนกซ่อมแซมงานและใช้เวลาซ่อมเกิน 1 ชม.	8
สูง	ยานยนต์/ชิ้นส่วน ทำงานได้ แต่ระดับสมรรถนะการทำงานลดลง ลูกค้าไม่พึงพอใจอย่างมาก	ชิ้นส่วนจำนวนหนึ่ง (<100%) เป็นของเสีย (Scrap) จากการคัดแยกดี - เสีย (Sort) หรือต้องนำชิ้นส่วนดังกล่าวไปซ่อมในแผนกซ่อมแซมงานและใช้เวลาซ่อมเกิน 30 นาที แต่ไม่เกิน 1 ชม.	7
ปานกลาง	ยานยนต์/ชิ้นส่วน ทำงานได้แต่อุปกรณ์สะดวกสบายไม่ทำงาน ลูกค้าไม่พึงพอใจ	ชิ้นส่วนจำนวนหนึ่ง (<100%) เป็นของเสีย (Scrap) จากการคัดแยกดี-เสีย (Sort) หรือต้องนำชิ้นส่วนดังกล่าวไปซ่อมในแผนกซ่อมแซมงานและใช้เวลาซ่อมไม่เกิน 30 นาที	6
ต่ำ	ยานยนต์/ชิ้นส่วนทำงานได้ แต่อุปกรณ์สะดวกสบาย ทำงานที่ระดับสมรรถนะลดลง ลูกค้าไม่พึงพอใจบางอย่าง	ชิ้นส่วนทั้งหมด (100%) ต้องนำไปทำใหม่หรือหยุดสายการผลิตเพื่อซ่อมแซมงาน โดยไม่ต้องนำไปซ่อมที่แผนกซ่อมแซมงาน	5
ต่ำมาก	เสียงรบกวน การเสียดสีของชิ้นส่วน มีตรงตามความต้องการ ซึ่งส่วนมากรับรู้ได้โดยลูกค้า (>75%)	ต้องคัดแยกดี - เสีย (Sort) ไม่มีของเสีย (Scrap)แต่มีส่วนหนึ่ง (<100%) ต้องนำไปทำใหม่	4

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ (ต่อ)

ผลกระทบ	กฎเกณฑ์การจัดอันดับความรุนแรงของผลกระทบในกรณีที่ความล้มเหลวส่งผลให้เกิดความบกพร่องกับผู้บริโภค และ / หรือ โรงงานผู้ประกอบแล้ว ควรจะพิจารณาผู้บริโภคเป็นอันดับแรกก่อนเสมอแต่ถ้าเกิดผลกระทบทั้งผู้บริโภคและโรงงาน ให้พิจารณาความรุนแรงที่สูงกว่า		ระดับ
	ผลกระทบต่อลูกค้า	ผลกระทบต่อโรงงาน / ประกอบ	
เล็กน้อย	เสียงรบกวน การเสียดสีของชิ้นส่วน มีตรงตามความต้องการ ซึ่งส่วนมากรับรู้ได้โดยลูกค้า (>50%)	ชิ้นส่วนจำนวนหนึ่ง (<100%) ต้องนำไปทำใหม่ไม่มีของเสีย โดยไม่หยุดสายการผลิต แต่ปิดสถานี	3
เล็กน้อยมาก	เสียงรบกวน การเสียดสีของชิ้นส่วน มีตรงตามความต้องการ ซึ่งส่วนมากรับรู้ได้โดยลูกค้าที่ช่างสังเกต (<25%)	ชิ้นส่วนจำนวนหนึ่ง (<100%) ต้องนำไปทำใหม่ไม่มีของเสีย โดยไม่หยุดสายการผลิต และไม่ปิดสถานีงาน	2
ไม่มี	ไม่มีผลกระทบที่เห็นได้	เกิดความไม่สะดวกสบายในการผลิต หรือเกิดความรู้สึกไม่สบายต่อผู้ปฏิบัติงานเพียงเล็กน้อยไม่มีผลกระทบใดๆ	1

15. โอกาสเกิด – O (Occurence) โอกาสการเกิดจะหมายถึง ความเป็นไปได้ของสาเหตุหรือกลไกเฉพาะหนึ่งจะเกิด ด้วยนั้นอันดับของความเป็นไปได้ในการเกิด (Likelihood of Occurence) จึงมีความหมายเชิงสัมพัทธ์มากกว่าตัวเลขสัมบูรณ์และการลดโอกาสการเกิดขึ้นนี้จะต้องได้มาจากการป้องกันหรือการควบคุมสาเหตุหรือกลไกลของข้อบกพร่องที่ผ่านการเปลี่ยนแปลงแบบหรือกระบวนการเท่านั้น การกำหนดคะแนนให้กับโอกาสเกิดจะอาศัยอัตราข้อบกพร่องที่เป็น (Possible Failure Rates) ที่ขึ้นอยู่กับจำนวนของข้อบกพร่องที่มีการคาดหมายในระหว่างการปฏิบัติกับกระบวนการหรืออาจจะได้มาจากข้อมูลเชิงสถิติแต่อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะอาศัยข้อมูลใดในการคาดหมายก็ตามผู้วิเคราะห์ (FMEA) จะต้องใช้การตัดสินใจเชิงอรรถวิสัยในการช่วยประเมินผลอยู่ดี ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผล ดังแสดงในตาราง 2.3

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดขึ้นของสาเหตุ

ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความล้มเหลว	ความเป็นไปได้ของอัตราการเกิดความล้มเหลว	Cpk	ระดับ
สูงมาก : ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นเป็นประจำจนเป็นปกติ	100 ต่อ 1000 ยานยนต์/ชิ้นส่วน	<0.33	10
	50 ต่อ 1000 ยานยนต์/ชิ้นส่วน	< 0.33	9
สูง : ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นบ่อยๆ	20 ต่อ 1000 ยานยนต์/ชิ้นส่วน	< 0.51	8
	10 ต่อ 1000 ยานยนต์/ชิ้นส่วน	< 0.67	7
	5 ต่อ 1000 ยานยนต์/ชิ้นส่วน	< 0.83	6
ปานกลาง : ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นบางโอกาส	2 ต่อ 1000 ยานยนต์/ชิ้นส่วน	< 1.00	5
	1 ต่อ 1000 ยานยนต์/ชิ้นส่วน	< 1.17	4
ต่ำ : ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นนานๆ ครั้ง	0.5 ต่อ 1000 ยานยนต์/ชิ้นส่วน	< 1.33	3
	0.5ต่อ 1000 ยานยนต์/ชิ้นส่วน	< 1.50	2
ไม่เคยพบความล้มเหลวเกิดขึ้นเลย	0.01 ต่อ 1000 ยานยนต์/ชิ้นส่วน	< 1.67	1

16. การควบคุมในปัจจุบันในช่องนี้จะแสดงถึงระบบการควบคุมกระบวนการในปัจจุบันและการควบคุมการผลิตกระบวนการคือลักษณะของการควบคุมที่อาจจะอยู่ในรูปการป้องกันสิ่งที่เป็นไปได้ของลักษณะข้อบกพร่องหรือสาเหตุตลอดจนกลไกลของข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นหรือการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง หรือสาเหตุตลอดกลไกของข้อบกพร่องที่อาจจะทำให้เกิดขึ้นระบบการควบคุมกระบวนการมีหลายวิธีด้วยกันแล้วแต่การนำมาประยุกต์ใช้งานจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การป้องกัน (Prevention) หมายถึง การป้องกันสาเหตุกลไกของข้อบกพร่องหรือลักษณะข้อบกพร่องจากการเกิดขึ้นหรือลดอันตรายการเกิดขึ้นของสาเหตุหรือกลไกลของข้อบกพร่องดังกล่าวการตรวจจับ (Detection) หมายถึง การตรวจจับสาเหตุ/กลไกของข้อบกพร่องหรือลักษณะข้อบกพร่องเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติการแก้ไขต่อไปภายใต้แนวทางการควบคุมทั้งสองประเภทนี้ถ้าเป็นไปได้มักนิยมใช้แนวทางป้องกันมากว่านอกจากนี้แล้วถ้าพิจารณาในประเด็นกลไกของการควบคุมกระบวนการแล้วจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กรณีด้วยกัน

1) การป้องกันสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่อง หรือกลไกการเกิดลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นหรือการลดอัตราการเกิดลักษณะข้อบกพร่องให้ลดลง

2) การตรวจจับสาเหตุหรือกลไกของลักษณ์ข้อบกพร่องเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติแก้ไข

3) การตรวจจับลักษณ์ข้อบกพร่อง

ในการพิจารณาถึงลำดับสำคัญในการเกิดลักษณะข้อบกพร่องในช่วงต้องพิจารณาถึงผลจาก (ก) การควบคุมที่กำหนดในขั้นตอนการออกแบบสำหรับลำดับสำคัญในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องในช่วงเริ่มต้นจะขึ้นอยู่กับวิธีการควบคุมแบบที่ (16.2) และ (16.3)

เนื่องจากในการจัดทำ (FMEA) สำหรับกระบวนการจะต้องดำเนินการในระยะแรก ๆ ของการผลิตดังนั้นในบางครั้งจึงเกิดความยากลำบากในการประเมินถึงอันตรายของการตรวจจับซึ่งในสถานการณ์เช่นนี้ผู้วิเคราะห์อาจจะใช้สารสนเทศจากกระบวนการที่มีความคล้ายคลึงกัน

17. การตรวจจับ (D - Detection) ในช่องนี้จะใส่คะแนนที่ประเมินผลถึงความสามารถในการควบคุมของระการควบคุมในปัจจุบันโดยคะแนนการตรวจจับจะเป็นปริมาณเชิงสัมพัทธ์ภายใต้ขอบเขตของ (FMEA) สำหรับแต่ละกระบวนการที่ทำศึกษาและจะให้คะแนนตรวจจับต่ำลง (คือ มีความสามารถในการตรวจจับที่ดีขึ้น) จะต้องเกิดมาจากการเปลี่ยนวิธีการควบคุมที่ไว้วางแผนไว้เท่านั้นในการพิจารณาคะแนนประเมินการตรวจจับนี้จะต้องพิจารณาจากความสามารถของระบบการควบคุมที่จะป้องกันข้อบกพร่องจากการส่งมอบถึงลูกค้าเท่านั้น ตัวอย่างของกฎเกณฑ์การประเมินผลความสามารถในการตรวจจับของระบบการควบคุมคุณภาพ แสดงได้ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของระบบควบคุม

การตรวจจับ	**เกณฑ์**	**ชนิดของการตรวจสอบ**			**ขอบเขตของเกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจจับ**	**อันดับ**
		A	**B**	**C**		
เกือบเป็นไปไม่ได้	ไม่มีการตรวจจับที่แน่นอน			x	ไม่สามารถตรวจจับหรือตรวจพบ	10
ห่างไกลมาก	อาจไม่สามารถตรวจจับความล้มเหลวได้			x	เป็นการตรวจจับที่เกิดขึ้นโดยทางอ้อมและเป็นการสุ่มเท่านั้น	9
ห่างไกล	มีโอกาสเพียงเล็กน้อยที่ตรวจจับความล้มเหลวได้			x	เป็นการตรวจจับโดยใช้สายตาเท่านั้น	8
ต่ำมาก	มีโอกาสเพียงเล็กน้อยที่ตรวจจับความล้มเหลวได้			x	เป็นการตรวจจับโดยใช้สายตาซ้ำสองครั้ง	7
ต่ำ	อาจสามารถตรวจจับความล้มเหลวได้		x	x	เป็นการตรวจจับโดยใช้แผนภูมิ เช่น SPC	6

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของระบบควบคุม (ต่อ)

การตรวจจับ	เกณฑ์	ชนิดของการตรวจสอบ			ขอบเขตของเกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจจับ	อันดับ
		A	B	C		
ปานกลาง	อาจสามารถตรวจจับความล้มเหลวได้		x		เป็นการตรวจจับโดยใช้เครื่องมือวัดหลังจากที่ชิ้นส่วนออกจากสถานีงานไปแล้ว หรือ เกจ Go / No Go ตรวจ 100% หลังจากชิ้นส่วนออกจากสถานีงานไปแล้ว	5
ค่อนข้างสูง	มีโอกาสที่จะตรวจจับความล้มเหลวได้	x	x		เป็นการตรวจจับที่เกิดตามมาหลังจากขั้นตอนการผลิตนั้น หรือใช้เกจในการตรวจชิ้นงานปรับตั้งและชิ้นงานชิ้นแรกของการผลิต (ในกรณีปรับตั้งเท่านั้น)	4
สูง	มีโอกาสที่จะตรวจจับความล้มเหลวได้	x	x		เป็นการตรวจจับที่เกิดขึ้นภายในสถานีงานหรือเกิดตามมาหลังจากขั้นตอนการผลิตนั้นโดยมีเกณฑ์การยอมรับหลายชั้น : Supply , Select , Install , Verify โดยที่ไม่ยอมรับชิ้นส่วนที่ผิดปกติต่อไปได้	3
สูงมาก	มีโอกาสเกือบแน่นอนในการตรวจจับความล้มเหลว	x	x		เป็นการตรวจจับที่เกิดขึ้นภายในสถานีงาน (ใช้เกจแบบอัตโนมัติ และหยุดการทำงานได้โดยอัตโนมัติ) โดยไม่สามารถส่งผ่านชิ้นส่วนที่ผิดปกติต่อไปได้	2

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของระบบควบคุม (ต่อ)

การตรวจจับ	เกณฑ์	ชนิดของการตรวจสอบ			ขอบเขตของเกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจจับ	อันดับ
		A	B	C		
เกือบแน่นอน	ตรวจจับความล้อเหลวได้อย่างแน่นอน	x			ไม่สามารถผลิตชิ้นส่วนที่ผิดปกติได้เนื่องจากมีการป้องกันความผิดพลาด ในขั้นตอนการออกแบบกระบวนการผลิต / ผลิตภัณฑ์	1

หมายเหตุ : A = การป้องกันความผิดพลาด

B = การใช้อุปกรณ์วัด (Gauging)

C = ตรวจสอบโดยอาศัยบุคล (Manual Inspection)

18. ตัวเลขแสดงลำดับของความเสี่ยง (RPN – Risk Priority Number) ในช่องนี้ให้ใส่ตัวเลขที่แสดงถึงลำดับของความเสี่ยงที่พิจารณาได้จากองค์ประกอบสามประการ คือ ความรุนแรง โอกาสการเกิด และการตรวจจับ

ดั้งนั้น RPN = S*O*D

โดยทั่วไปแล้วตัวเลข RPN จะไม่มีความหมายใด ๆ นอกจากใช้สื่อถึงลำดับในการกำหนดความเสี่ยงของลักษณะข้อบกพร่องจากกระบวนการเท่านั้นและเพื่อทำให้เกิดความมั่นใจ ผู้วิเคราะห์สามารถให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดจนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แนะนำให้ผู้วิเคราะห์ (FMEA) ทำการวิเคราะห์คะแนน RPN ที่ได้ด้วยแผนภาพพาเรโตถ้าหากการให้คะแนนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจริงจะพบว่าลักษณะข้อบกพร่องที่มีความสำคัญมากจะมีจำนวนน้อย และข้อบกพร่องที่มีความสำคัญน้อยจะมีจำนวนมาก

19. วิธีการปฏิบัติการแก้ไขในช่องนี้ของแบบฟอร์ม (FMEA) สำหรับกระบวนการให้ทำการระบุวิธีการปฏิบัติเพื่อตอบโต้เชิงป้องกัน/แก้ไขกับลักษณะข้อบกพร่องที่มีความรุนแรงมากที่สุดก่อน แนวทางการกำหนดมาตรการตอบโต้จะต้องอยู่บนพื้นฐานของการป้องกันลักษณะข้อบกพร่องมากกว่าการตรวจจับ ดังนั้นมาตรการลดโอกาสการเกิดและการลดความรุนแรงจึงเป็นสิ่งที่ควรได้รับการพิจารณาก่อนการปรับปรุงระบบการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง และการปรับปรุงระบบการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องนี้จะถือเป็นการปรับปรุงคุณภาพที่ไม่มีประสิทธิผล และใช้ต้นทุนค่อนข้างสูง

1) การลดโอกาสการเกิดของสาเหตุที่ก่อให้เกิดลักษณะข้อบกพร่องจะต้องมีการทบทวนแบบหรือกระบวนการใหม่ โดยอาศัยข้อมูลเชิงสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงป้อนกลับเพื่อกำหนดการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่องโดยการป้องกันลักษณะข้อบกพร่อง

2) การลดความรุนแรงจะดำเนินการได้โดยวิธีการทบทวนแบบหรือกระบวนการเท่านั้น

3) ในการลดคะแนนการตรวจจับมาตรการที่ควรพิจารณาก่อนเป็นลำดับแรกโดยทั่วไปแล้วการควบคุมคุณภาพโดยการปรับปรุงระบบการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องจะเป็นวิธีไม่มีประสิทธิผลและใช้ต้นทุนค่อนข้างสูง นอกจากนี้แล้วการเพิ่มความถี่หรือขนาดสิ่งตัวอย่างในการตรวจสอบคุณภาพก็มิได้จัดเป็นมาตรการแก้ไขหรือป้องกันใดๆ เพราะมิได้มีการกระทำการใดๆกับสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่อง

ตารางที่ 2.5 มาตรการตอบโต้ตามผลการประเมินความเสี่ยง

คะแนนประเมิน			สาเหตุของข้อบกพร่อง	มาตรการตอบโต้
O	**S**	**D**		
1	1	1	สภาวะในจินตภาพ	No Action (N/A)
1	1	10	เป็นไปไม่ได้	(N/A)
1	10	1	ข้อบกพร่องไม่ถึงมือลูกค้า	(N/A)
1	10	10	ข้อบกพร่องถึงมือลูกค้า	Yes
10	1	1	บกพร่องบ่อย ตรวจจับได้	Yes
10	1	10	บกพร่องบ่อย และข้อบกพร่องถึงมือลูกค้า	Yes
10	10	1	บกพร่องบ่อย และมีผลกระทบมาก	Yes
10	10	10	รุนแรงมาก	Yes

20. ผู้รับผิดชอบในการปฏิบัติการแก้ไข และวันเสร็จสิ้นช่องนี้ให้ระบุชื่อบุคลที่รับผิดชอบต่อการดำเนินการปฏิบัติการแก้ไขนี้รวมทั้งระบุวันเสร็จสิ้นที่เป็นเป้าหมายด้วย

21. การแก้ไขในช่องนี้ให้ทำการสรุปสั้น ๆ ถึงรายละเอียดของการปฏิบัติการแก้ไขที่ได้กระทำไปรวมถึงวันที่เสร็จสิ้นด้วย

22. ผลการแก้ไข ภายหลังจากมีการบ่งชี้มาตรการแก้ไข/ป้องกันแล้วให้ทำการประมาณค่าและบันทึกถึงผลการประเมินความรุนแรง โอกาสการเกิดและตรวจจับ พร้อมคำนวณค่า RPN อีกครั้ง แต่ถ้าหากมิได้มีการกำหนดมาตรการใด ๆ เลยให้ปล่อยว่างควรจะมีการทบทวนคะแนนประเมินเหล่านี้อีกครั้ง และถ้ามีการปฏิบัติการแก้ไขใด ๆ แล้วให้ดำเนินการวิเคราะห์ซ้ำอีกครั้ง [4]

ตารางที่ 2.6 ผลกระทบของมาตรการตอบโต้ O, S และ D

การปฏิบัติการแก้ไข	O	S	D
การออกแบบกระบวนการใหม่	Y	M	Y
การออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่	M	M	M
การปรับปรุงระบบควบคุมปัจจุบัน	N	N	N
การเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ	M	N	M
การเปลี่ยนแปลงการประยุกต์ใช้	N	M	M
การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมการใช้งาน	N	M	N
การปรับปรุงโปรแกรมความไว้วางใจ	Y	N	Y
การปรับปรุงการฝึกอบรมพนักงาน	M	N	Y
การนำ FMEA ไปใช้	Y	Y	Y
การนำ SPC ไปใช้	Y	N	Y
การปรับปรุงแผนคุณภาพ	Y	N	Y

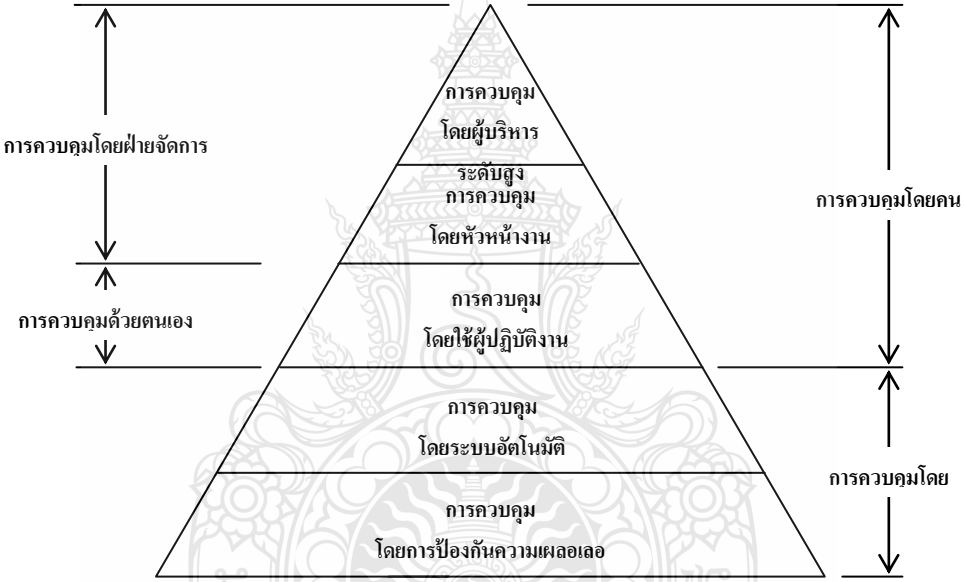
หมายเหตุ Y (Yes) = มีผลกระทบ M (May be) = มีผลกระทบ และ N (No) = ไม่มีผลกระทบ

2.5 การควบคุมกระบวนการ [4]

หมายถึงลักษณะของการควบคุมที่อาจจะอยู่ในรูปของการป้องกันถึงสิ่งที่เป็นไปได้ของลักษณะข้อบกพร่องหรือสาเหตุตลอดจนกลไกของข้อบกพร่องจากการเกิดขึ้นหรือตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องหรือสาเหตุตลอดจนกลไกของข้อบกพร่องที่อาจจะทำให้เกิดขึ้น (Descriptions of The Controls That Either To The Extent Possible The Failure Mode or Cause/Mechanism of Failure From Occurring, or Detect The Failure Mode or Cause/Mechanism of Failure Should It Occur) ในกระบวนการควบคุมกระบวนการนี้จะมีเทคนิคการควบคุมจำนวนมาก (จะได้กล่าวถึงต่อไป) โดยเทคนิคเหล่านี้จะอยู่บนแนวความคิด 2 ประการ คือ การป้องกัน (Prevention) และการตรวจจับ (Detection) โดยในกระบวนการวิเคราะห์ค่าความเสี่ยงใน FMEA นี้ผู้วิเคราะห์ต้องพยายามแยกความหมายของแนวความคิดของระบบควบคุมทั้งสองประการนี้ออกจากกันให้ได้ กล่าวคือ

การป้องกัน หมายถึง การป้องกันสาเหตุ / กลไกของข้อบกพร่อง หรือลักษณะข้อบกพร่องจากการเกิดขึ้น หรือการลดอัตราการเกิดขึ้นของสาเหตุหรือกลไกของข้อบกพร่องดังกล่าวการตรวจจับ หมายถึง การตรวจจับสาเหตุ / กลไกของข้อบกพร่องหรือลักษณะข้อบกพร่องเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติการแก้ไขต่อไปหรืออาจจะกล่าวสั้นๆ ว่าการตรวจจับเป็นการตรวจพบสิ่งที่เกิดขึ้นแล้ว

(เพื่อแก้ไขมิให้เกิดขึ้นซ้ำอีก) ในขณะที่การป้องกันจะเป็นการตรวจพบในขณะที่ข้อบกพร่องยังไม่เกิดขึ้นในระบบการควบคุมที่ดีนั้น Juran ได้จำแนกระบบการควบคุมที่มีต่อหัวข้อควบคุมของกระบวนการในรูปของปีรามิด ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าภายใต้ระบบการควบคุมที่ดีนั้น หัวข้อควบคุมโดยส่วนใหญ่ (ฐานปีระมิด) ควรจะได้รับการควบคุมโดยไม่ต้องมีคนเข้าไปเกี่ยวข้อง (Non Human Means) แต่พยายามใช้ระบบป้องกันความเผอเรอ หรือใช้อุปกรณ์วัดคุม (Instrument) ช่วยในการควบคุม และหัวข้อควบคุมที่เหลือค่อยให้ควบคุมโดยมีคนเข้าไปเกี่ยวข้องซึ่งภายใต้การควบคุมดังกล่าวจะจำแนกออกเป็นการควบคุมตนเอง (Self – Control) ของพนักงานผู้ปฏิบัติงาน และการควบคุมโดยฝ่ายจัดการซึ่งการควบคุมแต่ละประเด็นมีแนวความคิดแตกต่างกันออกไป



รูปที่ 2.2 ฐานปีรามิดของการควบคุม

วิธีการควบคุมกระบวนการอาจจะได้รับการจำแนกออกได้หลายวิธีด้วยกัน ได้แก่

1) วิธีการป้องกันความเผอเรอ (Poka – Yoke)

2) วิธีการควบคุมด้วยสายตา (Visual Control)

3) วิธีการควบคุมด้วยตนเอง (Self – Control)

4) วิธีการควบคุมกระบวนการโดยอาศัยสถิติ (SPC)

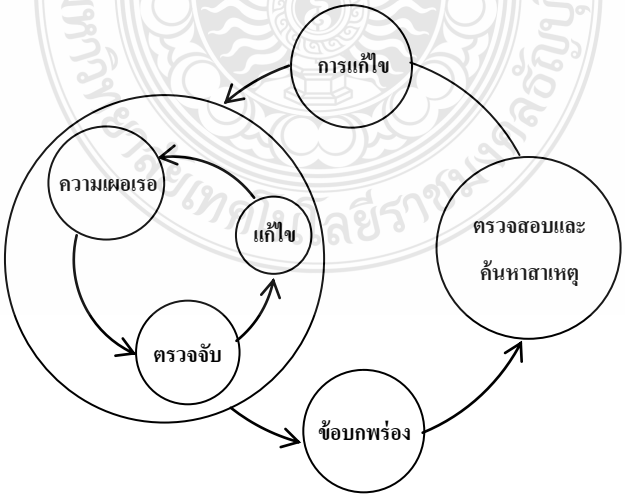
5) วิธีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจจำแนกออกเป็นวิธีการตรวจสอบแบบ 100%

2.5.1 วิธีการป้องกันความเผอเรอ

ข้อบกพร่องมีสาเหตุสำคัญมาจากความผิดพลาดของบุคคลโดยความผิดพลาดดังกล่าว

อาจจะมาจากสาเหตุความแตกต่างกันออกไป คือ สาเหตุจากความเผอเรอ (Inadvertent Error) สาเหตุจากเทคนิคสาเหตุจากความตั้งใจ (Conscious Error) และสาเหตุจากการสื่อความ (Communication Error) ซึ่งในสาเหตุประเภทแรกจะสามารถควบคุมได้ด้วยเทคนิคการป้องกันความเผอเรอ (Poka – Yoke) S.Shingo ได้เสนอถึงระบบที่ใช้ในการป้องกันความผิดพลาดจากสาเหตุความเผอเรอของพนักงานที่ได้รับการประยุกต์ใช้ครั้งแรกที่โรงงาน Arakawa Auto Body ของบริษัทโตโยต้า จำกัดและในครั้งแรกที่ได้เรียก Bakayoke (หมายถึง ระบบการป้องกันความโง่ (Foolproof) โดยมีการออกแบบระบบการป้องกันความเผอเรอของพนักงานที่สับสนระหว่างมือซ้ายมือขวาของกระบวนการเชื่อมแบบย้อนกลับ (Spot – Welded Backwards) แต่อย่างไรก็ตามพนักงานกลุ่มหนึ่งไม่พอใจกับชื่อดังกล่าวนักด้วยความไม่เข้าใจว่าการที่พวกเขาทำงานเผอเรอจะเป็นความโง่ได้อย่างไรในที่สุดจึงได้มีการเปลี่ยนแปลงชื่อใหม่เป็น Pokayoke (หมายถึง ระบบการป้องกันความเผอเรอ (Mistake – Proof) โดยคำว่า “Poka” จะหมายถึงความผิดพลาดจากสาเหตุความเผอเรอที่ไม่มีพนักงานคนใดตั้งใจจะให้เกิดขึ้น

แนวความคิดสำคัญของการป้องกันความเผอเรอนั้นจะกำหนดโดยการพิจารณาว่าเมื่อใดมีความเผอเรอเกิดขึ้นจะต้องไม่ทำให้ความเผอเรอดังกล่าวส่งผลต่อผลิตภัณฑ์จนทำให้เกิดข้อบกพร่องและถ้าเกิดข้อบกพร่องขึ้นแล้วก็จะทำการตรวจจับข้อบกพร่องเพื่อมิให้ส่งผลกระทบที่รุนแรงต่อลูกค้าโดยการป้องกันความบกพร่องจะต้องอาศัยการตัดสินใจด้วยวงจรเล็ก คือ การตรวจจับความเผอเรอและแก้ไขในทันทีทันใดเพื่อมิให้ส่งผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์แต่ถ้าหากมีการตัดสินใจด้วยวงจรใหญ่แล้วก็จะทำให้เกิดความบกพร่องขึ้นได้เสมอ ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แนวความคิดในการป้องกันความเผอเรอ

2.5.2 การควบคุมด้วยตนเอง (Self – Control)

การควบคุมด้วยตนเองถือเป็นระบบการควบคุมกระบวนการที่มีประสิทธิผลอีกวิธีหนึ่ง โดย Gryna ได้ให้ความหมายไว้ว่าระบบการควบคุมด้วยตนเอง คือระบบการควบคุมที่ทำให้มั่นใจว่าพนักงานทุกคนได้ทำงานได้ตามจุดประสงค์ด้านคุณภาพ และได้ทำการเปรียบเทียบการควบคุมดังกล่าวกับระบบการควบคุมแบบดั้งเดิม (Classic Control) ดังแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 การเปรียบเทียบระบบการควบคุมแบบดั้งเดิมและการควบคุมด้วยตนเอง

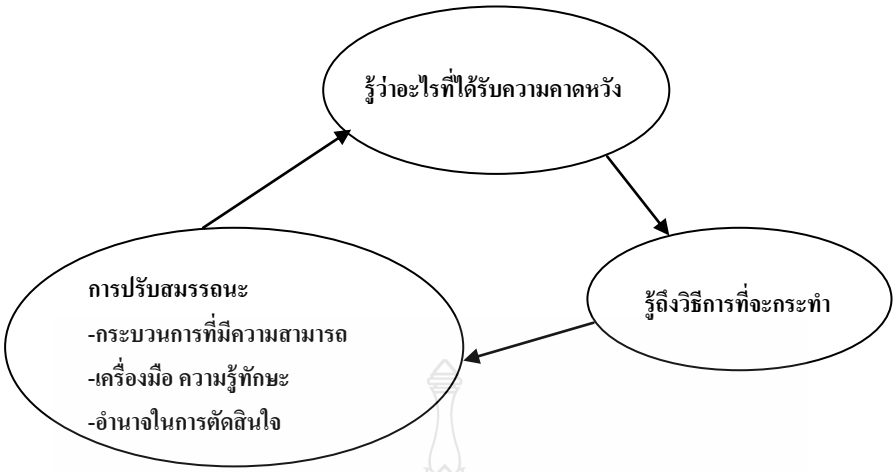
การควบคุมแบบดั้งเดิม	การควบคุมด้วยตนเอง
1.ให้ความสนใจต่อมาตรฐานหรือเป้าหมาย	1.ความรู้ที่ทำให้พนักงานทราบว่าตนเองทำอะไร
2.ใช้การวัดในการประเมินผลงาน	2.ความรู้เกี่ยวกับสมรรถนะ
3.การกระทำกับความแตกต่างของผลงานจากเป้าหมาย	3.วิธีการในการทำงานกับกระบวนการ
4.กิจกรรมเน้นในระหว่างการผลิต	4.กิจกรรมเน้นในระยะเวลาก่อนการผลิต

สำหรับเกณฑ์ในการกำหนดสถานการณ์ควบคุมด้วยตนเองมี 3 ประการดังนี้

1) ความรู้ที่ทำให้พนักงานทราบว่าทำอะไร (What They Are Supposed To Do) ซึ่งประกอบด้วยการทำความเข้าใจอย่างแจ่มชัดกับกระบวนวิธีการทำงานการทำความเข้าใจกับมาตรฐานของสมรรถนะการสรรหาและฝึกอบรมพนักงานอย่างเพียงพอ

2) ความรู้ที่ทำให้พนักงานทราบว่าพนักงานกำลังทำอะไร (What They Are Actually Doing) ซึ่งประกอบด้วยการทบทวนงานที่ทำอย่างเพียงพอการป้อนกลับผลลัพธ์ที่ได้มาจากการทบทวนงาน

