



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการวิศวกรรม)

ปริญญา

การจัดการวิศวกรรม

วิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา

สาขา

คณะ

เรื่อง การประยุกต์ใช้ FMEA เพื่อลดข้อผิดพลาดในงานออกแบบท่อของโรงงานปิโตรเคมี

The Application of FMEA to Reduce Errors in Piping Design of Petrochemical Plant

นามผู้วิจัย นายสิวัช แก้ววงศา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์เพ็ญสุดา พันธุธิดา, วศ.ด.)

ประธานสาขาวิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริรงค์ กลั่นคำสอน, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงสิงห์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประยุกต์ใช้ FMEA เพื่อลดข้อผิดพลาดในงานออกแบบท่อ
ของโรงงานปิโตรเคมี

The Application of FMEA to Reduce Errors in Piping Design of
Petrochemical Plant

โดย

นายศิวัช แก้ววงศา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการวิศวกรรม)
พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศิวัช แก้ววงศา 2557: การประยุกต์ใช้ FMEA เพื่อลดข้อผิดพลาดในงานออกแบบท่อของ
โรงงานปิโตรเคมี ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการวิศวกรรม) สาขาวิชา
การจัดการวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
อาจารย์เพ็ญสุดา พันธุธิดา, วศ.ด. 204 หน้า

วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เพื่อทำการศึกษาลดข้อผิดพลาด ในการที่จะ
นำไปสู่การลดการแก้ไขงานของการออกแบบทางวิศวกรรมงานท่อของโรงงานปิโตรเคมี โดยใช้
เทคนิคการวิเคราะห์คุณลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) เป็นเครื่องมือหลักสำหรับ
กระบวนการออกแบบท่อ ในการศึกษาเริ่มต้นด้วยการรวบรวมปัญหาและข้อผิดพลาดจากข้อ
ร้องเรียนลูกค้าทางด้านคุณภาพการออกแบบ ในศึกษานี้จะใช้วิธีการระดมความคิดเห็น การ
ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาและข้อผิดพลาดรวมไปถึงการตรวจสอบปัญหาและ
ผู้รับผิดชอบ จากนั้นจะนำวิธี FMEA มาใช้วิเคราะห์และรวบรวมข้อผิดพลาด ค่าดัชนีความเสี่ยง
(RPN) ที่ได้จากวิธี FMEA จะถูกประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญทางวิศวกรรมซึ่งพิจารณาถึงความรุนแรง
ของผลกระทบข้อผิดพลาด โอกาสการเกิดขึ้นของข้อผิดพลาดและการตรวจจับได้ของข้อผิดพลาด
ในกรณีที่ข้อผิดพลาดที่มีค่า RPN สูงจะแสดงถึงมีความเสี่ยงที่จะเกิดข้อผิดพลาดเพิ่มขึ้น ในการ
แก้ไขข้อผิดพลาดจะเน้นไปที่ข้อผิดพลาดประเภทวิกฤตซึ่งมีระดับความรุนแรง 9 ถึง 10 และค่า
RPN เกินกว่า 100 คะแนน ในการแก้ไขข้อผิดพลาดจะมีการกำหนดมาตรฐานการทำงาน การจัดทำ
ใบรายการป้องกันข้อผิดพลาดและการกำหนดแบบฟอร์มสำหรับตรวจสอบ ภายหลังจากการแก้ไข
ข้อผิดพลาดแล้ววิศวกรที่มีความเชี่ยวชาญจะทำการประเมินค่า RPN โดยค่า RPN ของข้อผิดพลาด
ลดลงต่ำกว่า 100 คะแนน

ผลการศึกษาพบว่าอัตราข้อผิดพลาดของงานออกแบบท่อหลังการปรับปรุงแก้ไขลดลง
อย่างมีนัยสำคัญ ข้อผิดพลาดเฉลี่ยก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงอยู่ที่ร้อยละ 3.94 และ
1.24 ตามลำดับ ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของการออกแบบท่อก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 0.86 และหลัง
การปรับปรุงมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 1.18

ลายมือชื่อนิติ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Siwach Kaeowongsa 2014: The Application of FMEA to Reduce Errors in Piping Design of Petrochemical Plant. Master of Engineering (Engineering Management), Major Field: Engineering Management, Faculty of Engineering at Si Racha. Thesis Advisor: Mrs. Pensuda Phanritdum, D.Eng. 204 pages.

The objective of this thesis is to study the errors reduction which leads to reduce the reworks of piping design for petrochemical plant. The Failure Mode Effect Analysis (FMEA) was used as a major tool to analyze the error characteristics for piping design process. The study starts with problems and errors data collection from customer complaints on design quality. The brainstorming, investigation of relationship between problems and errors including the investigation of problems and responsible person were conducted in this study. The FMEA is further used to analyze and collect the errors. The Risk Priority Number (or RPN) from FMEA was evaluated by the engineering experts by considering the error severity, error occurrence and error detection. In case an error has a high score of RPN, the risk of error occurrence will be increased. The error correction is focused in case the errors are critical type, which has 9-10 severity score and the RPN is more than 100. The work standard, the error protection checklist and inspection form were used to correct the error. After the correction has been finished, the engineering experts considered the RPN. The RPN of errors is reduced when all RPN scores are below 100.

The results of the study showed that the error rates of piping design are reduced significantly. The average error rates of piping design before and after improvement are 3.94% and 1.24%, respectively. The average efficiency of piping design before improvement is 0.86 and after improvement is increased to be 1.18.

Student's Signature

Thesis Advisor's Signature

___/___/___

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต ศรีราชา ได้ด้วยความกรุณาของ อาจารย์ ดร. เพ็ญสุดา พันฤทธิ์คำ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา ชี้แนะ แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของเนื้อหาให้ครบถ้วนสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยงาน และบุคคลากรที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการ ให้ข้อมูลทำงาน ร่วมกันและเป็นส่วนหนึ่งของการวิจัย ที่ทำให้ผลงานวิจัยดำเนินการลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่วิชาการ โครงการพิเศษคณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา ที่ได้ช่วยเหลือ แนะนำรูปเล่มมาโดย ตลอด

ท้ายนี้ขอขอบคุณบุคคลในครอบครัว ซึ่งคอยเป็นกำลังใจในการศึกษาครั้งนี้ คุณความดี หรือประโยชน์ที่ได้รับจากการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอบแต่บุพการีผู้มีพระคุณ ครูบาอาจารย์ที่ได้ ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัยตั้งแต่เริ่มแรกจนถึงปัจจุบัน

ศิวัช แก้ววงศา

พฤษภาคม 2557

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	6
อุปกรณ์และวิธีการ	43
อุปกรณ์	43
วิธีการ	44
ผลและการวิจารณ์	124
ผล	124
วิจารณ์	124
สรุปและข้อเสนอแนะ	134
สรุปผลการวิจัย	134
ข้อเสนอแนะ	134
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	136
ภาคผนวก	139
ภาคผนวก ก เชื้อคลิสต์การทำสเปคท่อ	140
ภาคผนวก ข เชื้อคลิสต์การถอดรายการวัสดุ	147
ภาคผนวก ค เชื้อคลิสต์การทำแผนผังโรงงาน	154
ภาคผนวก ง เชื้อคลิสต์การทำแบบท่อ 3 มิติ	165
ภาคผนวก จ แบบฟอร์มการปฏิบัติการแก้ไขและป้องกัน	173
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	204

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แผนงานและระยะการทําวิจัย	5
2	ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ (AIAG, 2001)	26
3	ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดของข้อบกพร่อง(AIAG, 2001)	29
4	ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของระบบควบคุม(AIAG, 2001)	33
5	ปริมาณข้อผิดพลาดในการออกแบบทางวิศวกรรมของโครงการที่ได้ เสร็จสิ้นแล้ว	49
6	กฎเกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ (Severity: S)	58
7	กฎเกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาด (Occurrence: O)	59
8	กฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของระบบควบคุม (Detection: D)	59
9	การวิเคราะห์ค่าดัชนีความเสี่ยงของแผนงานต่อ	60
10	ข้อผิดพลาดประเภทวิกฤต (Critical: C) ของแผนงานต่อ	77
11	ข้อผิดพลาดประเภทสำคัญ (Significant: S) ของแผนงานต่อ	77
12	ผลการประเมินค่าดัชนีความเสี่ยงของแผนงานต่อหลังการปรับปรุงแก้ไข	117
13	ค่าดัชนีความเสี่ยงก่อน-หลังการปรับปรุงข้อผิดพลาดในการออกแบบงานต่อ	125
14	ปริมาณข้อผิดพลาดของแผนงานต่อหลังการปรับปรุงแก้ไข	128
15	ประสิทธิภาพการทำงานของแผนงานต่อหลังการปรับปรุงแก้ไข	130

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การระดมสมอง(Brain Storming)	9
2	ผังก้างปลา	10
3	ขั้นตอนการปฏิบัติการแก้ไขและป้องกัน	12
4	ความสัมพันธ์ของลักษณะข้อบกพร่องกับกระบวนการหรือระบบ	19
5	แบบฟอร์ม FMEA สำหรับกระบวนการ	21
6	ลักษณะโครงการขนาดใหญ่	44
7	กระบวนการการออกแบบทางวิศวกรรมของการบริหารโครงการ	46
8	เปอร์เซ็นต์ข้อผิดพลาดในการออกแบบทางวิศวกรรม	50
9	ขั้นตอนการทาสเปคต่อ	51
10	ขั้นตอนการถอดรายการวัสดุครั้งแรก	52
11	ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเครียดต่อ	53
12	ขั้นตอนการทำแผนผังโรงงาน	54
13	ขั้นตอนการวางแผนต่อ	55
14	ขั้นตอนการวิเคราะห์ลักษณะข้อผิดพลาดและผลกระทบ	57
15	ตัวอย่างข้อแนะนำในการทำงานด้านเทคนิค ของการทำสเปคต่อ	80
16	ตัวอย่างข้อแนะนำด้านเทคนิคการคำนวณความหนาต่อและแผ่นประกบต่อ	81
17	ขั้นตอนการทำสเปคต่อหลังการปรับปรุงแก้ไข	82
18	ข้อแนะนำการทำงานด้านเทคนิคการถอดรายการวัสดุ	83
19	ขั้นตอนการถอดวัสดุครั้งแรกหลังปรับปรุงแก้ไข	84
20	ตัวอย่างข้อแนะนำในการทำงานด้านเทคนิคการวิเคราะห์แรงเครียดต่อ	85
21	ตัวอย่างแบบฟอร์มแนะนำการออกแบบ (Design Instruction)	87
22	ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเครียดหลังการปรับปรุงแก้ไข	89
23	ตัวอย่างข้อแนะนำการทำงานด้านเทคนิคการทำแผนผังโรงงาน	91
24	ตารางบันทึกข้อแนะนำการออกแบบ (Design Instruction)	92

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
25	ขั้นตอนการทำแผนผังโรงงานหลังการปรับปรุงแก้ไข	93
26	ขั้นตอนการวางแผนท่อกวหลังการปรับปรุงแก้ไข	95
27	ตัวอย่างข้อแนะนำด้านเทคนิคการออกแบบรายละเอียดเบ็ดเตล็ดของท่อ	97
28	ขั้นตอนการออกแบบรายละเอียดท่อเบ็ดเตล็ดหลังการปรับปรุงแก้ไข	98
29	ขั้นตอนการทำค้ำยันท่อพิเศษหลังการปรับปรุงแก้ไข	100
30	ตัวอย่างตารางบันทึกการรับใบสั่งงาน	101
31	ขั้นตอนการทำข้อกำหนดสั่งซื้อท่อหลังการปรับปรุงแก้ไข	103
32	ขั้นตอนการถอดรายการวัสดุขึ้นกลางหลังการปรับปรุงแก้ไข	105
33	ขั้นตอนการจำลองอุปกรณ์หลังการปรับปรุงแก้ไข	108
34	ขั้นตอนการออกแบบจำลองงานท่อกวหลังการปรับปรุงแก้ไข	112
35	ขั้นตอนการรับรองการออกแบบหลังการปรับปรุงแก้ไข	114
36	ขั้นตอนการทำแบบท่อ 3 มิติหลังการปรับปรุงแก้ไข	115
37	ค่าดัชนีความเสี่ยงข้อผิดพลาดของแผนงานท่อกวก่อนและหลังการปรับปรุงแก้ไข	127
38	เปอร์เซ็นต์ข้อผิดพลาดของแผนงานท่อกวก่อนและหลังการปรับปรุงแก้ไข	129
39	ประสิทธิภาพการทำงานของแผนงานท่อกวก่อนและหลังการปรับปรุงแก้ไข	132

การประยุกต์ใช้ FMEA เพื่อลดข้อผิดพลาดในงานออกแบบท่อ ของโรงงานปิโตรเคมี

The Application of FMEA to Reduce Errors in Piping Design of Petrochemical Plant

คำนำ

ในปัจจุบัน สถานะการแข่งขันในวงการอุตสาหกรรมการบริหารโครงการมีการแข่งขันที่รุนแรงเพิ่มมากขึ้น บริษัทต่างๆ ที่ให้บริการด้านการบริหารโครงการจำเป็นต้องปรับตัวเรื่องคุณภาพเพื่อคงไว้ซึ่งความสามารถในการแข่งขันของบริษัท ถ้าโครงการมีปัญหาเรื่องคุณภาพเจ้าของโครงการอาจต้องมีต้นทุนการทำโครงการเพิ่มขึ้น ดังนั้น การปรับปรุงในเรื่องคุณภาพ และการประกันคุณภาพจึงเป็นสิ่งที่ผู้ให้บริการบริหารงานก่อสร้างต้องให้ความสำคัญ ในอดีตวิศวกรที่ออกแบบจะมีประสบการณ์และความชำนาญเฉพาะด้านสูง ความผิดพลาดจึงเกิดขึ้นน้อย คุณภาพการออกแบบจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์และความชำนาญเฉพาะด้านของวิศวกรเป็นสำคัญ แต่ปัจจุบันวิศวกรที่มีประสบการณ์และความชำนาญเฉพาะด้านขาดแคลน วิศวกรที่ออกแบบมีประสบการณ์ด้านเทคนิคน้อยความผิดพลาดในการออกแบบจึงมีสูง ในการแก้ไขข้อผิดพลาด (Rework) จะมีต้นทุนที่เพิ่มขึ้นและลูกค้าจะปฏิเสธที่จะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายดังกล่าว ดังนั้นบริษัทผู้รับเหมาจึงต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายการแก้ไขข้อผิดพลาดนี้เอง และเป็นค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูงทำให้โครงการเกิดความล่าช้า และบริษัทอาจถูกปรับเนื่องจากงานล่าช้าได้ ในการเลือกปัญหาเพื่อทำการศึกษาวิจัย ได้ทำการศึกษาข้อมูลของโครงการโรงงานผลิตสารโพลีโพรพิลีนที่ได้ดำเนินการเสร็จสิ้นไปแล้วเมื่อปี 2554 พบว่าอัตราข้อผิดพลาดในการออกแบบของแผนกวิศวกรรมบางแผนกมีค่าสูงเกินกว่าเป้าหมายของโครงการกำหนดไว้ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้เลือกได้เลือกกระบวนการการออกแบบท่อมาทำการศึกษา เนื่องจากเป็นแผนกหลักและเป็นแผนกตั้งต้นของการออกแบบโครงการ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์คุณลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis: FMEA) เป็นเครื่องมือหลัก ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงแก้ไขที่ได้จากการเทคนิค FMEA ได้ถูกนำไปใช้ปรับปรุงแก้ไขในกระบวนการออกแบบท่อของโครงการโรงงานผลิตสารโพลีโพรพิลีนที่เป็นกรณีศึกษา เพื่อลดข้อผิดพลาดในการออกแบบท่อ และทำให้ประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิเคราะห์หาข้อผิดพลาด และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้ในกระบวนการออกแบบท่อ เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพในการออกแบบท่อของโรงงานปิโตรเคมี
2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกระบวนการออกแบบท่อ
3. เพื่อสร้างมาตรฐานการประกันคุณภาพ ในการออกแบบท่อของโรงงานปิโตรเคมี

ขอบเขตของการทำวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ได้นำเทคนิคการวิเคราะห์คุณลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) มาประยุกต์ใช้เพื่อหาแนวทางปรับปรุงกระบวนการออกแบบท่อของโรงงานปิโตรเคมี

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังนี้

1. ศึกษาสภาพปัจจุบันของกระบวนการการออกแบบท่อของโรงงานปิโตรเคมี
2. สํารวจงานวิจัย บทความและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
3. วิเคราะห์หาปัจจัยและสาเหตุที่ส่งผลต่อคุณภาพโดยใช้เครื่องมือทางคุณภาพ (QC Tools) ที่เหมาะสม
4. แจกแจงปัจจัยหลักที่กระทบต่อคุณภาพ โดยอาศัยเทคนิคการวิเคราะห์คุณลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) และดำเนินการวิเคราะห์ความรุนแรง วิเคราะห์โอกาสการเกิดข้อผิดพลาดและการตรวจจับ โดยร่วมกันวิเคราะห์ ปรับปรุง และติดตามจากทีมงานประกอบด้วย ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรมโครงการ หัวหน้าแผนกวิศวกรรมงาน

ท่อ วิศวกรผู้เชี่ยวชาญ วิศวกรที่รับผิดชอบงานแต่ละพื้นที่ และผู้จัดการฝ่ายประกันคุณภาพ ดำเนินการปรับปรุงเพื่อลดข้อผิดพลาดจากปัจจัยต่างๆในกระบวนการออกแบบท่อในปัจจุบัน

5. ติดตามผลการปฏิบัติงาน เพื่อลดข้อผิดพลาดพร้อมทั้งการประเมินผลความสำเร็จจากการปรับปรุงกระบวนการออกแบบท่อ

6. วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษาเทียบกับกิจกรรมต่างๆของโครงการในอดีตโดยเทียบกิจกรรมต่อกิจกรรมในด้านของคุณภาพได้แก่ข้อผิดพลาด งานแก้ไขเป็นต้น และข้อเสนอแนะ

7. จัดทำมาตรฐานการทำงาน

8. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

การทำวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาการออกแบบงานท่อของโครงการก่อสร้างโรงงานปิโตรเคมีแห่งหนึ่งที่มีที่ตั้งโครงการอยู่ที่ประเทศแถบตะวันออกกลาง แต่มีการออกแบบทางวิศวกรรม โดย บริษัท ABC International Corporation ที่ประเทศไทย การศึกษาวิจัยเริ่มตั้งแต่การรวบรวมข้อมูล การดำเนินกรณีศึกษา การวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล ดังแสดงในตารางที่ 1

ประโยชน์ที่ได้รับ

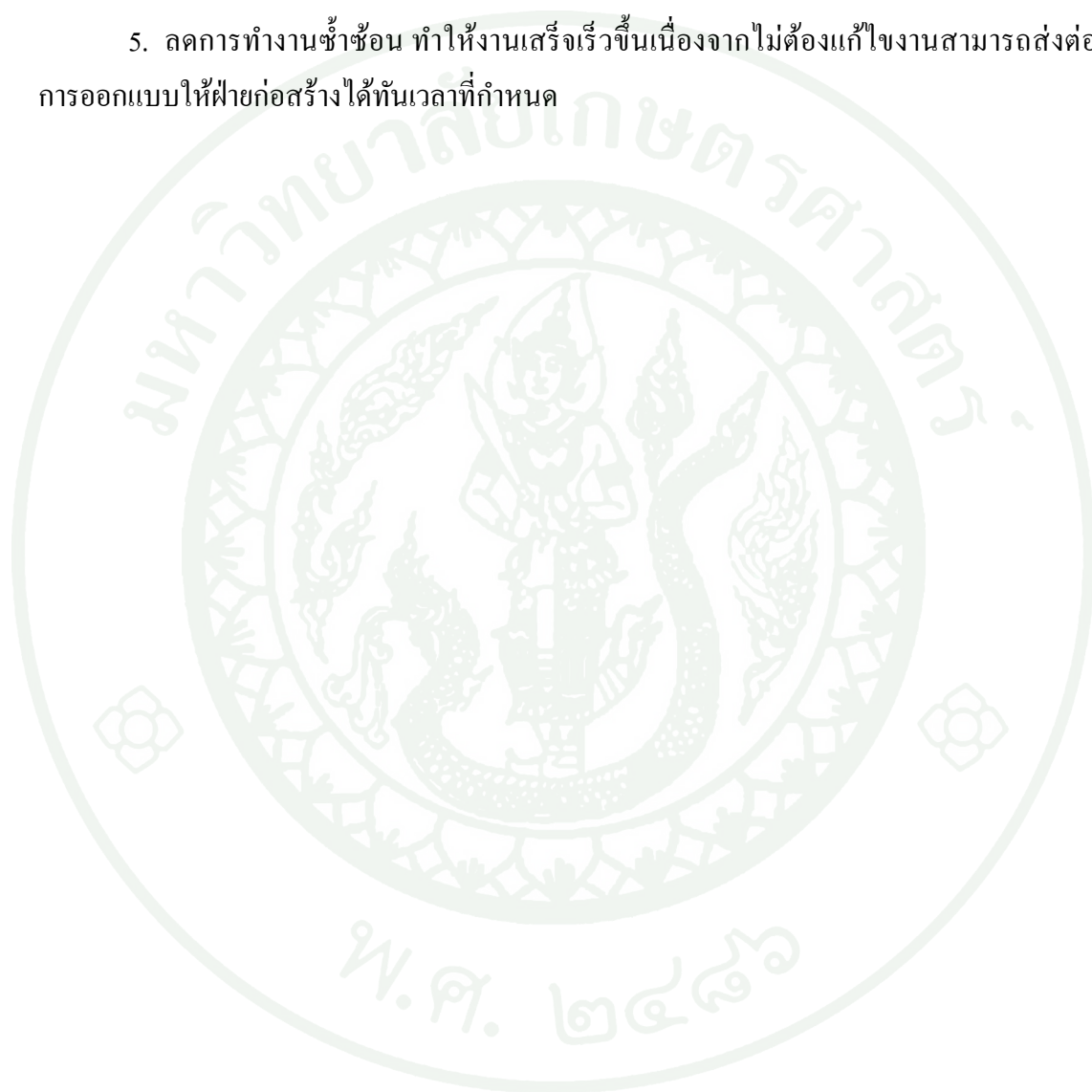
จากการทำวิจัยประโยชน์ที่ได้รับคือ

1. สร้างระบบการประกันคุณภาพของงานออกแบบงานท่อของโรงงานปิโตรเคมี
2. ลดการแก้ไขงานออกแบบทางวิศวกรรมงานท่อของโรงงานปิโตรเคมี และมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

3. มีการใช้งบประมาณได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อสร้างความเชื่อถือแก่เจ้าของโครงการ เพราะมีระบบการประกันคุณภาพและป้องกันข้อผิดพลาดในการออกแบบทางวิศวกรรม

4. ลดการร้องเรียนจากลูกค้าอันเนื่องมาจากการออกแบบที่มีข้อผิดพลาด

5. ลดการทำงานซ้ำซ้อน ทำให้งานเสร็จเร็วขึ้นเนื่องจากไม่ต้องแก้ไขงานสามารถส่งต่อการออกแบบให้ฝ่ายก่อสร้างได้ทันเวลาที่กำหนด



ตารางที่ 1 แผนงานและระยะการทำวิจัย

หัวข้อและขั้นตอน	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
	54	54	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	56	56	56
1. ศึกษาสภาพปัจจุบันของกระบวนการการออกแบบท่อของโรงงานปิโตรเคมี		→															
2. สำรวงานวิจัยบทความและทฤษฎี			→														
3. วิเคราะห์หาปัจจัยและสาเหตุที่ส่งผลต่อคุณภาพ				→													
4. แจกแจงปัจจัยหลักที่กระทบต่อคุณภาพโดยอาศัยเทคนิคการ FMEA						→											
5. ดำเนินการปรับปรุงเพื่อลดข้อผิดพลาดจากปัจจัยต่างๆในกระบวนการออกแบบท่อ								→									
6. ติดตามผลการปฏิบัติงานเพื่อลดข้อผิดพลาดพร้อมทั้งการประเมินผลความสำเร็จจากการปรับปรุง										→							
7. วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษา												→					
8. จัดทำมาตรฐาน													→				
9. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์														→			

การตรวจเอกสาร

1. หลักการพื้นฐานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1 ความหมายของคุณภาพ (Meaning of Quality)

คุณภาพของผลิตภัณฑ์และบริการ กลายเป็นการวัดความอยู่รอดขององค์กรธุรกิจ หลายองค์กร หลายคนในองค์กรถูกบังคับให้ทำโครงการเสร็จเร็วขึ้น เพื่อประหยัดต้นทุน มาตรฐานที่สูงขึ้น และต้นทุนที่ต่ำ และใช้ทรัพยากรบุคคลที่มีทักษะเป็นมืออาชีพและหายาก เพื่อที่จะตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าคุณภาพของสินค้าและบริการต้องให้ความสำคัญเป็นอันดับแรก

คำจำกัดความของคุณภาพ

คำว่าคุณภาพได้ถูกให้คำจำกัดความโดยผู้เชี่ยวชาญไว้ดังนี้

- ความสม่ำเสมอและความเชื่อถือที่คาดหวังได้ ที่ราคาเหมาะสมและเหมาะสมกับความต้องการของตลาด
- บนพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ คือคุณลักษณะโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่สามารถตอบสนองต่อความคาดหวังของลูกค้าทั้งความคาดหวังที่ระบุ (Stated) และที่ต้องแปลความหมาย (Implied) โดยพิจารณาจากการรับรู้ของลูกค้า (กิตติศักดิ์, 2550)
- บนพื้นฐานด้านคุณค่า คือการสร้างความพึงพอใจต่อลูกค้า (โดยลูกค้าจะเปรียบเทียบคุณค่าที่ได้รับกับราคาเสมอ) ภายใต้เงื่อนไขที่ทำให้ได้กำไรสูงสุด(โดยผู้ผลิตสามารถเพิ่มคุณค่าจากการผลิตได้มากที่สุด (กิตติศักดิ์, 2550)
- เป็นการผสมผสานของสิ่งที่บ่งชี้ว่าคุณลักษณะและสินค้าและบริการตามที่ระบุความต้องการและที่คาดหวัง

ตามคำจำกัดความข้างต้น โดยความจริงแล้ว คุณภาพเป็นหน้าที่รับผิดชอบของทุกคนทุกฝ่ายในองค์กรธุรกิจ ไม่ว่าจะเป็นฝ่าย การตลาด ฝ่ายออกแบบทางวิศวกรรม ฝ่ายจัดซื้อ ฝ่ายออกแบบกระบวนการ ฝ่ายทดสอบและตรวจสอบ ฝ่ายบรรจุและฝ่ายจัดเก็บ และฝ่ายบริการหลังการขาย ตัวอย่างเช่น ฝ่ายการตลาดมีหน้าที่ประเมินระดับคุณภาพของสินค้าที่ลูกค้าต้องการในขณะที่ฝ่ายออกแบบทางวิศวกรรมมีหน้าที่ในการแปลข้อกำหนดต่างๆลงในสเปค ค่าเผื่อ และลักษณะซีบ่งของสินค้าใหม่