3) ความสามารถและความปรารถนาในการปฏิบัติการกับกระบวนการให้มีความผันแปรต่ำที่สุด (How To Regulate The Process) ซึ่งประกอบด้วยแบบของงานและกระบวนการที่ทำให้บรรลุจุดประสงค์ด้านคุณภาพการปรับกระบวนการที่ทำให้ความผันแปรมีค่าต่ำที่สุดการฝึกอบรมอย่างเพียงพอสำหรับการปรับแต่งกระบวนการการบำรุงรักษากระบวนการเพื่อการรักษาความสามารถของกระบวนการสิ่งแวดล้อมและวัฒนธรรมด้านคุณภาพที่เพียงพอในการควบคุมด้วยตนเองนี้ ได้กำหนดหลักเกณฑ์ไว้ว่าถ้ากฎเกณฑ์ทั้งสามข้อข้างบนนี้ได้รับการบรรลุทุกข์ข้อแล้วจะกำหนดปัญหาดังกล่าวให้เป็นปัญหาที่พนักงานการบรรลุเพียงข้อใดข้อหนึ่งจะถือว่าปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาที่ฝ่ายจัดการสามารถควบคุมได้ (Management Controllable หรือ System Controllable)แนวความคิดของการควบคุมด้วยตนเองดังกล่าวที่กล่าวมานี้แสดงได้ด้วยรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แนวความคิดด้านการควบคุมด้วยตนเอง

2.5.3 การตรวจสอบผลิตภัณฑ์

ในการควบคุมคุณภาพประเภทการตรวจจับนี้ จะเป็นการตรวจสอบผลิตภัณฑ์โดยคำว่าผลิตภัณฑ์ในที่นี้หมายความว่าผลิตภัณฑ์ที่กล่าวถึงได้รับการสร้างคุณภาพให้เกิดขึ้นในตัวแล้ว โดยกิติศักดิ์ ได้จำแนกการควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับนี้ออกเป็น 4 ประเภท คือ

1) การตรวจสอบแบบ 100% หมายถึง การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ทีละหน่วยทุกหน่วยจนครบโดยทั่วไปแล้ววิธีการตรวจสอบแบบนี้จะไม่สามารถตรวจสอบผลิตภัณฑ์บกพร่องได้ทั้งหมด เนื่องจากความล้าของพนักงาน และเครื่องมือตรวจสอบ

2) การตรวจสอบแบบครั้งคราว (Spot – Check) การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ตามใจชอบโดยไม่ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ด้านวิทยาศาสตร์ เช่น การตรวจสอบงานชิ้นแรก การตรวจสอบตามลำดับหรือการตรวจสอบแบบลาดตระเวน (Patrol Inspection) เป็นต้นโดยการตรวจสอบแบบนี้จะมีโอกาสที่จะปล่อยผลิตภัณฑ์บกพร่องออกไปได้มาก ดังนั้นจึงควรใช้วิธีการตรวจสอบแบบนี้เฉพาะกรณีที่คุณภาพขึ้นอยู่กับความตั้งใจของพนักงานปฏิบัติงานตลอดจนจะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ความรุนแรงของผลิตภัณฑ์บกพร่องมีไม่มากนัก

3) การให้คำรับรอง (Certification) หมายถึง การควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับโดยการให้วิศวกรหรือสถาบันที่ลูกค้าให้การยอมรับเป็นผู้ออกแบบระบบและรับรองคุณภาพโดยการคำรับรองซึ่งวิธีการควบคุมคุณภาพดังกล่าวจะมีความเหมาะสมกับกรณีคุณภาพของงานขึ้นอยู่กับความชำนาญเฉพาะด้าน เช่น งานเชื่อมโลหะ

4) การชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ (Acceptance Sampling) โดยวิธีการนี้อาศัยแนวความคิดด้านสถิติเชิงอนุมานในการชักสิ่งตัวอย่างจากประชากร (ในรูปของลอตและแบช) แล้วใช้สารสนเทศจากสิ่งตัวอย่างในการอนุมัติคุณภาพของลอตหรือแบชนั้น วิธีการควบคุมโดยวิธีการนี้

จะมีข้อเสียที่สำคัญ คือมีความเสี่ยงจากการตัดสินใจทั้งความเสี่ยงของผู้บริโภค (Consumer's Risk, β) และความเสี่ยงของผู้ผลิต (Producer's Risk ; α) แต่ก็มีข้อดี คือการใช้สารสนเทศจากสิ่งตัวอย่างในการอนุมานเพื่อหาสารสนเทศในลอตหรือแบชได้วิธีการควบคุมโดยวิธีการนี้ยังแบ่งออกเป็นการประกันคุณภาพเพื่อไม่รับคุณภาพเลวหรือ LTPD (Lot Tolerance Percent Defective) หรือ LQ (Limiting Quality) และการประกันคุณภาพเพื่อรับคุณภาพดี หรือ AQL (Acceptable Quality Level) โดยการเลือกแผนการ AQL หรือ LTPD นี้จะขึ้นอยู่กับประวัติคุณภาพของลอตที่ทำการตรวจสอบ

2.6 โปรแกรม PDS (Plant Design System)[5]

PDS เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ วิศวกรรม เพื่อการประยุกต์ใช้ในการออกแบบอาคารก่อสร้างและระบบท่อได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งทั้งหมดของโครงการ เนื่องจากความสามารถในการจำลองแบบก่อนงานก่อสร้างจริงให้กับอุตสาหกรรมของหลายบริษัท การออกแบบโครงการโดยโปรแกรม PDS มีตั้งแต่โรงงานขนาดเล็ก ไปจนถึงโครงการขนาดใหญ่ คุณลักษณะของโปรแกรมช่วยให้การจำลองแบบและออกแบบวิศวกรรมไปพร้อมกันประสานงานการออกแบบและปรับปรุงข้อผิดพลาดให้ลดลงและการปรับปรุงด้านวิศวกรรมเพิ่มขึ้น ประกอบด้วยแบบ 2D และโครงสร้างภาพ 3 มิติ

2.7 โปรแกรม CAESAR II[6]

CAESAR II เป็นโปรแกรมการวิเคราะห์และประเมินค่าการตอบสนองต่อโครงสร้างและความเครียดในระบบท่อเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล มีรูปแบบที่ง่ายต่อการป้อนและแสดงข้อมูลทั้งหมดที่ต้องการในการวิเคราะห์แบบจำลองของระบบท่อ ผู้ใช้สามารถเข้าถึงหรือปรับเปลี่ยนแก้ไขข้อมูลในแต่ละองค์ประกอบ หรือเลือกชุดข้อมูลแล้วทำให้ข้อมูลเปลี่ยนแปลงทั้งระบบช่วย ให้การปรับเปลี่ยนโมเดลเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว โดยที่มีการแสดงพื้นที่ที่เกี่ยวข้องอย่างชัดเจน อีกทั้งยังเสนอแนวทางที่จะช่วยให้ระบบท่อมีความยืดหยุ่นมากขึ้น มีการแสดงสีระบุตำแหน่งที่เกิดความเครียดของท่อ และแสดงผลการเปลี่ยนตำแหน่งของความเครียดในจุดอื่นๆที่เชื่อมโยงกันหลังการ ปรับเปลี่ยนโมเดลของท่อ นอกจากการประเมินการตอบสนองของระบบท่อที่มีต่ออุณหภูมิ, น้ำหนักท่อและความดันภายในท่อแล้ว CAESAR II ยังสามารถวิเคราะห์ผลกระทบจากแรงลม, ตัวรองรับ, แรงกระทบที่เกิดจากแผ่นดินไหวและคลื่นกระแทก รวมไปถึงการวิเคราะห์ผลที่เกิดจาก support lift off, gap closure และ friction CAESAR II ยังสามารถแนะนำสปริงที่เหมาะสมสำหรับรองรับระบบท่อที่มีมุมหักเหในแนวดิ่งมากๆได้ ความสามารถในการวิเคราะห์เชิง dynamic จะ

ประกอบไปด้วย modal, harmonic, response spectrum และ time history analysis. โปรแกรม CAESAR II มีตารางแสดงข้อมูลวัสดุของท่อและองค์ประกอบต่างๆ เช่น expansion joints, structural steel sections, spring hanger, material properties และ allowable stress ที่จะทำให้มั่นใจได้ว่าข้อมูลที่ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์แต่ละครั้งนั้นมีความถูกต้อง นอกจากนี้ CAESAR II ยังมาพร้อมกับข้อมูล International piping code อีกด้วยและอุตสาหกรรมที่นำ โปรแกรม CAESAR II มาใช้ ได้แก่

- งานสถาปัตยกรรม
- อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม
- อุตสาหกรรมเบียร์
- อาคาร สำนักงาน
- อุตสาหกรรมเคมี
- การออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์
- อุตสาหกรรมอาหาร
- อุสาหกรรมนอกชายฝั่ง
- อุตสาหกรรมปิโตรเคมี
- เวชภัณฑ์
- งานระบบท่อ
- งานระบบไฟฟ้ากำลัง
- การออกแบบการผลิตและโรงงาน
- อุตสาหกรรมการต่อเรือ
- โรงงานเหล็ก
- การบำบัดน้ำเสีย

2.8 วิจารณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความสูญเสียที่เกิดขึ้นล้วนแล้วแต่เป็นสิ่งที่ทุกองค์กรไม่ต้องการ ซึ่งต่อมาการสูญเสียนั้นจะกลายเป็นต้นทุนที่ต้องเสียไป จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวกับการลดความสูญเสีย พบว่าได้มีการนำเทคนิคหรือเครื่องมือมาประยุกต์ใช้เพื่อป้องกัน และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นมากมาย เช่น [7] ในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพทั้ง 7 ชนิด (7 QC Tools) [8] เพื่อนำมาเก็บข้อมูลในเชิงสถิติทำให้การนำข้อมูลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์กระบวนการผลิตช่วยให้การตัดสินใจต่อการแก้ปัญหาต่างๆเป็นไปอย่างมีหลักการ และถูกต้อง อาทิเช่น การเก็บข้อมูลด้วยแผ่นตรวจสอบ แล้วใช้

แผนภูมิภาพการจัดลำดับ (Pareto Diagram) ทำการเลือกปัญหาที่มีความรุนแรงมากที่สุดเพื่อนำมาทำการแก้ไขเป็นอันดับแรก จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) [9] เครื่องมือควบคุมคุณภาพเหล่านี้ได้ถูกนำมาใช้ในหลากหลายงานวิจัย เช่น การลดและควบคุมการสูญเสียจากการตัดในอุตสาหกรรมการขึ้นรูปโลหะแผ่น [10] เป็นต้น

นอกจากนี้ยังพบว่ามีหลายอุตสาหกรรมในประเทศได้มีการนำระบบการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure and Effect Analysis : FMEA) [11-12] โดยได้มีการประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนรถยนต์ก่อนเป็นอันดับแรก [13] จากนั้นจึงมีการขยายไปสู่อุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์สายไฟฟ้า [14] อุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์ [15] อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ [16] อุตสาหกรรมผลิตอาหาร [17] และการนำไปใช้กับงานบริการ [18] โดยในการวิเคราะห์ข้อบกพร่อง และผลกระทบได้มีการจำแนกไว้ 2 ประเภทคือ 1) FMEA สำหรับการออกแบบซึ่งจะเป็นเทคนิคเชิงวิเคราะห์ที่ทีมออกแบบใช้ในการประเมินถึงลักษณะของข้อบกพร่องที่มีแนวโน้มจะเกิดขึ้น รวมถึงสาเหตุหรือกลไกที่ทำให้เกิดลักษณะข้อบกพร่อง 2) FMEA สำหรับกระบวนการ เป็นการประเมินความเสี่ยงจากกระบวนการนั้นมีความจำเป็นต้องทำความเข้าใจกับกิจกรรมต่างๆในลำดับความเชื่อมต่อเพื่อการกำหนดแนวโน้มของข้อบกพร่องโดยการวิเคราะห์หน้าที่ของกระบวนการจะทำการประเมินความเสี่ยงสำหรับการกำหนดแนวทางในการลดความเสี่ยงต่อไป [19]

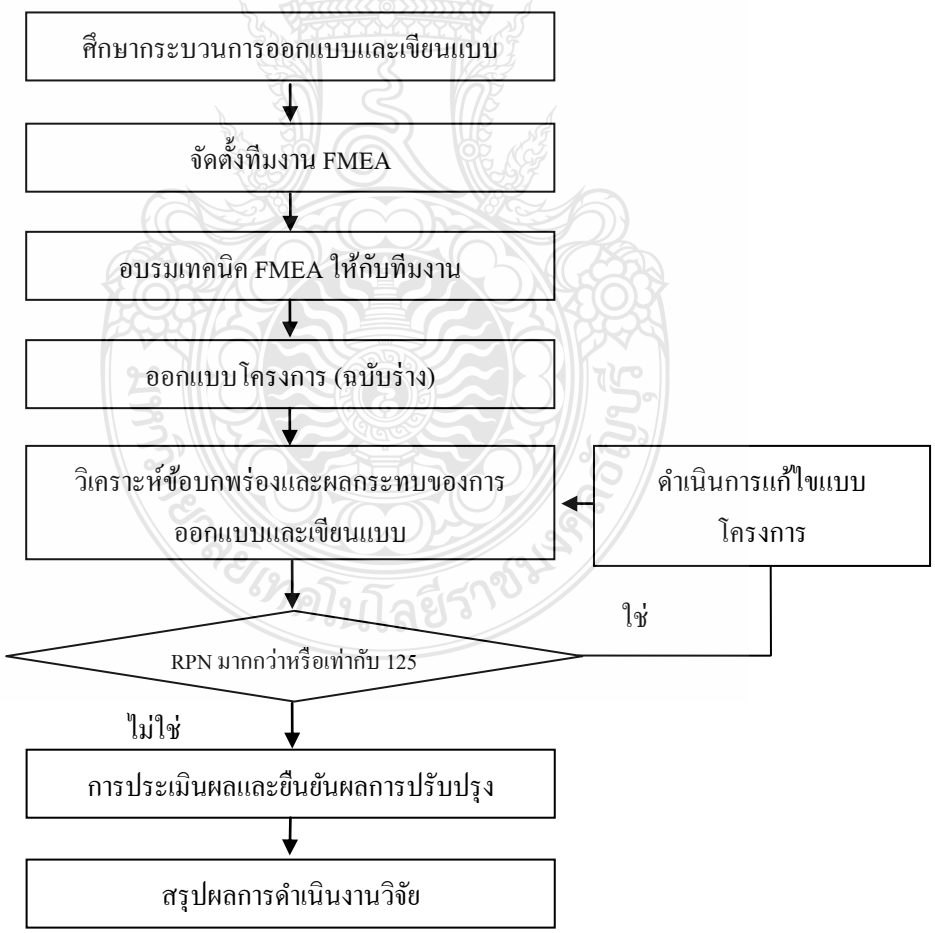
จากงานวิจัยที่ได้กล่าวมามีขั้นตอนการดำเนินงานที่คล้ายคลึงกัน คือ เริ่มจากการจัดลำดับความรุนแรงของปัญหาแล้ววิเคราะห์ด้วยแผนผังก้างปลาแล้วจึงนำมาวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบด้วย FMEA จากนั้นจึงจัดทำแผนควบคุมกระบวนการผลิต (Control Plan) เช่น งานวิจัยของวสันต์ พุกผาสุก และอรรถกร เก่งพล [20] ทำการลดของเสียจากกระบวนการชุบโครเมี่ยม โดยนำวิธี FMEA สำหรับการออกแบบมาประยุกต์ใช้เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นและปรับปรุงคุณภาพผิวงานชุบโครเมี่ยมโดยประยุกต์ใช้วิธี ซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งผลการวิจัยสามารถลดอัตราของเสียในกระบวนการได้ถึง 70% กุสุมา จิรวงศ์สวัสดิ์ สมเกียรติ จงประสิทธิ์พร และวิชัย รุ่งเรืองอนันต์ [21] ประยุกต์ใช้ FMEA และ AHP เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตฟริต ของโรงงานผลิตสารเคลือบเซรามิกส์ เนื่องจากมีฟริตเป็นผลิตภัณฑ์หลักของโรงงาน และกำลังประสบปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพของฟริตที่มีส่วนผสมไม่ตรงสูตร อรจิตร ประดา และณฐา คุปตัษเฐียร [22] วิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure and Effect Analysis : FMEA) ของกระบวนการผลิตชุดกันไฟทุกขั้นตอน โดยการนำค่าตัวเลขความเสี่ยง (Risk Priority Number : RPN) มาวิเคราะห์ด้วยแผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram) เพื่อจัดลำดับความสำคัญในการจัดทำแผนควบคุมกระบวนการผลิต (Control Plan)

ผลการวิจัยพบว่าสามารถเพิ่มผลิตภาพได้ 15.32% และจำนวนของเสียลดลงเหลือ 11.15% อรรถพล ฤทธิภักดี [23] ปรับปรุงคุณภาพสำหรับกระบวนการพ่นสีชิ้นส่วนพลาสติกในอุตสาหกรรมรถยนต์ให้เหมาะสม ซึ่งผลจากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้เปอร์เซ็นต์ของเสีย และข้อร้องเรียนจากลูกค้าลดลง พร้อมกับมีวิธีการและมาตรฐานในการ ทำงานเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาซ้ำโดยใช้เทคนิคแผนผังก้างปลา (Cause and Effect Diagram) เพื่อค้นหาสาเหตุของปัญหาที่เป็นไปได้ทั้งหมด และใช้แผนภาพความสัมพันธ์ (Relation Diagram) แผนภาพต้นไม้ (Tree Diagram) ซึ่งเป็นเครื่องมือควบคุมคุณภาพแบบใหม่ New 7 QC Tool มาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ของปัญหา และใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพสำหรับกระบวนการผลิต (PFMEA) มาใช้เพื่อแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการผลิต วิชาญ ทองไพรวรรณ และณฐา คุปตัษเฐียร [24] ปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการออกแบบและพัฒนาชิ้นส่วนแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วของโรงงานกรณีศึกษาโดยนำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure and Effect Analysis : FMEA) มาประยุกต์ใช้ ลักษณะข้อบกพร่องมีค่า RPN มากกว่า 100 คะแนนขึ้นไป โดยพบว่ามีสาเหตุข้อบกพร่องของแม่พิมพ์จำนวน 33 ข้อจากทั้งหมด 65 ข้อ ที่จำเป็นต้องได้รับการแก้ไขเป็นการด่วน ผลจากการปรับปรุงพบว่าข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดสอบแม่พิมพ์ลดลงจาก 2.7 ครั้งต่อผลิตภัณฑ์เหลือ 1 ครั้งต่อผลิตภัณฑ์ คิดเป็น 63% ระยะเวลานำตั้งแต่การออกแบบแม่พิมพ์จนถึงการทดสอบแม่พิมพ์ลดลงจาก 75 วัน เหลือ 45 วัน คิดเป็น 40%

การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องทำให้ผู้วิจัยสามารถนำทฤษฎีของเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure and Effect Analysis : FMEA) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่สามารถวิเคราะห์และระบุข้อบกพร่องสำคัญที่มีแนวโน้มจะเกิดขึ้นในรูปแบบต่างๆ เพื่อที่จะลดความบกพร่องนั้นๆ ในช่วงของการตรวจสอบแบบของแผนก Planning and Piping สามารถนำมาจัดทำแผนการควบคุม (Control Plan) ของบริษัทที่เป็นกรณีศึกษาได้ นอกจากนี้แนวคิดสำคัญของเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบยังเป็นเทคนิคที่มีการส่งเสริมให้มีการทำงานเป็นทีมซึ่งสอดคล้องกับนโยบายของบริษัทตัวอย่างที่เป็นกรณีศึกษาในปัจจุบัน

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงลำดับขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย รวมถึงแนวทางในการดำเนินงานวิจัยซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบและเขียนแบบเป็นสำคัญโดยการดำเนินงานวิจัยจะเริ่มจากการศึกษากระบวนการออกแบบและเขียนแบบ จากนั้นจึงจัดตั้งคณะทำงาน FMEA แล้วดำเนินการฝึกอบรมเรื่องการใช้เทคนิค FMEA แก่คณะทำงานให้มีความรู้และเข้าใจ ต่อมาจึงทำการออกแบบโครงการฉบับร่างขึ้นมาเพื่อให้ทีมงานได้ทำการทบทวนขั้นตอนการออกแบบและเขียนแบบ (Design Review) โดยการวิเคราะห์ข้อบกพร่องของแบบและการแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่อง เมื่อข้อบกพร่องได้รับการแก้ไขปรับปรุงแล้วจะประเมินผลโดยการออกแบบและเขียนแบบแล้วนำไปทำงานเพื่อสรุปผลจากการทดสอบการออกแบบและสรุปผลการดำเนินงานวิจัย ซึ่งสามารถแสดงเป็นแผนผังขั้นตอนการดำเนินงานได้ดังรูปที่ 3.1

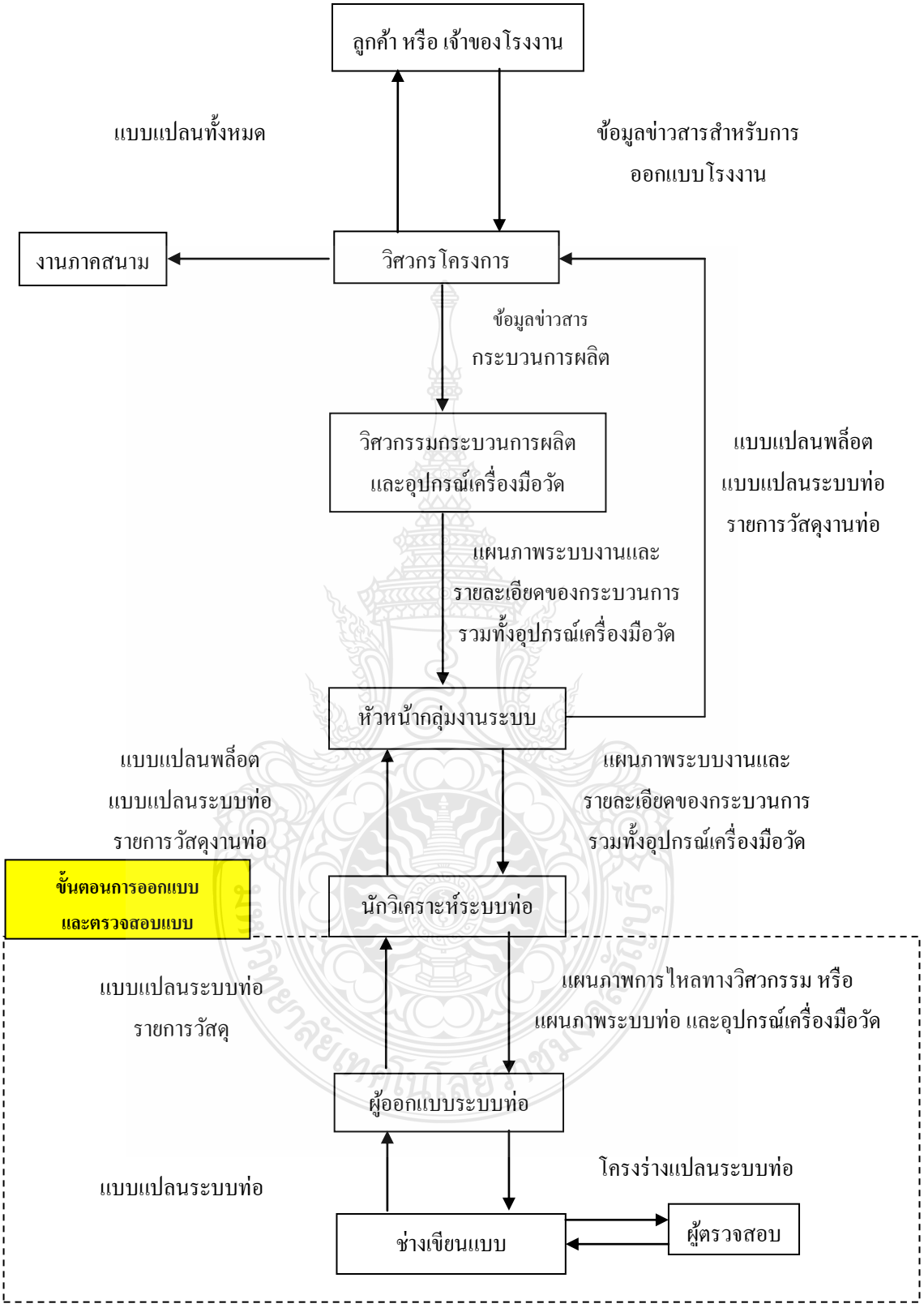


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 การศึกษากระบวนการออกแบบและเขียนแบบ

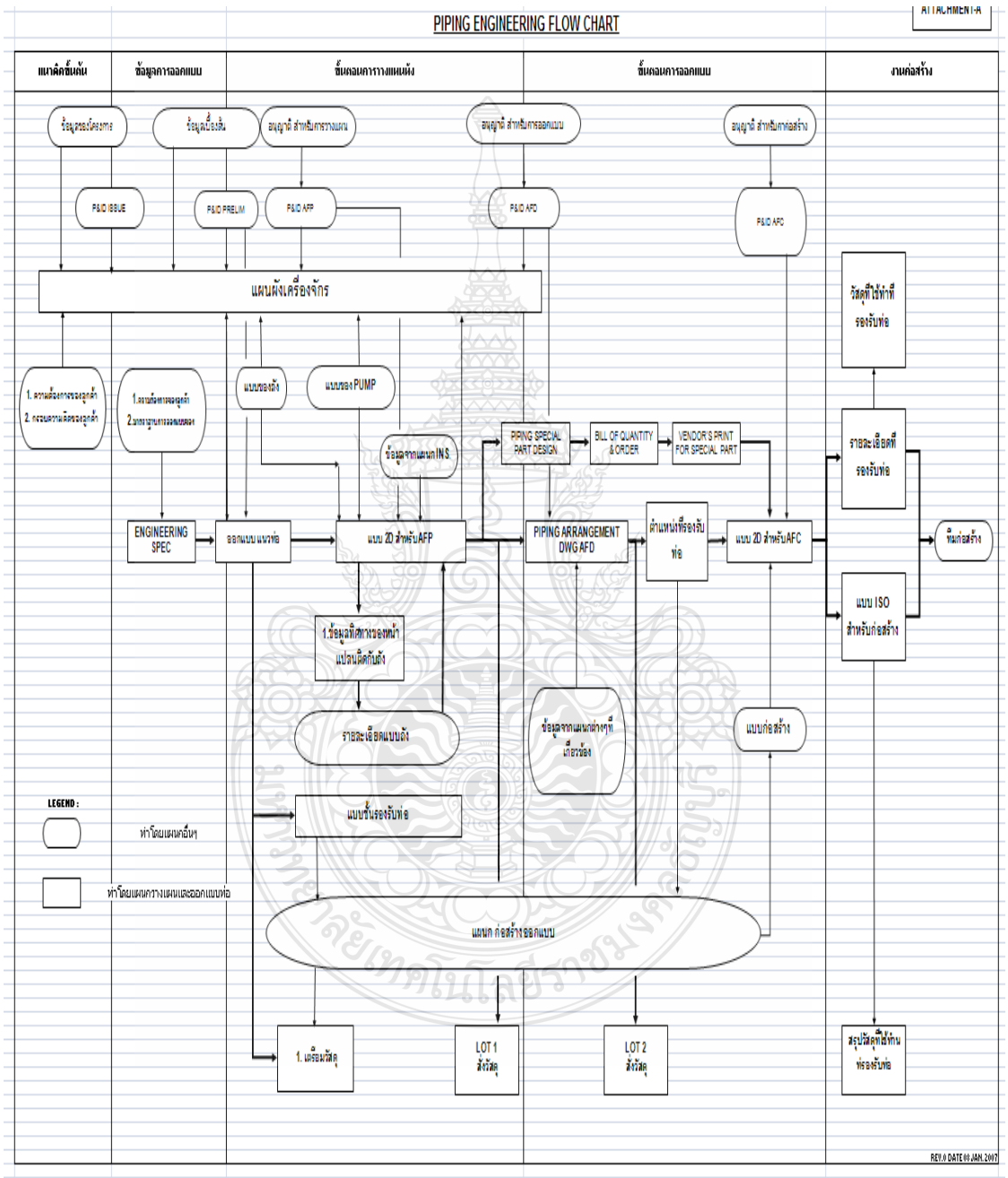
ดำเนินการศึกษาถึงกระบวนการออกแบบและเขียนแบบที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ลักษณะของโครงการและการใช้งานกระบวนการดำเนินงานการออกแบบและเขียนแบบในปัจจุบัน และศึกษาลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้นโดยมุ่งเน้นที่กระบวนการออกแบบและเขียนแบบ เพื่อเป็นความรู้พื้นฐานของทีมงานให้มีความเข้าใจก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ โดยรวบรวมข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้องซึ่งข้อมูลที่ได้รวบรวมจะใช้ตารางและกราฟในการแสดงข้อมูลขั้นตอนต่างๆจะใช้แผนภูมิการไหลในการแสดงขั้นตอนการดำเนินการเพราะสามารถทำให้ทีมงานสามารถทำความเข้าใจได้โดยง่ายยิ่งขึ้น

งานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นในส่วนของการออกแบบและเขียนแบบซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มงานระบบท่อ โดยในหัวข้อนี้ผู้วิจัยจะเริ่มจากการอธิบายลำดับขั้นตอน และรายละเอียดของกลุ่มงานระบบท่อทั้งหมด เพื่อให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจกระบวนการได้เข้าใจมากยิ่งขึ้น ขั้นตอนการทำงานสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.2



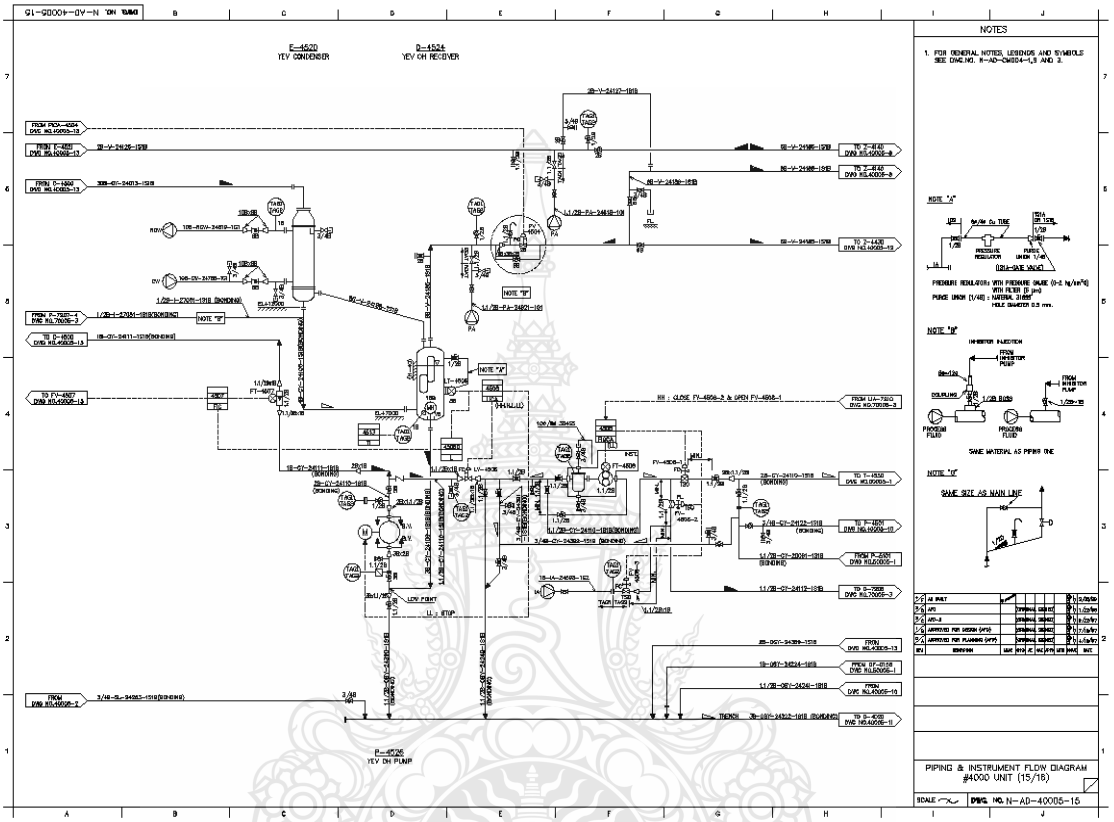
รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการออกแบบ และตรวจสอบแบบ

จากรูปที่ 3.2 แสดงให้เห็นขั้นตอนการทำงานของกลุ่มงานระบบท่อทั้งหมด โดยเริ่มจากๆ ลูกค้าหรือเจ้าของจะเป็นผู้ให้ความประสงค์ว่าต้องการโครงการในรูปแบบใด จากนั้นวิศวกรโครงการจะนำความต้องการของลูกค้ามากำหนดเป็นข้อมูลภาพรวมของกระบวนการออกแบบ