1.2 ชนิดของคุณภาพ

คุณภาพมี 3 ชนิดที่สำคัญสำหรับสินค้าและบริการ คือ คุณภาพการออกแบบ คุณภาพการสอดคล้องกับข้อกำหนด และคุณภาพของสมรรถนะ คุณภาพการออกแบบกำหนดตามลักษณะซีบ่งของสินค้าที่เหมาะสมกับข้อกำหนดของตลาดและราคา ดังนั้นการวางตำแหน่งของลูกค้าช่วยให้การพัฒนาคุณภาพการออกแบบ ขั้นตอนของคุณภาพการออกแบบเริ่มจากการทำวิจัยผู้บริโภค การวิเคราะห์การขาย การวิเคราะห์การบริการ ตอนจบการพิจารณาว่าแนวความคิดของสินค้าตอบสนองข้อกำหนดลูกค้าหรือไม่

1.3 การประกันคุณภาพ

การประกันคุณภาพให้คำจำกัดความโดย Japanese Industrial Standard (JIS) คือ กิจกรรมที่เป็นระบบที่ดำเนินการโดยผู้ผลิตสินค้าเพื่อรับรองว่าคุณภาพของสินค้าหรือบริการจะสร้างความพึงพอใจแก่ลูกค้า

1.4 เครื่องมือทางคุณภาพ(Quality Tools)

เครื่องมือทางคุณภาพประกอบด้วย

1.4.1 การระดมสมอง (Brainstorming) คือ กฎเกณฑ์ในการระดมความคิดเห็นภายใต้ข้อเท็จจริง (Fact) เพื่อให้ได้ปริมาณความคิดมากที่สุดโดยขึ้นอยู่กับกฎเกณฑ์ 4 ประการคือ

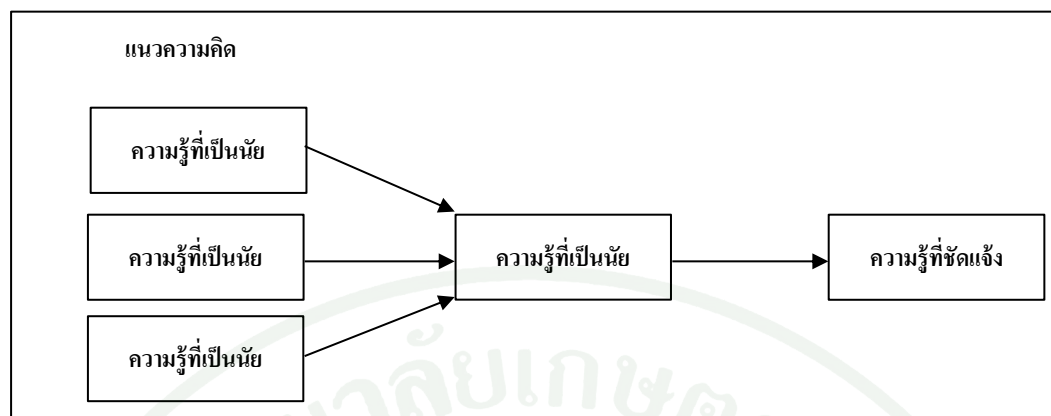
- การกระตุ้นให้เกิดความคิดในวงกว้างโดยพยายามคิดนอกกรอบจากข้อจำกัด (Constraint) ต่างๆ

- ความสนใจต่อปริมาณความคิดมากกว่าคุณภาพความคิด ความคิดยิ่งมากเท่าใด จะยิ่งมีแนวโน้มที่จะนำไปสู่ผลลัพธ์มากขึ้นเท่านั้น

- ห้ามวิพากษ์วิจารณ์การตัดสินใจจะเกิดขึ้นได้ ภายหลังการระดมสมองสิ้นสุดลงแล้ว

- อย่ารีรอในการสานต่อความคิด การระดมสมองโดยการปรับปรุงความคิดให้ดียิ่งขึ้น



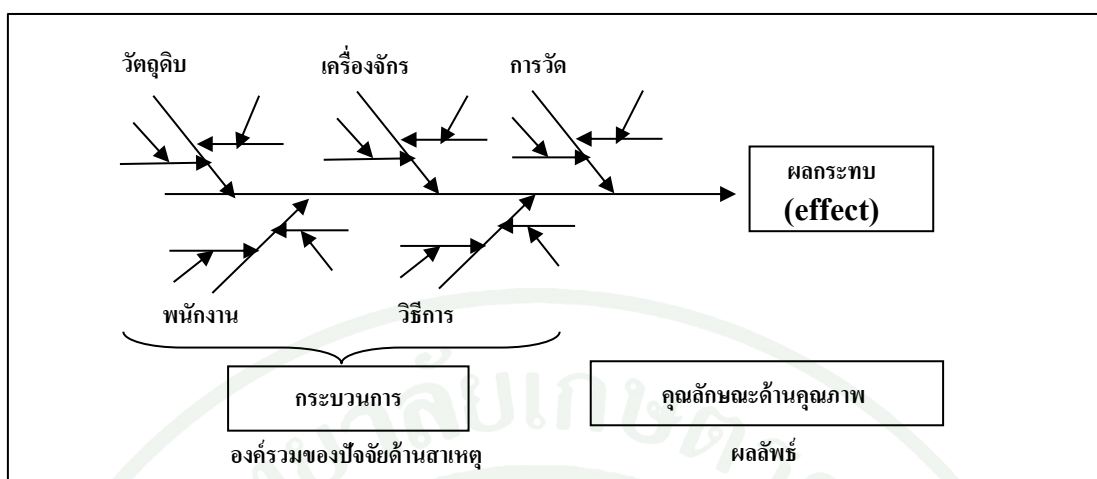


ภาพที่ 1 การระดมสมอง(Brain Storming)

ที่มา: กิตติศักดิ์ (2551)

1.4.2 ผังก้างปลา (Fish Bone Diagram)

ผังก้างปลา หรือ เป็นที่รู้จักในอีกชื่อหนึ่งคือ Ishikawa Diagram ที่ประกอบขึ้นด้วยเทคนิคการแก้ปัญหาที่ ผังก้างปลา นี้มักถูกใช้เพื่อระบุและหาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา เป็นผลที่ได้จากการระดมสมองในการหาสาเหตุที่เป็นไปได้ สาเหตุที่เป็นไปได้จะถูกแสดงเป็นลำดับชั้น ดังภาพที่ 4 จากภาพผลกระทบหลัก จะถูกระบุและปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบ จะถูกระบุในบริเวณ Cause Area สาเหตุหลักจะถูกระบุด้วยลูกศรเฉียง ส่วนสาเหตุย่อยจะถูกระบุด้วยลูกศรในแนวราบ โดยทั่วไปแล้วผลกระทบหลักจะเกิดจากสาเหตุจริงๆเพียง 1 หรือ 2 สาเหตุเท่านั้น



ภาพที่ 2 ฟังก้างปลา

ที่มา: กิตติศักดิ์ (2551)

1.5 การปฏิบัติการแก้ไข และการป้องกัน (Corrective and Preventive Actions: CAPA)

การปฏิบัติการแก้ไข (Corrective Actions)

การปฏิบัติการแก้ไข คือ กระบวนการตอบสนอง และการแก้ไข ปัญหาของผลิตภัณฑ์ ขั้วรองรับเรียนของลูกค้า หรือความไม่สอดคล้องอื่นๆ กระบวนการปฏิบัติการแก้ไขประกอบด้วย

- การทบทวน และ การระบุปัญหา หรือ ความไม่สอดคล้อง
- การค้นหาสาเหตุของปัญหา
- การจัดทำแผนการปฏิบัติงาน เพื่อแก้ไขปัญหา และป้องกันการเกิดซ้ำ
- การดำเนินการตามแผนการปฏิบัติงาน
- การประเมินผลการปฏิบัติการแก้ไข

การปฏิบัติการป้องกัน (Preventive Actions)

การปฏิบัติการป้องกัน เป็นกระบวนการการตรวจจับและกำจัดปัญหาที่เป็นไปได้ หรือความไม่สอดคล้องที่เป็นไปได้ กระบวนการปฏิบัติการป้องกัน ประกอบด้วย

- ชี้บ่งปัญหา หรือความไม่สอดคล้องที่เป็นไปได้
- หาสาเหตุของปัญหาที่เป็นไปได้
- จัดทำแผนเพื่อป้องกันการเกิดซ้ำ
- ดำเนินการตามแผน
- ทบทวนการปฏิบัติที่ได้ดำเนินการไปแล้ว และประสิทธิภาพการป้องกัน

ปัญหา

ขั้นตอนการปฏิบัติการแก้ไข และการป้องกัน

การดำเนินการ การปฏิบัติการแก้ไข และป้องกันที่มีประสิทธิภาพ เสริมสร้างการประกันคุณภาพ และประสบผลสำเร็จด้วย 7 ขั้นตอนพื้นฐานดังนี้

ได้

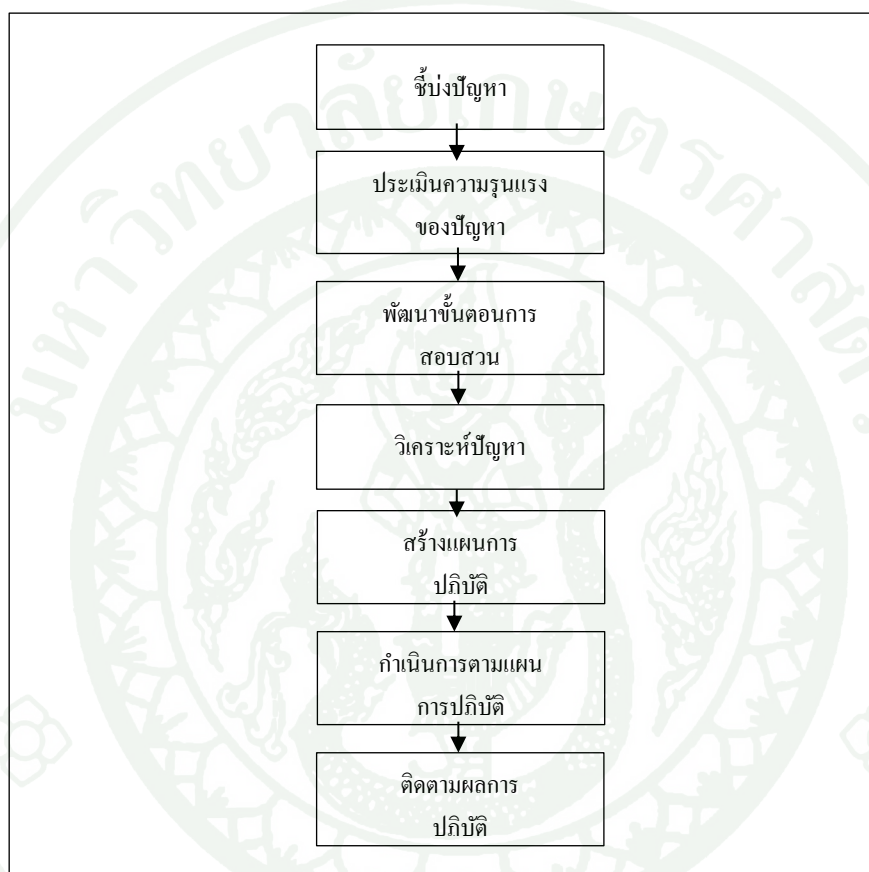
องค์กร

รับผิดชอบ

- 1) การชี้บ่งปัญหา ความไม่สอดคล้อง หรือ อุบัติการณ์ หรือ ปัญหาที่เป็นไปได้
- 2) การประเมิน ความรุนแรงของปัญหา และผลกระทบที่เป็นไปได้ ต่อ
- 3) การพัฒนาขั้นตอนการสอบสวน พร้อมกับการมอบหมายหน้าที่
- 4) การดำเนินการวิเคราะห์ปัญหาอย่างถี่ถ้วนด้วยเอกสารที่เหมาะสม
- 5) การสร้างรายการแผนการปฏิบัติของทุกๆ ภารกิจให้สำเร็จลุล่วงในการแก้ไข และป้องกันปัญหา

6) การดำเนินการตามแผน

7) การติดตามผลอย่างละเอียดถี่ถ้วน พร้อมทั้งรับรองความสมบูรณ์ของภารกิจ และการประเมินความเหมาะสม และประสิทธิภาพการปฏิบัติการที่ได้ดำเนินการไปแล้ว



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการปฏิบัติการแก้ไขและป้องกัน

1.3) วิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหายและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA)

ปลิวซ์ (2553) FMEA หรือ Failure Mode and Effect Analysis (การวิเคราะห์คุณลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบ) ได้รับการพัฒนาขึ้นมาครั้งแรกสำหรับโครงการอวกาศของ NASA ในช่วงทศวรรษที่ 1950 ต่อมาได้มีการขยายไปยังอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยในปี ค.ศ. 1972 กลุ่มปฏิบัติงาน North American Automotive Operations ของบริษัท Ford Motor จำกัด ได้ผนวก FMEA เข้ากับโปรแกรมการฝึกอบรมเรื่องความไว้วางใจของผลิตภัณฑ์สำหรับอบรมแก่พนักงานของบริษัท จากนั้นได้รับการเผยแพร่และนำไปประยุกต์ใช้อย่างรวดเร็วสำหรับกลุ่มอากาศยาน รถยนต์ อากาศ และอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับประเทศไทยได้มีการประยุกต์ใช้ FMEA กับกลุ่มอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ก่อน ตามความต้องการของบริษัท Ford Motor จำกัด ตามระบบ Q101 ของ Ford เมื่อประมาณ ค.ศ.1990 และหลังจากที่อุตสาหกรรมได้มีการประยุกต์ใช้มาตรฐานระบบการบริหารคุณภาพ QS9000 ISO/TS16949 ตลอดจน TL 9000 ก็ยิ่งทำให้อุตสาหกรรมไทยมีความคุ้นเคยกับ FMEA มากขึ้น นอกจากนี้ยังมีการนำ FMEA มาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาการปรับปรุงคุณภาพของ Six Sigma อย่างไรก็ดีตาม การประยุกต์ใช้ FMEA ในประเทศไทยยังคงจำกัดอยู่ในอุตสาหกรรมยานยนต์และอิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนใหญ่

ในปี ค.ศ. 2002 ได้เริ่มมีการนำหลักการการประเมินความเสี่ยงตามแนวของ FMEA ไปใช้กับภาคธุรกิจภาคบริการ เช่น ธนาคารออมสินมีการใช้แนวทาง FMEA กับการประเมินเพื่อการอนุมัติสินเชื่อ ฝ่ายการพยาบาลโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ได้เริ่มมีการฝึกอบรมเรื่อง FMEA สำหรับประเมินความเสี่ยงในการดูแลสุขภาพ (Health Care) ของผู้ป่วยภายใน เป็นต้น

ขั้นตอนทั่วไปของการจัดทำ FMEA

ในการดำเนินงาน FMEA ให้เกิดประสิทธิผลสูงสุดจะต้องดำเนินการภายใต้รูปแบบคณะทำงานหรือทีมที่เวลาเริ่มต้นที่เร็วที่สุดเท่าที่จะกระทำได้โดยมีขั้นตอนทั่วไปในการจัดทำ FMEA ดังนี้

1) การกำหนดกลยุทธ์ในการทำ FMEA

เนื่องจากการจัดทำ FMEA มีรายละเอียดค่อนข้างมาก ดังนั้นการวิเคราะห์ FMEA สำหรับทุกๆกระบวนการในการผลิตส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์จึงเป็นสิ่งที่เกือบจะเป็นไปไม่ได้เลย เพราะต้องใช้เวลาในการจัดทำค่อนข้างมาก จึงมีความจำเป็นต้องเลือกกระบวนการบางกระบวนการขึ้นมาวิเคราะห์ โดย FMEA ควรจะพิจารณาในประเด็นต่างๆดังนี้

- มีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีใหม่
- ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตอยู่ได้รับการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมค่อนข้างมาก
- มีปัญหาของกระบวนการเกิดขึ้นอย่างเรื้อรัง
- มีการควบคุมการทำงานของพนักงานปฏิบัติค่อนข้างมาก
- มีความผันแปรค่อนข้างสูง โดยไม่ทราบว่ามีสาเหตุจากแหล่งใด

2) การทบทวนกระบวนการ

ในขั้นตอนนี้คณะทำงาน FMEA จะต้องทำความเข้าใจกับกระบวนการที่ได้รับเลือกไว้ในขั้นตอนที่ 1 โดยการทำความเข้าใจนี้ควรเริ่มต้นจากการทำกระบวนการให้อยู่ในรูปของแผนภาพ หรือแผนภูมิการไหลของกระบวนการ และจากแผนภูมินี้เองจะทำให้ทราบถึงกระบวนการผลิตในทุกขั้นตอนตลอดจนความสัมพันธ์ของปัจจัยป้อนเข้า (Input) และผลผลิต (Output) ตลอดจนจุดวัดที่แต่ละกระบวนการ

3) การระดมสมองค้นหาแนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง

ในการระดมสมองนี้ มีความจำเป็นต้องตรวจสอบถึงความเข้าใจก่อนว่าสมาชิกในกลุ่มคณะทำงานมีความเข้าใจในหน้าที่และแนวคิดในการทำงานของกระบวนการแล้วหรือยัง เพื่อกำหนดแนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง (Potential Failure Modes) ซึ่งการดำเนินการนี้ควรให้สมาชิกทุกคนในคณะทำงานมีอิสระในการใช้ความคิดผ่านการวิเคราะห์หน้าที่ของกระบวนการเพื่อกำหนดแนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่องและในการระดมสมองควรเชิญบุคคลที่มีความรู้และผู้ที่มีความเกี่ยวข้องอย่างมากมาร่วมออกความคิดเห็นด้วยเช่น พนักงานปฏิบัติหน้างาน หรือหัวหน้างาน เป็นต้น

ในการระดมสมองนี้ นอกจากการรวบรวมความคิดเห็นด้านลักษณะของ ข้อบกพร่องที่สมาชิกคณะทำงานได้เสนอแล้ว ควรจะให้สมาชิกแต่ละคนเสริมต่อความคิด (Synergy) จากการอภิปรายกลุ่มร่วมกันด้วย โดยเสริมต่อความคิดนี้จะเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้ คณะทำงานสามารถบ่งชี้ปัญหาได้ครอบคลุมมากที่สุด

ในกรณีที่กระบวนการมีความสลับซับซ้อนของระบบการทำงานค่อนข้างมากจะ ทำให้จำนวนความคิดเกี่ยวกับลักษณะข้อบกพร่อง ที่ระดมได้จากกลุ่มค่อนข้างมากจึงควรทำการ สรุปรวมเป็นลักษณะข้อบกพร่องที่สำคัญๆ โดยอาศัยเทคนิคการระดมสมองแบบไม่มีข้อจำกัดกลุ่ม ความคิดโดยใช้ความรู้สึก (KJ) หรือแบบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกัน (IR-Interrelation)

4) การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องแต่ละรายการ

ในขั้นตอนนี้ ให้ทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องของแต่ละรายการ โดยเริ่ม จากการพิจารณาถึงลูกคำที่หมายถึงกระบวนการถัดไปจนกระทั่งถึงรายการสุดท้าย แล้วพิจารณา ข้อบกพร่องดังกล่าวมีผลกระทบประการใดต่อลูกคำ โดยลูกคำที่เป็นกระบวนการถัดไปจะพิจารณา จากผลกระทบต่อความสามารถในการนำผลิตภัณฑ์จากกระบวนการที่พิจารณาไปทำการผลิตต่อ สำหรับลูกคำที่เป็นผู้ใช้สุดท้ายจะพิจารณาจากผลกระทบต่อประโยชน์ใช้สอยที่ลดลงที่ลูกคำพึง ได้รับจากผลิตภัณฑ์ และความรุนแรง (Severity-S) จากผลกระทบที่พิจารณานี้จะได้รับการ เปลี่ยนแปลงก็ต่อเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงลูกคำ หรือเปลี่ยนแปลงการใช้งานเท่านั้น

เมื่อวิเคราะห์ถึงผลกระทบและสาเหตุแล้ว ในลำดับสุดท้ายของขั้นตอนนี้จะ พิจารณาถึงระบบการควบคุมกระบวนการที่ใช้ในปัจจุบัน (Current Control) เพื่อพิจารณาว่า กระบวนการทวนสอบทางวิศวกรรม (Engineering Verification) หรือระบบควบคุมที่ใช้ในปัจจุบัน มีความสามารถในการบ่งชี้ลักษณะข้อบกพร่องก่อนที่จะเกิดขึ้น หรือระบบควบคุมที่ใช้ในปัจจุบันมี ความสามารถในการบ่งชี้ลักษณะข้อบกพร่องก่อนที่จะเกิดขึ้นแล้วแต่มีความสามารถในการบ่งชี้ ความบกพร่องก่อนส่งผลิตภัณฑ์ให้ลูกค้าได้ดีเพียงไร และจะพิจารณาความเสี่ยงโดยประเมินถึง ความสามารถในการตรวจจับ (Detection-D) ของระบบ โดยผลการประเมินนี้จะมีการเปลี่ยนแปลง ก็ต่อเมื่อได้รับการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทวนสอบทางวิศวกรรมหรือระบบควบคุมกระบวนการ ที่ใช้ในปัจจุบัน

5) การประเมินตัวเลขแสดงความเสี่ยง

ภายหลังจากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องแต่ละรายการแล้ว ให้ทำการประเมินผลค่าความเสี่ยงโดยพิจารณาจากองค์ประกอบทั้งสามประการ คือ ความรุนแรงของลักษณะข้อบกพร่อง (S) โอกาสในการเกิดสาเหตุ (O) และความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง (D) ดังนี้

$$RPN = S \times O \times D$$

โดย RPN หมายถึง ตัวเลขลำดับของความเสี่ยง (Risk Priority Number)

เนื่องจากการให้คะแนน RPN จะเป็นการให้คะแนนจากการประเมินที่กำหนดไว้ล่วงหน้า จึงมีความจำเป็นต้องทำการทวนสอบผลการให้คะแนน RPN ดังกล่าวโดยอาศัยหลัก พาเรโต (Pareto Principle) ที่กำหนดให้ลักษณะข้อบกพร่องที่มีความสำคัญเล็กน้อยจะมีจำนวนมาก (trial many failure modes) ซึ่งถ้าผลการทวนสอบโดยแผนภาพพาเรโต มิได้เป็นไปตามหลักการดังกล่าวนี้ ก็มีความจำเป็นต้องทำการทบทวนการให้คะแนนประเมินความเสี่ยงใหม่

6) การกำหนดมาตรการตอบโต้เพื่อลดความเสี่ยง

ภายหลังจากการวิเคราะห์ความเสี่ยงแล้ว ให้ทำการเลือกลักษณะข้อบกพร่องที่มีความรุนแรงและ/ หรือความเสี่ยงมากขึ้นมาพิจารณากำหนดมาตรการตอบโต้ โดยกำหนดมาตรการตอบโต้นี้ ควรมาจากพื้นฐานของเทคโนโลยีเฉพาะด้าน (Intrinsic technology) และเมื่อกำหนดมาตรการตอบโต้แล้วให้ดำเนินการปฏิบัติการ (Action) โดยการดำเนินการให้อยู่ในรูปแบบคณะทำงานที่มีการมอบหมายอย่างเป็นทางการ สำหรับในกรณีที่มีความรุนแรงของลักษณะข้อบกพร่องสูง อาจจะกำหนดมาตรการเบื้องต้นโดยการลดความรุนแรงลง (Mitigation) ก่อนที่จะดำเนินการกับสาเหตุรากเหง้าต่อไปก็ได้

7) การประเมินผลความเสี่ยงภายหลังการปฏิบัติการตอบโต้

หลังจากมีการใช้มาตรการตอบโต้เรียบร้อยแล้ว ผู้วิเคราะห์จะต้องทำการประเมินค่าความเสี่ยงในรูป RPN โดยอาศัยกฎเกณฑ์เดิมอีกครั้งเพื่อพิจารณาว่าความเสี่ยงของลักษณะ

ข้อบกพร่องที่พิจารณาได้ลดลงหรือไม่และถ้าไม่ตรงตามที่กำหนดแต่แรกให้พิจารณาว่ามีสาเหตุมาจากประเด็นใดเพื่อดำเนินการแก้ไขต่อไป

8) การติดตามผลและการทำมาตรฐาน

ในขั้นตอนสุดท้ายของการดำเนินการ FMEA ในรอบแรกจะได้จากการติดตามผลเพื่อสร้างความมั่นใจว่ามาตรการตอบโต้ที่กำหนดไว้ได้รับการนำไปปฏิบัติใช้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่และถ้ามีประสิทธิภาพดีแล้วก็ควรจัดทำเป็นมาตรฐานต่อไป

องค์ประกอบของ FMEA

เทคนิค FMEA มีความสำคัญเนื่องจากจะบอกถึงโอกาสที่กระบวนการหรือการออกแบบมีผลต่อความข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังประเมินผลกระทบของข้อบกพร่องที่ส่งผลกระทบต่อลูกค้า อีกทั้งยังบอกถึงปัญหาที่เป็นไปได้ของกระบวนการและพารามิเตอร์ของกระบวนการที่ต้องถูกควบคุมเพื่อที่จะลดอัตราส่วนข้อบกพร่องที่จะเกิดขึ้น

ลำดับขั้นตอนการสร้าง FMEA สำหรับกระบวนการจะดำเนินการตามลำดับดังนี้ หัวข้อต่างๆที่อธิบายจะมีความสอดคล้องกับตัวเลขกำกับตามภาพที่ 5

(1) เลขเอกสารของ FMEA

เลขเอกสารของ FMEA จะใช้สำหรับการติดตามการวิเคราะห์และเพื่อประโยชน์ในการสอบกลับได้

(2) ชื่อกระบวนการหรือผลิตภัณฑ์

ชื่อกระบวนการหรือ อุปกรณ์ หรือสิ่งของจะบอกว่า กระบวนการ สิ่งของหรือ อุปกรณ์ใดกำลังถูกวิเคราะห์

(3) ความรับผิดชอบต่อกระบวนการหรือการออกแบบ(Design/ Process Responsibility)

เป็นแผนก ทีม หรือบุคคลที่รับผิดชอบ หรือแม้กระทั่งชื่อซัพพลายเออร์

(4) ผู้จัดเตรียม(Prepared by)

ชื่อผู้รับผิดชอบการจัดเตรียมFMEA พร้อมทั้งชื่อบริษัทที่สังกัดพร้อมหมายเลขโทรศัพท์

(5) ชื่อรุ่นของผลิตภัณฑ์(Model of Product)

ชื่อรุ่นของผลิตภัณฑ์และข้อมูลที่มีนัยสำคัญของผลิตภัณฑ์ที่จะใช้หรือมีผลกระทบจากการออกแบบหรือกระบวนการ

(6) วันกำหนดการเสร็จ(Key Date)

เป็นวันกำหนดการเสร็จของการดำเนินการ FMEA วันที่นี้ ไม่ควรเกินวันเริ่มต้นผลิตหรือเริ่มต้นกิจกรรม

(7) วันที่ของFMEA

เป็นวันที่เริ่มดำเนินการของFMEA และเป็นการปรับปรุงครั้งสุดท้าย

(8) ทีมงานหลัก(Core Team)

ประกอบด้วย ชื่อที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์ ของผู้รับผิดชอบ และชื่อแผนก และต้องเป็นผู้มีอำนาจในการระบุปัญหาและดำเนินการการกิจ

(9) หน้าที่หรือข้อกำหนดของกระบวนการ(Process Function or Requirement)