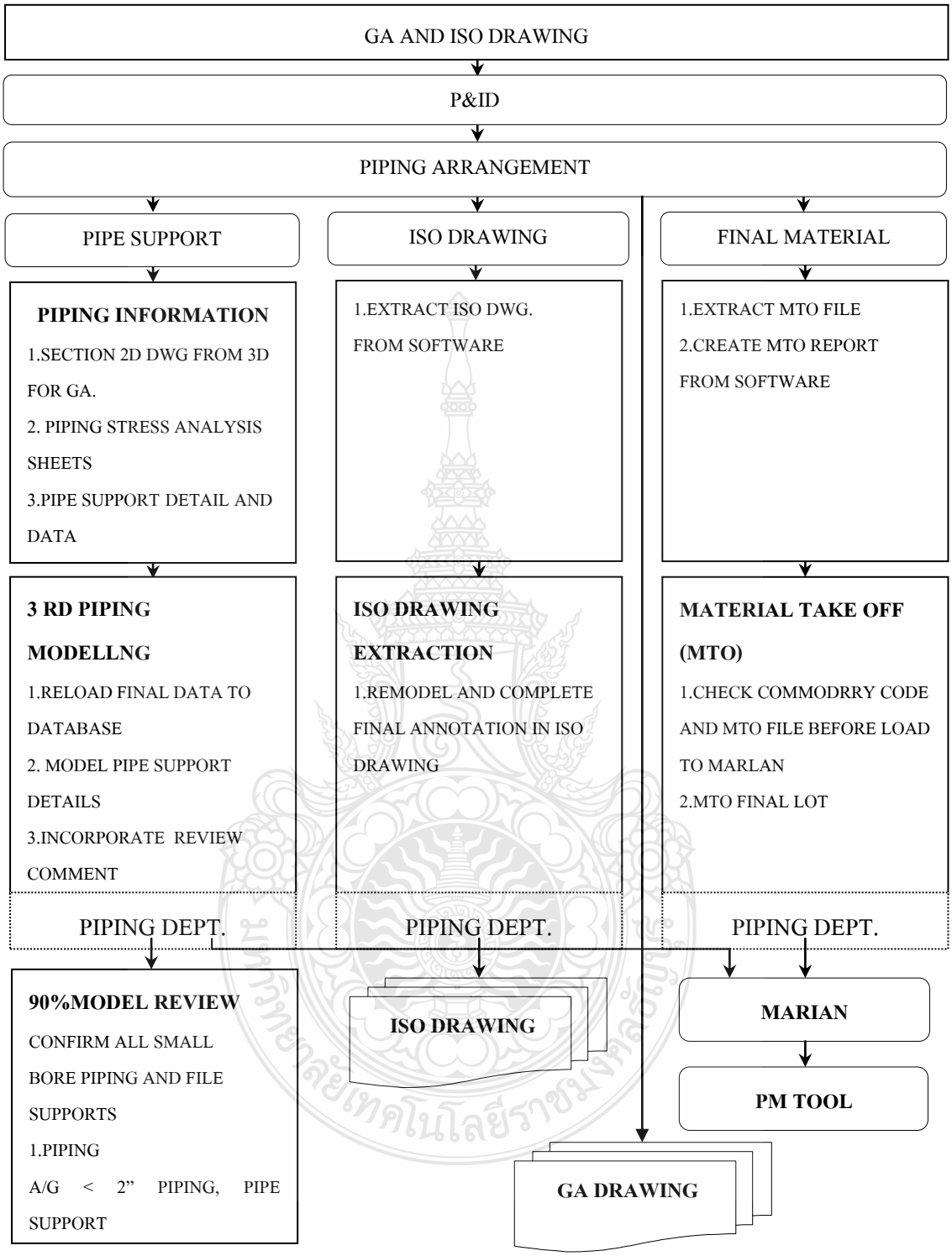
รูปที่ 3.3 ข้อมูลภาพรวมของกระบวนการออกแบบ

จากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนการของการกำหนดอุปกรณ์เครื่องมือวัด ทั้งในส่วนของขนาด ยี่ห้อ คุณสมบัติทางเทคนิคต่างๆ รวมทั้งแผนผังการติดตั้ง เพื่อให้สามารถเข้ากันได้กับการเดินท่อในโครงการ ตัวอย่างการออกแบบกำหนดอุปกรณ์เครื่องมือวัดแสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แผนผังการกำหนดอุปกรณ์เครื่องมือวัด

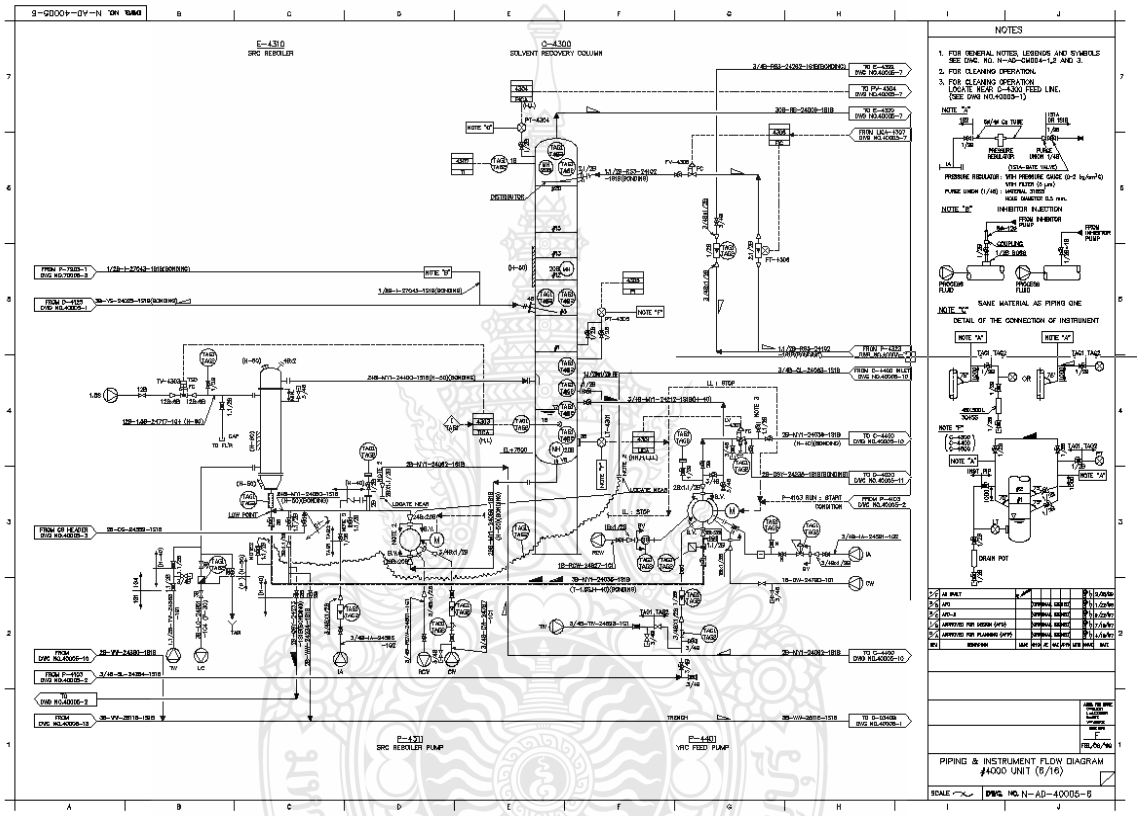
เมื่อข้อมูลการกำหนดเครื่องมือวัดเสร็จสิ้น ข้อมูลทั้งหมดจะเข้าสู่ขั้นตอนการออกแบบท่อที่ทางผู้วิจัยจะทำการมุ่งเน้นศึกษาหาปัจจัยความเสี่ยงที่เกิดจากขั้นตอนการออกแบบ และทำการแก้ไขป้องกัน โดยเริ่มจากหัวหน้ากลุ่มงานระบบท่อจะรับแผนภาพระบบงานจากขั้นตอนก่อนหน้ามาทำการทบทวน และแจกแจง อธิบายขั้นตอนการทำงานให้ผู้รับผิดชอบแต่ละส่วน นำไปออกแบบ และเขียนแบบ โดยขั้นตอนการออกแบบเพื่อให้ได้แบบงาน (Drawing) สามารถสรุปได้ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการเขียนแบบ และออกแบบงานท่อของแผนกวางแผนและออกแบบท่อ

1) Piping & Instrumention Diagram (P&ID)

P&ID ก็คือแผนภาพที่แสดงอุปกรณ์ต่างๆในกระบวนการออกแบบ อาทิเช่น ขนาดของท่อ, ขนาดของวาวล์, ชนิดของวาวล์, คุณสมบัติเฉพาะทางเทคนิค เป็นต้น โดยผู้ออกแบบกลุ่มงานท่อจะนำข้อมูลนี้มาเป็นแม่แบบ (Master) เพื่อทำการออกแบบการเดินท่อให้เกิดประสิทธิภาพการใช้งานที่สมบูรณ์ และตรงความต้องการของลูกค้าให้ได้มากที่สุด



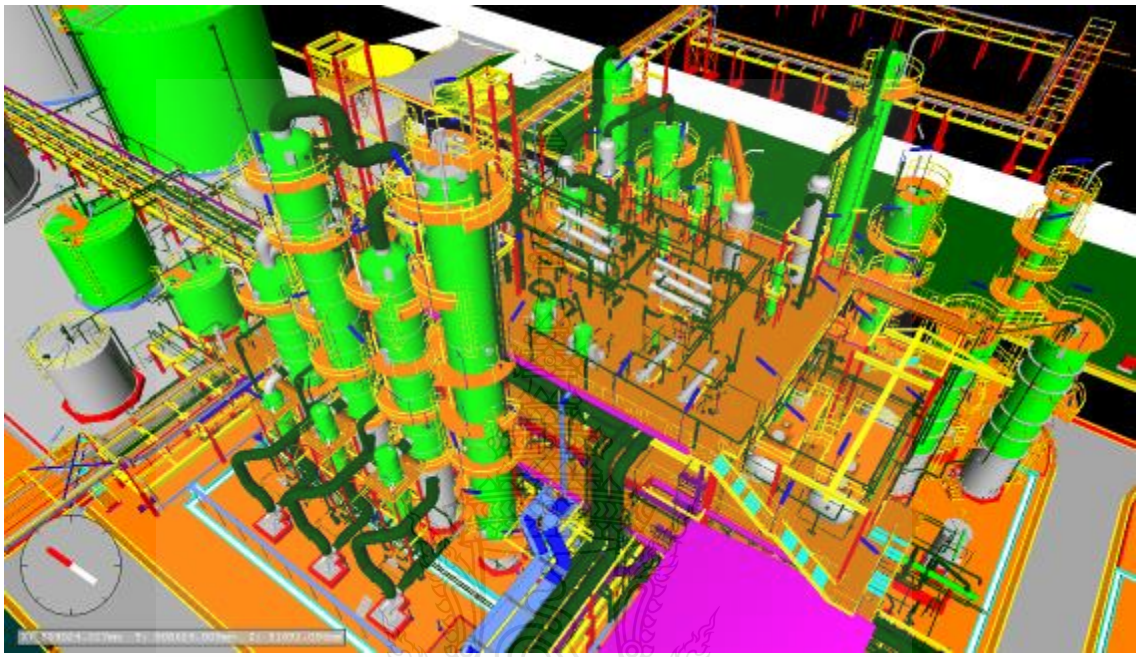
รูปที่ 3.6 แผนภาพระบบท่อและอุปกรณ์เครื่องมือวัด (P&ID)

2) Piping Arrangement

- **การออกแบบการเดินท่อ (Pipe Line Design)**

ในขั้นตอนนี้คือการจัดวางระบบท่อเพื่อให้สอดรับกับหน้างาน (On-Site) มากที่สุด โดยผู้ออกแบบจะเริ่มจากการออกแบบการเดินท่อ (Pipe Line Design) ตามข้อมูลการออกแบบจาก P&ID แต่ผู้ออกแบบจะมีการออกแบบโดยคำนึงถึงการประกอบเข้ากันได้จริง อุณหภูมิของเหลว ณ การใช้

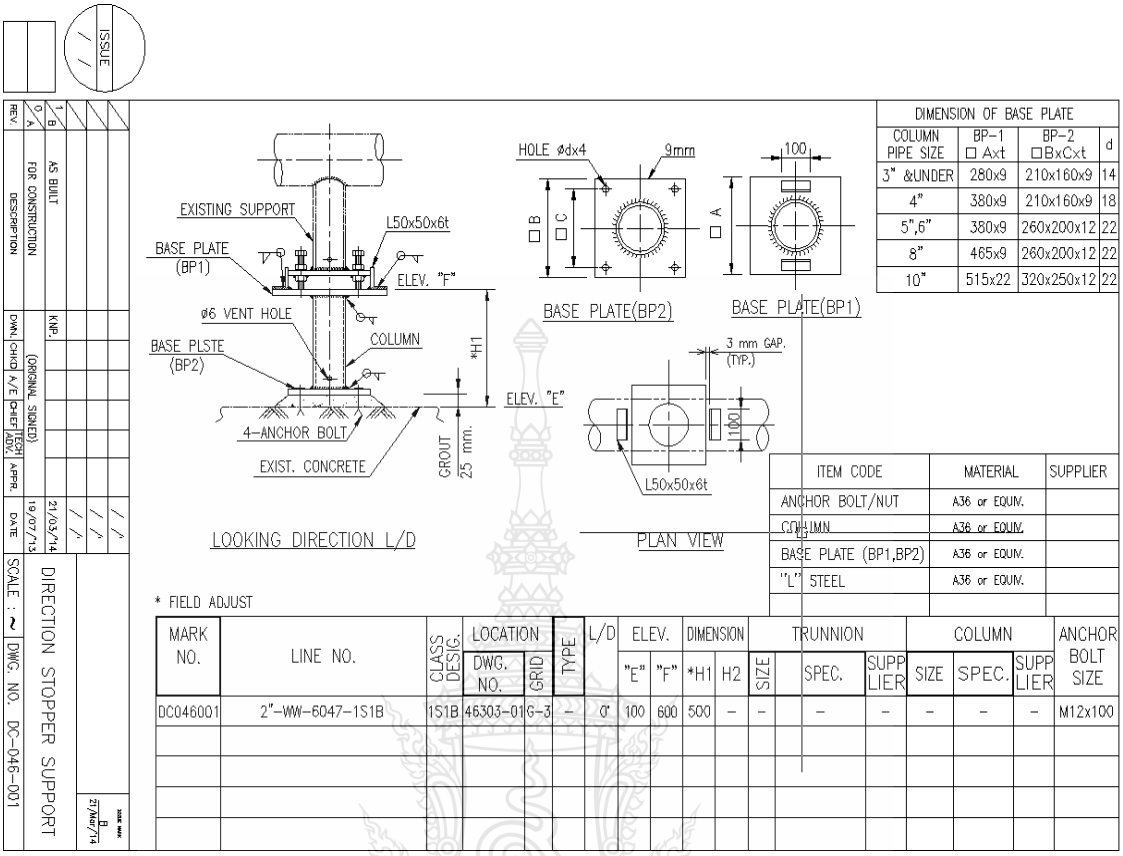
งานจริง รวมถึงกำหนดวัสดุท่อให้ตรงกับแผนภาพ P&ID โดยการออกแบบการเดินท่อจะใช้โปรแกรม PDS 3D เพื่อช่วยในการคำนวณออกแบบให้เกิดความแม่นยำสูงสุด



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการออกแบบการเดินท่อโดยใช้โปรแกรม PDS 3D

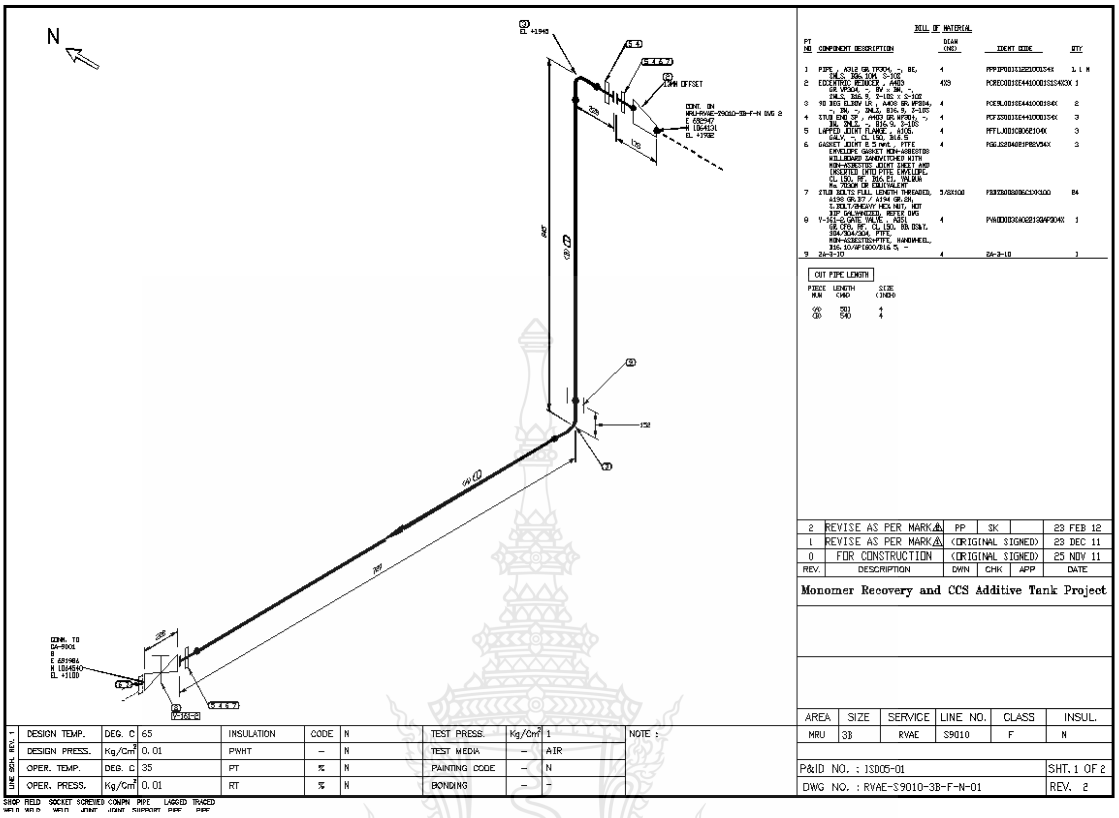
- **การออกแบบอุปกรณ์รองรับ (Pipe Support Design)**

นอกเหนือจากการออกแบบการเดินท่อแล้ว จะต้องมีการคำนึงอุปกรณ์ที่นำมาใช้รองรับท่อ หรือที่เรียกว่า “Support” โดยในการออกแบบจะมีการคำนวณถึงการรับแรงของท่อในแต่ละจุด ระยะห่างในการติดตั้ง เพื่อให้ท่อไม่เกิดความเสียหายในระหว่างการปฏิบัติงาน (Operation) วิธีการคำนวณจะแบ่งเป็น 2 ส่วน กรณีที่น้ำหนัก (Load) ไม่เกิน 1,000 กิโลกรัมผู้ออกแบบงานท่อสามารถกำหนดอุปกรณ์รองรับได้ตามมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ แต่ถ้าหากเกินจากนี้จะต้องมีการถ่ายงานให้กับแผนกวิศวกรรมโยธา (Civil Engineering) เพื่อให้คำนวณอุปกรณ์รองรับที่เหมาะสมที่สุด ตัวอย่างการคำนวณอุปกรณ์รองรับสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 รูปแบบการคำนวณอุปกรณ์รองรับ

เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการออกแบบการเดินท่อตามขั้นตอนข้างต้น ทางผู้ออกแบบจะทำการโหลดข้อมูล (Extract) เป็นแบบแปลนไอโซเมตริก (ISO Drawing) โดยแยกแบบออกเป็นไลน์การปฏิบัติงาน เพื่อให้ผู้ประกอบ (Shop Fabricator) สะดวกต่อการนำไปติดตั้งหน้างานจริง ซึ่งในแบบแปลนไอโซเมตริกจะมีการระบุถึงภาพรวมของวัสดุที่ใช้ (Final Material) เพื่อนำไปใช้ในการสั่งซื้อเพื่อประกอบจริงต่อไป ตัวอย่างแบบแปลนไอโซเมตริก (ISO Drawing) แสดงได้ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แบบแปลนไอโซเมตริก (ISO Drawing)

3.2 การจัดตั้งคณะทำงานของ FMEA

ในการดำเนินการวิเคราะห์ข้อบกพร่องของการออกแบบและเขียนแบบ ต้องถูกดำเนินการโดยทีมงานที่เรียกว่า การดำเนินงานโดยหลายหน้าที่ ซึ่งจะเป็นทีมงานที่มีตัวแทนมาจากหลายส่วนที่เข้ามาร่วมกันเพื่อดำเนินการตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ คณะทำงานที่จัดตั้งขึ้นเพื่อจัดทำเอกสารการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบการออกแบบและเขียนแบบนี้จะกำหนดคุณสมบัติไว้ว่าต้องเป็นผู้ที่มีความรู้และประสบการณ์เป็นอย่างดีในด้านการออกแบบและเขียนแบบ ดังนั้นคณะทำงานดังกล่าวจึงต้องเป็นบุคคลที่มาจากหน่วยงานต่างๆ ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการออกแบบและเขียนแบบและหน่วยงานที่ทำหน้าที่ตรวจสอบแบบ โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทำเอกสารเสนอขอตัวแทนจากส่วนต่างๆที่เกี่ยวข้องที่กล่าวมาข้างต้นจำนวนแต่ละโครงการโดยกำหนดรายละเอียดคุณสมบัติที่ต้องการของตัวแทนที่จะส่งเข้ามาด้วย เมื่อได้ตัวแทนครบแล้วจึงจัดแผนผังโครงสร้างของทีมงานเพื่อให้การกำหนดหน้าที่เป็นไปอย่างชัดเจน

3.3 การอบรมเทคนิค FMEA ให้กับคณะทำงาน

การจัดฝึกอบรมหลักสูตรเรื่องการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบให้กับทีมงานเพื่อต้องการให้ทีมงานใช้เทคนิค FMEA ได้อย่างถูกต้องและบรรลุวัตถุประสงค์ ก่อนที่จะมาร่วมกันวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของการออกแบบและเขียนแบบ โดยผู้วิจัยได้นำเสนอหลักสูตรไปยังแผนกทรัพยากรบุคคลให้ติดต่อวิทยากรภายนอกเข้ามาให้ความรู้ตามงบประมาณของหน่วยงานที่ได้จัดเตรียมไว้ วิธีการฝึกอบรมได้หารือกับวิทยากรก่อนถึงแนวทางที่จะทำให้ผู้เข้ารับการอบรมได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำงานได้ทันทีโดยการกำหนดให้มีการทำกิจกรรมกลุ่มเพิ่มเติมนอกเหนือจากการฟังบรรยายเพียงอย่างเดียว

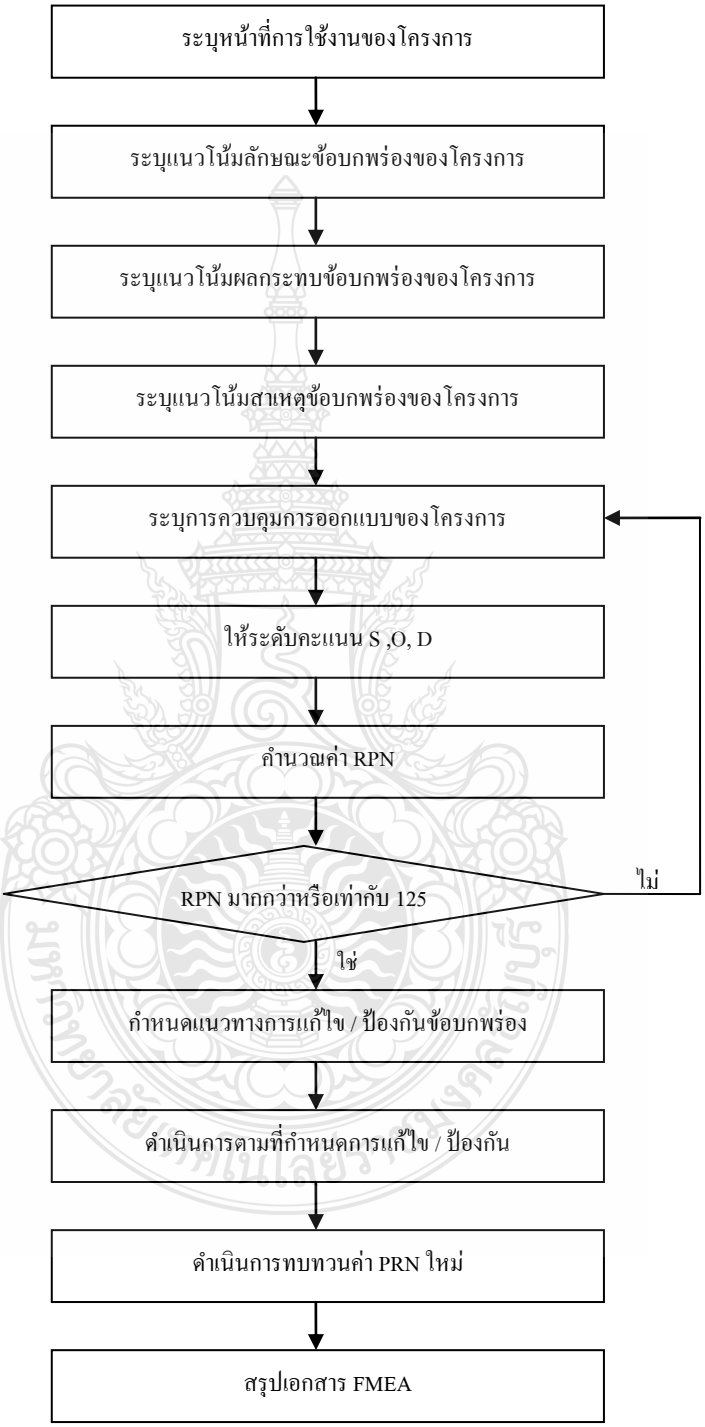
3.4 การออกแบบโครงการฉบับร่าง

ดำเนินการออกแบบและเขียนแบบโครงการฉบับร่างของโครงการที่นำมาดำเนินการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ โดยก่อนดำเนินการจัดทำโครงการฉบับร่างทางผู้วิจัยได้หารือกับหัวหน้าหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อขอข้อมูลที่นำมาทำการวิเคราะห์เพื่อที่และใช้เป็นกรณีศึกษาให้สอดคล้องกับปัญหาที่เกิดขึ้นด้วย เมื่อทราบข้อมูลที่จะทำการวิเคราะห์ได้แล้วเพื่อความมั่นใจว่าโครงการใหม่ดังกล่าวสามารถออกแบบได้จริงจึงนำแบบของโครงการไปเข้ากระบวนการทบทวนร่วมกับผู้ที่ทำการวิเคราะห์ก่อน เมื่อแบบโครงการใหม่ที่ผ่านการทบทวนจากผู้ทำการวิเคราะห์แล้วว่าสามารถทำการออกแบบได้บริษัท วิศวกรผู้ออกแบบและเขียนแบบจะนำแบบโครงการดังกล่าวมาออกแบบ และแบบของโครงการนี้ประกอบด้วย (1) P&ID (2) Plot Plan (3) Data Sheet (4) Specification Material (5) Specification support เพราะข้อมูลหลักที่ใช้ในการออกแบบและเขียนแบบ อีกทั้งเป็นแม่พิมพ์ที่ส่งผลต่อขนาดมิติ (Dimension) หรือข้อกำหนดเฉพาะ (Specification) ของแบบรวมทั้งเป็นที่ส่งผลทำให้การเกิดความผิดพลาดในการออกแบบที่เลือกใช้เป็นส่วนประกอบจะไม่ได้นำมาออกแบบใหม่เพราะเป็นแบบมาตรฐานที่เพียงแต่เลือกใช้เท่านั้น ในการออกแบบโครงการของวิศวกรจะออกแบบตามวิธีการปัจจุบันคือใช้การเปรียบเทียบโดยผู้ออกแบบจะหาแบบของโครงการเดิมที่ผ่านการออกแบบมาแล้วเทียบกับแบบของโครงการใหม่ที่กำลังออกแบบที่มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด จากนั้นจะอ้างอิงค่าต่างๆของการออกแบบโครงการเดิมนั้นในการเขียนแบบของโครงการใหม่ แล้วจึงนำไปทบทวนแบบด้วยเทคนิค FMEA ต่อไป

3.5 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบและเขียนแบบ

ในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของการออกแบบและเขียนแบบทางทีมงานจะเริ่มดำเนินการจัดทำตามขั้นตอนต่างๆตามเอกสารแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของ

การออกแบบและเขียนแบบที่กำหนดไว้ โดยเริ่มจากคณะทำงานนำแบบโครงการฉบับร่างมาร่วมกันประชุมหารือตามลำดับขั้นตอนต่างๆ แสดงได้ดังรูปที่ 3.10 ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการจัดทำเอกสาร DFMEA

3.5.1 การวิเคราะห์หน้าที่ของโครงการ

ดำเนินการโดยกำหนดคำจำกัดความของหน้าที่การทำงานหรือประโยชน์การใช้งานที่ต้องการของโครงการแต่ละส่วนที่ได้ทำการออกแบบมา โดยทีมงานจะนำแบบที่ทำการออกแบบและเขียนแบบมาร่วมกันระดมสมองเพื่อกำหนดหน้าที่หรือประโยชน์การใช้งานที่ต้องการของโครงการส่วนนั้นๆ โดยการประยุกต์ใช้แนวคิดการวิเคราะห์หน้าที่แล้วรวบรวมลงในตารางข้อมูล เมื่อได้ข้อมูลผลการวิเคราะห์หน้าที่ของโครงการครบทุกส่วนแล้วจึงนำผลที่ได้ไปใส่ในตารางแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของโครงการ

3.5.2 การวิเคราะห์หาแนวโน้มลักษณะข้อบกพร่องของโครงการ

ในการวิเคราะห์หาแนวโน้มลักษณะข้อบกพร่องของชิ้นส่วนของโครงการนั้นจะเริ่มจากนำแบบแม่พิมพ์และหน้าที่การทำงานหรือประโยชน์การใช้งานของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ได้กำหนดเสร็จเรียบร้อยแล้วมาตั้งเป็นหัวข้อทีละหัวข้อ เพื่อหาลักษณะข้อบกพร่องหรือจุดอ่อนในแบบของแต่ละแบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ โดยใช้วิธีการระดมสมองของทีมงานผู้ที่มีประสบการณ์ เนื่องจากกรณีนี้เป็นการออกแบบแม่พิมพ์ผลิตภัณฑ์ใหม่ซึ่งอาจมีทั้งข้อบกพร่องที่ไม่เคยมีมาก่อนหรือข้อบกพร่องที่มีความคล้ายคลึงกับแบบของโครงการเดิมโดยทีมงานจะตั้งคำถามที่ว่ามีแบบของโครงการนั้นจะมีโอกาสไม่ตรงกับจุดประสงค์หรือไม่ตรงกับหน้าที่การทำงานที่ต้องการของแบบโครงการนั้นๆได้อย่างไรบ้าง ซึ่งสิ่งที่ไม่ตรงกับจุดประสงค์หรือหน้าที่ของแบบของโครงการนั้นก็คือแนวโน้มลักษณะข้อบกพร่องของแบบเมื่อได้ข้อมูลผลการวิเคราะห์แนวโน้มลักษณะข้อบกพร่องครบแบบของโครงการแล้วจึงนำผลที่ได้ไปใส่ในตารางแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบของโครงการ

3.5.3 การวิเคราะห์หาแนวโน้มผลกระทบของข้อบกพร่องของโครงการ

ในการวิเคราะห์แนวโน้มผลกระทบของข้อบกพร่อง จะเริ่มจากการนำลักษณะข้อบกพร่องของโครงการแต่ละข้อบกพร่องมาตั้งเป็นหัวข้อทีละข้อแล้วทำการระดมสมองเพื่อหาว่าข้อบกพร่องของหน้าที่นั้นๆส่งผลกระทบอย่างไรบ้างโดยใช้หลักการของ How-How Analysis เพราะเป็นเครื่องมือที่จะทำให้ทีมงานเสนอข้อคิดเห็นที่คาดว่าจะเกิดขึ้นต่อลูกค้าภายในและลูกค้าภายนอกได้อย่างเป็นอิสระ โดยตั้งคำถามที่ว่าข้อบกพร่องนั้นก่อให้เกิดอะไร (How) ในการพิจารณาแนวโน้มผลกระทบจากข้อบกพร่องของทีมงานจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ด้วยกันดังนี้ [3]

ผลกระทบที่จุดเกิดเหตุ หมายถึง ผลกระทบที่เกิดกับแบบของโครงการ เช่นท่อเกิดการรั่วไหลเมื่อทำการทดลองปฏิบัติจริง เป็นต้น