อธิบายคร่าวๆ เกี่ยวกับกระบวนการหรือ การปฏิบัติการที่จะทำการวิเคราะห์ (เป็น ต้นว่า การกลึง การเชื่อมประสาน การประกอบ การลงทะเบียน การบันทึก ฯลฯ) และให้ไ้ หมายเลขของกระบวนการหรือขั้นตอนการปฏิบัติงานลงไปด้วย ในกรณีนี้คณะทำงาน FMEA ควร มีการทบทวนถึงสมรรถนะ วัตถุประสงค์ กระบวนการ สิ่งแวดล้อม และมาตรฐานความปลอดภัย

ในการกำหนดหน้าที่ของกระบวนการให้ใช้คำง่ายๆ ว่า (1) สิ่งนั้นคืออะไร และ (2) สิ่งนั้นใช้ทำอะไร และในกรณีที่มีหน้าที่ของกระบวนการหลายข้อ ควรมีการจัดลำดับ ก่อนหลัง เพราะว่าในบางครั้งอาจจะทำให้มีลักษณะข้อบกพร่องแตกต่างกันได้

(10) ลักษณะข้อบกพร่องที่เป็นไปได้(Potential Failure Mode)

คำจำกัดความของข้อบกพร่องที่เป็นไปได้เป็นลักษณะของกระบวนการหรือการ ออกแบบที่มีความเป็นไปได้ที่จะไม่สอดคล้องต่อข้อกำหนดหรือสิ่งที่ต้องการ เป็นคำอธิบายถึงความ ไม่สอดคล้องต่อข้อกำหนด ในขั้นตอนการปฏิบัติงานโดยลักษณะข้อบกพร่องที่พิจารณานี้อาจจะ เป็นสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องของกระบวนการทำน้ำและอาจจะเป็นผลกระทบจากลักษณะ ข้อบกพร่องของกระบวนการต้นน้ำดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ของลักษณะข้อบกพร่องกับกระบวนการหรือระบบ

ที่มา: กิตติศักดิ์ (2551)

สำหรับหน้าที่หรือข้อกำหนดของกระบวนการที่ได้ระบุไว้ในหัวข้อที่ (9) อาจจะมีลักษณะข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์มากกว่า 1 รายการก็ได้ ดังนั้น จึงควรกำหนดลักษณะข้อบกพร่องสำหรับขั้นตอนการปฏิบัติงานต่างๆที่เจาะจงในเทอมของคุณลักษณะของชิ้นส่วนประกอบ ระบบย่อย ระบบของกระบวนการ โดยข้อบกพร่องที่พิจารณานี้ถือว่า สามารถเกิดขึ้นได้ แต่ไม่จำเป็นต้องเกิดเสมอไป โดยวิศวกรหรือคณะทำงาน FMEA ต้องตอบคำถามต่อไปนี้

- กระบวนการและ/ หรือชิ้นส่วนประกอบ มีลักษณะไม่ตรงกับความต้องการ
อย่างไร?

- โดยไม่คำนึงถึงข้อกำหนดเฉพาะทางวิศวกรรม ให้พิจารณาว่ามีอะไรอีกบ้างที่
ลูกค้า (รวมถึง กระบวนการถัดไป และผู้ใช้) ให้การปฏิเสธ

ในการตอบคำถามเหล่านี้มีข้อเสนอแนะให้ทำการเปรียบเทียบกับกระบวนการที่คล้ายคลึงกัน หรือพิจารณาเชิงวิเคราะห์จากคำร้องเรียนของลูกค้าเกี่ยวกับชิ้นส่วนประกอบหรือระบบที่คล้ายคลึงกัน ทั้งนี้ผู้วิเคราะห์จะต้องมีความเข้าใจถึงจุดประสงค์ในการออกแบบด้วย นอกจากนี้แล้ว แนะนำให้ทำการบ่งชี้ถึงแนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่องด้วยการคิดในแง่ลบหรือพยายามคิดถึงประเด็นที่กระบวนการจะทำงานไม่ได้

ภาพที่ 5 แบบฟอร์ม FMEA สำหรับกระบวนการ

ในการระบุถึงแนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่องจะต้องระบุถึงสิ่งที่มองเห็นได้ง่าย เช่น ปนเปื้อน ตกตะกอน วงจรเปิด แตกร้าว รูไม่กลม รหัสดัดพลาด มีรอยขีดข่วน ไม่มีลายเซ็นผู้อนุมัติ ฯลฯ โดยคำที่ใช้ควรจะเป็คำที่อยู่ในภาษาเทคนิคหรือลักษณะทางกายภาพที่สังเกตได้ด้วยประสาทสัมผัสมากกว่าอาการที่สังเกตได้โดยลูกค้า เช่น ไม่ทำงาน ไม่มีสัญญาณ ฯลฯ

แต่ละข้อบกพร่องที่เป็นไปได้สำหรับการปฏิบัติการหนึ่งๆ จะถูกลงรายการในรูปแบบของระบบหรือกระบวนการ ลักษณะของชิ้นส่วน อย่างไรก็ตาม รายการข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นได้ไม่จำเป็นต้องเกิด โดยการพิจารณาคำถามชี้แนะช่วยให้วิศวกรกระบวนการ ถามและตอบ อย่างเช่น กระบวนการไม่สามารถเป็นไปตามข้อกำหนดได้อย่างไร

(11) ผลกระทบจากข้อบกพร่องที่เป็นได้(Potential Effect of Failure)

คำจำกัดความของผลกระทบของข้อบกพร่องที่เป็นได้ คือ ผลกระทบจากข้อบกพร่องในด้านลูกค้า โดยอธิบายได้ว่าเป็นผลกระทบจากข้อบกพร่องที่ระบุในแง่ของ อะไรคือสิ่งที่ลูกค้ารับรู้ หรือมีประสบการณ์ สำหรับลูกค้าขั้นสุดท้าย ผลกระทบต้องแสดงอยู่ในแง่ของสมรรถนะของสินค้าหรือระบบ อย่างไรก็ตาม ถ้าผลกระทบเกิดขึ้นภายในหรือ ขั้นตอนงานถัดไป ผลกระทบต้องถูกแสดงในแง่ของสมรรถนะของกระบวนการ

ในกรณีที่เป็นลูกค้าภายใน ผลจากข้อบกพร่องจะอธิบายในเทอมของสมรรถนะของกระบวนการหรือขั้นตอนการปฏิบัติงาน เช่น ไม่สามารถทำให้แน่นได้ ไม่สามารถสวมได้ ไม่สามารถเจาะได้ ผู้ปฏิบัติงานมีอันตราย ทำให้อุปกรณ์เสียหาย ไม่สามารถวิเคราะห์ผลได้ ฯลฯ

สำหรับกรณีที่เป็นลูกค้าภายนอก ผลจากข้อบกพร่องจะอธิบายในเทอมของสมรรถนะของผลิตภัณฑ์หรือระบบ เช่น เกิดเสียงดัง ผิดหายบ ไม่สามารถใช้งานได้ มีกลิ่นไม่พึงประสงค์ รั่ว ไม่เสถียรภาพ รีเวิร์ค ซ่อมบำรุงยาก ใช้ความพยายามเกินไป ฯลฯ

โดยทั่วไปอาจจะจำแนกแนวโน้มของผลจากข้อบกพร่องตามระดับที่เกิดออกเป็น 3 ระดับด้วยกันดังนี้

a) ผลกระทบที่จุดเกิดเหตุ (Local effects) หมายถึงผลกระทบที่มีต่อชิ้นส่วนประกอบหรือกระบวนการย่อยของกระบวนการที่กำลังพิจารณา

b) ผลกระทบที่กระบวนการถัดไป (Next higher level effects) หมายถึงผลกระทบที่มีต่อกระบวนการทำนํ้าที่มีความสัมพันธ์กับโครงสร้างรายการการใช้วัสดุ (Bill of Materials :BOM) และ

c) ผลกระทบต่อผู้ใช้ (End user effects) หมายถึงผลกระทบที่ผู้ใช้สามารถสังเกตเห็นได้หรือได้รับ

นอกจากนี้แล้ว ในการวิเคราะห์ถึงแนวโน้มของผลกระทบจากข้อบกพร่องนี้ สามารถวิเคราะห์ได้จากเอกสารต่างๆ เช่น ข้อมูลในอดีต เอกสารด้านการรับรองคุณภาพ (quality warranty) คำร้องเรียนของลูกค้า ข้อมูลการให้บริการขณะใช้งาน (field service) ข้อมูลการทดสอบความไว้วางใจ ตลอดจนเอกสาร FMEA สำหรับผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่คล้ายคลึงกัน

(12) ความรุนแรงของผลกระทบ (Severity: S)

ในช่องนี้จะวิเคราะห์ถึงความรุนแรงของแนวโน้มของผลกระทบจากข้อบกพร่องที่กำหนดในช่องที่ (11) โดยความรุนแรงจะหมายถึงขนาดของความรุนแรง (Seriousness) ของผลกระทบและความรุนแรงนี้ จะเป็นลักษณะเชิงสัมพันธ์ภายใต้ขอบเขตของแต่ละ FMEA และในการลดขนาดความรุนแรงของผลกระทบนี้จะได้มาจากการออกแบบใหม่สำหรับระบบหรือกระบวนการเท่านั้น (ไม่สามารถดำเนินการโดยการเปลี่ยนแปลงความคาดหวังของลูกค้าได้)

ในกรณีที่ประเมินความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อโรงงานประกอบหรือผู้ใช้ผลิตภัณฑ์นั้น จะเป็นสิ่งที่ออกนอกขอบเขต หรือประสบการณ์ ความรู้ของวิศวกรประจำกระบวนการ โดยสถานการณ์เช่นนี้คณะทำงานสำหรับกระบวนการ FMEA มีความจำเป็นต้องขอคำปรึกษาจากคณะทำงาน FMEA สำหรับการออกแบบ วิศวกรออกแบบ และ/หรือ วิศวกรประจำกระบวนการผลิตของลูกค้า ฯลฯ

ในการประเมินความรุนแรง คณะทำงาน FMEA ควรจะกำหนดกฎเกณฑ์สำหรับการประเมินผลก่อนเสมอ โดยทั่วไปอาจจะใช้สเกล 1-10 (อาจจะใช้สเกล 1-4, 1-25 หรือ 1-100 ก็ได้ โดยสนใจถึงความสามารถในการแยกแยะความแตกต่างของสเกลที่ใช้ได้) และควรกำหนดความรุนแรงที่สูงที่สุด (อาจจะหมายถึง ความมีอันตรายของลูกค้า) ได้คะแนนสูงที่สุด และ

ให้ความรุนแรงที่ต่ำที่สุด (อาจจะหมายถึง ผลกระทบที่ลูกค้าไม่ได้ให้ความสนใจหรือไม่สามารถสังเกตได้) ได้คะแนนต่ำที่สุด และถ้าผลกระทบใดได้คะแนนต่ำที่สุดแล้วก็จะทำการตัดผลกระทบดังกล่าวออกจากการพิจารณาต่อไป

จากตารางที่ 2 แสดงถึงตัวอย่างการให้คะแนนความรุนแรงของผลกระทบ (AIAG (2001), p43) โดยกฎเกณฑ์ดังกล่าวจะพิจารณาลูกค้าภายนอกที่เป็นผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ก่อนเป็นลำดับแรก จากนั้นจึงพิจารณาถึงกระบวนการภายใน และกรณีที่ผลกระทบเกิดขึ้นทั้งลูกค้าภายนอกและลูกค้าภายใน ให้ใช้คะแนนความรุนแรงที่สูงกว่าจากการประเมินในการวิเคราะห์ FMEA

(13) การจำแนกประเภท (Classification)

เป็นคอลัมน์ ที่ใช้จำแนกคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการพิเศษ (เช่น คุณลักษณะวิกฤต สำคัญมาก สำคัญ มีนัยสำคัญ) สำหรับระบบ ระบบย่อย หรือ ชิ้นส่วนที่อาจจะต้องการกระบวนการควบคุมเพิ่มเติมเป็นพิเศษ นอกจากนี้ก็อาจจะใช้ช่องนี้ในการกำหนดถึงลักษณะข้อบกพร่องที่สำคัญมากจากการประเมินผลด้านวิศวกรรม

ในการกำหนดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการพิเศษนี้จะใช้สัญลักษณ์ที่กำหนดโดยแต่ละบริษัท และมีได้กำหนดเป็นมาตรฐานทั่วไป

(14) สาเหตุ/ กลไกที่เป็นไปได้ของข้อบกพร่อง (Potential Cause of Mechanism of Failure)

คำจำกัดความของสาเหตุที่เป็นไปได้ของความล้มเหลว หมายความว่า ข้อบกพร่องเกิดขึ้นได้อย่างไร สามารถอธิบายในรูปของอะไรที่สามารถแก้ไขได้ และควบคุมได้ ผู้วิเคราะห์ FMEA จะต้องค้นหาสาเหตุหรือกลไกของข้อบกพร่อง สาเหตุของข้อบกพร่องหมายถึงวิธีการที่ข้อบกพร่องจะเกิดขึ้นโดยอธิบายในรูปของสิ่งที่ จะได้รับการแก้ไข หรือสามารถได้รับการควบคุมได้

การค้นหาสาเหตุอาจจะดำเนินการผ่านความคิดของกระบวนการ หรือจากสถานะจริงของกระบวนการ และต้องพยายามหลีกเลี่ยงความเข้าใจผิดระหว่างสาเหตุ มาตรการตอบโต้ ตลอดจนอาการของปัญหาหรือลักษณะข้อบกพร่อง

ในการค้นหาสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องต้องพยายามค้นหาให้ทราบถึงสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดโดยสาเหตุบางสาเหตุจะมีผลกระทบต่อลักษณะข้อบกพร่องโดยตรง (ถ้าหากควบคุมสาเหตุดังกล่าวได้ ก็จะไม่เกิดลักษณะข้อบกพร่องอีก) ก็จะทำให้ FMEA สมบูรณ์มาก อย่างไรก็ตาม สาเหตุจำนวนมากมักจะเป็นสาเหตุที่เกิดขึ้นพร้อมกันได้ การแก้ไขหรือควบคุมสาเหตุเหล่านี้ มีความจำเป็นต้องใช้เทคนิคการออกแบบทดลอง (DOE) ในการค้นหาสาเหตุรากเหง้าที่มีผลมากที่สุดต่อลักษณะข้อบกพร่องเพื่อดำเนินการควบคุมต่อไป

การอธิบายเกี่ยวกับสาเหตุ ต้องใช้คำพูดที่แสดงถึงกลไกการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง เช่น เครื่องมือสึกหรอ ใส่ชิ้นงานผิด โปรแกรมไม่ถูกต้อง แรงบิดไม่ถูกต้อง กระบวนการทางความร้อน (เวลา อุณหภูมิ) ไม่ถูกต้อง ฯลฯ โดยพยายามหลีกเลี่ยงคำพูดที่คลุมเครือ เช่น ความผิดพลาดของพนักงาน (Human error) วัตถุดิบไม่ดี และพยายามหลีกเลี่ยงการใช้มาตรการตอบโต้มาเป็นสาเหตุ เช่น บำรุงรักษาไม่ดี ขาดการฝึกอบรม เป็นต้น

(15) โอกาสเกิดขึ้น(Occurrence: O)

คำจำกัดความของโอกาสเกิดขึ้นคือ ความเป็นไปได้ของสาเหตุหรือกลไกเฉพาะหนึ่งจะเกิดขึ้น ดังนั้นอันดับของความเป็นไปได้ในการเกิด (Likelihood of occurrence) จึงมีความหมายเชิงสัมพันธ์มากกว่าตัวเลขสัมบูรณ์

ตารางที่ 2 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ (AIAG, 2001)

ผลกระทบจาก ข้อบกพร่อง	ความรุนแรงของผลกระทบ	ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อ กระบวนการภายใน	คะแนน
เกิดอันตรายโดย ไม่มีการเตือน	มีผลกระทบต่อความปลอดภัย ของผู้ใช้หรือขัดต่อกฎหมาย โดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	มีผลกระทบต่อการเกิดอันตรายต่อ พนักงาน (หรือเครื่องจักร) โดยไม่มีการ เตือนล่วงหน้า	10
เกิดอันตรายโดยมี การเตือน	มีผลกระทบต่อความปลอดภัย ของผู้ใช้หรือขัดต่อกฎหมาย โดยมีการเตือนล่วงหน้า	มีผลกระทบต่อการเกิดอันตรายต่อ พนักงาน (หรือเครื่องจักร) โดยมีการ เตือนล่วงหน้า	9
ผลกระทบสูงมาก	ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถใช้งานได้ (เนื่องจากสูญเสียหน้าที่หลัก)	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (100%) อาจต้องถูก ทำลายหรือส่งเข้าซ่อมแซมที่แผนกซ่อม บำรุงโดยใช้เวลามากกว่า 1 ชั่วโมง	8
ผลกระทบสูง	ผลิตภัณฑ์นำไปใช้งานได้แต่ ระดับสมรรถนะลดลงจนทำให้ ลูกค้าไม่พอใจ	อาจจะมีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์แบบ คัดเลือก (Sorting) และผลิตภัณฑ์ บางส่วน (น้อยกว่า 100%) อาจถูกทำลาย หรือส่งเข้าซ่อมแซมที่แผนกซ่อมบำรุง ระหว่างครั้งถึงหนึ่งชั่วโมง	7
ผลกระทบปาน กลาง	ผลิตภัณฑ์นำไปใช้งานได้แต่ ขาดความสะดวกสบายทำให้ ลูกค้าไม่พอใจ	ผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%) อาจ ถูกทำลายและไม่ต้องตรวจสอบแบบ คัดเลือก (Sorting) หรือส่งเข้าซ่อมแซมที่ แผนกซ่อมบำรุงใช้เวลาต่ำกว่าครึ่งชั่วโมง	6
ผลกระทบต่ำ	ผลิตภัณฑ์สามารถนำไปใช้งาน ได้ด้วยความสะดวกสบายแต่ ระดับสมรรถนะลดลง	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (100%) อาจต้องได้รับ การ รีเวิร์คหรือได้รับการซ่อมแซมนอก สายการผลิตที่ฝ่ายผลิต	5
ผลกระทบต่ำมาก	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ ไม่ดีนัก อาจมีเสียงดังบ้าง ลูกค้า ส่วนใหญ่ (มากกว่า 75%) สามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่อง ได้	ผลิตภัณฑ์อาจได้รับการตรวจสอบแบบ คัดเลือก (Sorting) โดยไม่มีผลิตภัณฑ์ที่ ต้องถูกทำลาย แต่บางส่วน (ต่ำกว่า 100%) อาจได้รับการรีเวิร์ค	4

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ผลกระทบจาก ข้อบกพร่อง	ความรุนแรงของผลกระทบ	ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อ กระบวนการภายใน	คะแนน
ผลกระทบ เล็กน้อย	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ ไม่ดีนัก อาจมีเสียงดังบ้าง ลูกค้า ประมาณครึ่งหนึ่งสามารถ สังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	ผลิตภัณฑ์บางส่วน (ต่ำกว่า 100%) อาจ ต้องได้รับการรีเวิร์คในสายการผลิต แต่ นอกจุดปฏิบัติงานที่ต้องถูกทำลาย	3
เกือบไม่มี ผลกระทบ	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ ไม่ดีนัก อาจมีเสียงดังบ้าง ลูกค้า ส่วนน้อย (ต่ำกว่า 25%) สามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่อง ได้	ผลิตภัณฑ์บางส่วน (ต่ำกว่า 100%) อาจ ต้องได้รับการรีเวิร์คในสายการผลิตที่จุด ปฏิบัติงานโดยไม่มีผลิตภัณฑ์ที่ต้องถูก ทำลาย	2
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบที่สังเกตเห็นได้	อาจมีความไม่สะดวกสบายเล็กน้อยต่อ การปฏิบัติงานหรือตัวพนักงานหรือไม่มี ผลกระทบใดๆ	1

ป้องกันหรือการควบคุมสาเหตุหรือกลไกของข้อบกพร่องที่ผ่านการเปลี่ยนแปลงแบบ หรือ
กระบวนการเท่านั้น

ระบบการให้คะแนนโอกาสเกิดนี้ ควรได้รับการกำหนดให้มั่นใจถึงความ
ต่อเนื่อง โดยคะแนนแสดงลำดับของโอกาสการเกิดจะมีอัตราความสัมพันธ์กับของ FMEA
และอาจจะไม่สะท้อนถึงความเป็นจริงของการเกิดขึ้นอย่างไรก็ตาม ไม่ว่าจะอาศัยข้อมูลใดในการ
คาดหมายก็ตาม ผู้วิเคราะห์ FMEA จะต้องใช้การตัดสินใจเชิงอัตวิสัยในการช่วยประเมินผล ดัง
แสดงตัวอย่างกฎเกณฑ์ในตารางที่ 3

(16) สภาพปัจจุบันของการควบคุมกระบวนการ(Current Design /Process Control)

องค์ประกอบนี้ จะแสดงถึงระบบการควบคุมกระบวนการในปัจจุบัน ว่าการ
ควบคุมกระบวนการ คือลักษณะของการควบคุมที่อาจจะอยู่ในรูปการป้องกันสิ่งที่เป็นไปได้ของ

ลักษณะข้อบกพร่องหรือสาเหตุตลอดจนกลไกของข้อบกพร่องจากการเกิดขึ้น หรือตรวจจับ
ลักษณะข้อบกพร่อง หรือสาเหตุตลอดจนกลไกของข้อบกพร่อง ที่อาจจะทำให้เกิดขึ้น



ตารางที่ 3 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดของข้อบกพร่อง (AIAG, 2001)

โอกาสเกิดขึ้นของสาเหตุหนึ่งๆ	อัตราข้อบกพร่องที่เป็นไปได้ (ppm)	P _{pk}	คะแนน
สูงมาก : เกิดข้อบกพร่องเป็นประจำ	≥100,000 (หรือ 10%)	<0.55	10
	50,000 (หรือ 5%)	≥0.55	9
สูง : เกิดข้อบกพร่องบ่อย	20,000 (หรือ 2%)	≥0.78	8
	10,000 (หรือ 1%)	≥0.86	7
ปานกลาง : เกิดข้อบกพร่องเป็นครั้งคราว	5,000 (หรือ 0.5%)	≥0.94	6
	2,000 (หรือ 0.2%)	≥1.00	5
	1,000 (หรือ 0.1%)	≥1.10	4
ต่ำ : เกิดข้อบกพร่องค่อนข้างน้อย	500	≥1.20	3
	100	≥1.30	2
ห่างไกล : เกือบไม่มีโอกาสเกิดข้อบกพร่องเลย	≤10	≥1.67	1

โดยระบบควบคุมดังกล่าวนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

- การป้องกัน (Prevention) หมายถึง การป้องกันสาเหตุ/ กลไกของข้อบกพร่องหรือลักษณะข้อบกพร่องจากการเกิดขึ้น หรือลดอัตราการเกิดขึ้นของสาเหตุหรือกลไกของข้อบกพร่องดังกล่าว
- การตรวจจับ (Detection) หมายถึง การตรวจจับสาเหตุ/ กลไกของข้อบกพร่องเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติการแก้ไขต่อไป

ภายใต้แนวทางการควบคุมทั้งสองประเภทนี้ ถ้ามีความเป็นไปได้แล้วมักจะนิยมใช้แนวทางการควบคุมโดยการป้องกันมากกว่าการตรวจจับ นอกจากนี้แล้ว ถ้าพิจารณาในประเด็นกลไกของการควบคุมกระบวนการแล้วจะสามารถแบ่งได้เป็น 3 กรณีด้วยกันคือ

1) การป้องกันสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่อง หรือกลไกการเกิดลักษณะข้อบกพร่องที่จะเกิดขึ้นหรือการลดอัตราการเกิดลักษณะข้อบกพร่องให้น้อยลง

2) การตรวจจับสาเหตุหรือกลไกของลักษณะข้อบกพร่องเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติการแก้ไข และ

3) การตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง

ในการกำหนดวิธีการตรวจจับนี้อาจจะได้ผลดี ถ้ามีการใช้เทคนิคการระดมสมองเพื่อปองชี้ถึงวิธีการใหม่ๆที่สามารถประยุกต์ได้กับงานที่ทำอยู่โดยใช้คำถามง่ายๆ คือ

- ข้อบกพร่องนี้จะได้รับการค้นพบอย่างไร
- มีแนวทางใดบ้างที่จะทำให้มีความสนใจต่อข้อบกพร่องนี้

สภาพปัจจุบันของการควบคุมกระบวนการเป็นการอธิบายทั้งการป้องกันข้อบกพร่องและการตรวจพบข้อบกพร่อง การควบคุมนี้ คือการควบคุมกระบวนการ อันได้แก่ การควบคุมกระบวนการทางสถิติ(SPC) อย่างไรก็ตาม มีการควบคุมกระบวนการ 3 ชนิดที่ต้องคำนึงได้แก่

(a) การป้องกันการสาเหตุหรือข้อบกพร่อง หรือ ลดอัตราการเกิด

(b) การตรวจพบสาเหตุเพื่อนำไปสู่การแก้ไข

(c) การตรวจพบลักษณะของข้อบกพร่อง

(17) การตรวจจับ (Detect: D)

การตรวจจับเป็นการประเมินผลถึงความสามารถของการควบคุมกระบวนการ ปัจจุบันจะสามารถตรวจพบสาเหตุที่เป็นไปได้หรือความน่าจะเป็นการควบคุมกระบวนการจะตรวจพบความล้มเหลวถัดไป โดยคะแนนการตรวจจับจะเป็นปริมาณเชิงสัมพัทธ์ภายใต้ขอบเขตของ FMEA สำหรับแต่ละกระบวนการ ที่ทำการศึกษา และการจะให้คะแนนตรวจจับมีค่าต่ำลง (มีความสามารถในการตรวจจับที่ดีขึ้น) จะต้องเกิดจากการเปลี่ยนวิธีการควบคุมที่ได้วางแผนไว้เท่านั้น (กิตติศักดิ์, 2551)

ในการพิจารณาคะแนนประเมินผลการตรวจจับนี้ จะต้องพิจารณาจากความสามารถของระบบการควบคุมในปัจจุบันที่จะป้องกันการส่งมอบข้อบกพร่องถึงลูกค้าเท่านั้น โดยต้องไม่คำนึงถึงความเป็นไปได้ของการเกิดขึ้น (Likelihood of occurrence) ของลักษณะข้อบกพร่อง ตัวอย่างของกฎเกณฑ์การประเมินผลความสามารถในการตรวจจับของระบบการควบคุมกระบวนการ (AIAG, 2001)) แสดงในตารางที่ 4

(18) ค่าลำดับความสำคัญของความเสี่ยง(Risk Priority Number :RPN)

ค่าลำดับความสำคัญของความเสี่ยง เกิดจาก การเอา ค่าความรุนแรง คูณ ค่าโอกาสการเกิด คูณ ค่าการตรวจจับ แสดงสูตรได้ดังนี้

$$RPN = S \times O \times D \dots\dots\dots(1)$$

ผลคะแนนที่ได้จะมีค่า 1 ถึง 1000 ค่าที่ได้ จะนำไปจัดลำดับความสำคัญของประเด็นทางคุณภาพ กระบวนการใดที่ ค่าคะแนนนี้สูงจะต้องถูกลดผ่านกระบวนการ แก้ไขปัญหา โคน ทีมงาน FMEA เป็นอันดับแรกโดยทั่วไปแล้วตัวเลข RPN จะใช้สื่อถึงลำดับในการกำหนดความเสี่ยงของลักษณะข้อบกพร่องจากกระบวนการ เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่า ผู้วิเคราะห์สามารถให้คะแนนตามกฎเกณฑ์ที่กำหนดจนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

(19) ข้อเสนอแนะเพื่อแก้ไขปัญหา(Recommended Action)