ผลกระทบที่กระบวนการถัดไป หมายถึง ผลกระทบที่มีต่อระดับถัดไป เช่นถูกปฏิเสธจากการประกันคุณภาพผลกระทบต่อผู้ใช้ หมายถึง ผลกระทบที่ผู้ใช้สามารถสังเกตได้ง่าย เช่น ประสิทธิภาพการไหลไม่ได้ตามที่เจ้าของโครงการได้คาดหวังไว้

เมื่อได้ผลข้อมูลการวิเคราะห์แนวโน้มผลกระทบของข้อบกพร่องครบทุกชิ้นของแบบแล้ว จึงนำผลที่ได้ไปใส่ในตารางแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบของโครงการ

3.5.4 การวิเคราะห์หาแนวโน้มสาเหตุของข้อบกพร่องของโครงการ

ในการวิเคราะห์หาแนวโน้มสาเหตุของข้อบกพร่องเริ่มจากการนำแบบของโครงการและลักษณะข้อบกพร่องของแบบโครงการแต่ละข้อบกพร่องมาตั้งเป็นหัวข้อปัญหาแล้วระดมสมองเพื่อหาว่าข้อบกพร่องนั้นๆมีสาเหตุมาจากอะไรบ้างหรือมีกลไกอะไรที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องนั้นบ้างโดยที่ผลการวิเคราะห์จะระบุถึงแนวโน้มของสาเหตุของข้อบกพร่องที่บ่งชี้ถึงจุดอ่อนของแบบที่ออกแบบไว้โดยใช้หลักของ Why-Why Analysis เพราะเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการมองปัญหาที่เกิดจากหลักเกณฑ์หรือทฤษฎีเพื่อต้องการป้องกันการเกิดขึ้นของปัญหา โดยเฉพาะการออกแบบและพัฒนาแบบของโครงการแต่ละโครงการที่มีการเปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆไม่มีข้อกำหนดเฉพาะที่ทำซ้ำเดิม ดังนั้นกรณีนี้จึงต้องคาดการณ์มองถึงแนวโน้มของสาเหตุที่เป็นไปได้ว่าอาจจะเกิดขึ้นเท่านั้น และเนื่องจากขั้นตอนนี้อยู่ในขั้นตอนการออกแบบทางทีมงานจะเน้นการวิเคราะห์เหตุที่มาจากการออกแบบเท่านั้นโดยไม่นำสาเหตุของการที่เกิดจากการปัญหาด้านอื่นๆที่บกพร่องมาวิเคราะห์ในที่นี้ เพราะจะยึดภายใต้สมมุติฐานที่ว่ากระบวนการออกแบบหรือการเขียนแบบทำได้ตรงตามมาตรฐานที่กำหนด เมื่อได้ข้อมูลผลการวิเคราะห์แนวโน้มสาเหตุของข้อบกพร่องครบทุกแบบของโครงการแล้ว จึงนำผลที่ได้ไปใส่ในตารางแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบโครงการ

3.5.5 การรวบรวมวิธีการควบคุมการออกแบบปัจจุบัน

ในการรวบรวมวิธีควบคุมการออกแบบปัจจุบันผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมโดยการสัมภาษณ์จากผู้ที่มีประสบกราณ์ในการออกแบบและรวบรวมจากเอกสารในระบบคุณภาพของแผนกโดยข้อมูลที่ได้จะจำแนกออกเป็น 2 ลักษณะว่าเป็นการป้องกันหรือเป็นการตรวจจับข้อบกพร่องของแบบของโครงการ โดยจะใช้ตารางในการรวบรวมเพราะตารางสามารถที่จะทำการออกแบบไว้ล่วงหน้าได้เพื่อที่จะทำให้สามารถเก็บข้อข้อมูลได้ครบถ้วนและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ง่าย เมื่อได้ข้อมูลผลการรวบรวมวิธีการควบคุมการออกแบบปัจจุบันแล้วจึงนำผลที่ได้ไปใส่ในตารางแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของการออกแบบของโครงการ

3.5.6 การประเมินคะแนนความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่องและคะแนนการตรวจจับ

การประเมินคะแนนทางทีมงานจะใช้ตารางที่ได้กำหนดเกณฑ์ขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับการประเมินแบบของบริษัท ดังแสดงในตาราง 2.2 เกณฑ์การให้คะแนนความรุนแรง ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การให้คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่อง และตารางที่ 2.4 เกณฑ์การให้คะแนนการตรวจจับ ในการประเมินให้ตัวเลขคะแนนของแต่ละคนในทีมงานจะให้คะแนนเป็นอิสระต่อกันเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ยังไม่เคยดำเนินการผลิตมาก่อน ทำให้ไม่มีการเก็บข้อมูลหรือมีตัวเลขที่ชัดเจน จึงเป็นเหตุผลสำคัญที่คณะทำงานต้องใช้วิธีการดังกล่าวในการประเมินค่าระดับคะแนน ซึ่งหลังจากทีมงานให้คะแนนครบแล้วจะนำคะแนนของแต่ละคนมาหาข้อสรุปโดยนำคะแนนของละคนมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อสรุปเป็นคะแนนที่จะใช้ในการคำนวณค่าความเสี่ยงชี้นำต่อไป เมื่อได้ข้อมูลผลการประเมินคะแนนครบแล้วจึงนำผลที่ได้ไปใส่ในตารางแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบของโครงการ

3.5.7 การคำนวณค่าความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number : RPN)

หลังจากได้คะแนนความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่องและคะแนนการตรวจจับครบแล้ว จึงทำการคำนวณค่า RPN ของแต่ละข้อบกพร่องซึ่งได้มาจากผลคูณของคะแนนความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่องและคะแนนการตรวจจับ ค่า RPN ที่คำนวณได้จะนำไปใส่ลงในตารางแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของแบบของโครงการ

3.5.8 การจัดลำดับความสำคัญของค่าความเสี่ยงชี้นำ

การจัดลำดับความสำคัญในการแก้ข้อบกพร่องจะดำเนินการโดยนำค่า RPN ที่คำนวนได้มาจัดเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยโดยใช้แผนภูมิกราฟแท่งเพราะกราฟแท่งจะทำให้สามารถเปรียบเทียบพื้นที่หรือความยาวของเส้นกราฟได้ง่าย จากนั้นดำเนินการตัดสินใจเลือกข้อบกพร่องที่ต้องการแก้ไข ในการวิจัยนี้ทางทีมงานจะเลือกข้อบกพร่องเฉพาะที่มีความสำคัญมาดำเนินการแก้ไขเท่านั้น โดยลำดับของการปฏิบัติการแก้ไข คือ พิจารณานำข้อบกพร่องที่มีค่า RPN มากกว่า 125 มาดำเนินการปฏิบัติการแก้ไข [10] ซึ่งเกณฑ์ในการเลือกข้อบกพร่องที่มีค่า RPN มากกว่า 125 มาปฏิบัติการแก้ไขนี้มีหลายงานวิจัยที่นำมาใช้ได้เป็นผลดี เช่น การวิเคราะห์และลดความผิดพลาดของเสียในกระบวนการออกแบบ [25] การวิเคราะห์และควบคุมปัจจัยที่มีผลกระทบทางคุณภาพสำหรับอุตสาหกรรมปริโตรเคมี [26] เป็นต้น

3.5.9 การเสนอแนะและการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องแบบของโครงการ

เมื่อพิจารณาค่า RPN และตัดสินใจเลือกข้อบกพร่องที่จะนำมาดำเนินการแก้ไขปรับปรุงได้แล้ว ทางทีมงานจะนำสาเหตุของข้อบกพร่องที่ทีมงานได้ร่วมกันระดมสมองด้วยเทคนิค Why-Why

Analysis ไว้แล้วในข้อที่ 3.5.4 มาร่วมกันกำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุงต่อไป สำหรับการกำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ จะใช้ประสบการณ์ของทีมงานหรืออ้างอิงข้อมูลการออกแบบของผลิตภัณฑ์เดิมที่มีความคล้ายคลึงกันมาเป็นเหตุผลสนับสนุนการกำหนดวิธีการแก้ไข โดยตั้งข้อสมมุติฐานที่ว่ากระบวนการผลิตจะดำเนินการผลิตได้ตามความต้องการของการออกแบบที่กำหนดไว้ ซึ่งในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องนี้ทางทีมงานจะใช้แนวทางการลดค่า RPN ดังนี้ [8]

แนวทางการลดความรุนแรงผลกระทบของข้อบกพร่อง จะดำเนินการเปลี่ยนแปลงแบบหรือการเปลี่ยนเงื่อนไขในการใช้งานอย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่างนี้

แนวทางการลดโอกาสการเกิดข้อบกพร่อง จะดำเนินการเปลี่ยนแปลงแบบหรือการเปลี่ยนแปลงกระบวนการออกแบบ(เช่น ใบตรวจสอบแบบ การทบทวนแบบ คำแนะนำในการออกแบบ เป็นต้น)

แนวทางการลดคะแนนการตรวจจับ จะดำเนินการโดยปรับปรุงการควบคุมการออกแบบที่ได้วางแผนไว้ เช่นการเพิ่มกิจกรรมการทวนสอบหรือกิจกรรมการตรวจสอบแบบ เป็นต้น

3.5.10 การทบทวนการประเมินคะแนนและคำนวณค่า RPN ใหม่

หลังจากได้กำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุง พร้อมทั้งดำเนินการปรับปรุงตามแนวทางที่เสนอแนะดังกล่าวเสร็จสิ้นแล้ว จากนั้นผู้ออกแบบจะดำเนินการแก้ไขแบบและเขียนแบบขึ้นมาใหม่ตามที่เสนอแนะไว้ เสร็จแล้วจะนำแบบดังกล่าวมาให้ทีมงานดำเนินการประเมินคะแนนความรุนแรง โอกาสการเกิดข้อบกพร่องและการควบคุมปัจจุบันใหม่และคำนวณค่า RPN ใหม่ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าข้อบกพร่องได้ลดลงตามที่ต้องการแล้วก่อนจะนำแบบที่แก้ไขใหม่นี้จะนำไปใช้ในการทำงานเพื่อยืนยันผลการแก้ไขปรับปรุงต่อไป

3.6 การประเมินผลและยืนยันผลการปรับปรุง

หลังจากที่ได้มีการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของแบบและทำการเขียนแบบโครงการใหม่แล้ว ผู้วิจัยต้องการที่จะประเมินผลความสำเร็จของการปรับปรุงการออกแบบของโครงการทั้งนี้เพื่อทำให้ทราบถึงแนวโน้มของประสิทธิภาพในการแก้ไขและปรับปรุง รวมถึงสมรรถนะของการดำเนินงาน ซึ่งจะนำไปเป็นข้อมูลในการสรุปผลการดำเนินงานวิจัยต่อไปโดยดำเนินการดังนี้

3.6.1 การทดสอบแบบของโครงการตัวอย่าง

ในการทดสอบแบบของโครงการจะเริ่มจากนำแบบของโครงการที่ได้รับการแก้ไขแบบแล้วจำนวนหนึ่งชุดเพื่อใช้สำหรับการตรวจสอบเพื่อยืนยันผลการแก้ไข สำหรับแบบของโครงการที่นำมาทดสอบจะประกอบด้วย Plot plan, Data Sheet, Isometric โดยแบบทั้งหมดนี้เมื่อจัดทำการออกแบบขึ้นและตรวจสอบขั้นสุดท้ายแล้วว่าตรงตามแบบที่ได้ออกแบบไว้จะถูกนำมาใช้ในการออกแบบกับ

โครงการตัวอย่างใหม่ในปี 2553 ที่มีมูลค่าโครงการประมาณ 580 ล้านบาท เพื่อประมวลผลว่ากระบวนการปรับปรุงมีประสิทธิภาพจริงหรือไม่

3.6.2 การเปรียบเทียบผลการดำเนินงานก่อนและหลังการปรับปรุง

การรวบรวมข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลการดำเนินงานจะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ตั้งไว้โดยจะใช้ตารางในการรวบรวมระยะเวลาที่ใช้ในการออกแบบและพัฒนาโครงการ จำนวนครั้งที่ใช้ในการตรวจสอบ และใช้ผังการไหลในการแสดงขั้นตอนการดำเนินการเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง จากข้อมูลที่ได้รวบรวมนี้จะนำไปสู่การสรุปผลการดำเนินงานวิจัยต่อไป

3.7 การสรุปผลการดำเนินงานวิจัย

การสรุปผลการวิจัยจากการนำข้อมูลที่รวบรวมจากการดำเนินการมาสรุปเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง โดยหัวข้อที่สรุปผลจะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่กำหนดไว้ อีกทั้งสรุปข้อเสนอแนะและปัญหาต่างๆ ที่พบในงานวิจัย เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาปรับปรุงต่อไป จากนั้นจะนำเสนอเพื่อให้บริษัทที่ใช้เป็นกรณีศึกษานำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบไปกำหนดเป็นมาตรฐานการทำงานเพื่อเป็นการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการออกแบบให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง

บทที่ 4
ผลการดำเนินการวิจัย

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงผลการดำเนินงานวิจัยในแต่ละขั้นตอน ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบและเขียนแบบเป็นสำคัญโดยการดำเนินงานวิจัยจะเริ่มจากการศึกษากระบวนการออกแบบและเขียนแบบ จากนั้นจึงจัดตั้งคณะทำงาน FMEA แล้วดำเนินการฝึกอบรมเรื่องการใช้เทคนิค FMEA แก่คณะทำงานให้มีความรู้และเข้าใจ ต่อมาจึงทำการออกแบบโครงการฉบับร่างขึ้นมาเพื่อให้ทีมงานได้ทำการทบทวนขั้นตอนการออกแบบและเขียนแบบ (Design Review) โดยการวิเคราะห์ข้อบกพร่องของแบบและการแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่อง เมื่อข้อบกพร่องได้รับการแก้ไขปรับปรุงแล้วจะประเมินผลโดยการออกแบบและเขียนแบบแล้วนำไปทำงานเพื่อสรุปผลจากการทดสอบการออกแบบและสรุปผลการดำเนินงานวิจัย

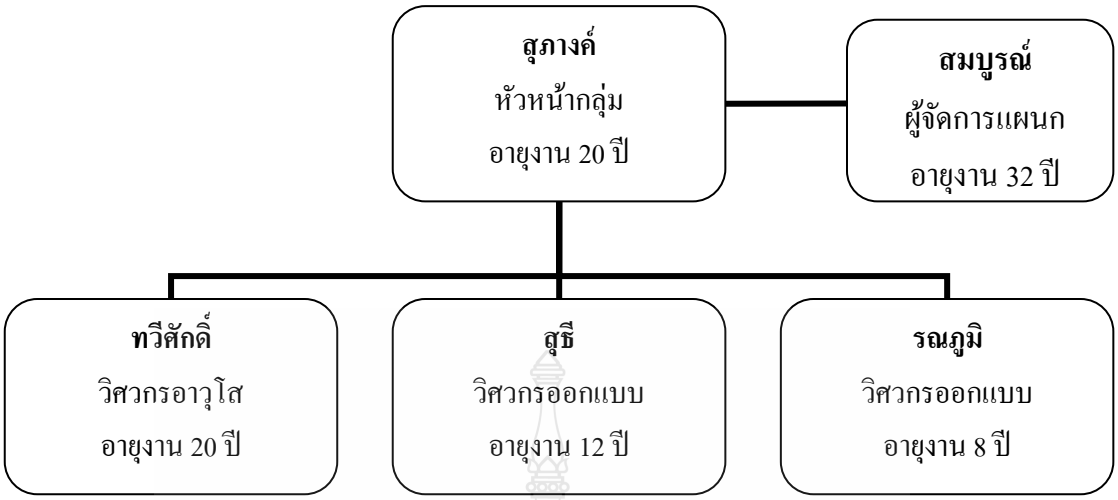
4.1 ผลการจัดตั้งคณะทำงานของ FMEA

เนื่องจากผู้วิจัยต้องการศึกษาเพียงขั้นตอนการออกแบบท่อ ดังนั้นทีมงาน FMEA จะประกอบไปด้วยคณะทำงาน และผู้เชี่ยวชาญจากทีมออกแบบท่อ คณะทำงานที่จัดตั้งขึ้นนี้เพื่อจัดทำเอกสารการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของการออกแบบและเขียนแบบ จะกำหนดคุณสมบัติไว้ว่าต้องเป็นผู้ที่มีความรู้และประสบการณ์เป็นอย่างดีในด้านการออกแบบและเขียนแบบ ดังนั้นจึงจัดแผนภูมิของคณะทำงานดังรูปที่ 4.1 และกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบดังนี้

หัวหน้ากลุ่มคือผู้วิจัยซึ่งมีตำแหน่งเป็นซุปเปอร์ไวเซอร์แผนกออกแบบท่อ มีหน้าที่ออกแบบท่อ กำหนดนัดหมายการประชุมและเป็นผู้นำการประชุมระดมสมองของทีมงานในการจัดทำเอกสารการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ

ที่ปรึกษาคือผู้จัดการแผนกออกแบบ มีหน้าที่ให้คำปรึกษาและเสนอแนะในที่ประชุม เช่น กรณีที่มีความคิดเห็นไม่ตรงกันและหาข้อสรุปในการประชุม

สมาชิกทีมคือวิศวกรออกแบบ มีหน้าที่ร่วมกันวิเคราะห์ข้อบกพร่องของแบบโครงการ



รูปที่ 4.1 โครงสร้างของทีมงานวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ

4.2 ผลการอบรมเทคนิค FMEA ให้กับคณะทำงาน

บริษัทได้จัดฝึกอบรมภายในหลักสูตรเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบเป็นระยะเวลา 1 วัน ให้กับทีมงานและวิศวกรของบริษัท รวมผู้เข้าอบรมทั้งหมด 225 คน โดยวิทยากรจากบริษัทจ้างรับอบรม ITDI และรายละเอียดการฝึกอบรมแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือฟังการบรรยายและการทำกิจกรรมกลุ่ม จากการฟังบรรยายและการนำเสนอผลงานหลังจากการทำกิจกรรมกลุ่มรวมทั้งข้อเสนอแนะของวิทยากรทำให้ผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้และความเข้าใจในการนำไปใช้ในการปฏิบัติได้

รูปที่ 4.2 การอบรมพนักงานโดยใช้หลักการ FMEA

4.3 ผลการออกแบบโครงการฉบับร่าง

เมื่อได้ทำการจัดตั้งทีมเสร็จสิ้นแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการประชุมเพื่อหารายการหน้าที่ของการออกแบบท่อ ซึ่งสามารถสรุปรายการหน้าที่ได้ทั้งหมด 4 หัวข้อดังนี้

1) การวางแผนผังท่อ (Pipe Layout Design)
2) การออกแบบชนิดของวัตถุดิบ (Pipe Material Design)
3) การออกแบบการรับแรงของท่อ (Stress Analysis)
4) การวิเคราะห์ความเสี่ยงในการใช้งาน (Risk Assessment Analysis)

โดยหัวข้อทั้ง 4 ข้างต้นเป็นคุณสมบัติหลักของการออกแบบ เพื่อให้ได้มาซึ่งการใช้งาน ความปลอดภัย และได้ตามมาตรฐานสากล ในการดำเนินการจัดทำเอกสารการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของการออกแบบท่อโดยทีมงานได้ผลการดำเนินงานของแต่ละขั้นตอนดังนี้

4.3.1. ผลการวิเคราะห์ข้อกำหนดของการออกแบบท่อ

ผลการนำคุณสมบัติหน้าที่ของการออกแบบท่อทั้ง 4 ชนิดประกอบด้วย การวางแผนผังท่อ การออกแบบชนิดของวัตถุดิบ การออกแบบการรับแรงของท่อ การวิเคราะห์ความเสี่ยงในการใช้งาน มาทำการระบุข้อกำหนดของการออกแบบที่ต้องการโดยใช้หลักการระดมสมองของทีมงานพบว่าข้อกำหนดที่ต้องการของการออกแบบท่อประกอบด้วย 3 กลุ่มด้วยกันคือ การออกแบบต้องทำให้การใช้งานเกิดประสิทธิภาพสูงสุด การออกแบบต้องอยู่ในพื้นที่ที่ลูกค้าได้กำหนดไว้ และการออกแบบต้องทำให้เกิดความปลอดภัยสูงสุด ดังที่ได้สรุปไว้ในตารางที่ 4.1

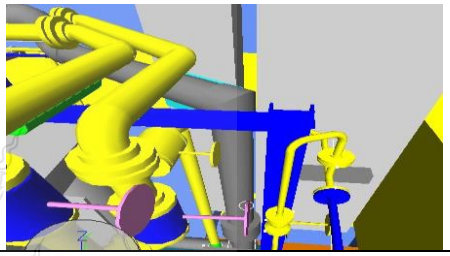
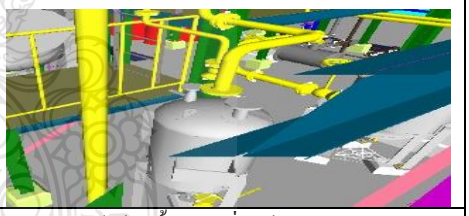
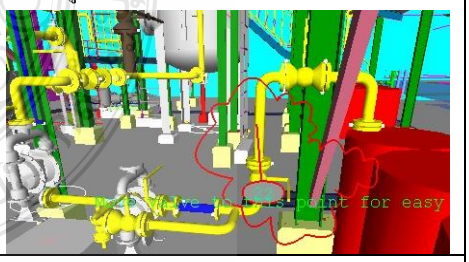
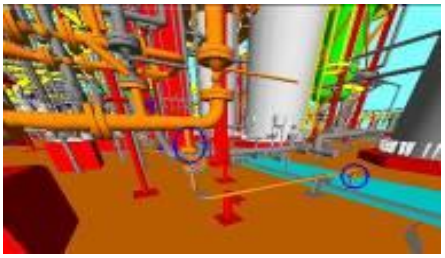
ตารางที่ 4.1 สรุปข้อกำหนดที่ต้องการของการออกแบบท่อ

คุณสมบัติของการออกแบบท่อ	ข้อกำหนดที่ต้องการ
1. การวางแผนผังท่อ	1A. วางแผนผังท่อได้ตามพื้นที่ที่กำหนดไว้
	1B. วางท่อเข้ากับอุปกรณ์ตามกระบวนการออกแบบ
	1C. วางท่อให้สามารถใช้งานได้สะดวก
	1D. ต้องมีประสิทธิภาพการไหล
2. การออกแบบชนิดของวัตถุดิบ	2A. สเปคของวัตถุดิบต้องตรงตามข้อกำหนด
3. การออกแบบการรับแรง	3A. Support ต้องสามารถรองรับน้ำหนักของท่อได้
4. การวิเคราะห์ความเสี่ยง	4A. Support ที่ใช้ยึดท่อต้องมีขนาดที่เหมาะสม
	4B. สภาพท่อต้องไม่มีการแตกร้าว บิดงอ เมื่อใช้งาน
	4C. บริเวณข้อต่อท่อ (Nozzle) ต้องไม่เกิดความเสียหาย

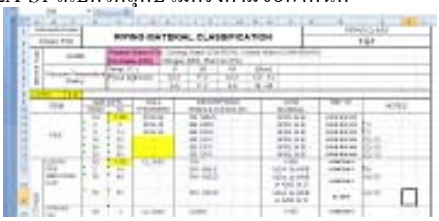
4.3.2 ผลการวิเคราะห์หาแนวโน้มลักษณะข้อบกพร่องของการออกแบบท่อ

ผลการวิเคราะห์หาแนวโน้มลักษณะข้อบกพร่องโดยใช้วิธีการระดมสมองของทีมงานพบว่าการออกแบบท่อมีแนวโน้มลักษณะข้อบกพร่องทั้งสิ้น 9 ข้อบกพร่อง ซึ่งลักษณะข้อบกพร่องที่วิเคราะห์ได้จะเป็นลักษณะข้อบกพร่องของการออกแบบที่ไม่ตรงตามพื้นที่ที่ลูกค้ากำหนด การออกแบบที่ทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานลดลง การออกแบบวัตถุดิบไม่ตรงตามสเปค การออกแบบที่ทำให้เกิดความเสียหายของชิ้นส่วนเมื่อมีการใช้งาน โดยสามารถสรุปแนวโน้มลักษณะข้อบกพร่องได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สรุปแนวโน้มลักษณะข้อบกพร่องของการออกแบบท่อ

คุณสมบัติของการออกแบบท่อ	ข้อกำหนดที่ต้องการ	แนวโน้มข้อบกพร่อง
1. การวางแผนผังท่อ	1A. วางแผนผังท่อได้ตามพื้นที่ที่กำหนดไว้	1A-S1 วางท่อไม่ตรงตามแบบ ชิดกันเกินไป 
	1B. วางท่อเข้ากับอุปกรณ์ตามกระบวนการออกแบบ	1B-S1 ต่อท่อเข้ากับ nozzle ผิดจาก P&ID 
	1C. วางท่อให้สามารถใช้งานได้สะดวก	1C-S1 ลูกค้าต้องเอื้อมมือเพื่อใช้งาน 
	1D. ต้องมีประสิทธิภาพการไหล	1D-S1 ของเหลวไหลได้ไม่สะดวก 

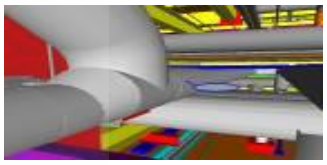
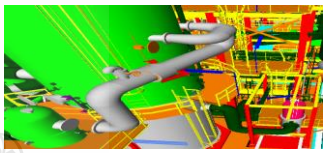
ตารางที่ 4.2 สรุปแนวโน้มลักษณะข้อบกพร่องของการออกแบบท่อ (ต่อ)

คุณสมบัติของการออกแบบท่อ	ข้อกำหนดที่ต้องการ	แนวโน้มข้อบกพร่อง
2. การออกแบบชนิดของวัตถุดิบ	2A. สเปคของวัตถุดิบต้องตรงตามข้อกำหนด	2A-S1 สเปควัตถุดิบไม่ตรงตามข้อกำหนด 
3. การออกแบบการรับแรง (Load)	3A. Support ต้องสามารถรองรับน้ำหนักของท่อได้	3A-S1 Support บิดงอ
4. การวิเคราะห์ความเสี่ยง	4A. Support ที่ใช้ยึดท่อต้องมีขนาดที่เหมาะสม	4A-S1 Support มีขนาดไม่เหมาะสมเล็กเกินไป
	4B. สภาพท่อต้องไม่มีการแตกร้าว บิดงอ เมื่อใช้งาน	4B-S1 สภาพท่อเกิดการแตกร้าว
	4C. บริเวณข้อต่อท่อ (Nozzle) ต้องไม่เกิดความเสียหาย	4C-S1 Nozzle พัง

4.3.3. ผลการวิเคราะห์หาแนวโน้มผลกระทบข้อบกพร่องของการออกแบบและเขียนแบบ

ผลการวิเคราะห์หาแนวโน้มผลกระทบของข้อบกพร่องโดยใช้ How-How Analysis พบว่ามีผลกระทบจำนวน 9 ข้อ ซึ่งผลกระทบส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นส่งผลต่อฟังก์ชั่นการใช้งาน ความเสียหายของท่อ และการทำงานของท่อที่ไม่เต็มประสิทธิภาพ ดังที่ได้สรุปไว้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สรุปผลกระทบข้อบกพร่องของการออกแบบท่อ

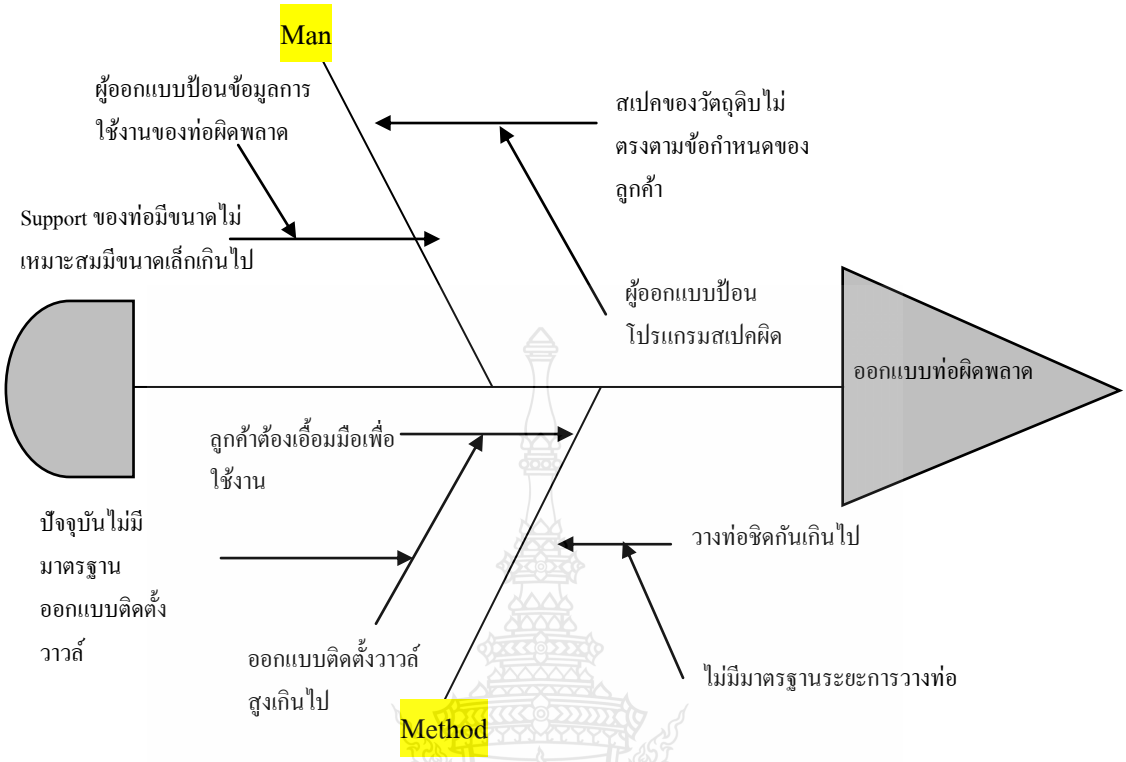
คุณสมบัติของการออกแบบท่อ	แนวโน้มข้อบกพร่อง	แนวโน้มผลกระทบของข้อบกพร่อง
1. การวางแผนผังท่อ	1A-S1 วางท่อไม่ตรงตามแบบ ชิดกันเกินไป	1A-S1-E1 ทำให้ท่อชนกันเกิดความเสียหายได้ 
	1B-S1 ต่อท่อเข้ากับ nozzle ผิดจาก P&ID	1B-S1-E1 Equipment เกิดความเสียหาย
	1C-S1 ลูกค้าต้องเอื้อมมือเพื่อใช้งาน	1C-S1-E1 ทำให้ลูกค้าใช้งานได้ไม่สะดวก 
	1D-S1 ของเหลวไหลได้ไม่สะดวก	1D-S1-E1 เครื่องจักรทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ
2. การออกแบบชนิดของวัตถุดิบ	2A-S1 สเปควัตถุดิบไม่ตรงตามข้อกำหนด	2A-S1-E1 ท่อเกิดการกัดกร่อน เมื่อผ่านการใช้งาน
3. การออกแบบการรับแรง (Load)	3A-S1 Support บิดงอ	3A-S1-E1 ท่อร่วงพังเสียหาย

ตารางที่ 4.3 สรุปผลกระทบข้อบกพร่องของการออกแบบท่อ (ต่อ)

คุณสมบัติของการออกแบบท่อ	แนวโน้มข้อบกพร่อง	แนวโน้มผลกระทบของข้อบกพร่อง
4. การวิเคราะห์ความเสี่ยง	4A-S1 Support มีขนาดไม่เหมาะสม เล็กเกินไป	4A-S1-E1 Support บิดงอ ท่อพัง
	4B-S1 สภาพท่อเกิดการแตกร้าว	4B-S1-E1 โรงงานเกิดความเสียหาย
	4C-S1 Nozzle พัง	4C-S1-E1 เกิดการรั่วของสารที่อยู่ภายใน

4.3.4. ผลการวิเคราะห์หาแนวโน้มสาเหตุข้อบกพร่องของการออกแบบท่อ

ในหัวข้อนี้ได้ทำการใช้แผนผังก้างปลา (Fishbone diagram) ควบคู่กับหลักการวิเคราะห์แบบทำไม-ทำไมเพื่อให้สามารถหาสาเหตุรากเหง้าได้ จากผลการวิเคราะห์ด้วยแผนผังก้างปลาดังรูปที่ 4.3 สามารถสรุปหาสาเหตุของข้อบกพร่องได้โดยพบว่าการออกแบบท่อมีแนวโน้มสาเหตุของข้อบกพร่องจำนวน 9 สาเหตุ ซึ่งสาเหตุของข้อบกพร่องส่วนใหญ่ที่วิเคราะห์มาได้นั้นเป็นสาเหตุของข้อบกพร่องที่มาจากการออกแบบผิดพลาด ป้อนข้อมูลผิดพลาด อันเกิดมาจากตัวผู้ออกแบบไม่ว่าจะเป็นทักษะประสบการณ์น้อยเกินไป หรือความไม่พร้อมในการทำงาน โดยสามารถสรุปสาเหตุข้อบกพร่องได้ดังตารางที่ 4.4