ข้อเสนอแนะเพื่อแก้ไขปัญหามาจากการระบุวิธีการปฏิบัติเพื่อตอบโต้เชิงป้องกัน/แก้ไขกับลักษณะข้อบกพร่องที่มีความรุนแรงมากที่สุดก่อน (ในกรณีที่ S มีคะแนน 9 หรือ 10 ให้กำหนดมาตรการตอบโต้ทันที โดยไม่สนใจว่าค่า RPN จะมีค่าเท่าไร) จากนั้นให้พิจารณากำหนดทิศทางการแก้ไขปัญหาลักษณะคะแนนRPNที่สูงในลำดับแรกๆ เป้าหมายของข้อเสนอแนะเพื่อแก้ไขปัญหา เพื่อลดความรุนแรง โอกาสของการเกิด และการตรวจจับ

แนวทางการกำหนดมาตรการตอบโต้จะต้องอยู่บนพื้นฐานของการป้องกันลักษณะข้อบกพร่องมากกว่าการตรวจจับ ดังนั้น มาตรการลดโอกาสการเกิดขึ้นและการลดความรุนแรงจึงเป็นสิ่งที่ควรได้รับการพิจารณาก่อน มาตรการการปรับปรุงระบบการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง นอกจากนี้แล้วการปรับปรุงระบบการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องนี้ถือเป็นการปรับปรุงคุณภาพที่ใช้ต้นทุนค่อนข้างสูง และไม่มีประสิทธิผล

ตารางที่ 4 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของระบบควบคุม (AIAG, 2001)

การตรวจจับ	กฎเกณฑ์	ประเภทการ ตรวจสอบ			ขอบเขตวิธีการตรวจจับ	คะแนน
		A	B	C		
เกือบเป็นไป ไม่ได้	ไม่มีการตรวจจับใดๆ			X	ไม่สามารถตรวจจับหรือ ตรวจสอบได้	10
ห่างไกลมาก	มีระบบควบคุม แต่ไม่ สามารถตรวจจับข้อบกพร่อง ได้			X	การควบคุมกระทำได้โดย ทางอ้อมหรือเป็นเพียง การสุ่มตรวจเท่านั้น	9
ห่างไกล	มีระบบควบคุม แต่มีโอกาสน้อย มากที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้			X	การควบคุมกระทำได้ด้วย การตรวจสอบด้วยตาเปล่า (Visual Inspection) เท่านั้น	8
ต่ำมาก	มีระบบควบคุม แต่มีโอกาสน้อย มากที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้			X	การควบคุมกระทำได้ด้วย การตรวจสอบด้วยตาเปล่าสองครั้ง (Double Visual Inspection)	7
ต่ำ	มีระบบควบคุมและอาจจะ ตรวจจับข้อบกพร่องได้		X	X	การควบคุมกระทำได้ด้วย แผนภูมิ SPC	6
ปานกลาง	มีระบบควบคุมและอาจจะ ตรวจจับข้อบกพร่องได้		X		มีการควบคุมโดยใช้ เครื่องมือวัด วัดชิ้นงาน ก่อนออกจากจุด ปฏิบัติงานหรือใช้เกจ แบบ Go/ No Go กับงาน ทั้งหมดก่อนออกจากจุด ปฏิบัติงาน	5
ค่อนข้างสูง	มีระบบควบคุมและมีโอกาสน้อย ที่จะตรวจจับข้อบกพร่อง ได้	X	X		มีการตรวจจับความ ผิดพลาดในกระบวนการ ถัดไปหรือมีการใช้ เครื่องมือวัดวัดชิ้นงานขึ้น แรกในขั้นตอนงาน ปรับตั้ง (Set up)	4

ตารางที่ 4 (ต่อ)

การตรวจจับ	กฎเกณฑ์	ประเภทการ ตรวจสอบ			ขอบเขตวิธีการตรวจจับ	คะแนน
		A	B	C		
สูง	มีระบบควบคุมและมีโอกาสสูงที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้	X	X		มีการตรวจจับความผิดพลาดที่จุดปฏิบัติงานหรือมีการตรวจจับความผิดพลาดในกระบวนการถัดไปโดยการตรวจสอบเพื่อการยอมรับ	3
สูงมาก	มีระบบควบคุม และเกือบจะมั่นใจได้ว่าสามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้	X	X		มีการตรวจจับความผิดพลาดที่จุดปฏิบัติงานด้วยเครื่องมืออัตโนมัติทำให้ชิ้นส่วนบกพร่องไม่สามารถหลุดผ่านไปได้	2
สูงมาก	มีระบบควบคุม และมั่นใจได้ว่าจะสามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้					1

หมายเหตุ: A = การป้องกันข้อผิดพลาด

B = การใช้อุปกรณ์การวัด (Gauge)

C = การตรวจจัดโดยบุคคล (Manual inspector)

หลังจากคณะทำงาน FMEA ดำเนินการกับลักษณะข้อบกพร่องที่มีความรุนแรงเท่ากับ 9 หรือ 10 แล้ว คณะทำงานก็ควรจะให้ความสนใจต่อลักษณะข้อบกพร่องอื่นๆ โดยมีความประสงค์ในการลดความเสี่ยงเนื่องจากความรุนแรง โอกาสที่เกิดขึ้น และการตรวจจับโดยลำดับ (กิตติศักดิ์, 2551)

เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหาและการติดตามการแก้ไขปัญหา ข้อเสนอแนะเพื่อแก้ไขปัญหาที่มีความสำคัญมาก ต่อการ วิธีการ FMEA

(20) หน้าที่รับผิดชอบ(Responsibility)

เป็นบุคคลในองค์กรที่รับผิดชอบต่อข้อเสนอแนะในการแก้ไขปัญหาต้องระบุไว้พร้อมวันที่แก้ไขสำเร็จ

(21) การดำเนินการแก้ไข(Action Taken)

อธิบายสั้นๆถึงรายละเอียดการแก้ไขปัญหาและวันกำหนดเสร็จหลังได้ดำเนินการแก้ไขปัญหา

(22) ผลของการปฏิบัติการแก้ไข (Action Result)

หลังจากมีการบ่งชี้มาตรการแก้ไข/ ป้องกันแล้วให้ประมาณค่า และบันทึกถึงผลการประเมินความรุนแรง โอกาสเกิดขึ้นและการตรวจจับ พร้อมคำนวณค่าRPN ค่า RPNที่คำนวณได้และบันทึกจากผลของการประมาณการที่เกิดขึ้น ความรุนแรง การตรวจจับหลังได้มีการดำเนินการแก้ไขจะถูกระบุ อย่างไรก็ตามค่า RPN จะถูกรีวิวเพื่อที่มีการแก้ไขเพิ่มเติม

2. การวัดผลการวิจัย

การวัดผลการศึกษาวิจัยจะทำการวัดผล 2 ด้านคือ

ด้านคุณภาพ

จำนวนเอกสารที่มีข้อผิดพลาด ทำการวัดจำนวนเอกสารการออกแบบที่มีข้อผิดพลาด (Error) หลังการปรับปรุงแก้ไข

ด้านประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพ (Efficiency) เป็นตัวชี้วัด คุณภาพและประสิทธิภาพการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งเป็นอัตราส่วนความก้าวหน้า (Progress) ของการออกแบบคิดเทียบเป็นจำนวนชั่วโมง

ที่วางแผนไว้ (Planned Manhour) ต่อจำนวนชั่วโมงการทำงานจริง (Used Manhour) ดังสูตรการคำนวณต่อไปนี้

$$\text{ประสิทธิภาพ (Efficiency)} = \frac{\text{จำนวนชั่วโมงทำงานที่วางแผนไว้} \dots \dots \dots (2)}{\text{จำนวนชั่วโมงทำงานจริง}}$$

ประสิทธิภาพการออกแบบจะดีหรือไม่ดีจะดูว่าค่าประสิทธิภาพภาพ มากกว่า 1.0 หรือน้อยกว่า 1.0 ถ้ามีข้อผิดพลาดในการออกแบบเกิดขึ้นต้องมีการแก้ไขข้อผิดพลาด (Rework) จะมีการใช้จำนวนชั่วโมงการทำงานจริงเพิ่มขึ้นแต่จำนวนชั่วโมงที่วางแผนไว้เท่าเดิม ส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพมีค่าน้อยกว่า 1.0 นั่นแสดงว่าประสิทธิภาพและคุณภาพการออกแบบไม่ดี การออกแบบที่มีประสิทธิภาพค่าประสิทธิภาพการออกแบบต้องมีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 1.0 เสมอ

3. การสำรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อริยาภรณ์ (2553) งานวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาข้อบกพร่อง และผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตสบู่อ่อน และนำข้อมูลการวิเคราะห์ไปใช้ในการปรับปรุงด้านคุณภาพเทคนิคที่ใช้เป็นการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) ร่วมกับเครื่องมือทางคุณภาพอย่างอื่น ๆ คือ แผนผังสาเหตุและผล แผนผังพาเรโต แผนผังต้นไม้ และแผนผังเมตริกซ์ เพื่อหามาตรการแก้ไขที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในเบื้องต้นได้ทำการคัดเลือกปัญหาที่ทำให้เกิดของเสีย 3 อันดับแรกมาวิเคราะห์ ข้อบกพร่องและผลกระทบ เลือกค่าตัวเลขลำดับความเสี่ยงที่มีค่าสูงมาหามาตรการแก้ไขโดยใช้แผนผังต้นไม้ และแผนผังเมตริกซ์ หลังจากนั้นดำเนินการแก้ไขเป็นระยะเวลา 6 เดือนแล้วจึงนำมาวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบซ้ำอีกครั้ง เป้าหมายของการศึกษาครั้งนี้คือการลดลงของค่าตัวเลขลำดับความเสี่ยง อย่างน้อยร้อยละ 30 และของเสียลดลงอย่างน้อยร้อยละ 50 หลังการปรับปรุงแก้ไขพบว่า ค่าตัวเลขลำดับความเสี่ยง ลดลงคิดเป็นร้อยละ 54.87 และมีจำนวนของเสีย ลดลงจาก 57.7 ต้น ต่อเดือน เป็น 17.94 ต้นต่อเดือน หรือลดลงคิดเป็นร้อยละ 68.91 ผลสรุปจึงสามารถกล่าวได้ว่าการประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ร่วมกับมาตรการการแก้ไขปัญหาที่มีประสิทธิผล สามารถลดอัตราความเสี่ยงในการเกิดปัญหาคุณภาพ และช่วยลดจำนวนของเสียลงได้

กุสุมา (2550) โรงงานตัวอย่างที่ทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เป็นโรงงานผลิตสารเคลือบเซรามิกสมีฟريتเป็นผลิตภัณฑ์หลัก ประสบปัญหาคุณภาพฟريت เนื่องจากฟريتมีส่วนผสมไม่ตรงสูตรมี

จำนวนของเสียเกิดขึ้นประมาณ 2 % คิดเป็นมูลค่าประมาณ 6.6 ล้านบาทต่อปี ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการทำวิจัยในครั้งนี้คือปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดจำนวนของเสีย การดำเนินงานเริ่มจากการศึกษากระบวนการผลิต วิเคราะห์หาสาเหตุโดยใช้แผนภาพสาเหตุและผลจากนั้นทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบสำหรับกระบวนการผลิต พร้อมกับประเมินผลความสำเร็จจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยอาศัยหลักการกระบวนการลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์ ดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องโดยการพัฒนาแบบฟอร์มการตรวจสอบเครื่องจักรประจำวัน และเอกสารวิธีการปฏิบัติงาน ฝึกอบรมพนักงาน การออกแบบการทดลองแบบแฟคตอเรียล^{2k} เพื่อปรับปรุงอัตราการหมุนส่งวัตถุดิบและขนาดสกรูที่เหมาะสมและการทดลองแบบปัจจัยเดียว เพื่อกำหนดปริมาณทรายที่เหมาะสมในขั้นตอนการทำความสะอาด ผลการวิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยสนับสนุน เรียงตามลำดับดังนี้ การปรับปรุงเครื่องจักร (0.531) การปรับปรุงวิธีการทำงาน (0.469) การปรับปรุงกระบวนการผลิตในครั้งนี้จำนวนของเสียได้ลดลงโดยเฉลี่ย 68,337.5 กก. เหลือ 50,856.6 กก. คิดเป็นจำนวนเงินประมาณ 314,656.2 บาท และคุณภาพพริตเพิ่มขึ้นตามเป้าหมายคุณภาพ ณ ระดับ 98.6%

นัทยาพร (2553) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแนวทางการลดของเสียในกระบวนการผลิตเครื่องเป่าผม โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (FMEA) ซึ่งจากการวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบก่อนการปรับปรุง พบว่ามีแนวโน้มของสาเหตุจำนวนทั้งสิ้น 81 สาเหตุ จึงได้นำเอาแนวโน้มของสาเหตุมาทำการศึกษาเลือกสาเหตุที่จะนำมาวิเคราะห์โดยใช้แผนผังพาเรโต ซึ่งจากการศึกษาพบว่า สาเหตุหลักมีทั้งสิ้น 44 สาเหตุ จึงได้นำมาจัดกลุ่มหาแนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง ซึ่งพบว่ามีจำนวนทั้งสิ้น 14 แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่องจากนั้นนำแนวโน้มที่ได้มาดำเนินการแก้ไขโดยเน้นในเรื่องของการปรับปรุงกระบวนการผลิตและความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ในงานวิจัยนี้ได้เสนอการหาแนวทางการลดอัตราของเสีย และแนวทางที่ได้ไปดำเนินการปฏิบัติจริงและติดตามผลที่ได้หลังจากการปรับปรุง โดยผลของการปรับปรุงพบว่า จำนวนของเสียที่มากที่สุดได้ลดลงจากเดิมร้อยละ 100 เหลือเพียงร้อยละ 4 หลังจากทำการปรับปรุงแล้ว และค่าระดับความเสี่ยงของแนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่องลดลงจากเดิม 14203 เป็น 5568 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 60.8