รูปที่ 4.3 แผนผังก้างปลาแสดงผลการวิเคราะห์ปัญหาข้อบกพร่องจากการออกแบบท่อ

ตารางที่ 4.4 สรุปสาเหตุข้อบกพร่องของการออกแบบท่อ

คุณสมบัติของการออกแบบท่อ	แนวโน้มข้อบกพร่อง	แนวโน้มของสาเหตุ
1. การวางแผนผังท่อ	1A-S1 วางท่อไม่ตรงตามแบบ ชิดกันเกินไป	1A-S1-C1 ไม่มีมาตรฐานระยะการวางท่อ
	1B-S1 ต่อท่อเข้ากับ nozzle ผิดจาก P&ID	1B-S1-C1 ความผิดพลาดของผู้ออกแบบ
	1C-S1 ลูกค้าต้องเอื้อมมือเพื่อใช้งาน	1C-S1-C1 ออกแบบติดตั้งวาวล์สูงเกินไป
	1D-S1 ของเหลวไหลได้ไม่สะดวก	1D-S1-C1 ออกแบบ โดยใช้ Pocket ทำให้เกิดตะกรัน

ตารางที่ 4.4 สรุปสาเหตุข้อบกพร่องของการออกแบบท่อ (ต่อ)

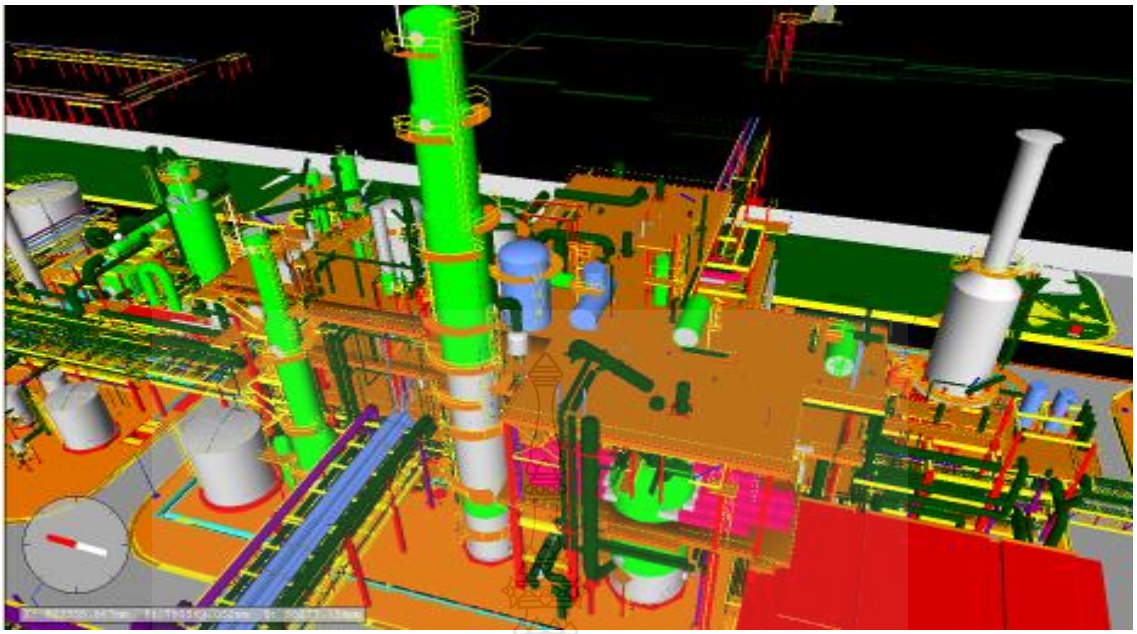
คุณสมบัติของการออกแบบท่อ	แนวโน้มข้อบกพร่อง	แนวโน้มของสาเหตุ
2. การออกแบบชนิดของวัตถุดิบ	2A-S1 สเปควัตถุดิบไม่ตรงตามข้อกำหนด	2A-S1-C1 ป้อนโปรแกรมสเปคผิด
3. การออกแบบการรับแรง (Load)	3A-S1 Support บิดงอ	3A-S1-C1 คำนวณ Load ต่อจุดน้อยเกินไป
4. การวิเคราะห์ความเสี่ยง	4A-S1 Support มีขนาดไม่เหมาะสมเล็กเกินไป	4A-S1-C1 ป้อนข้อมูลการใช้งานของท่อผิดพลาด
	4B-S1 สภาพท่อเกิดการแตกร้าว	4B-S1-C1 วัตถุดิบของท่อไม่สามารถรองรับการใช้งาน
	4C-S1 Nozzle พัง	4C-S1-C1 Support ไม่สามารถยึดท่อได้

4.3.5. ผลการรวบรวมข้อมูลการควบคุมการออกแบบปัจจุบัน

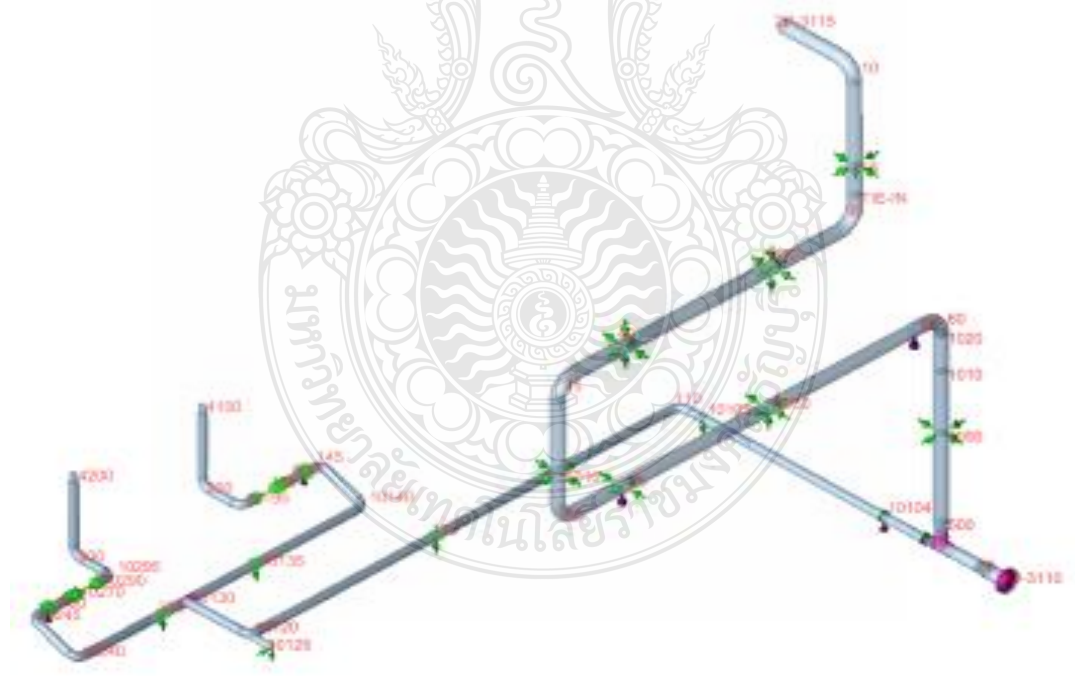
ผลการรวบรวมข้อมูลจากทีมงาน พบว่าในการทำงานปัจจุบันของขั้นตอนการออกแบบจะมีทั้งกิจกรรมการตรวจจับสาเหตุของข้อบกพร่องและการป้องกันสาเหตุของข้อบกพร่องไว้ดังนี้ คือ

1) การป้องกันสาเหตุข้อบกพร่องวิธีการดำเนินการปัจจุบันคือ หลังจากที่ออกแบบท่อเสร็จแล้วจะส่งแบบให้วิศวกรที่อยู่ในทีมออกแบบเดียวกันตรวจสอบแบบท่อกันเองก่อนต่อจากนั้นจึงส่งแบบท่อให้ผู้จัดการแผนกออกแบบเป็นผู้ตรวจสอบอีกครั้งหนึ่งก่อนทำการอนุมัติ

2) การตรวจจับสาเหตุข้อบกพร่องวิธีการดำเนินการปัจจุบันคือ ในระหว่างการเขียนแบบผู้ออกแบบจะมีการจำลองฟังก์ชั่นการทำงานโดยใช้โปรแกรม 3D Program เพื่อค้นหาความผิดพลาด และยืนยันผลของการออกแบบการวางผังท่อ และใช้โปรแกรม CEASAR เพื่อยืนยันการออกแบบการคำนวณอุปกรณ์รองรับ หรือ Support ดังตัวอย่างรูปที่ 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ



รูปที่ 4.4 โปรแกรม 3D Program



รูปที่ 4.5 โปรแกรม CEASAR

ตารางที่ 4.5 สรุปการควบคุมการออกแบบปัจจุบัน

คุณสมบัติของการออกแบบท่อ	แนวโน้มของสาเหตุ	การควบคุมลักษณะข้อบกพร่อง	
		การป้องกัน	การตรวจจับ
1. การวางแผนผังท่อ	1A-S1-C1 ไม่มีมาตรฐานระยะการวางท่อ	ทวนสอบแบบตามมาตรฐานการวางระยะท่อก่อนส่งลูกค้า	จำลองโดยใช้ 3D Program โดย Lead engineer
	1B-S1-C1 ความผิดพลาดของผู้ออกแบบ	ทวนสอบแบบอีกครั้งก่อนส่งลูกค้า	จำลองโดยใช้ 3D Program โดย Lead engineer
	1C-S1-C1 ออกแบบติดตั้งวาวล์สูงเกินไปเนื่องจากขาดประสบกราณ์	ทวนสอบแบบโดยการเช็คระยะการติดตั้งก่อนส่งลูกค้า	จำลองโดยใช้ 3D Program โดย Lead engineer
	1D-S1-C1 ออกแบบ โดยใช้ Pocket ทำให้เกิดตะกรัน	ทวนสอบแบบก่อนส่งลูกค้า	-
2. การออกแบบชนิดของวัตถุดิบ	2A-S1-C1 ป้อนโปรแกรมสเปคผิด	ทวนสอบแบบก่อนส่งลูกค้า	-
3. การออกแบบการรับแรง (Load)	3A-S1-C1 คำนวณ Load ต่อจุดน้อยเกินไป	ทวนสอบแบบก่อนส่งลูกค้า	ใช้โปรแกรม CEASAR จำลองโดย Stress Engineer
4. การวิเคราะห์ความเสี่ยง	4A-S1-C1 ป้อนข้อมูลการใช้งานของท่อผิดพลาด	ทวนสอบแบบก่อนส่งลูกค้า	ใช้โปรแกรม CEASAR จำลองโดย Stress Engineer
	4B-S1-C1 วัตถุดิบของท่อไม่สามารถรองรับการใช้งาน	ทวนสอบแบบก่อนส่งลูกค้า	ใช้โปรแกรม CEASAR จำลองโดย Stress Engineer
	4C-S1-C1 Support ไม่สามารถยึดท่อได้	ทวนสอบแบบก่อนส่งลูกค้า	ใช้โปรแกรม CEASAR จำลองโดย Stress Engineer

4.3.6 ผลการประเมินคะแนนความรุนแรง โอกาสการเกิดข้อบกพร่องและคะแนนการตรวจจับ

ผลการประเมินคะแนนความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่อง และคะแนนการตรวจจับ ของแต่ละคนในทีมงานดังแสดงในตารางที่ 4.6 ตัวอย่างการให้คะแนนความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่อง และคะแนนการตรวจจับของคุณสมบัติหน้าที่หลักการวางแผนผังท่อ

ตารางที่ 4.6 การให้คะแนนความรุนแรง โอกาสการเกิด และคะแนนการตรวจจับของการออกแบบท่อ

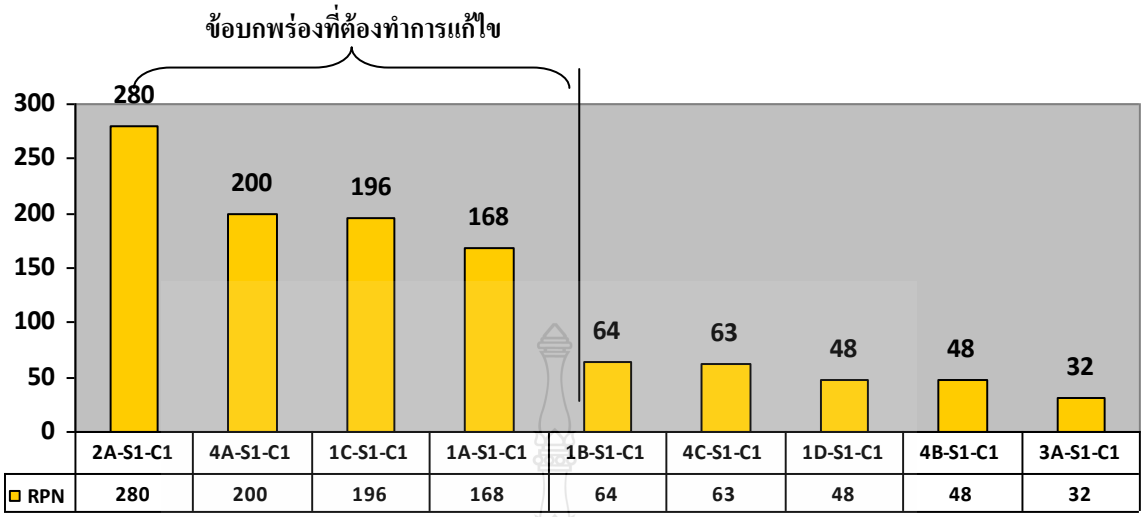
Item	Requirement	Potential Effect Mode	Potential Effect of Failure	SEV	CLASS	Potential Cause Of Failure	OCCUR	Current Design Control		DETECT	RPN
								Prevention	Detection		
การวาง Layout ท่อ	วาง Layout ท่อ ได้ตามพื้นที่ที่กำหนดไว้	วางท่อไม่ตรงตามแบบ ชิดกันเกินไป	ทำให้ไม่สามารถเข้าไปทำงานได้สะดวก	7		ไม่มีมาตรฐานระยะการวางท่อ	6	ทวนสอบแบบก่อนส่งลูกค้า	จำลองโดยใช้ 3D Program	4	168
	วางท่อเข้ากับอุปกรณ์ตามกระบวนการออกแบบ	ต่อท่อเข้ากับ nozzle ผิดจาก P&ID	Equipment เกิดความเสียหาย	8		ความผิดพลาดของผู้ออกแบบ	2	ทวนสอบแบบก่อนทำการก่อสร้าง	จำลองโดยใช้ 3D Program	4	64
	วางท่อให้สามารถใช้งานได้สะดวก	ลูกค้าต้องเอื้อมมือเพื่อใช้งาน	ทำให้ลูกค้าใช้งานได้ไม่สะดวก	7		ออกแบบติดตั้งวาวล์สูงเกินไป	7	ทวนสอบแบบก่อนส่งลูกค้า	จำลองโดยใช้ 3D Program	4	196
	ต้องมีประสิทธิภาพการไหล	ของเหลวไหลได้ไม่สะดวก	เครื่องจักรทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ	8		ออกแบบ โดยใช้ Pocket ทำให้เกิดตะกรัน	3	ทวนสอบแบบก่อนส่งลูกค้า	-	2	48

4.3.7 ผลการคำนวณค่าความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number : RPN)

ผลการนำคะแนนความรุนแรง คะแนนโอกาสการเกิดข้อบกพร่อง และคะแนนการตรวจจับมาคูณเข้าด้วยกันเพื่อคำนวณค่า RPN ของแต่ละข้อบกพร่อง พบว่าค่า RPN ที่คำนวณได้มีค่าสูงสุดที่ 280 คะแนน และคะแนนต่ำสุด 32 คะแนน ตารางที่ 4.6 แสดงตัวอย่างผลการคำนวณค่า RPN ของการออกแบบการวาง Layout ท่อ

4.3.8 ผลการจัดลำดับความสำคัญของข้อบกพร่อง

ผลการนำค่าคะแนน RPN มาจัดเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยด้วยแผนภูมิกราฟแท่งดังภาพที่ 4.12 ในกรณีศึกษานี้ได้พิจารณาเลือกข้อบกพร่องจากค่า RPN ที่มากกว่า 125 คะแนน มาทำการแก้ไข พบว่ามีสาเหตุของข้อบกพร่องที่ต้องได้รับการแก้ไขปรับปรุงจำนวน 4 ข้อ จากจำนวนสาเหตุข้อบกพร่องทั้งหมด 9 ข้อ สำหรับจำนวนข้อบกพร่องที่พบมากที่สุดคือการออกแบบการวาง Layout ท่อจำนวน 2 ข้อ การออกแบบชนิดของวัตถุดิบจำนวน 1 ข้อ การวิเคราะห์ความเสี่ยงในการใช้งานจำนวน 1 ข้อตามลำดับ



รูปที่ 4.6 แผนภูมิแสดงลำดับค่าความเสี่ยงชี้นำของข้อบกพร่อง

4.3.9 ผลการเสนอแนะและการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องแบบของแม่พิมพ์

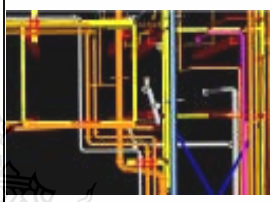
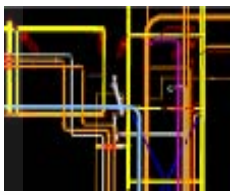
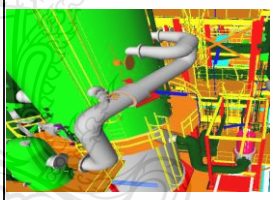
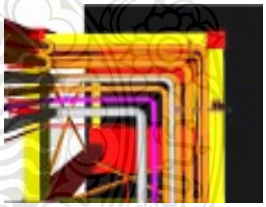
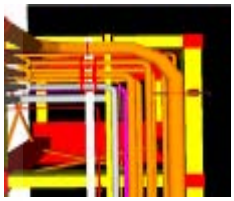
จากสาเหตุปัญหาทั้ง 4 หัวข้อที่มีค่า RPN เกินกว่า 125 ที่สรุปได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 สาเหตุข้อบกพร่องที่ทำการแก้ไขปรับปรุง

คุณสมบัติของการออกแบบท่อ	แนวโน้มของสาเหตุ	RPN
1. การวางแผนผังท่อ	1A-S1-C1 ไม่มีมาตรฐานระยะการวางท่อ คือ ปัจจุบันทางบริษัทกรณีศึกษาใช้มาตรฐานที่ได้มาจากบริษัทอื่นในแต่ละโครงการ ซึ่งขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ออกแบบเป็นหลัก ทำให้เกิดการออกแบบเกิดความผิดพลาดได้ง่าย	168
	1C-S1-C1 ออกแบบติดตั้งวาวล์สูงเกินไป คือ ผู้ออกแบบใช้ประสบการณ์คาดเดาจากความเคยชินในการออกแบบการติดตั้งความสูงของวาวล์ ทำให้ในบางโครงการที่มีข้อจำกัดไม่สามารถใช้งานได้สะดวกตามความเป็นจริง	196
2. การออกแบบชนิดของวัตถุดิบ	2A-S1-C1 ป้อนโปรแกรมสเปคผิด คือ หน่วยงานสารสนเทศกำหนดสเปคของวัตถุดิบในระบบฐานข้อมูลผิดพลาด ทำให้เมื่อผู้ออกแบบเลือกเพื่อใช้งานเกิดความผิดพลาดตามไปด้วย	280
4. การวิเคราะห์ความเสี่ยง	4A-S1-C1 ป้อนข้อมูลการใช้งานของท่อผิดพลาด คือ ผู้ออกแบบกำหนดการใช้งานของท่อไม่เหมาะสมกับขนาดของท่อส่งผลให้ Support ไม่สามารถรับน้ำหนักท่อได้	200

จากข้อมูลในตารางที่ 4.7 ทีมงานได้นำสาเหตุของข้อบกพร่องดังกล่าวมาประชุมร่วมกันระดมสมองในการกำหนดแนวทางการแก้ไขข้อบกพร่อง โดยแนวทางการแก้ไขข้อบกพร่องที่ได้มานั้นทีมงานได้อ้างอิงข้อมูลการออกแบบและการแก้ไขระหว่างการผลิตของผลิตภัณฑ์เดิมที่มีข้อบกพร่องคล้ายคลึงกันมาเป็นแนวทางการแก้ไข และบางข้อบกพร่องได้ใช้ประสบการณ์ของทีมงานที่ผ่านการแก้ไขปัญหาจากส่วนงานที่ตนเองทำงานอยู่มาเป็นแนวทางการแก้ไข สำหรับผลการแก้ไขข้อบกพร่องดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องของการออกแบบท่อ

คุณสมบัติ	แนวโน้มข้อบกพร่อง	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	การแก้ไข	ภาพประกอบก่อนการแก้ไข	ภาพประกอบหลังการแก้ไข
1. การวางแผนผังท่อ	1A-S1 วางท่อไม่ตรงตามแบบ ชิดกันเกินไป	1A-S1-C1 ไม่มีมาตรฐานระยะการวางท่อ	จัดทำมาตรฐานการติดตั้ง		
	1C-S1 ลูกค้าต้องเอื้อมมือเพื่อใช้งาน	1C-S1-C1 ออกแบบติดตั้งวาวล์สูงเกินไป	จัดทำมาตรฐานการติดตั้ง		
2. การออกแบบชนิดของวัตถุดิบ	2A-S1 สเปควัตถุดิบไม่ตรงตามข้อกำหนด	2A-S1-C1 ป้อนโปรแกรมสเปคผิด	จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบ		
4. การวิเคราะห์ความเสี่ยง	4A-S1 Support มีขนาดไม่เหมาะสมเล็กเกินไป	4A-S1-C1 ป้อนข้อมูลการใช้งานของท่อผิดพลาด	จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบ		

4.3.10 การทบทวนการประเมินคะแนนและคำนวณค่า RPN ใหม่

หลังจากได้กำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุง การดำเนินการปรับปรุงตามแนวทางที่เสนอแนะดังกล่าวเสร็จสิ้นแล้ว จากนั้นผู้ออกแบบท่อได้ดำเนินการแก้ไขปรับปรุงสร้างมาตรฐานการ

ทำงาน แล้วให้ทีมงานดำเนินการให้คะแนนความรุนแรงใหม่ จากผลการคำนวณค่า RPN ใหม่พบว่าค่าที่ได้มีค่าน้อยกว่า 125 คะแนนทุกข้อบกพร่อง โดยมีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงเท่ากับ 64.4% ดังนั้นแบบท่อที่แก้ไขใหม่นี้จะนำไปใช้ในการออกแบบท่อโครงการใหม่เพื่อยืนยันผลการแก้ไขปรับปรุงต่อไป ตารางที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบค่า RPN ที่ลดลงก่อนและหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบค่า RPN ก่อนและหลังการปรับปรุง

คุณสมบัติ	แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	การแก้ไข	RPN		
			ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	เปอร์เซ็นต์ที่ลดลง
1. การวางแผนผังท่อ	1A-S1-C1 ไม่มีมาตรฐานระยะการวางท่อ	จัดทำมาตรฐานการติดตั้ง	168	60	64.3%
	1C-S1-C1 ออกแบบติดตั้งวาวล์สูงเกินไป	จัดทำมาตรฐานการติดตั้ง	196	80	59.1%
2. การออกแบบชนิดของวัตถุดิบ	2A-S1-C1 ป้อนโปรแกรมสเปคผิด	จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบ	280	100	64.3%
4. การวิเคราะห์ความเสี่ยง	4A-S1-C1 ป้อนข้อมูลการใช้งานของท่อผิดพลาด	จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบ	200	60	70%
		เฉลี่ย	**211**	**75**	**64.4%**

4.4 การประเมินผลและการยืนยันผลการปรับปรุง

4.4.1 ผลการประเมินการออกแบบโครงการใหม่

หลังการทบทวนค่า RPN หลังการแก้ไขจะเห็นได้ว่าค่าที่ได้ของสาเหตุปัญหาทั้ง 4 หัวข้อมีค่าที่ลดลงจากเดิม และผ่านเกณฑ์ที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ คือ 125 ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำวิธีการแก้ไขปรับปรุงที่ได้กล่าวมาในหัวข้อ 4.4.9 มาปรับใช้กับการออกแบบท่อในโครงการใหม่ปี พ.ศ. 2553 ดังแสดงในรูปที่ 4.7

รูปที่ 4.7 ตัวอย่างโครงการใหม่ พ.ศ. 2553

ซึ่งโครงการที่นำมาประเมินเป็นโครงการที่มีขนาดเล็ก มูลค่าโครงการ 580 ล้านบาท ใช้ระยะเวลาออกแบบ และก่อสร้างไม่นานมากนัก สามารถประเมินผลความสูญเสียได้ตามแผนวิจัยที่กำหนดไว้ ซึ่งผลสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นของโครงการใหม่แสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นจากการออกแบบผิดพลาดของโครงการใหม่

คุณสมบัติของการออกแบบท่อ	ข้อกำหนดที่ต้องการ	ปัญหาที่พบจากการออกแบบผิดพลาด	การแก้ไข
1. การวางแผนผังท่อ	1A. วางแผนผังท่อได้ตามพื้นที่ที่กำหนดไว้	ไม่พบปัญหา	
	1B. วางท่อเข้ากับอุปกรณ์ตามกระบวนการออกแบบ	ไม่พบปัญหา	
	1C. วางท่อให้สามารถใช้งานได้สะดวก	ไม่พบปัญหา	
	1D. ต้องมีประสิทธิภาพการไหล	พบเสียงดังจากการกระแทกตัวของของเหลวภายในท่อ	วางแผนผังท่อใหม่ให้สอดรับกับชนิดของของเหลว
2. การออกแบบชนิดของวัตถุดิบ	2A. สเปคของวัตถุดิบต้องตรงตามข้อกำหนด	ไม่พบปัญหา	
3. การออกแบบการรับแรง	3A. Support ต้องสามารถรองรับน้ำหนักของท่อได้	ไม่พบปัญหา	
4. การวิเคราะห์ความเสี่ยง	4A. Support ที่ใช้ยึดท่อต้องมีขนาดที่เหมาะสม	ไม่พบปัญหา	
	4B. สภาพท่อต้องไม่มีการแตกร้าว บิดงอ เมื่อใช้งาน	พบท่อแตกร้าวจากคุณภาพของวัตถุดิบที่ไม่ได้คุณภาพ	หาแหล่งขายเจ้าอื่นที่ได้คุณภาพ และติดตั้งใหม่
	4C. บริเวณข้อต่อท่อ (Nozzle) ต้องไม่เกิดความเสียหาย	ไม่พบปัญหา	

จากผลสรุปปัญหาที่เกิดจากการออกแบบผิดพลาดดังตารางที่ 4.10 สามารถสรุปค่าใช้จ่ายที่สูญเสียจากการสั่งวัตถุดิบใหม่ และการแก้ไขงานได้ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลสรุปค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการออกแบบผิดพลาด

ปัญหาที่พบจากการออกแบบผิดพลาด	การแก้ไข	ค่าใช้จ่ายจากการสั่งซื้อวัตถุดิบใหม่ (ล้านบาท)	ค่าใช้จ่ายจากการแก้ไขงาน (ล้านบาท)
พบเสียงดังจากการกระแทกตัวของของเหลวภายในท่อ	วางแผนผังท่อใหม่ให้สอดรับกับชนิดของของเหลว	0.17	0.08
พบท่อแตกร้าวจากคุณภาพของวัตถุดิบที่ไม่ได้คุณภาพ	หาแหล่งขายเจ้าอื่นที่ได้คุณภาพ และติดตั้งใหม่	0.14	0.07
รวมค่าใช้จ่ายในแต่ละหัวข้อ		**0.31**	**0.15**
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด		**0.46**	
เปอร์เซ็นต์ค่าใช้จ่ายเมื่อเทียบกับมูลค่าโครงการ*		**0.08**	

*มูลค่าโครงการที่นำมาศึกษาเท่ากับ 580 ล้านบาท

4.4.2 การเปรียบเทียบผลการดำเนินงานก่อนและหลังการปรับปรุง

จากผลของเปอร์เซ็นต์ค่าใช้จ่ายที่สูญเสียจาการออกแบบผิดพลาด เมื่อเทียบกับมูลค่าโครงการ ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบผลการดำเนินงานก่อน และหลังการปรับปรุง ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 การเปรียบเทียบผลการดำเนินการก่อนและหลังการปรับปรุง

เกณฑ์การเปรียบเทียบ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	% ที่ลดลง
เปอร์เซ็นต์ค่าใช้จ่ายที่สูญเสียจากการออกแบบผิดพลาด	0.31%	0.08%	74%

จากข้อมูลในตารางพบว่าเปอร์เซ็นต์ค่าใช้จ่ายที่สูญเสียจากการออกแบบผิดพลาดก่อนการนำเทคนิค FMEA มาใช้ เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยเท่ากับ 0.31 แต่หลังจากที่ปรับปรุงสามารถลดเปอร์เซ็นต์ค่าใช้จ่ายลงเหลือเท่ากับ 0.08% คิดเป็น 74 % จากผลการเปรียบเทียบดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการนำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบท่อในโครงการปิโตรเคมี สามารถลดเปอร์เซ็นต์ค่าใช้จ่ายที่สูญเสียจากการออกแบบผิดพลาดได้

ผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการที่นำเทคนิค FMEA มาใช้ในขั้นตอนการทบทวนการออกแบบท่อ โดยได้จัดทำคู่มือปฏิบัติงาน (Work Instruction) นำเสนอผู้บริหารและผู้บริหารได้พิจารณาอนุมัติให้ใช้เป็นมาตรฐานการทำงานในการออกแบบท่อ

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผลการดำเนินงาน และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงจากกระบวนการออกแบบท่อของบริษัทกรณีศึกษาที่รับจ้างเหมาธุรกิจปิโตรเคมี โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของกระบวนการออกแบบ (Process Failure Mode and Effect Analysis: PFMEA) มาประเมินความเสี่ยงสำหรับการเกิดข้อบกพร่อง แล้วกำหนดแนวทางการป้องกันแก้ไขก่อนล่วงหน้า โดยเมื่อนำเทคนิคดังกล่าวมาประเมินกระบวนการออกแบบท่อของบริษัทกรณีศึกษาพบว่ามีสาเหตุข้อบกพร่องทั้งหมด 9 หัวข้อ โดยหัวข้อที่มีค่าความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number : RPN) มากกว่า 125 มีทั้งหมด 4 หัวข้อซึ่งจะนำมาประชุมระดมสมองเพื่อหาแนวทางแก้ไขป้องกันปัญหา ดังนี้

5.1.1 สาเหตุข้อบกพร่องที่มีค่า RPN มากกว่า 125 มีดังนี้

1) ไม่มีมาตรฐานระยะการวางท่อ

2) ออกแบบติดตั้งวาวล์สูงเกินไป

3) ป้อนโปรแกรมสเปคผิด

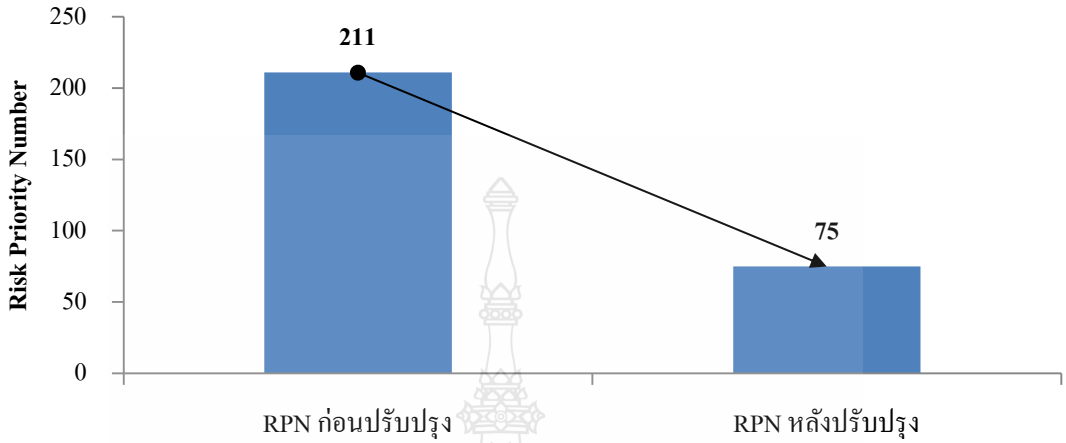
4) ป้อนข้อมูลการใช้งานของท่อผิดพลาด

ซึ่งสามารถสรุปแนวทางการปรับปรุงได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 สรุปแนวทางแก้ไขปัญหากระบวนการออกแบบท่อ

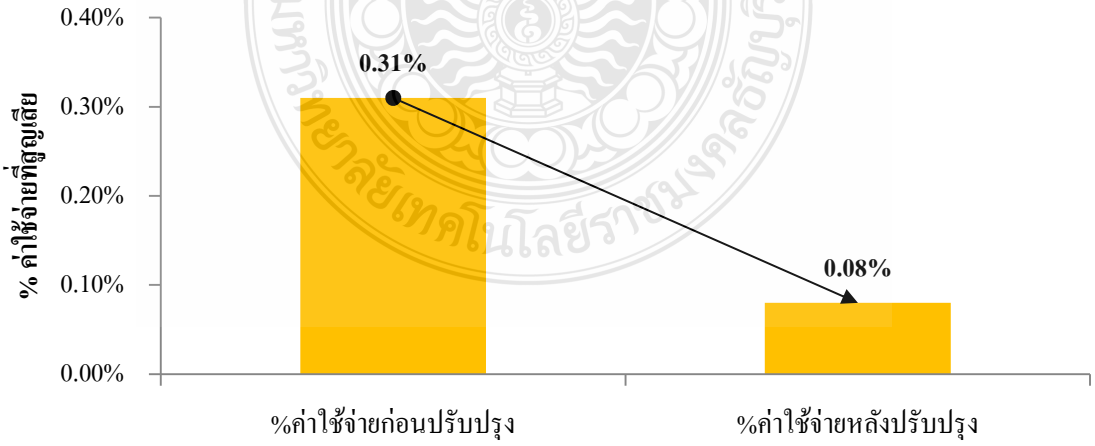
แนวโน้มของสาเหตุหรือกลไก	การแก้ไขป้องกันปัญหา
1A-S1-C1 ไม่มีมาตรฐานระยะการวางท่อ	จัดทำมาตรฐานการออกแบบติดตั้งท่อให้ได้ตามพื้นที่ๆ ลูกค้าได้กำหนดไว้
1C-S1-C1 ออกแบบติดตั้งวาวล์สูงเกินไป	จัดทำมาตรฐานการออกแบบติดตั้งท่อให้สามารถใช้งานได้สะดวก
2A-S1-C1 ป้อนโปรแกรมสเปคผิด	จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบสเปคของวัตถุดิบก่อนที่จะนำไปสร้างจริง
4A-S1-C1 ป้อนข้อมูลการใช้งานของท่อผิดพลาด	จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบ Support ให้มีขนาดที่เหมาะสมกับการใช้งานจริง

จากผลการคำนวณค่า RPN ใหม่ของ 4 สาเหตุข้อบกพร่องข้างต้น พบว่าค่า RPN มีค่าที่ลดลงจากเดิมเฉลี่ย 211 เหลือเป็น 75 โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยที่ลดลงได้ 64.4%



รูปที่ 5.1 สรุปผลค่า RPN หลังการปรับปรุง

5.1.2 เมื่อนำแนวทางการแก้ไขปรับปรุงไปประยุกต์ใช้กับโครงการตัวอย่างใหม่ เพื่อประเมินผลลัพธ์ที่ได้ พบว่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของค่าใช้จ่ายที่สูญเสียจากการออกแบบผิดพลาดลดลง จากเดิม 0.31% เหลือ 0.08% ซึ่งสามารถบรรลุเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ โดยใช้สามารถลดเปอร์เซ็นต์ค่าใช้จ่ายที่สูญเสียลงได้ 74%



รูปที่ 5.2 สรุปผลเปอร์เซ็นต์ค่าใช้จ่ายที่สูญเสียจากการออกแบบหลังการปรับปรุง

5.2 อภิปรายผลการดำเนินงานวิจัย

จากสมมติฐานการวิจัยที่ว่าการประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่อง และผลกระทบในกระบวนการออกแบบท่อของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี สามารถลดค่าใช้จ่ายที่สูญเสียจากกระบวนการออกแบบได้นั้น ผลการวิจัยพบว่าการนำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบมาประยุกต์ใช้นั้นสามารถลดเปอร์เซ็นต์ค่าใช้จ่ายที่สูญเสียจากกระบวนการออกแบบได้ ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องจากการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบจะจัดทำ และประเมินความเสี่ยงของผลกระทบโดยทีมงานที่มีความรู้ ประสบการณ์เฉพาะทางจากแผนกอออกแบบ มาร่วมกันทบทวนเพื่อให้เข้าถึงสาเหตุของปัญหาต่างๆ ที่จะส่งผลต่อข้อบกพร่องที่จะเกิดขึ้น และกำหนดแนวทางแก้ไขป้องกันสาเหตุของข้อบกพร่องล่วงหน้า ก่อนที่จะนำไปออกแบบก่อสร้างจริง โดยจุดที่น่าสนใจของงานวิจัยเล่มนี้คือ ได้นำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่อง (FMEA) มาใช้กับงานโครงการก่อนสร้างปิโตรเคมี ซึ่งจะแตกต่างกับงานวิจัยที่ได้ศึกษามาส่วนใหญ่แล้วจะนำมาวิเคราะห์ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตภายในโรงงานอุตสาหกรรม ส่งผลให้ผลประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัยเล่มนี้เกิดขึ้นในรูปแบบตัวเงินที่มีมูลค่ามากกว่าสามารถสร้างผลกำไรให้กับบริษัทกรณีศึกษาได้อย่างเป็นรูปธรรมอย่างเห็นได้ชัด และสามารถทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจเนื่องมาจากสามารถปิดโครงการได้ตามกรอบเวลาที่ตั้งไว้ อีกทั้งยังสามารถสร้างความปลอดภัยให้กับโครงการ และสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับบริษัทเป็นอย่างดี ซึ่งเหตุผลทั้งหมดข้างต้นนับว่าเป็นสิ่งที่มีความแตกต่างจากงานวิจัยเล่มอื่นซึ่งเป็นผลประโยชน์ในทางบวกให้กับบริษัทกรณีศึกษาได้เป็นอย่างดี

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ในการดำเนินงานวิจัยนี้มีการเลือกสาเหตุข้อบกพร่องที่มากกว่า 125 มาทำการหาแนวทางแก้ไขปรับปรุงล่วงหน้า ซึ่งในความเป็นจริงแล้วควรจะทำการหาแนวทางแก้ไขให้ครบทุกหัวข้อสาเหตุ เพื่อให้กระบวนการออกแบบเกิดความสมบูรณ์มากที่สุด และยังจะส่งผลต่อผลกำไรในแต่ละโครงการอีกด้วย

5.3.2 จากสาเหตุข้อบกพร่องที่ได้กล่าวมาในงานวิจัยนี้ นอกจากจะทำให้เห็นปัญหาและแนวโน้มของปัญหาแล้ว ยังทำให้ผู้วิเคราะห์มีฐานข้อมูลที่สำคัญที่สามารถนำมาใช้ในการศึกษาและพัฒนาขบวนการใหม่ๆที่คล้ายคลึงกันโดยจะทำให้ทราบว่าจะมีโอกาสเกิดข้อบกพร่องอย่างไรบ้าง ทำให้หาแนวทางป้องกันหรือออกแบบขบวนการให้เหมาะสมได้ ช่วยลดความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นและเพิ่มผลกำไรให้กับบริษัทได้

รายการอ้างอิง

[1] http://learning-wc61.blogspot.com/2011/09/blog-post_1532.html

[2] http://school.obec.go.th/pawt/unit_content/unit_1/import_1.html

[3] http://th.swewe.com/word_show.htm

[4] กิติศักดิ์ พลอยพานิชการวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ, กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) 2551

[5] http://www.intergraph.com/products/ppm/pds/default.aspx

[6] http://www.intergraph.com/products/ppm/caesarii/

[7] กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. **ระบบการควบคุมคุณภาพที่หน้างาน คิวซีเซอร์เคิล QC CIRCLE,** พิมพ์ครั้งที่ 1: บริษัท ส.เอเชียเพรส จำกัด, 2541.

[8] วิฑูรย์ สิมะโชคดี. **7 QC Tools เครื่องมือสู่คุณภาพ.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ TPA Publishing , 2541.

[9] ศิริพร ขอพรกลาง. **การควบคุมคุณภาพ.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ สกายบุ๊กส์ , 2545.

[10] พีระศักดิ์ ภู่อภิสิทธิ์, **การลดและควบคุมการสูญเสียจากการตัดในอุตสาหกรรมการ ขึ้นรูปโลหะแผ่น.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

[11] กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. **การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (FMEA).** รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[12] Automotive Industry Action Group (AIAG) (2001) , **Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)** 3rd edition , July 2001

[13] วชิราภรณ์ เศรษฐนันท์, **การลดชิ้นส่วนของเสียในก รผลิตชิ้นส่วนรถยนต์.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, 2542.

[14] นิพนธ์ ชวนะปราณี, **การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA และ FTA ในงานการออกแบบ และพัฒนาผลิตภัณฑ์สายไฟฟ้า.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

[15] เฉลิมพล ลีลาผาติกุล, **การวิเคราะห์และควบคุมปัจจัยที่มีผลกระทบทางคุณภาพ สำหรับอุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์,** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

[16]ประเสริฐ ศรีบุญจันทร์, สมจิต ลาภโนนเขวา, **การลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ โดยเทคนิค ซิกส์ ซิกม่า**, การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, 24-25 ตุลาคม 2550.

[17]Scipioni A., FMEA methodology design, implementation and integration with HACCP system in a food company. Food Control Volume 13 Number 8, December 2002.

[18]Jegadheesan, C., Design and development of modified service failure mode and effects analysis model. International Journal of Services and Operation Management, Volume 3, Number l, 30 November 2006.

[19]ปารเมศ ชุติมา. **การวิเคราะห์รูปแบบของการเสียและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)).** ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**, 2548.**

[20]วสันต์ พุกผาสุก และอรรถกร เก่งพล, **การลดของเสียจากกระบวนการชุบโครเมี่ยมโดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า กรณีศึกษา : บริษัทในอุตสาหกรรมชุบโครเมี่ยม,** การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, 24-25 ตุลาคม 2550.

[21]กุสุมา จิรวงศ์สวัสดิ์ สมเกียรติ จงประสิทธิ์พร และวิชัย รุ่งเรืองอนันต์, **การประยุกต์ใช้ FMEA และ AHP เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตฟริต กรณีศึกษา : โรงงานผลิตสารเคลือบเซรามิกส์,** การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, 24-25 ตุลาคม 2550.

[22]อรจิตร ประดา และณฐา คุปตัษเฐียร, **การวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบในการผลิตชุดกันไฟและวางแผนควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลิตภาพ : กรณีศึกษาโรงงานตัวอย่าง,** การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, 24-25 ตุลาคม 2550.

[23]อรรถพล ฤทธิภักดี, **การปรับปรุงคุณภาพสำหรับกระบวนการพ่นสีชิ้นส่วน พลาสติกในอุตสาหกรรมรถยนต์,** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

[24]วิชาญ ทองไพรวรรณ และณฐา คุปตัษเฐียร, **การประยุกต์ใช้ FMEA ในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วที่ใช้บนโต๊ะอาหาร,** การประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรม, 7 พฤษภาคม 2553, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2553.

[25]Gryna F.M. (2001). **Quality Planning and Analysis** 4th edition, McGraw – Hill Internation Edition , McGraw-Hill , Irwin**.**

[26] edition , McGraw – Hill Internation Edition , McGraw-Hill , Irwin [19] Juran J.M. (1992) , **Juran on Quality by Design** , The Free Press , Inc., New York**.**

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางเกณฑ์การให้คะแนนการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะข้อบกพร่อง

ตารางที่ ก.1 เกณฑ์การประเมินการให้คะแนนการกำหนดอัตราของความรุนแรงของผลกระทบ

ผลจากข้อบกพร่อง	ความรุนแรงของผลกระทบ	คะแนน
1. ก่อให้เกิดอันตรายโดยไม่มีการเตือน	มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้และ/หรือ ขัดต่อกฎหมายโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	10
2.เกิดอันตรายโดยมีการเตือน	มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้และ/หรือ ขัดต่อกฎหมายโดยมีการเตือนล่วงหน้า	9
3.ผลกระทบสูงมาก	ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถใช้งานได้ (เนื่องจากสูญเสียหน้าที่หลัก)	8
4.ผลกระทบสูง	ผลิตภัณฑ์สามารถใช้งานได้แต่ระดับของสมรรถนะจะลดลงจนทำให้ลูกค้าไม่พอใจมาก	7
5.ผลกระทบปานกลาง	ผลิตภัณฑ์สามารถใช้งานได้แต่จะขาดความสะดวกสบายจนทำให้ลูกค้ามีความไม่พอใจ	6
6.ผลกระทบต่ำ	ผลิตภัณฑ์สามารถใช้งานได้ด้วยความสะดวกสบายแต่ระดับของสมรรถนะจะลดลงจนอาจจะทำให้ลูกค้าไม่พอใจ	5
7.ผลกระทบต่ำมาก	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนัก อาจมีเสียงดังอยู่บ้าง ลูกค้าส่วนใหญ่ (มากกว่า 75%)สามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	4
8.ผลกระทบเล็กน้อย	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนัก อาจมีเสียงดังอยู่บ้าง ลูกค้าประมาณครึ่งหนึ่ง สามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	3
9.เกือบไม่มีผลกระทบ	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนัก อาจมีเสียงดังอยู่บ้าง ลูกค้าส่วนน้อย (ต่ำกว่า 25%) สามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	2
10.ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบที่สังเกตเห็นได้	1

ตารางที่ ก.2 เกณฑ์การให้คะแนนโอกาสเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง

โอกาสการเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง	อัตราข้อบกพร่องที่เป็นไปได้	คะแนน
สูงมาก : เกิดข้อบกพร่องเป็นประจำ	1 ใน 1	10
	1 ใน 3	9
สูง : เกิดข้อบกพร่องน้อย	1 ใน 6	8
	1 ใน 20	7
ปานกลาง : เกิดข้อบกพร่องเป็นครั้งคราว	1 ใน 50	6
	1 ใน 100	5
	1 ใน 200	4
ต่ำ : เกิดข้อพร่องค่อนข้างน้อย	1 ใน 400	3
	1 ใน 500	2
ห่างไกล : เกือบไม่มีโอกาสจะเกิดข้อบกพร่อง	1 ใน 1000	1

ตารางที่ ก.3 เกณฑ์การให้คะแนนผลการตรวจจับ

การตรวจจับ	ความเป็นไปได้ของการตรวจจับโดยการควบคุมการออกแบบ	คะแนน
มีความไม่แน่นอนเกือบจะทั้งหมด	ระบบการควบคุมการออกแบบจะไม่ และ/หรือ ไม่สามารถตรวจจับสาเหตุ/กลไกตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้เลย	10
ห่างไกลมาก	มีโอกาสน้อยมากๆที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไกตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	9
ห่างไกล	มีโอกาสน้อยมากที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไกตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	8
ต่ำมากๆ	มีโอกาสต่ำมากๆที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไกตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	7
ต่ำ	มีโอกาสต่ำที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไกตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	6
ปานกลาง	มีโอกาสปานกลางที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไกตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	5
ค่อนข้างสูง	มีโอกาสค่อนข้างสูงที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไกตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	4
สูง	มีโอกาสสูงที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไกตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	3
สูงมาก	มีโอกาสสูงมากที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไกตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	2
เกือบจะมีความแน่นอน	ระบบการควบคุมสามารถตรวจจับสาเหตุได้ค่อนข้างแน่นอนถึงสาเหตุ/กลไกตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	1

ภาคผนวก ข

ตารางการวิเคราะห์หาลักษณะข้อบกพร่องของผลกระทบ (FMEA)
ของการออกแบบ และเขียนแบบของแผนกวางแผนและออกแบบท่อ (ก่อนการปรับปรุง)

ตารางที่ ข.1 การวิเคราะห์หาลักษณะข้อบกพร่องของผลกระทบ (FMEA) ของการออกแบบ และเขียนแบบของแผนก Planning and Piping

Item	Requirement	Potential Effect Mode	Potential Effect of Failure	SEV	CLASS	Potential Cause Of Failure	OCCUR	Current Design Control		DETECT	RPN	Recommended Action (s)	Responsibility & Target Date	Action Results				
								Prevention	Detection					Action Taken	SEv	OCC	DET	RPN
การวาง Layout ท่อ	วาง Layout ท่อได้ตามพื้นที่ที่กำหนดไว้	วางท่อไม่ตรงตามแบบ ชิดกันเกินไป	ทำให้ไม่สามารถเข้าไปทำงานได้สะดวก	7		ไม่มีมาตรฐานระยะการวางท่อ	6	ทวนสอบแบบก่อนส่งลูกค้า	จำลองโดยใช้ 3D Program	4	168							
	วางท่อเข้ากับอุปกรณ์ตามกระบวนการออกแบบ	ต่อท่อเข้ากับ nozzle ผิดจาก P&ID	Equipment เกิดความเสียหาย	8		ความผิดพลาดของผู้ออกแบบ	2	ทวนสอบแบบก่อนทำการก่อสร้าง	จำลองโดยใช้ 3D Program	4	64							
	วางท่อให้สามารถใช้งานได้สะดวก	ลูกค้าต้องเอื้อมมือเพื่อใช้งาน	ทำให้ลูกค้าใช้งานได้ไม่สะดวก	7		ออกแบบติดตั้งวาวล์สูงเกินไป	7	ทวนสอบแบบก่อนส่งลูกค้า	จำลองโดยใช้ 3D Program	4	196							
	ต้องมีประสิทธิภาพการไหล	ของเหลวไหลได้ไม่สะดวก	เครื่องจักรทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ	8		ออกแบบโดยใช้ Pocket ทำให้เกิดตะกรัน	3	ทวนสอบแบบก่อนส่งลูกค้า	-	2	48							

ตารางที่ ข.1 การวิเคราะห์หาลักษณะข้อบกพร่องของผลกระทบ (FMEA) ของการออกแบบ และเขียนแบบของแผนก Planning and Piping (ต่อ)

Item	Requirement	Potential Effect Mode	Potential Effect of Failure	SEV	CLASS	Potential Cause Of Failure	OCCUR	Current Design Control		DETECT	RPN	Recommended Action (s)	Responsibility & Target Date	Action Results				
								Prevention	Detection					Action Taken	SEv	OCC	DET	RPN
การออกแบบชนิดของวัตถุดิบ	สเปคของวัตถุดิบต้องตรงตามข้อกำหนด	สเปควัตถุดิบไม่ตรงตามข้อกำหนด	ท่อเกิดการกัดกร่อนเมื่อผ่านการใช้งาน	8		ป้อนโปรแกรมสเปคผิด	7	ทวนสอบแบบก่อนส่งลูกค้า	-	5	280							
การออกแบบ Load ของท่อ	Support ต้องสามารถรองรับน้ำหนักของท่อได้	Support บิดงอ	ท่อร่วงพังเสียหาย	8		คำนวณ Load ต่อจุดน้อยเกินไป	2	ทวนสอบแบบก่อนส่งลูกค้า	ใช้โปรแกรม CEASAR จำลอง	2	32							
การวิเคราะห์ความเสี่ยงในการใช้งาน	Support ที่ใช้ยึดท่อต้องมีขนาดที่เหมาะสม	Support มีขนาดไม่เหมาะสมเล็กเกินไป	Support บิดงอ ท่อพัง	8		ป้อนข้อมูลการใช้งานของท่อผิดพลาด	5	ทวนสอบแบบก่อนส่งลูกค้า	ใช้โปรแกรม CEASAR จำลอง	5	200							

ตารางที่ ข.1 การวิเคราะห์หาลักษณะข้อบกพร่องของผลกระทบ (FMEA) ของการออกแบบ และเขียนแบบของแผนก Planning and Piping (ต่อ)

Item	Requirement	Potential Effect Mode	Potential Effect of Failure	SEV	CLASS	Potential Cause Of Failure	OCCUR	Current Design Control		DETECT	RPN	Recommended Action (s)	Responsibility & Target Date	Action Results				
								Prevention	Detection					Action Taken	SEv	OCC	DET	RPN
	สภาพท่อต้องไม่มีการแตกร้าว บิดงอเมื่อใช้งาน	สภาพท่อเกิดการแตกร้าว	โรงงานเกิดความเสียหาย	8		วัตถุดิบของท่อไม่สามารถรองรับการใช้งานได้	2	ทวนสอบแบบก่อนส่งลูกค้า	ใช้โปรแกรม CEASAR จำลอง	3	48							
	บริเวณข้อต่อท่อ (Nozzle) ต้องไม่เกิดความเสียหาย	Nozzle พัง	เกิดการรั่วของสารที่อยู่ภายใน	7		Support ไม่สามารถยึดท่อได้	3	ทวนสอบแบบก่อนส่งลูกค้า	ใช้โปรแกรม CEASAR จำลอง	3	63							

ภาคผนวก ค

มาตรฐาน และเช็คชีทการตรวจสอบกระบวนการออกแบบ Piping

ตารางที่ ค.1 มาตรฐานและเช็คชีทการตรวจสอบกระบวนการออกแบบ Piping

CHECK ITEMS AND POINTS	ORG.	ALE	CLE	MGR	REFERENCE DOC.
	A	B	C	D	OR REMARKS
1. GENERAL 1.1 The following items to be mentioned correctly on the DWG. Title block (1) DWG. No. (2) Title. (3) Work No. (4) Rev. No. (5) Issue Mark. (6) Description (7) Date. (8) Scale (9) Signature	( )	( )			
2. CONFIRM ALL NECESSARY DESIGN INFORMATION IS PROVIDED. (1) P & ID (2) Equipment list & data sheet (3) Skeleton DWG. or data sheet of equipment (4) Building information / Structure DWG. (5) Tank List (6) Inst. / Elect cable / Duct route information	( )	( )			Rev. No._____ Stage _____ Rev. No._____ Stage _____ Rev. No._____ Stage _____ Rev. No._____ Stage _____ Rev. No._____ Stage _____ Rev. No._____ Stage _____
2.1 To check & verify the received design information (1) Revision Number for DWG. (2) Document Status (3) Issue Date. (4) Grade	( )	( )			

ตารางที่ ค.1 มาตรฐานและเช็คชีทการตรวจสอบกระบวนการออกแบบ Piping (ต่อ)

CHECK ITEMS AND POINTS	ORG.	ALE	CLE	MGR	REFERENCE DOC. OR REMARKS
	A	B	C	D	
3. CONFIRMATION OF CONTRACTUAL REQUIREMENT FOR THE SCOPE OF A PROJECT AND ITS REQUIRED AREA INCLUDING BUILDING (1) Building (2) Facilities. (3) Process unit and its supporting facilities. (4) Others.		( )	( )	( )	
3.1 Confirm to comply with applicable national code and local regulation (1) Safety distance & Spacing (2) Spacing between units (3) Spacing between equipment (4) Spacing between building and other (5) Spacing to public facilities (6) Spacing to property (7) Overhead clearance (8) Local regulations (9) Dike volume and its height	( )	( )	( )		
3.2 Site conditions (1) To check the area given by client and indicate the coordination (one east and one north at least) at the battery limit.	( )	( )			
(2) Base elevation a) To check the site development plan. b) To check the base elevation.	( )	( )			
(3) To locate process units, utilities, flare, and other areas at a higher elevation than tank farms and other bulk quantities of hydrocarbons as possible.	( )	( )			

ตารางที่ ค.1 มาตรฐานและเช็คชีทการตรวจสอบกระบวนการออกแบบ Piping (ต่อ)

CHECK ITEMS AND POINTS	ORG.	ALE	CLE	MGR	REFERENCE DOC. OR REMARKS
	A	B	C	D	
(4) Prevailing win direction a) to provide fired heater and flare at upward to process unit and flammable service. b) to provide the cooling tower to downward to process units, substation, pipe rack and administration buildings. c) to locate area with high concentrations of personnel, such as office building, shop areas, and existing neighboring community area far from ignition source.	( )	( )			
(5) Soil condition To locate heavy equipment at good bearing capacity area as possible.	( )	( )			
(6) Rainfall To check storm water drainage type (Open or close) and its required space.	( )	( )			
3.3 Tie-in direction (1) To confirm tie-in location and/or direction for raw material, utilities, product, effluent and storm water. (2) To consider the operating efficiency such as the movement of utilities services each other.	( )	( )			
3.4 Specific requirements To check the specific requirements. (1) Future plant expansion, extension (2) Licenser's requirements	( )	( )			
3.5 Other 1. Type of road and its width. 2. Hazard clarification of the area.	( )	( )			

ตารางที่ ค.1 มาตรฐานและเช็คชีทการตรวจสอบกระบวนการออกแบบ Piping (ต่อ)

CHECK ITEMS AND POINTS	ORG.	ALE	CLE	MGR	REFERENCE DOC.
	A	B	C	D	OR REMARKS
4. SAFETY 1. Evacuation path (a) To provide evacuation paths for personnel to exit operating units. (b) To provide accessibility for personnel to perform emergency shutdown actions.	( )	( )			
2. To provide safety distance from heat radiation of flare stack and ground flare.	( )	( )			
5. MAINENANCE 1. Air fin cooler, heater, heat exchanger, pump and etc) To provide the access and space taking account for the method by mobile crane to air fin cooler, pump, heat exchanger and heater for equipment removal and cleaning.	( )	( )			
2. To check the access and space for loading and dumping for catalyst and etc for reactor, tower,vessel and internal removal for above equipment	( )	( )			
6. CONSTRUCTION : TO BE REVIEWED BY CONSTRUCTION DIV. (a) To check erection method of major equipment (big tower) and loading route to its location. (b) To keep construction space. (c) To check temporary construction area.		( )			
7. LAYOUT PLAN 1. Layout based on process flow (a) To locate units operating in series flow with respect to each other. (b) To be grouped together or placed in rows to minimize interconnecting piping, pipe rack, cable and etc. (c) Utilities area to locate adjacent to units that are largest utility users.		( )			

ตารางที่ ค.1 มาตรฐานและเช็คชีทการตรวจสอบกระบวนการออกแบบ Piping (ต่อ)

CHECK ITEMS AND POINTS	ORG.	ALE	CLE	MGR	REFERENCE DOC.
	A	B	C	D	OR REMARKS
2. Road Planning (a) Unit to be surrounded by roads for free movement of maintenance and safety equipment. (b) To provide access from two directions between integrated process units and utilities units. (c) To provide straight road e.g. E-W, S-N without dead end as possible. (d) To minimize the extent of road.		( )			
3. Grouping of facilities To locate facilities in group wise such as utility facility, tankfarm, administration building, process units, loading/unloading and etc.		( )			
4. Pipe Rack (a) To provide sleeper for interconnecting piping as possible. (b) To minimize the pipe rack length. (c) To minimize the pipe rack height and width. (d) To confirm type of pipe rack (RC, steel) (e) No cross pipe rack to be provided.		( )			
5. Unit Layout (a) The units to locate so as t o minimize larger bore pipe length. (e.g. Cooling water, flare line and etc) (b) The units to locate as to minimize alloy piping and high pressure piping length (e.g. high pressure steam). (c) The units to locate as per process scheme flow so as to minimize pipe length. (d) HP motor to locate close to substation so as to minimize high tension cable length as possible		( )			

ตารางที่ ค.1 มาตรฐานและเช็คชีทการตรวจสอบกระบวนการออกแบบ Piping (ต่อ)

CHECK ITEMS AND POINTS	ORG.	ALE	CLE	MGR	REFERENCE DOC.
	A	B	C	D	OR REMARKS
B. PROCESS UNIT LAYOUT **1. GROUPING** To locate heater and compressor to be grouped together to localize maintenance and placed near the edge of unit.		( )			
2. EQUIPMENT LAYOUT 2.1 Confirm Process Requirement. (a) To check process requirements (gravity, flow, no pocket, min length and etc.). (b) To check equipment elevation among the related equipment.		( )			
2.2 Limitation Under Air Fin Cooler No equipment containing flammable or combustible liquids over 260 degree to locate under air fin cooler without any provision.		( )			
3. SAFETY 1. Fired heater to locate at one end of the plot in an isolated area.		( )			
4. MAINTENANCE 1. To confirm with client for requirement of maintenance specially for pumps and exchangers. 2. To provide a maintenance access way under pipe rack to service pumps.		( )			
5. BUILDING / STRUCTURE 1. To locate stairway, ladder and platforms to satisfy all operational, maintenance, and safety requirements for access to and clearance around equipment. 2. To confirm the necessity of compressor house. 3. To confirm the size for control room and substation and its requirements.		( )			

ตารางที่ ค.1 มาตรฐานและเช็คชีทการตรวจสอบกระบวนการออกแบบ Piping (ต่อ)

CHECK ITEMS AND POINTS	ORG.	ALE	CLE	MGR	REFERENCE DOC.
	A	B	C	D	OR REMARKS
C. EXTENT OF INDICATION ON PLOT PLAN 1. To confirm following indication. (a) Battery limit (b) North mark (c) Coordination (d) Major equipment location (e) Column location & dimension if possible (f) Building location and its dimension if possible (g) Structure location, elevation and its dimension if possible (h) Maintenance area, tube pulling space, drop areas, cylinder pulling clearance and etc. (i) Road location and width (j) Match line (in case of unit plot plan)	( )	( )			
2. To check conformance for indication and extent of equipment and structure.	( )				
3. To indicate equipment list when requested by client.		( )			

ตารางที่ ค.1 มาตรฐานและเช็คชีทการตรวจสอบกระบวนการออกแบบ Piping (ต่อ)

CHECK ITEMS AND POINTS	ORG.	ALE	CLE	MGR	REFERENCE DOC. OR REMARKS
	A	B	C	D	
***4. Screening meeting** (a) Contractual Requirements are Met. (b) Engineering Specifications/Standards are Fulfilled and Implemented. (c) Safety and Operability is Fully Investigate. (d) Constructability is Satisfied. (e) Owner's Requirements are Studied and Incorporated. (f) All Pertinent Information from Previous Experience is Fed Back. (g) Ease of Maintenance is Taken into Consideration, Fulfilled and Implemented (h) Requirements and Information from Each Design Discipline and Vendor's Information are Fully Interpreted. (i) The Result of the Screening Meeting shall be Incorporated to the Plot Plan **Note:** Any Misunderstanding of above Requirements and Lack of Coordination Among the Related Parties Shall Result in an Adverse Impact on Overall Engineering Quality and Project Schedule.	( )	( )	( )	( )	

ตารางที่ ค.1 มาตรฐานและเช็คชีทการตรวจสอบกระบวนการออกแบบ Piping (ต่อ)

CHECK ITEMS AND POINTS	CHECK				REFERENCE DOC. OR REMARKS	
	ORG.	ALE	CLE	MGR		
	A	B	C	D		
6. GENERAL						
6.1 The following items to be mentioned correctly on the DWG. Title block	( )	( )				
(10) Name of plant	( )	( )				
(11) Name of client	( )	( )				
(12) Name of project	( )	( )				
(13) Work No.	( )	( )				
(14) Rev. No.	( )	( )				
(15) Description	( )	( )				
(16) Date.	( )	( )				
(17) Scale	( )	( )				
(18) Signature	( )	( )				
(19) Match Line & DWG. No.	( )	( )				
(20) Plant North	( )	( )				
7. CONFIRM LATEST RELATED DESIGN INFORMATION BEFORE START CHECKING	( )	( )			Rev. No.	Issue Stage.
(7) P & ID	( )	( )				
(8) Plot Plan / Area Plot Plan	( )	( )				
(9) Piping Design Specification	( )	( )				
(10) Line Lists or Line Schedule	( )	( )				
(11) Equipment list & data sheet	( )	( )				
(12) Vessel DWGS.	( )	( )				
(13) Civil Structure Drawing.	( )	( )				
(14) Inst. / Elect cable Route DWG.	( )	( )				
(15) Inline Instrument data sheet	( )	( )				
(16) Piping Special Parts Information						
8. ONFIRM THE INTERFACE AMONG PIPING AND EQUIPMENT OR STRUCTURE						
1. Confirm all Equipment in Equipment Lists, Item No. and Column No. are Shown.	( )	( )			Equipment List and Plot Plan	
2. Confirm the Dimension of Equipment Comparing with Equipment Outline DWG.	( )	( )			Equipment DWGS.	
3. Confirm the Equipment Location	( )	( )			Civil DWG.	
4. Confirm the Pipe Rack, Structure, Foundation Location & Elevation.	(	( )				

ตารางที่ ค.1 มาตรฐานและเช็คชีทการตรวจสอบกระบวนการออกแบบ Piping (ต่อ)

CHECK ITEMS AND POINTS	CHECK				REFERENCE DOC. OR REMARKS
	ORG.	ALE	CLE	MGR	
	A	B	C	D	
9. CONFIRM THE REQUIREMENT OF NOZZLES					
(1) Nozzle Orientation	( )	( )			
(2) Nozzle Elevation	( )	( )			
(3) Flange Class, Face	( )	( )			
(4) Platform	( )	( )			
(5) Ladder	( )	( )			
(6) Insulation Thickness	( )	( )			
10. CONFIRM THE REQUIREMENTS PIPE ROUTE.					
*(1) Line No. and Line Size are Shown	( )	( )		( )	P&ID
(2) Flow Direction	( )	( )			
* (3) Pipe Class	( )	( )			P&ID
(4) Insulation	( )	( )			
(5) Pipe to Pipe Spacing	( )	( )		( )	P&ID
(6) Heat Trace to Each Line	( )	( )			
(7) Space for Inst. and Elec. Cable Tray	( )	( )			P&ID
(8) Continuation of Connecting Line	( )	( )			P&ID
(9) Spec. Break.	( )	( )			P&ID
(10) Over Head Clearance Stair & Ladder	( )	( )			
(11) Access Space for Operation & Maintenance	( )	( )			P&ID
(12) Special Process Requirement Such as Slops, No Pocket, Min. Pipe etc,.	( )	( )			P&ID

ตารางที่ ค.1 มาตรฐานและเช็คชีทการตรวจสอบกระบวนการออกแบบ Piping (ต่อ)

CHECK ITEMS AND POINTS	CHECK				REFERENCE DOC. OR REMARKS
	ORG.	ALE	CLE	MGR	
	A	B	C	D	
11. CONFIRM THE REQUIREMENTS OF INLINE INSTRUMENTS.					
(1) All Instrument Lists and TAG. no are Shown.	( )	( )			P&ID
(2) Line Size, Flange Face & Rating	( )	( )			INST. DWG.
(3) Flow Directions	( )	( )			INST. DWG.
(4) Straight Run is Enough	( )	( )			INST. DWG.
(5) Face to Face Dimension	( )	( )			INST. DWG.
(6) Actuators Interference to Pipe or Other	( )	( )			INST. DWG.
(7) Operation & Maintenance	( )	( )			INST. DWG.
12. CONFIRM PIPING SUPPORTING					
(1) Supports Marking	( )	( )			Piping Route Study and
(2) Over Hang Length.	( )	( )			Stress Analysis.
(3) Others	( )	( )			

ตารางที่ ค.1 มาตรฐานและเช็คชีทการตรวจสอบกระบวนการออกแบบ Piping (ต่อ)

CHECK ITEMS AND POINTS	CHECK				REFERENCE DOC. OR REMARKS
	ORG.	ALE	CLE	MGR	
	A	B	C	D	
13. GENERAL					
13.1 The following items to be mentioned correctly on the DWG. Title block	( )	( )			
(21) Name of plant	( )	( )			
(22) Name of client	( )	( )			
(23) Name of project	( )	( )			
(24) Work No.	( )	( )			
(25) Rev. No.	( )	( )			
(26) Description	( )	( )			
(27) Date.	( )	( )			
(28) Scale	( )	( )			
(29) Signature	( )	( )			
14. CONFIRM WITH THE LATEST P&ID AND PIPING ARRANGEMENT.	( )	( )			
15. CONFIRM PIPING DESIGN CHECK OF GA DWG.					
(1) GA DWG. are Already Signed and Certified by Pe Column A, B, C and D rson in Charge as Shown in the	( )	( )			
4. CONFIRM THE COORDINATION					
(1) North Mark	( )	( )			
(2) Location of Main Column	( )	( )			
(3) Matching DWG.or Continuation to Other DWG.	( )	( )			

ตารางที่ ค.1 มาตรฐานและเช็คชีทการตรวจสอบกระบวนการออกแบบ Piping (ต่อ)

CHECK ITEMS AND POINTS	CHECK				REFERENCE DOC. OR REMARKS
	ORG.	ALE	CLE	MGR	
	A	B	C	D	
5. CONFIRM THE LINE SPECIFICATION.					
(1) Line No.	( )	( )			
*(2) Pipe Size	( )	( )			
*(3) Pipe Class.	( )	( )	( )	( )	
(4) Pipe Jacket or Tracing					
6. CONFIRM THE FOLLOWING ITEMS.					
(1) Flow Direction	( )	( )			
(2) Line Class Break.	( )	( )			
(3) Slope	( )	( )			
7. CONFIRM VALVE SPECIFICATION.					
(1) Valve No.	( )	( )	( )	( )	
*(2) Valve Size	( )	( )	( )	( )	
*(3) Valve Class	( )	( )			
(4) Face to Face Dimension	( )	( )			
(5) Flange Face RF or FF	( )	( )			
8. CONFIRM FITTING SPECIFICATION.					
(1) Elbow Redius	( )	( )			
(2) Branch Connection.	( )	( )			
(3) Dimension.	( )	( )			
(4) Other.	( )	( )			
9. CONFIRM THE INSULATION CODE	( )	( )	( )		

ตารางที่ ค.1 มาตรฐานและเช็คชีทการตรวจสอบกระบวนการออกแบบ Piping (ต่อ)

CHECK ITEMS AND POINTS	CHECK				REFERENCE DOC. OR REMARKS
	ORG.	ALE	CLE	MGR	
	A	B	C	D	
10. CONFIRM THE REQUIREMENTS FOR DRAIN AND VENT.					
(1) Valve	( )	( )			
(2) Flange	( )	( )			
(3) Coupling	( )	( )			
11. CONFIRM DETAIL SPECIFICATION OF SPECIAL PARTS.					
(1) Size	( )	( )			
(2) Class	( )	( )			
(3) Connection Type	( )	( )			
(4) Material Specification	( )	( )			
12. CONFIRM THE REQUIRMENTS OF SUPPORTS (IF REQUIRED TO SHOW IN ISOMETRIC DWG.)					
(1) Location	( )	( )			
(2) Marking	( )	( )			
(3) Trunnion Detail at Elbow	( )	( )			
13. CONFIRM ALL BELOW BILL OF MATERIALS AS SHOWN ON B/Q CHART ARE CORRECT.					
*(1) Each Line Size	( )	( )	( )	( )	
*(2) Each Valves Size	( )	( )	( )	( )	
(3) Fitting	( )	( )			
*(4) Special Parts	( )	( )	( )	( )	
(5) Others.					

ภาคผนวก ง

ตารางการวิเคราะห์หาลักษณะข้อบกพร่องของผลกระทบ (FMEA)
ของการออกแบบ และเขียนแบบของแผนกวางแผนและออกแบบท่อ (หลังการปรับปรุง)

ตารางที่ ง.1 การวิเคราะห์หาลักษณะข้อบกพร่องของผลกระทบ (FMEA) ของการออกแบบ และเขียนแบบของแผนกวางแผนและออกแบบท่อ

Item	Requirement	Potential Effect Mode	Potential Effect of Failure	SEV	CLASS	Potential Cause Of Failure	OCCUR	Current Design Control		DETECT	RPN	Recommended Action (s)	Responsibility & Target Date	Action Results				
								Prevention	Detection					Action Taken	SEv	OCC	DET	RPN
การวาง Layout ท่อ	วาง Layout ท่อ ได้ตามพื้นที่ที่กำหนดไว้	วางท่อไม่ตรงตามแบบ ชิดกันเกินไป	ทำให้ไม่สามารถเข้าไปทำงานได้สะดวก	7		ไม่มีมาตรฐานระยะการวางท่อ	6	ทวนสอบแบบก่อนส่งลูกค้า	จำลองโดยใช้ 3D Program	4	168	จัดทำมาตรฐานการติดตั้ง	Piping Dept Month/YY	จัดทำมาตรฐานการวางระยะท่อ	5	3	4	60
	วางท่อเข้ากับอุปกรณ์ตามกระบวนการออกแบบ	ต่อท่อเข้ากับ nozzle ผิดจาก P&ID	Equipment เกิดความเสียหาย	8		ความผิดพลาดของผู้ออกแบบ	2	ทวนสอบแบบก่อนทำการก่อสร้าง	จำลองโดยใช้ 3D Program	4	64							
	วางท่อให้สามารถใช้งานได้สะดวก	ลูกค้าต้องเอื้อมมือเพื่อใช้งาน	ทำให้ลูกค้าใช้งานได้ไม่สะดวก	7		ออกแบบติดตั้งวาวล์สูงเกินไป	7	ทวนสอบแบบก่อนส่งลูกค้า	จำลองโดยใช้ 3D Program	4	196	จัดทำมาตรฐานการติดตั้ง	Piping Dept Month/YY	จัดทำมาตรฐานการติดตั้งวาวล์	5	4	4	80
	ต้องมีประสิทธิภาพการไหล	ของเหลวไหลได้ไม่สะดวก	เครื่องจักรทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ	8		ออกแบบโดยใช้ Pocket ทำให้เกิดตะกรัน	3	ทวนสอบแบบก่อนส่งลูกค้า	-	2	48							

ตารางที่ ง.1 การวิเคราะห์หาลักษณะข้อบกพร่องของผลกระทบ (FMEA) ของการออกแบบ และเขียนแบบของแผนกวางแผนและออกแบบท่อ (ต่อ)

Item	Requirement	Potential Effect Mode	Potential Effect of Failure	SEV	CLASS	Potential Cause Of Failure	OCCUR	Current Design Control		DETECT	RPN	Recommended Action (s)	Responsibility & Target Date	Action Results				
								Prevention	Detection					Action Taken	SEv	OCC	DET	RPN
การออกแบบชนิดของวัตถุดิบ	สเปคของวัตถุดิบต้องตรงตามข้อกำหนด	สเปควัตถุดิบไม่ตรงตามข้อกำหนด	ท่อเกิดการกัดกร่อนเมื่อผ่านการใช้งาน	8		ป้อนโปรแกรมสเปคผิด	7	ทวนสอบแบบก่อนส่งลูกค้า	-	5	280	จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบ	Piping Dept Month/YY	จัดทำเช็คชีทเพื่อตรวจความถูกต้อง	5	5	4	100
การออกแบบ Load ของท่อ	Support ต้องสามารถรองรับน้ำหนักของท่อได้	Support บิดงอ	ท่อร่วงพังเสียหาย	8		คำนวณ Load ต่อจุดน้อยเกินไป	2	ทวนสอบแบบก่อนส่งลูกค้า	ใช้โปรแกรม CEASAR จำลอง	2	32							
การวิเคราะห์ความเสี่ยงในการใช้งาน	Support ที่ใช้ยึดท่อต้องมีขนาดที่เหมาะสม	Support มีขนาดไม่เหมาะสมเล็กเกินไป	Support บิดงอ ท่อพัง	8		ป้อนข้อมูลการใช้งานของท่อผิดพลาด	5	ทวนสอบแบบก่อนส่งลูกค้า	ใช้โปรแกรม CEASAR จำลอง	5	200	จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบ	Piping Dept Month/YY	จัดทำเช็คชีทเพื่อตรวจความถูกต้อง	5	3	4	60

ตารางที่ ง.1 การวิเคราะห์หาลักษณะข้อบกพร่องของผลกระทบ (FMEA) ของการออกแบบ และเขียนแบบของแผนกวางแผนและออกแบบท่อ (ต่อ)

Item	Requirement	Potential Effect Mode	Potential Effect of Failure	SEV	CLASS	Potential Cause Of Failure	OCCUR	Current Design Control		DETECT	RPN	Recommended Action (s)	Responsibility & Target Date	Action Results				
								Prevention	Detection					Action Taken	Sev	OCC	DET	RPN
	สภาพท่อต้องไม่มีการแตกร้าว บิดงอเมื่อใช้งาน	สภาพท่อเกิดการแตกร้าว	โรงงานเกิดความเสียหาย	8		วัตถุดิบของท่อไม่สามารถรองรับการใช้งานได้	2	ทวนสอบแบบก่อนส่งลูกค้า	ใช้โปรแกรม CEASAR จำลอง	3	48							
	บริเวณข้อต่อท่อ (Nozzle) ต้องไม่เกิดความเสียหาย	Nozzle พัง	เกิดการรั่วของสารที่อยู่ภายใน	7		Support ไม่สามารถยึดท่อได้	3	ทวนสอบแบบก่อนส่งลูกค้า	ใช้โปรแกรม CEASAR จำลอง	3	63							

ภาคผนวก จ

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

IE Network Conference 2012
การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2555
Proceedings
รวมบทความฉบับสมบูรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา
รองศาสตราจารย์จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดาริชา สุชีวงศ์.
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานพ เรี่ยวเดชะ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ
อาจารย์สุรพงษ์ ศิริกุลวัฒนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประมวล สุธีจารุวัฒน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สีรง ปรีชานนท์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประเสริฐ อัครประถมพงศ์
อาจารย์ ดร.ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย
อาจารย์ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล
อาจารย์ภูมิ เหลืองจามีกร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อาจารย์ ดร.ปุณณมี สัจจกมล
อาจารย์ ดร.พัชรี โตแก้ว ทองรัตนะ
อาจารย์ ดร.รมิตายุ อยู่สุข
อาจารย์ ดร.สุดารัตน์ วงศ์วีระเกียรติ
อาจารย์ ดร.สุวิชภรณ์ วิชกูล
อาจารย์ ดร.ไอลดา ศรีรัตน์ตระกูล

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

อาจารย์อณจ ชัยมณี

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

อาจารย์ ดร.ชัยวัฒน์ นุ่มทอง
อาจารย์ ดร.นัฏฐวิกา จันทร์ศรี
อาจารย์ ดร.เพ็ญสุดา พันฤทธิ์คำ
อาจารย์นันทวุฒิ ศรีอริยวัฒน์
อาจารย์ ดร.ศิริรัตน์ หมื่นวณิชกูล
อาจารย์ ดร.สิรางค์ กลั่นคำสอน
อาจารย์จักรินทร์ กลั่นเงิน
อาจารย์ประภาพรรณ เกษราพงศ์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร.ชาญณรงค์ สายแก้ว
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรพัฒน์ เศรษฐ์สมบูรณ์
อาจารย์ ดร.จุมพล วรสายัณห์
รองศาสตราจารย์ ดร.ดนัยพงศ์ เชษฐโชติศักดิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิขรินทร์ สุขโต
อาจารย์ ดร.ธนา ราษฎ์ภักดี

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รองศาสตราจารย์ ดร.ชนนาถ กฤตวรกาญจน์
รองศาสตราจารย์ ดร.นิวิท เจริญใจ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งฉดร ชมภูอินไหว
อาจารย์ ดร.วรพจน์ เสรีรัฐ
รองศาสตราจารย์ ดร.อภิชาติ โสภาแดง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คมกฤต เล็กสกุล
อาจารย์ ดร.กรกฎ ไยบัวเทศ ทิพยาวงศ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รองศาสตราจารย์ ดร.เดือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์
รองศาสตราจารย์ ดร.บวรโชค ผู้พัฒน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจริญชัย โชมพัตราภรณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยา คำคำ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบุญ เจริญวิไลศิริ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พจมาน เตียวัฒนรัฐติกาล
อาจารย์ ดร.ช่อแก้ว จตุรานนท์
อาจารย์ ดร.พงษ์ศักดิ์ ถึงสุข
อาจารย์ ดร.พิเนษฐ์ ศรีโยธา
อาจารย์มงคล ลีนะวัฒน์
รองศาสตราจารย์ ดร.อาษา ประทีปเสน
รองศาสตราจารย์วชิระ มีทอง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุขสันต์ พรหมบัญพงศ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภินันทนา อุดมศักดิกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เจริญ สุนทราวาณิชย์
อาจารย์ ดร.ไพบูลย์ ช่วงทอง
อาจารย์ ดร.ศุภฤกษ์ บุญเทียร
อาจารย์ ดร.อุษณีษ์ คำพูล
อาจารย์เจษฎา จันทวงษ์โส
อาจารย์สุจินต์ ธงถาวรสุวรรณ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รองศาสตราจารย์ ดร.อรรถกร เก่งพล
รองศาสตราจารย์วันชัย แหลมหลักสกุล
อาจารย์ ดร.กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์
อาจารย์ ดร.กฤษดา อัศวรุ่งแสงกุล
อาจารย์ ดร.กุศล พิมาพันธุ์ศรี
อาจารย์ ดร.ชยชัช เผือกสามัญ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรเดช วุฒิพรพันธ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นราธิป แสงช้าย
อาจารย์ ดร.ธนสาร อินทรกำธรชัย
อาจารย์ ดร.นันทกฤษณ์ ยอดพิจิต
อาจารย์ ดร.วิชัย รุ่งเรืองอนันต์
อาจารย์สงกรานต์ บางศรัณย์ทิพย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

อาจารย์ ดร.วิจิตรสวัสดิ์ สุขสวัสดิ์ ณ อยุธยา
อาจารย์ชนิดา สุนารักษ์
อาจารย์พัฒนพงษ์ แสงหัตถวัฒนา
อาจารย์วรินทร์ เกียรตินุกูล
อาจารย์อรณิชา อนุชิตชาญชัย
อาจารย์พรเทพ แก้วเชื้อ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชัย จันทร์มณี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชาญ ช่วยพันธ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงษ์ กิมะพงศ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ต่อสกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณฐา คุปตัษเฐียร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรัตน์ ตรัยวนพงษ์
อาจารย์ ดร.ชัยยะ ปราณีตพลกรัง
อาจารย์ ดร.ระพี กาญจนะ
อาจารย์ศุภเอก ประมูลมาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พายัพ เชียงใหม่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์มนวิภา อาวิพันธ์
อาจารย์ ดร.บรรเจิด แสงจันทร์พิสา
อาจารย์ ดร.นเรศ อินตรีวงศ์
อาจารย์ ดร.ภาคภูมิ จารุภูมิ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พายัพ เชียงใหม่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์มนวิภา อาวิพันธ์
อาจารย์ ดร.บรรเจิด แสงจันทร์พิสา
อาจารย์ ดร.นเรศ อินตรีวงศ์
อาจารย์ ดร.ภาคภูมิ จารุภูมิ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เดช เหมือนขาว
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรสิทธิ ระวังวงศ์
อาจารย์ ดร.มาดามะสูไฮมี มะแซ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

อาจารย์สัญญา คำจริง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ชัย จิตตะมัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ เสริมสุชีอนุวัฒน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ จงกล
อาจารย์ ดร.ปภากร ทิพยชวาล
อาจารย์ ดร.ปวีร์ ศิริรักษ์
อาจารย์ ดร.วีระชัย มโนพิเชฐวัฒนา

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

รองศาตราจารย์ ดร.จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์
รองศาตราจารย์ ดร.จิรศิริพงศ์ เจริญภัณฑารักษ์
รองศาตราจารย์ ดร.ตรีทศ เหล่าศิริหงษ์ทอง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิวัฒน์ มุดตามระ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสมอจิตร หอมรสสุคนธ์

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัญญา พิทักษ์กุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์
อาจารย์ ดร.ณัฐพัชร์ อารีรัชกุลกานต์
อาจารย์ ดร.สมหญิง งามพรประเสริฐ
อาจารย์ ดร.สัณห์ รัฐวิบูลย์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

รองศาสตราจารย์ ดร.กวิณ สนธิเพิ่มพูน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ
อาจารย์ ดร.ขวัญณิธิ คำเมือง
อาจารย์ ดร.ภาณุ บรูณจารุกร
อาจารย์วิสาข์ เจ่าสกุล
อาจารย์ศรีสัจจา วิทยศักดิ์

มหาวิทยาลัยบูรพา

รองศาสตราจารย์เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรหาญ ลิลา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จันทร์ฑา นาควชิรตระกูล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชีรวัฒน์ สมสิริกาญจนคุณ
อาจารย์ ดร.จักรวาล คุณะดิลก
อาจารย์ ดร.กฤษดา ประสพชัยชนะ
อาจารย์ ดร.ฤภูวัลย์ จันทรสา

มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

รองศาสตราจารย์สุคนธ์ อาจฤทธิ์

มหาวิทยาลัยรังสิต

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนวรรณ อัศวไพบูลย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพียงจันทร์ จริงจิตร
อาจารย์ ดร.พิษณุ มนัสปิติ
อาจารย์ต่อศักดิ์ อุทัยไขฟ้า
อาจารย์พรรคพงษ์ แก่นณรงค์
อาจารย์ศิลปชัย วัฒนเสย
อาจารย์สมพร พรหมดวง
อาจารย์สายสุนีย์ พงษ์พัฒนศึกษา

มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษดา พิศลยบุตร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชนี ภูวพัฒนะพันธุ์
อาจารย์ ดร.เลิศเลขา ธนะชัยขันธ์
อาจารย์นันทวรรณ อำเอี่ยม
อาจารย์นุกูล อุบุลมาน
อาจารย์มาริสา แก้วสุวรรณ

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

รองศาสตราจารย์ธนรัตน์ แต้วัฒนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิลวรรณ ชุ่มฤทธิ์
อาจารย์ ดร.พิลดา หวังพานิช
อาจารย์พงษ์เพ็ญ จันทนะ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์มิดรมาณี ดรีวัฒนาวงศ์
อาจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ คงประเสริฐ
อาจารย์สิรเดช ชาตินิยม

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

รองศาสตราจารย์ ดร.นิกร ศิริวงศ์ไพศาล
รองศาสตราจารย์สมชาย ชูโฉม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ รัตนวิไล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัญชนา สินธวาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร สุธรรมานนท์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เจริญ เจตวิจิตร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิเชฐ ตระการชัยศิริ
รองศาสตราจารย์วนิดา รัตนมณี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กลางเดือน โพชนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภิสพร มีมงคล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพรรณ ไชยประพัทธ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.องุ่น สังขพงศ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ยอดดวง พันธ์นรา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สงวน ตั้งโพธิธรรม

มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

รองศาสตราจารย์ ดร.สถาพร อมรสวัสดิ์วัฒนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา กาญจนสุนทร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนะ เอี่ยงกมลสิงห์
อาจารย์ ดร.วัฒนชัย พฤกานนท์

มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

อาจารย์จิตลดา ชิ้มเจริญ
อาจารย์นิศากร สมสุข
อาจารย์วรลักษณ์ เสถียรรังสฤษฎ์
อาจารย์อรอุมา กอสนาน

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิศร ภูนิคม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชสรา เกรียงกรกฎ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุขอังคณา ลี
อาจารย์ ดร.จริยาภรณ์ อุ่นวงษ์
อาจารย์ ดร.ธารชุดา พันธ์นิกุล
อาจารย์ไท แสงเทียน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นลิน เพียรทอง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา เกรียงกรกฎ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลมบัติ สินธุเชาวน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุริยา โชคสวัสดิ์
อาจารย์ ดร.สัณห์ โอพาพิริยกุล
อาจารย์ดะวันฉาย โพธิ์หอม
อาจารย์สุรเจษฐ์ ก้อนจันทร์

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

รองศาสตราจารย์ ดร.กีรติ ชยะกุลคีรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธรินี มณีศรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมตะ ทัศนภักดิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนภัทร พรหมวัฒนภักดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พศวีร์ ศรีโหมด
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชิต เครือสุข
อาจารย์ ดร.เทพฤทธิ์ ทองชุบ
อาจารย์ ดร.วริสรา เลิศไพฑูรย์พันธ์
อาจารย์จักรพันธ์ กันหา
อาจารย์ธนัญ เรือนคง
อาจารย์อัศวิน วงศ์วิวัฒน์
อาจารย์ศิระ สัตยไพศาล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลธิศ เอี่ยมวรวุฒิกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัฒตรา เกษราพงศ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ถาวร อมตกิตติ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัฒนพงศ์ อริยสิทธิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชวลิต มณีศรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ
อาจารย์ ดร.อัศม์เดช วานิชชินชัย
อาจารย์ก่อศักดิ์ อาชวากร
อาจารย์ธนิน ศรีวะรมย์
อาจารย์ธีวินท์ นฤนาท
อาจารย์วันวิสา ด่วนตระกูลศิลป์

มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เดชา พวงดาวเรือง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุภาภรณ์ สุวรรณรังษี

โรงเรียนนายเรืออากาศ

รองศาสตราจารย์สุทธิ์ ศรีบูรพา

อาจารย์อวยชัย วิตต์เอื้อ

อาจารย์อมฤต ศรีบรูพา

สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยพฤกษ์ อาภาเวท

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประยูร สุรินทร์

อาจารย์เจษฎา วงษ์อ่อน

อาจารย์พิทักษ์ พนาวัน

อาจารย์สุเนตร มูลทา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รองศาสตราจารย์ ดร.กรรณชัย กัลยาศิริ

รองศาสตราจารย์ ดร.ฤดี มาสุจันทร์

รองศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ คล่องบุญจิต

อาจารย์ ดร.ชุมพล ยวงไย

อาจารย์ ดร.วิภู ศรีสืบสาน

อาจารย์ ดร.อุดม จันทร์จรัสสุข

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กล่อมจิตร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปฏิพัทธ์ หงษ์สุวรรณ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์จันทร์เพ็ญ อนุรัตนานนท์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันชัย ลีลาธวีวงศ์

อาจารย์ ดร.สิทธิชัย แซ่เหลิม

อาจารย์ ดร.สุจินต์ วุฒิชัยวัฒน์

อาจารย์ ดร.คเณศ พลอยดนัย

อาจารย์กวินธร สัยเจริญ

มหาวิทยาลัยมหิดล

รองศาสตราจารย์ศุภชัย นาทะพันธ์

อาจารย์ ดร.กนกวรรณ กิ่งผดุง

อาจารย์ ดร.มงคล เทียนวิบูลย์

อาจารย์ ดร.เกียรติศักดิ์ ศรีตระกูลชัย

อาจารย์ ดร.รณชัย ศิโรเวฐนุกูล

อาจารย์ดวงยศ สุภีกิตย์

อาจารย์ศุภชัญ ราษฎร์ศิริ

อาจารย์ธนา สาตรา

อาจารย์สิทธิพันธุ์ ตัณฑวิรุฬห์

กลุ่มที่ 4 Quality Management and Statistical Applications (ต่อ)

QMS011 การวัดประสิทธิภาพการดำเนินงานของสหกรณ์กองทุนสวนยาง 764
กรณีศึกษา สหกรณ์กองทุนสวนยางในจังหวัดสงขลา
สวรินทร์ ประดิษฐอุกฤษฏ์ นภิสพร มีมงคล รัญชนา ลินธวาลัย*

QMS012 การปรับปรุงวิธีการสุ่มตรวจวัดถุดิบในกระบวนการตรวจรับชิ้นส่วนไดซ์ 770
ในการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์
จักรภริช ดินชื่น ศุภรัชชัย วรรัตน์*

QMS013 สภาวะที่เหมาะสมในผลิตถ้วยรับน้ำยางจากยางธรรมชาติและเส้นใยธรรมชาติ 777
พงษ์พันธ์ ราชภักดี จุฑาทิพย์ อาจชมภู ประเสริฐ คงแก้ว*

QMS014 การพัฒนาระบบบริหารคุณภาพสำหรับโรงงานผลิตขวดแก้วบรรจุอาหาร 781
นันทพร อินทร์พงษ์พันธุ์ จิตรา รู้กิจการพานิช*

QMS015 การบริหารความเสี่ยงของการออกแบบท่อในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขนาดเล็ก 787
สุภางค์ ครั่นคร้ามผิด ณฐา คุปตัษเฐียร*

QMS016 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมของการตัดแนวเอียงวัสดุ SKD11 ด้วยลวดไฟฟ้า 796
โอรีส มณีสาย ปริญญา ศรีสัตยกุล*

QMS017 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการขึ้นรูปลวดทำความร้อน 800
ภาณุเดช แสงสีดำ ปริญญา ศรีสัตยกุล นภดล บุตรเครือ นันทวัฒน์ จินดากูล*

QMS018 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งของวาล์วไอดีในกระบวนการอบคืนตัว 803
กฤษดา ประสพชัยชนะ คุณวุฒิ เครือศรี*

QMS019 การประยุกต์ใช้วิศวกรรมคอนเคอร์เรินท์ในการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการตัดท่อ 809
วุฒิชัย ยังสว่าง อรรถกร เก่งพล*

QMS020 การประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรมในการเพิ่มประสิทธิภาพ 818
เครื่องบรรจุยาน้ำ
สิริชัย สุรัตนชัยการ อรรถกร เก่งพล*

QMS021 การลดของเสียในการผลิตเครื่องประดับเงิน 822
ไพฑูรย์ ศิริโอพาร ชลิดา ชาญวิจิตร*

การบริหารความเสี่ยงของการออกแบบท่อในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขนาดเล็ก

Project Risk Management of Planning and Design in industrial Petrochemical Small Project

นาย สุภางค์ ครั่นคร้ามผิด[1*] ณฐา คุปตัษเฐียร
คณะวิศวกรรมสาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110
E-mail: supang_kkp@hotmail.com*

Supang Krankrampid[1*] Natha Kuptasthien
Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of TechnologyThanyaburi, Thanyaburi Pratumthani 12110
E-mail: supang_kkp@hotmail.com*

บทคัดย่อ

สำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างโดยเฉพาะงานเมกะโปรเจ็กท์ของภาครัฐที่จะดำเนินการในอนาคต ถือว่าเป็นเป้าหมายหลักของบริษัทตัวอย่าง แต่เนื่องจากมีการแข่งขันกันสูง จึงต้องมีการปรับปรุงประสิทธิภาพขององค์กรให้สามารถแข่งขันได้ จากการศึกษาข้อมูลการประมูลงานของบริษัทตัวอย่างในปี พ.ศ.2551 ซึ่งเป็นงานที่ต้องส่งมอบให้ลูกค้าภายในปลายปี พ.ศ. 2553 ยังเหลืองานที่เสร็จไม่ทันตามกำหนดเวลาเป็นจำนวนมากโดยมาจากกระบวนการทำงานที่เกิดความล่าช้า ที่ต้องแก้ไขแบบเนื่องจากแบบมีความผิดพลาด และที่สำคัญมีกระบวนการในการตรวจสอบงานที่น้อยเกินไป และการรอคอยงานในแผนกเดียวกัน และแผนกอื่นเกิดความล้าช้า เป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดปัญหาความล้าช้าในการส่งมอบงานให้กับลูกค้า จะเห็นได้จากมูลค่าของงานที่ส่งมอบไม่ทันตามกำหนดเวลาโดยข้อมูล ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2553 บริษัทมีโครงการที่อยู่ระหว่างการดำเนินงานมูลค่ารวม 30,647 ล้านบาท โดยเป็นมูลค่างานที่ยังไม่ได้รับรู้รายได้ (Backlog) ทั้งสิ้น 5,904 ล้านบาท การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้นำเทคนิคการวิเคราะห์ความผิดพลาดและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) มาประยุกต์ใช้ เพื่อหาแนวทางปรับปรุงกระบวนการปฏิบัติงานเพื่อลดความผิดพลาดในกระบวนการออกแบบและเขียนแบบ แล้วสร้างแผนควบคุมในการตรวจสอบแบบของพนักงานออกแบบ แผนก Planning and Piping โดยทำการศึกษาเฉพาะโครงการที่ล่าช้าในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่เป็นลูกค้าของบริษัทตัวอย่าง ผลที่ได้รับจากงานวิจัยสามารถลดความล่าช้าในการส่งมอบงานของบริษัทตัวอย่างได้

คำสำคัญ: เทคนิคการวิเคราะห์ความผิดพลาดและผลกระทบ, กระบวนการออกแบบและเขียนแบบท่อ, แผนการควบคุม

ABSTRACT

The construction industry, especially mega projects out of the government to implement in the future. Considered a primary goal of A company. But because of intense competition. It must be to improve corporate competitiveness. Learn from the education of the company in the year 2551, a task that must be delivered to customers by the end of the year 2553 to complete remaining work behind schedule by a large number from the process. work delay. The form is due to editing errors. And more importantly the process of checking job too small. And wait in the same department. And the slow sections. The problem is a major cause delays in delivery to customers. Can be seen from the value of the delivered behind schedule by as of December 31, 2553 the Company has projects under operation totaling 30,647 million, a contract that has not recognized income (Backlog.) a total of 5904 million of this research. Technical analysis is the failure and the effects (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) applied. To find ways to improve operational processes to reduce errors in design and drawing process. And create a plan to control the monitoring of employees by the Planning and Piping Design Department to study the delay in the petrochemical industry projects that customers of a company. The expected result could designed to reduce the delays works in the delivery of the case study company.

Keywords: Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Piping Design Process, Control Plan

1. บทนำ

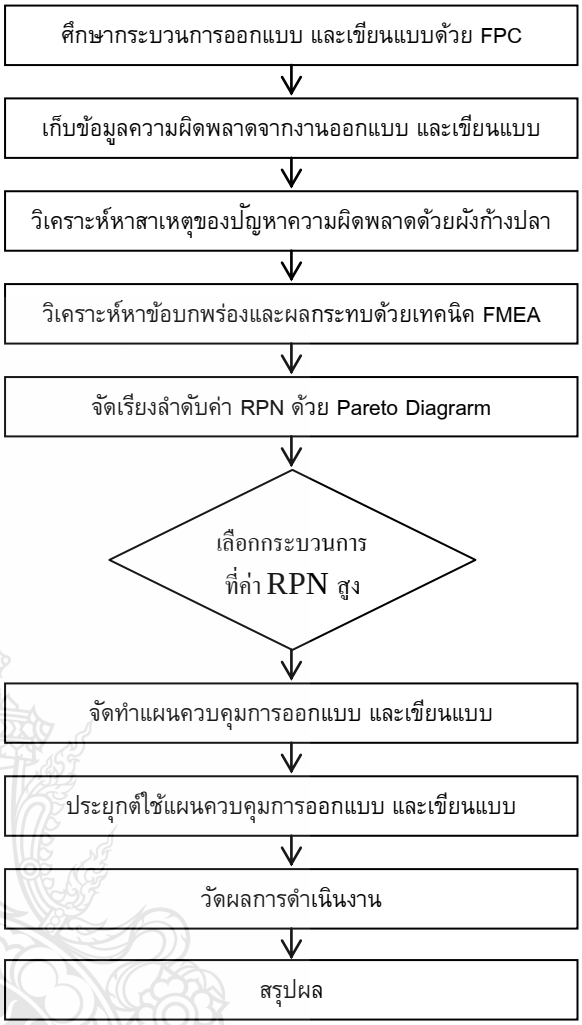
บริษัทตัวอย่าง ประกอบธุรกิจการให้บริการด้านการออกแบบวิศวกรรม การจัดหาเครื่องจักรและอุปกรณ์ และการก่อสร้างโรงงานแบบครบวงจร (Integrated Engineering, Procurement and Construction, Integrated EPC) บริษัทมีประสบการณ์ และความเชี่ยวชาญในด้านการออกแบบวิศวกรรม (Engineering Design) การจัดซื้อจัดหาเครื่องจักรและอุปกรณ์ (Procurement of Machinery and Equipment) และการรับเหมาก่อสร้างโรงงานอุตสาหกรรม (Construction of Turn-key Projects for Industrial and Process Plants) ซึ่งคลอบคลุมถึงระบบการผลิต ระบบสาธารณูปโภคของโรงงาน และระบบการจัดเก็บ ลำเลียง และขนส่งผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ ขอบเขตขนาดโครงการที่บริษัทให้บริการอยู่ในปัจจุบันจะมีมูลค่าไม่เกิน 300 ล้านเหรียญสหรัฐ เป้าหมาย ลูกค้าของบริษัทฯ และบริษัทย่อยสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มอุตสาหกรรม คือ ปิโตรเคมี เคมีภัณฑ์ และปิโตรเลียม โดยสัดส่วนการให้บริการแก่ลูกค้าแต่ละกลุ่มในงวดปีพ.ศ. 2551 – 2553

จากการศึกษาข้อมูลการประมูลงานของบริษัทในปี พ.ศ.2551 ซึ่งเป็นงานที่ต้องส่งมอบให้ลูกค้าภายในปลายปี พ.ศ. 2553 ยังเหลืองานที่เสร็จไม่ทันตามกำหนดเวลาเป็นจำนวนมากโดยมาจากกระบวนการทำงานที่เกิดความล่าช้า ที่ต้องแก้ไขแบบเนื่องจากแบบมีความผิดพลาด และที่สำคัญมีกระบวนการในการตรวจสอบงานที่น้อยเกินไป และการรอคอยงานในแผนกเดียวกัน และแผนกอื่นเกิดความล้าช้า ระบบการบริหารงานและโครงสร้างขององค์กร ณ สภาพปัจจุบันของบริษัทตัวอย่างมีการจัดองค์กร ตามกระบวนการทำงาน มีการแบ่งแผนกต่างๆ โดยใช้หน้าที่การปฏิบัติงานเป็นเกณฑ์ในการแบ่งค่อนข้างมีความเป็นอิสระระหว่างกันมาก ทำให้ในองค์กรขาดการ

ประสานงานระหว่างแผนก แต่ละแผนกไม่คำนึงถึงลูกค้าภายใน ซึ่งส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของกระบวนการปฏิบัติงาน และคุณภาพของงาน เป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดปัญหาความล้าช้าในการส่งมอบงานให้กับลูกค้า จะเห็นได้จากมูลค่าของงานที่ส่งมอบไม่ทันตามกำหนดเวลาโดยข้อมูล ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2553 บริษัทมีโครงการที่อยู่ระหว่างการดำเนินงานมูลค่ารวม 30,647 ล้านบาท โดยเป็นมูลค่างานที่ยังไม่ได้รับรู้รายได้ (Backlog) ทั้งสิ้น 5,904 ล้าน

2.วิธีการดำเนินงานวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย 10 ขั้นตอนดังแสดงในรูปที่1 โดยเริ่มจากการศึกษาด้วยการเก็บข้อมูลของการออกแบบและเขียนแบบ แล้ววิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดความผิดพลาดในการออกแบบและเขียนแบบด้วยแผนภาพสาเหตุและผล (Case and Effect Diagram) วิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบด้วยเทคนิค FMEA จัดเรียงค่า RPN ด้วยแผนภาพพาเรโต แล้วเลือกกระบวนการที่มีค่า RPN สูง ต่อมาจัดทำแผนควบคุมการออกแบบและเขียนแบบ ประยุกต์ใช้แผนควบคุมกระบวนการผวัดผลการดำเนินงานและการสรุปผลเป็นขั้นตอนสุดท้าย

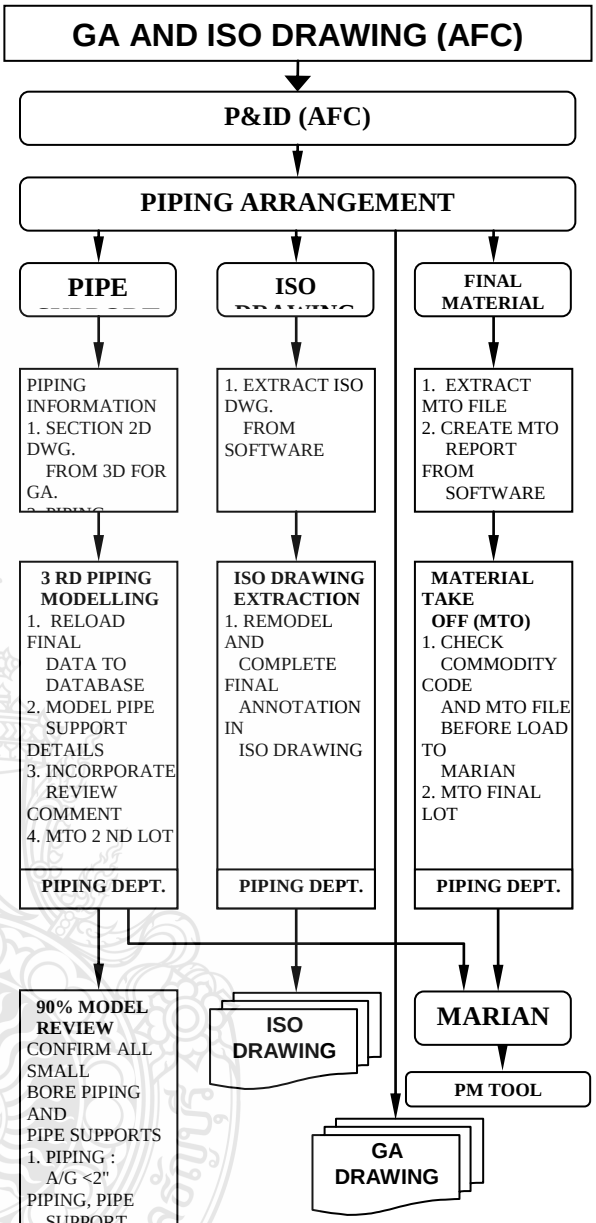


รูปที่ 1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 ศึกษากระบวนการออกแบบและเขียนแบบ

กระบวนการออกแบบและเขียนแบบที่ทำการศึกษานี้ เป็นการออกแบบที่มีลักษณะกระบวนการออกแบบหลายขั้นตอนด้วยกัน เริ่มต้นจากข้อมูลจากโครงการที่ว่าจ้างให้บริษัทตัวอย่างทำการออกแบบจนถึงการส่งมอบงานที่ออกแบบและเขียนแบบให้กับทีมที่ทำการก่อสร้างตามการออกแบบ ดังแสดงในรูปที่2 จากกระบวนการออกแบบและเขียนแบบได้จัดทำแผนภูมิการไหลของกระบวนการออกแบบและเขียนแบบ เพื่อศึกษาวิธีการทำงานของพนักงานในปัจจุบัน ตั้งแต่ได้

ข้อมูลจากโครงการขั้นตอนต่อมา กำหนด Spec ที่ได้มาจากทำการออกแบบและเขียนแบบผ่านซึ่งในสามขั้นตอนนี้ ไม่รวมอยู่ในส่วนของการปรับปรุงกระบวนการผลิตและการวิเคราะห์ FMEA หลังจากกระบวนการออกแบบและเขียนแบบผ่านแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการนำ Isometric ซึ่งได้จากกระบวนการออกแบบและเขียนแบบ มาทำการตรวจสอบกับ P&ID และตรวจสอบกับแบบของ Vendor Dwg. กับ Information จากแผนกอื่น และตรวจสอบกับ ข้อมูลของท่อที่ต้องมีการคำณวน หากไม่ผ่านการตรวจสอบต้องแก้ไขแบบใหม่ จนกว่าจะผ่าน ส่งต่อให้ฝ่ายก่อสร้างทำการก่อสร้างต่อไป



รูปที่ 2 กระบวนการออกแบบ และเขียนแบบ

2.2 ข้อมูลความผิดพลาดจากการออกแบบ และเขียนแบบ

2.2.1การออกแบบและเขียนแบบก่อนการปรับปรุง

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของความผิดพลาดและสาเหตุการผิดพลาดของการออกแบบและเขียนแบบ พบว่าสามารถแบ่งประเภทของเสียออกเป็น 6 ประเภท

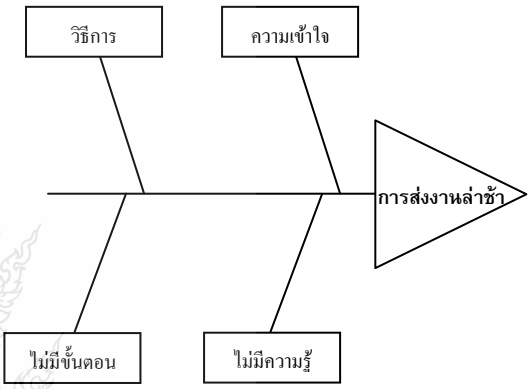
ในแต่ละประเภทจะมีรายละเอียดประเภทของเสียที่เกิดขึ้นย่อยๆอีก ซึ่งระยะเวลาการเก็บข้อมูลเริ่มตั้งแต่เดือนกันพฤษภาคม พ.ศ.2551 ถึงพฤษภาคมพ.ศ.2553 มีการส่งงานล่าช้ากว่า ดังแสดงในตารางที่1 เป็นการสรุปข้อมูลของงานโดยรวมก่อนการปรับปรุง

ตารางที่1 จำนวนงานที่เกิดการล่าช้าส่งไม่ทันกำหนด

ที่ตั้งโครงการ	สิ้นสุดโครงการ	ล่าช้า	ร้อยละมูลค่างานที่ไม่รู้รายได้	สาเหตุความผิดพลาด
D-1	พ.ค.51-ม.ค.53	17	89.50	กระบวนการตรวจสอบแบบ
D-2	ก.ย.51-ม.ย.53	14	90.28	กระบวนการตรวจสอบแบบ
D-3	ต.ค.51-พ.ค.53	5	62.71	กระบวนการตรวจสอบแบบ
D-4	ต.ค.51-ต.ค.53	8	7.05	กระบวนการตรวจสอบแบบ
D-5	พ.ย.50-มี.ค.53	20	9.07	กระบวนการตรวจสอบแบบ

2.3 การวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดของเสียด้วยแผนภาพแสดงเหตุและผล

การออกแบบและเขียนแบบจนถึงกระบวนการส่งมอบลูกค้ามีกระบวนการทั้งหมด 8 ขั้นตอนหลักๆและ 43 ขั้นตอนย่อยที่นำมาวิเคราะห์ทั้งหมดในส่วนสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องได้มีการประชุมระดมสมองจากหลายส่วนงานในแผนกเพื่อวิเคราะห์ถึงผลกระทบโดยใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด คือ แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ซึ่งเป็นแผนภาพที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลของปัญหาในขั้นตอนการตรวจสอบแบบดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภาพสาเหตุและผลแสดงความผิดพลาด

2.4 การวิเคราะห์หาข้อบกพร่องด้วยเทคนิค FMEA

การวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบ เป็นกลวิธีที่ใช้ในการศึกษาปัญหาอย่างเป็นระบบ เพื่อป้องกันปัญหาที่มีแนวโน้มจะเกิดปรากฏขึ้น ซึ่งกลวิธีดังกล่าวนี้ ถือว่าเป็นการส่งเสริมทักษะในการแก้ปัญหาให้มีลำดับ การคิดที่เป็นระบบ มีการจัดลำดับก่อนหลังของการเกิดปัญหาโดยเน้นไปที่การป้องกันปัญหาที่มีโอกาสการเกิด โดยในที่นี้ถือว่าเป็นการวิเคราะห์ถึงผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต[1] ขั้นตอนในการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องของผลกระทบ (FMEA) ประกอบด้วย

1.ระบุถึงปัจจัยที่ป้อนเข้าที่สำคัญต่อกระบวนการ (Key Process Input) เป็นการระบุถึงปัจจัยป้อนเข้าที่สำคัญต่อกระบวนการและปัจจัยที่ป้อนเข้าไปนั้นเป็นกระบวนการออกแบบและเขียนแบบที่มีทั้งหมด 8 กระบวนการหลักและ 43 กระบวนการย่อย

2.ลักษณะข้อบกพร่องที่มีแนวโน้มว่าจะเกิดขึ้น (Potential Failure Mode) เป็นการกำหนดและต้องตั้งคำถามในขั้นตอนย่อยๆ ของกระบวนการนั้น ถ้าการทำงานในแต่ละขั้นตอนไม่เป็นไปตามหน้าที่ที่ต้องการแล้วลักษณะข้อบกพร่องจะต้องเป็นอย่างไร ซึ่งในที่นี้ได้นำกระบวนการย่อยระบุเข้าไปเพื่อบ่งบอกรายละเอียดกระบวนการทำงานที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่องมาได้ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง

ระบบ	ความล้มเหลว	สาเหตุ	ผลกระทบ	มาตรการป้องกัน		การประเมินความเสี่ยง				
				ที่มีอยู่แล้ว	สิ่งที่ดำเนินการเพิ่ม	อ ก า	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
Check With P&ID	ผิดพลาด	ไม่มีแผนการตรวจสอบ	แบบเกิดความผิดพลาด	ไม่มี	จัดทำแผนการตรวจสอบ	2	4	8	สูง
	ผิดพลาด	ไม่มีแผนการตรวจสอบ	แบบเกิดความผิดพลาด	ไม่มี	จัดทำแผนการตรวจสอบ	2	4	8	สูง

3.ลักษณะผลกระทบของข้อบกพร่องที่มีแนวโน้มว่าจะเกิด(Potential Failure Effect) เป็นการกำหนดและต้องตอบคำถามให้ได้ว่าหากลักษณะผลกระทบของข้อบกพร่องมีแนวโน้มจะเกิดขึ้นแล้วส่งผลกระทบต่อปัญหาที่สนใจ ในแต่ละกระบวนการย่อยก็ก่อให้เกิดผลกระทบหลายปัจจัยได้ด้วยเช่นกัน

4.สาเหตุที่เป็นไปได้(Potential of Failure) เป็นการระบุถึงสาเหตุที่มีแนวโน้มในการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการออกแบบและเขียนแบบนี้ โดยทำการศึกษาจากกระบวนการทำงานจริงและประสบการณ์ของหัวหน้างานและตัวพนักงานเองด้วยเพื่อระบุถึงสาเหตุได้อย่างแท้จริง

5.การควบคุมกระบวนการในปัจจุบัน (Current Process Control) เป็นวิธีการควบคุมที่ใช้ทั้งการป้องกันลักษณะผลกระทบข้อบกพร่องที่มีความเป็นไปได้ที่อาจจะเกิดขึ้น ซึ่งในที่นี่ได้ระบุแนวททางที่ทำการควบคุมในกระบวนการออกแบบและเขียนแบบแต่ละกระบวนการ การวิเคราะห์ FMEA มีการใช้ตัวเลขแสดงลำดับความสำคัญของความเสี่ยง(Risk Priority Number RPN) คือผลลัพธ์ของความรุนแรง โอกาสในการเกิดและการตรวจจับเพื่อใช้ในการจัดลำดับความสำคัญในการแก้ปัญหา โดยคำนวณจากสมการที่ 2.1

$$RPN = S \times O \times D \qquad (2.1)$$

เมื่อ S หมายถึง ความรุนแรง (Severity)

เมื่อ O หมายถึง โอกาสในการเกิด (Occurrence)

เมื่อ D หมายถึง การตรวจจับ (Detection)

โดยค่า S,O และD มีการกำหนดคะแนนเป็นจำนวนเต็มสำหรับการให้คะแนนตั้งแต่ 1 – 10

2.5 เลือกกระบวนการที่จัดทำแผนควบคุมจากการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพพาเรโต

เมื่อนำตัวเลขแสดงลำดับความสำคัญของความเสี่ยง (RPN) ที่ได้มาสรุปด้วยแผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram) เป็นแผนภาพที่สามารถบ่งบอกได้ถึงความมีเสถียรภาพของข้อมูล โดยอาศัยการแจกแจงความถี่ของข้อมูลที่เป็นแบบข้อมูลนับ ข้อมูลที่มีความสำคัญมากจะมีจำนวนเพียงเล็กน้อย (Vital Few) ในขณะที่ข้อมูลที่มีความสำคัญเพียงเล็กน้อยจะมีจำนวนมาก (Trivial Many) [2] โดยจากการวิเคราะห์พบว่ามีกระบวนการทั้งหมด 8 กระบวนการหลัก ได้แก่

1.ตรวจสอบว่า 3D-Model ที่เกิด error ได้รับการแก้ไขแล้ว

2.ตรวจสอบระยะมากสุดและน้อยสุดของจุดเชื่อมว่าถูกต้องตามข้อกำหนดหรือไม่

3.ตรวจสอบว่าขนาดของท่อเล็กเป็นไปตามข้อกำหนดที่แสดงใน note บน P&ID หรือไม่

4.ตรวจสอบว่ามี vent หรือ drain ถูกต้องตามการออกแบบหรือไม่

5.ตรวจสอบว่า line no., ขนาด, pipe class ถูกต้องหรือไม่

6.ตรวจสอบชนิดของวาล์ววาถูกต้องตาม Piping construction standard หรือไม่

7.ตรวจสอบว่าขนาด, rating ของ flange ถูกต้องตาม equipment drawing หรือไม่

8.ตรวจสอบชนิดของ stress category ว่าตรงกับใน list หรือไม่ Check split scope between Piping and Instrument Dept. ตรวจสอบการแบ่ง scope ระหว่าง pipingกับinstrument ว่าถูกต้องตาม piping construction และ instrument hook up หรือไม่ตรวจสอบการ take off material บริเวณจุดที่มีการแบ่ง class ว่าถูกต้องหรือไม่ที่นำมาจัดทำแผนการควบคุมการผลิต

3.ผลการดำเนินงานวิจัย

3.1 การวิเคราะห์หาลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

จากการวิเคราะห์ FMEA ได้ดำเนินการตั้งแต่กระบวนการออกแบบและเขียนแบบ ซึ่งในแต่ละกระบวนการก็มีข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ และปัจจัยที่ก่อให้เกิดนั้นก็อาจจะเหมือนหรือแตกต่างกันก็ได้ เช่นตรวจสอบการแบ่ง scope ระหว่าง piping กับ instrument ว่าถูกต้องตาม piping construction และ instrument hook up หรือไม่ ตรวจสอบการ take off material บริเวณจุดที่มีการแบ่ง class ซึ่งในที่นี้มีค่า RPN สูงถึง 120 ดังตารางที่ 2

3.2 การเสนอและจัดทำแผนควบคุมการออกแบบและเขียนแบบ (Control Plan)

จากการวิเคราะห์ FMEA นำกระบวนการหลักและกระบวนการย่อยที่มีค่า RPN อยู่ในส่วนข้อมูลที่มีความสำคัญมากจะมีจำนวนเพียงเล็กน้อย ตามหลักการของแผนภาพพาเรโต มาเสนอและจัดทำแผนการควบคุมการออกแบบและเขียนแบบให้แก่บริษัทตัวอย่าง เพื่อไม่ให้การออกแบบเกิดความผิดพลาด โดยแผนควบคุมมีขั้นตอนการวิเคราะห์และจัดทำดังนี้

1.ระบุถึงกระบวนการ Extract pre-Iso Dwg. foreach complete line เป็นการระบุกระบวนการที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพพาเรโต

2.ระบุถึงเครื่องจักร (Machine) ที่ใช้งานในกระบวนการหลักที่นำมาวิเคราะห์ โดยกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันสามารถใช้เครื่องจักรประเภทเดียวกันได้ เป็นต้น

3.ระบุถึงคุณลักษณะของกระบวนการออกแบบที่จะควบคุมใน Process ในที่นี้ก็ได้ระบุและกระบวนการออกแบบย่อยของการออกแบบและเขียน

4.ระบุถึงวิธีการควบคุม (Control Method) ในส่วนวิธีการ (Methods) ในที่นี้ขึ้นอยู่กับกระบวนการ

ออกแบบและเขียนแบบ เช่น กระบวนการที่ต้องคอยระวังเป็นพิเศษ ก็ควบคุมด้วยการตรวจสอบแบบต่อเนื่อง เป็นต้น

5.ในส่วนสุดท้ายนี้เป็นการปรับปรุงแผนควบคุมการออกแบบและเขียนแบบ เมื่อสิ่งที่กำหนดไม่เป็นไปตามแผนการควบคุมที่ได้กำหนดไว้เราเรียกว่า Reaction Plan และทั้งหมดที่กล่าวมาจะแสดงในรูปที่ 4

SEQUENCES AND POINTS OF CHECKING		Model Review Stage			CHECK				REMARKS (RELATED DOC.)
ITEM	POINT	30%	60%	90%*	A	B	C	D	
1. Extract pre-Iso Dwg. for each complete line	1) Ensure solved 3D-model error. a) Check error that occurred had been solved ตรวจสอบว่า 3D-Model ที่เกิด error ได้รับการแก้ไขแล้ว 2) Compare with Drawings a) Ensure area name or area number which is indicated in isometric dwg. are corrected. ตรวจสอบว่า design area ถูกต้องตามที่กำหนดไว้หรือไม่ b) Ensure plant north direction which is indicated in each isometric dwg. are same direction ตรวจสอบว่า plant north ถูกต้องหรือไม่ c) Ensure the insulation legend ตรวจสอบชนิดของ insulation ว่าถูกต้องตาม line list หรือไม่ 3) Design Basic a) Ensure the split between the large bore and small bore pipe included branch fitting or block valve. ตรวจสอบการแบ่งขนาดของท่อจากขนาดใหญ่ (≥2 นิ้ว) ไปยังขนาดเล็ก (<2นิ้ว) ว่ามี Branch fitting หรือ block valve ถูกต้องหรือไม่ b) Ensure the split of scope among areas, racks and tall tower ตรวจสอบการแบ่ง scope ของท่อระหว่าง Process area, pipe rack, tall tower ว่าถูกต้องหรือไม่								

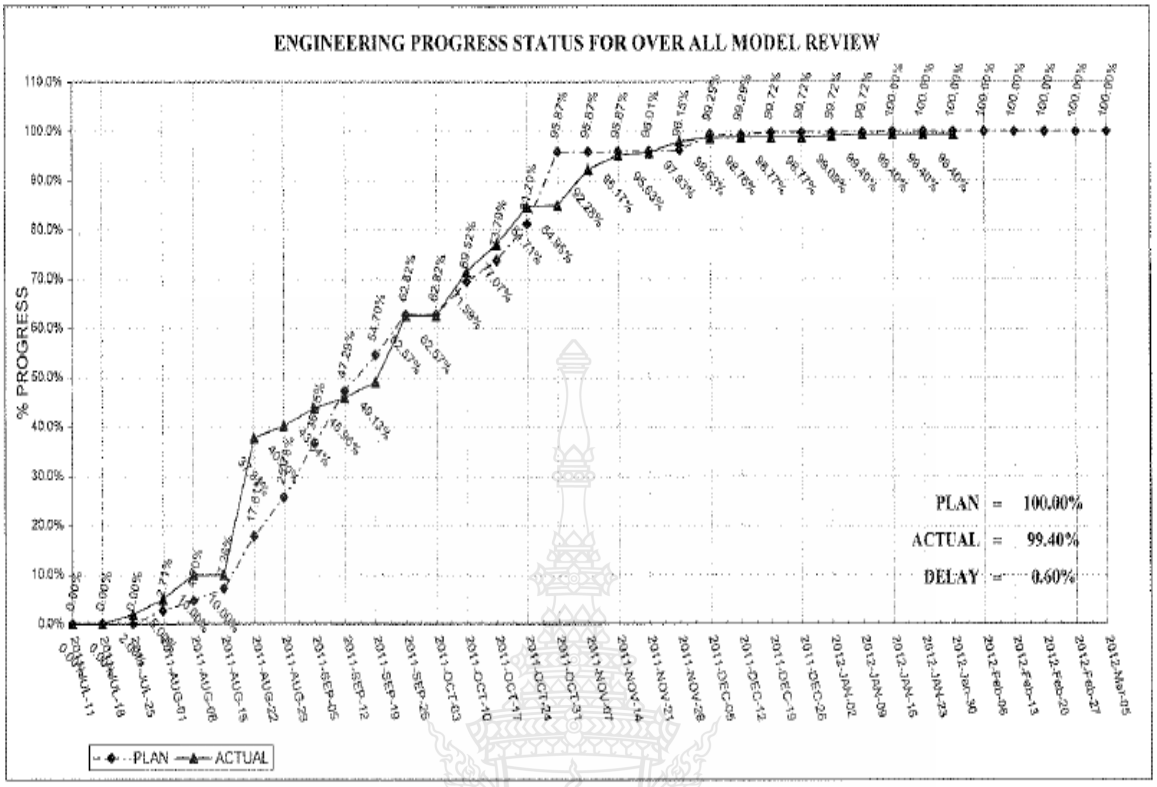
รูปที่ 4 การจัดทำแผนควบคุม (Control Plan)

3.3 การประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุม

ในการนำไปประยุกต์ใช้กับการทำงานจริงนั้น โดยวิศวกรและหัวหน้างานได้นำแผนที่ได้ จัดการอบรมแก่พนักงานให้มีความรู้ความเข้าใจในการตรวจสอบแบบที่ถูกต้องและเป็นมาตราฐานเดียวกัน ซึ่งได้กำหนดความรับผิดชอบของพนักงานในแต่ละบุคคลไว้อย่างชัดเจน เพื่อให้เข้าหน้าที่ในการปฏิบัติงานอย่างถูกต้องจากแผนการควบคุมการตรวจสอบที่ได้จัดทำขึ้น และมีการจัดทำสรุปปัญหาของความผิดพลาด ที่เกิดขึ้นในแต่ละสัปดาห์เพื่อให้พนักงานเกิดแรงกระตุ้นในการรับผิดชอบในหน้าที่ของตนเองอย่างเคร่งครัด

3.4 ข้อมูลการส่งงานล่าช้าหลังการปรับปรุง

หลังจากจัดทำแผนควบคุม (Control Plan) ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลหลังการปรับปรุงเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2551 ถึงเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2553 สามารถลดความผิดพลาดในกระบวนการออกแบบและเขียนแบบที่ส่งผลให้บริษัทตัวอย่างมีการส่งงานล่าช้าทั้งหมด 5 โครงการ จากจำนวนโครงการทั้งหมด โครงการ ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงการลดความผิดพลาดหลังจากการปรับปรุง

4.สรุปผลการวิจัย

จากการประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ(FMEA) และจัดทำแผนควบคุมกระบวนการออกแบบและเขียนแบบ (Control Plan) พบว่าสามารถแก้ปัญหาในกระบวนการออกแบบและเขียนแบบ โดยพบว่าสามารถช่วยลดความผิดพลาด ที่เกิดขึ้นในกระบวนการออกแบบถึงกระบวนการเขียนแบบ ซึ่งแบบที่มีความผิดพลาด ที่ได้จากการเก็บข้อมูลของบริษัทตัวอย่างเมื่อนำมาเปรียบเทียบข้อแตกต่างที่เกิดขึ้นก่อนมีงานส่งล่าช้ากว่ากำหนด และหลังการปรับปรุงงานที่ล่าช้า โดยจำแนกตามลักษณะของงานออกแบบและเขียนแบบที่ล่าช้าเป็น 8 ประเภทด้วยกัน คือผิดพลาดจากการ ตรวจสอบว่า 3D-Model ที่เกิด error ได้รับการแก้ไขแล้ว ตรวจสอบระยะมากสุดและน้อยสุดของจุดเชื่อมว่าถูกต้องตามข้อกำหนดหรือไม่ตรวจสอบว่าขนาดของท่อเล็กเป็นไปตาม ข้อกำหนดที่แสดงใน note บน P&ID หรือไม่ตรวจสอบว่ามี vent หรือ drain ถูกต้องตามการออกแบบหรือไม่ตรวจสอบว่า line no., ขนาด, pipe class ถูกต้องหรือไม่ ตรวจสอบชนิดของวาล์วว่าถูกต้องตาม Piping construction standard หรือไม่ ตรวจสอบว่าขนาด, rating ของ flange ถูกต้องตาม equipment drawing หรือไม่ตรวจสอบชนิดของ stress category ว่าตรงกับใน list หรือไม่ Check split scope between Piping and Instrument Dept. ตรวจสอบการแบ่ง scope ระหว่าง piping กับ instrument ว่าถูกต้องตาม piping construction และ instrument hook up หรือไม่ตรวจสอบการ take off material บริเวณจุดที่มีการแบ่ง class ว่าถูกต้องหรือไม่

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ณฐา คุปตัษเฐียร อาจารย์ที่ปรึกษาหลักวิทยานิพนธ์ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำพร้อมทั้งตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

[1]กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ 2551, FMEA การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น) กรุงเทพ หน้า 113-136

[2]คะทซยะ โฮโซตานิ การแก้ปัญหาแบบคิวซี (วิธีการแก้ปัญหาแบบญี่ปุ่น) แปลโดย วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์ พิมพ์ครั้งที่ 5 สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น) กรุงเทพ หน้า 19-182

[3]กุสุมา จิรวงศ์สวัสดิ์. การประยุกต์ใช้ FMEA และ AHP เพื่อปรับปรุงกระบวนการการผลิตฟริต.กรณีศึกษา : โรงงานผลิตสารเคลือบเซรามิกส์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550

[4]เจริญ เจษฎาวัลย์, 2546. การบริหารความเสี่ยง. พิมพ์ครั้งแรก. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์

[5]วราพร อาสาพห์ประกิต, 2547. การบริหารความเสี่ยงของโครงการให้คำ ปรึกษาและติดตั้งระบบสารสนเทศ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.[6]สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน, 2548. การบริหารการผลิตและการดำเนินงาน. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยา

[7] P. McKendry, Energy production from biomass (part 1): overview of biomass, Bioresour. Technol. 83 (1) (2002) 37–46.

[8] P. McKendry, Energy production from biomass (part 2): conversion technologies, Bioresour. Technol. 83 (1) (2002) 47–54.

[9] J.-H. Ferrasse, I. Seyssiecq, N. Roche, Les proc´ed´es de gaz´eificationcomme alternative pour la valorisation de boues de stations d´´epuration des eaux us´ees, D´echets sciences et techniques, la revue francophone d´´ecologie industrielle, 30 (2003) 20–24.

[11] J. Corella, J.M. Toledo, Incineration of doped sludges in fluidized bed. Fateand partitioning of sic target heavy metals, I. Pilot plan used and results, J. Hazard. Mater. 80 (1–3) (2000) 81–105.

[12] A. Gratias, D. Steinmetz, M. Hemati, S. Dounit, S. Abanades, Incin´eration des boues humides en lit fluidis´e: influence des conditions op´eratoires surles ´emissions des micro-polluants gazeux et m´etaux lourds, Entropie 243 (2002) 2–15.

[13] J.Y. Hristov, Fluidized bed combustion as a risk-related technology: a scope of some potential problems, IFRF Combustion Journal, article 200208, 1562-479x (2002) 2-34.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นาย สุภางค์ ครั่นคร้ามผิด
วัน เดือน ปีเกิด	16 เมษายน 2514
ที่อยู่	199/186 หมู่บ้านพฤกษา ต.หลักหก อ.เมือง จ.ปทุมธานี 12100
การศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ จากมหาวิทยาลัยเซนต์จอห์น พ.ศ. 2545
ประสบการณ์การทำงาน	
พ.ศ. 2534 – 2539	ตำแหน่งช่างเขียนแบบ (Draft Man) บริษัท รอแยลแคน อินดัสทรีส์ จำกัด
พ.ศ. 2539 – 2540	ตำแหน่งช่างเขียนแบบ (Draft Man) บริษัท วรจักรอินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
พ.ศ. 2540 – 2543	ตำแหน่งช่างเขียนแบบ (Draft Man) บริษัท แวลูดีไซน์แอนด์คอนซัลแตนท์ จำกัด
พ.ศ. 2543 – 2546	ตำแหน่งวิศวกรออกแบบ (Packing Engineer) บริษัท อายิโนะโมโต๊ะเอ็นจิเนียริ่ง (ประเทศไทย) จำกัด
พ.ศ. 2546 – 2547	ตำแหน่งวิศวกรออกแบบ (Piping Engineer) บริษัท ดานิลี่ ฟาร์อีส จำกัด
พ.ศ. 2547 – ปัจจุบัน	ตำแหน่งวิศวกรออกแบบ (Piping Engineer) บริษัท โตโยไทยคอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)