เจียม (2552) วิทยานิพนธ์นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และลดของเสียของกระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้ายสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตวงจรรวม โดยใช้การลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis) มาใช้ในการวิเคราะห์และลดของเสียของโรงงานตัวอย่างจากการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อข้อบกพร่องโดยการระดม

สมองของทีมงาน ด้วยการใช้แผนผังแสดงเหตุผล การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ ด้านคุณภาพสำหรับกระบวนการผลิต จากนั้นให้ทีมผู้ชำนาญการวิเคราะห์เพื่อประเมินค่า ความรุนแรง โอกาสการเกิด และโอกาสการตรวจพบ ของข้อบกพร่อง เพื่อคำนวณค่าดัชนีความเสี่ยงชั้นนำ (RPN) และพบว่า มีปัญหาหลักที่ต้องนำมาพิจารณาแก้ไขก่อน 2 ส่วน คือ กระบวนการติดตั้ง เครื่องจักร การโหลดโปรแกรมการตรวจสอบชิ้นงาน ยังใช้พนักงานทำการเลือกโปรแกรมซึ่งอาจ เกิดความผิดพลาดได้ และการใส่งานเข้าไปในเครื่องจักร ความผิดพลาดในการตรวจสอบมุดัดของ ถาดใส่ชิ้นงาน แนวทางการแก้ไขปัญหา ใช้บาร์โค้ดในการเลือกโปรแกรมการสแกนจากใบงานไป เชื่อมโยงกับระบบของเครื่องตรวจสอบงาน และการจัดทำเครื่องป้องกันการใส่ถาดผิดทิศทาง โดยอาศัยลักษณะขอบถาดที่มีหัวท้ายที่แตกต่างกัน ประโยชน์ที่ได้รับจากการปรับปรุง คือ โรงงาน ตัวอย่างได้แนวทางของกระบวนการผลิตที่สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อคุณภาพ และมีให้ ของเสียเกิดซ้ำอีก ผลการดำเนินการแก้ไข พบว่า 1.กระบวนการทำงานซ้ำได้ลดลง 50% จาก 20 กรณีต่อเดือน เหลือ 10 กรณีต่อเดือน 2. ลดเวลาของการทำงาน 25% จาก 2 ชั่วโมงต่อชุด เหลือ 1.5 ชั่วโมงต่อชุด 3. ของเสียลดลง 50% จาก 2600 ppm เหลือเพียง 1300 ppm 4. ยอดการผลิตชิ้นงาน เพิ่มขึ้น 25% จาก 1500 ชิ้นต่อชั่วโมง เป็น 1875 ชิ้นต่อ ชั่วโมง

อินทรา (2551) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียในผลิตภัณฑ์เหล็กหล่อ ผลิตภัณฑ์ที่ เลือกเพื่อเป็นแนวทางการศึกษาคือชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ Fly Wheel SE1 เนื่องจากเป็นรุ่นที่มีการผลิตเป็นจำนวนมากชิ้นหนึ่งของบริษัทที่ทำการศึกษ อาการเสียพบมากเป็นอันดับต้นๆ คือ ปัญหาตามด ซึ่งมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย ปัญหาตามดนี้ส่งผลเสียในเชิงประสิทธิภาพของ สายการผลิตและชื่อเสียงของบริษัทกรณีศึกษาเนื่องจากปัญหาดังกล่าวสามารถพบได้หลังการส่งมอบให้ลูกค้า ในเบื้องต้นทีมวิจัยได้เปรียบเทียบปัจจัยควบคุมเกี่ยวกับการผลิตผลิตภัณฑ์กับบริษัท ลูกค้า ซึ่งมีกิจกรรมการผลิต Fly Wheel ZE1 เช่นเดียวกันพบว่ามี 2 ปัจจัยที่ควบคุมแตกต่างกันคือ ยี่ห้อ Coal Dust และการเติม แป้งข้าวโพดในแบบหล่อทราย โดยบริษัทกรณีศึกษา ใช้ Coal Dust ยี่ห้อ A เติมแป้งข้าวโพดในอัตราส่วนกับทรายทำแบบ 1:8 ในขณะที่ทางบริษัทเปรียบเทียบ Coal Dust ยี่ห้อ B และไม่ใช้แป้งข้าวโพดเติมในทรายทำแบบหล่อเลย ทีมงานได้ระดมความคิดถึงปัจจัย อื่นๆ ในสายการผลิตที่ส่งผลกับปัญหาตามด โดยใช้เทคนิค Cause and Effect Why-Why Analysis และ FMEA ปัจจัยที่มีคะแนน RPN ตั้งแต่ 100 คะแนน ขึ้นไปได้แก่ % ซัลเฟอร์และปริมาณขี้เถ้าที่ปนใน Coal Dust A ในปริมาณที่สูง ค่าความโปร่งของแบบทรายต่ำเนื่องจากการดูดซับน้ำใน ปริมาณมากจากแป้งข้าวโพด ค่าความอัดแน่นของแบบทรายต่ำเนื่องจากความละเอียดแบบผงฝุ่น ของแป้งข้าวโพด และ ทรายร้อนที่ติดกับกระสวน ทีมงานสนใจที่จะทำการทดลอง ว่าการเปลี่ยน ยี่ห้อ Coal Dust จาก A เป็น B และการไม่ใช้แป้งข้าวโพดเป็นส่วนผสมในแบบทราย จะสามารถลด

ของเสียจากปัญหาตามคได้ โดยวิธีทดสอบที่ละเอียดโดยห้องงานจำนวน 168 ตัว พบว่า การใช้ Coal Dust B และการไม่ใช้แป้งข้าวโพดช่วยให้ปัญหาตามคลดลงอย่างมีนัยสำคัญด้วยความเชื่อมั่น 95 % ทีมงานได้ทำการทดลองเพื่อยืนยันผลการหล่อโดยใช้ Coal Dust B และไม่ใช้แป้งข้าวโพด ด้วยจำนวนงานหล่อเพิ่มขึ้นเป็น 6,000 ตัว พบว่าปัญหาตามคลดลงอยู่ที่ 1.7 % ซึ่งถือว่าเป็นอัตราส่วนที่ยอมรับได้ เมื่อคำนวณความคุ้มค่าพบว่า สามารถลดต้นทุนต่อตัวเนื่องจากการใช้ Coal Dust B ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น และไม่ใช้แป้งข้าวโพดเป็นจำนวน 0.52 บาท และสามารถลดต้นทุนจากค่าความเสียหายของงานที่เป็นตามคได้เป็นจำนวนมากอย่างมีนัยสำคัญ จุดคุ้มทุนจากการลงทุนด้านคุณภาพนี้ได้จากการหล่อชิ้นงาน Fly Wheel ZE1 ตั้งแต่ 6,381 ตัวขึ้นไปผลการวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่า Coal Dust A และแป้งข้าวโพดส่งผลต่อปัญหาตามคในสายการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์รุ่น Fly Wheel ZE1 ของโรงงานตัวอย่าง ดังนั้นการปรับเปลี่ยนที่เหมาะสมคือการใช้ Coal Dust B ในอัตราส่วน Bentonite 1:4 และหยุดการใช้แป้งข้าวโพดเป็นส่วนผสมของทรายทำแบบ

ภัทรพล (2552) ด้วยสถานะเศรษฐกิจที่มีการแข่งขันที่ดุเดือดรุนแรง ประกอบกับสภาพทางการเมืองที่ไม่สู้ดีนักส่งผลต่อความเชื่อมั่นของนักลงทุน ทำให้อุตสาหกรรมในเมืองไทยต้องลำบากเนื่องจากนักลงทุนได้หันไปมองและสนใจประเทศเพื่อนบ้านอย่างเวียดนามและจีน ซึ่งมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าประเทศไทย มีอุตสาหกรรมบางอย่างในบ้านเราได้รับผลกระทบถึงขั้นต้องปิดกิจการลงหลายบริษัทต่างก็ต้องแสวงหาวิถีทางในการปรับปรุงการผลิตด้วยวิธีการลดของเสีย เพื่อเป็นการลดต้นทุน การเพิ่มประสิทธิภาพให้ได้มาตรฐานเป็นอีกหนทางที่จะทำให้ธุรกิจอยู่รอดงานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิเคราะห์ปัญหาที่เกี่ยวข้องใน การลดชิ้นส่วนมีรอยตำหนิของกระบวนการ SMD ในการผลิตชุด Switching Power Supplies โดยหลักการ PFMEA โดยงานวิจัยเริ่มจากการศึกษากระบวนการผลิตโดยใช้แผนภูมิการไหลของกระบวนการ (Flow Process Chart) เพื่อวิเคราะห์ปัญหา เมื่อพบปัญหาแล้วใช้เทคนิคแผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) วิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพ ต่อมาทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพสำหรับกระบวนการผลิตโดยใช้เทคนิค Process Failure Mode and Effect Analysis : PFMEA จากการศึกษาพบว่าปัญหาหลักๆที่ทำให้เกิดรอยตำหนิในกระบวนการวางชิ้นส่วนบนแผ่น PCB มีอยู่ 3 ปัญหาคือ

1. Component non-wetting หรือตะกั่วไม่ติดกับ Land หรือ Pad ขั้วของ Line วงจร
2. ตัวอุปกรณ์เสียหาย (Component Damage)
3. ตัวอุปกรณ์วางไม่ตรงตำแหน่ง (Misalignment)

สาเหตุของปัญหาและเป็นแนวทางในการกำหนดวิธีแก้ไข โดยหลักการ PFMEA ในการวิเคราะห์เพื่อประเมินความรุนแรงของข้อบกพร่อง (Severity: S) การเกิดข้อบกพร่อง (Occurrence :C) และการควบคุมกระบวนการ (Detection:D) เพื่อคำนวณค่าดัชนีความเสี่ยงของข้อบกพร่อง (Risk Priority Number: RPN) ซึ่งค่า RPN ที่มีค่ามากที่สุด จะต้องนำไปปรับปรุงก่อน หลังจากนั้น ก็ต้องสร้างมาตรฐานการปฏิบัติงานเพื่อควบคุมไม่ให้ปัญหาลับมาเกิดซ้ำอีก จากการปรับปรุงการดำเนินงานตามขั้นตอนการวิจัยเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง โดยคิดเป็นค่าเฉลี่ยตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2551 ซึ่งยอดการผลิต 10 อันดับแรกทั้งหมด 260,500 units พบจุดบกพร่องทั้งหมด 605 units คิดเป็นร้อยละ 0.23% และจำนวนจุดที่ต้องตรวจสอบทั้งหมด 609,943 จุด และพบรอยตำหนิรวม 12,098 จุดคิดเป็นร้อยละ 1.98% และสามารถลดรอยตำหนิได้ ร้อยละ 106.7 สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายเท่ากับ 49,290 บาท ต่อเดือน

อรุณ และ อเนก (2546) เทคนิคการวิเคราะห์คุณลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) เป็นหนึ่งในหลายเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการที่ประยุกต์ใช้ในระเบียบปฏิบัติออกแบบการผลิต (Design for Manufacturing: DFM) ทางวิศวกรรมที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในการลดความสูญเสียทางการผลิต ในกระบวนการผลิต FMEA เป็นเครื่องมือที่ช่วยระบุและช่วยกำจัดแนวโน้มของปัญหาในการออกแบบและกระบวนการ หน้าที่รับผิดชอบสำหรับการเตรียมการ FMEA ได้ถูกระบุอย่างชัดเจนเป็นรายบุคคลแต่ ข้อมูลที่ป้อนเข้า FMEA เป็นหน้าที่ของทีมรับผิดชอบ ภูมิศึกษา FMEA ถูกใช้เป็นเครื่องมือสำหรับหารากของสาเหตุของข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตผกผันคาร์บอน รากของสาเหตุของข้อบกพร่องได้ถูกแบ่งเป็น 3 กลุ่มตามหลักเกณฑ์ของ FMEA เรียกว่า ค่าดัชนีความเสี่ยงขึ้นนำ (Risk Priority Number: RPN) ค่าดัชนีความเสี่ยงขึ้นนำยิ่งสูงยิ่งแสดงให้เห็นสถานการณ์ที่เลวร้าย ผลลัพธ์ที่ได้จากภูมิศึกษา คือ การลดต้นทุน (Cost Saving) ในแต่ละกลุ่มจะให้ค่าของการลดต้นทุนหลักจากที่ได้ทำ FMEA ในกลุ่มแรกอัตราส่วนของเสียลดลงจาก 46.70% เหลือเพียง 27.41 % ในกลุ่มที่ 2 อัตราส่วนของเสียลดลงจาก 14.54% เหลือเพียง 9.71% และในกลุ่มที่ 3 อัตราส่วนของเสีย ลดลงจาก 6.35% เหลือ

เพียง 3.45% การลดต้นทุนที่ประมาณการได้จากกรณีศึกษาสามารถลดต้นทุนได้ ประมาณปีละ 11,200,000 บาท หรือคิดเป็น 27%ของความสูญเสียในปี 2543

ปูลวัชร (2553) เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการระบุปัญหาและแนวโน้มของความถี่ของกระบวนการดำเนินงานโดยในการศึกษานี้จะทำการประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบกับกระบวนการผลิตรางสไลด์เบาะนั่งรถยนต์ จากการวิเคราะห์พบว่ามีการบกพร่องที่มีค่าตัวเลขความเสี่ยง (Risk Priority Number: RPN) สูงสุดคือ จาระบีในรางสไลด์ มีน้อยเกินไปซึ่งมีค่า RPN เท่ากับ 144 คะแนน จึงได้ทำการวิเคราะห์หาแนวทางและกำหนดมาตรการตอบโต้เพื่อลดความเสี่ยงของปัญหาจาระบีในรางสไลด์มีน้อยเกินไป ซึ่งมาตรการตอบโต้ที่กำหนดขึ้นคือ การติดตั้ง Air Pressure Regulator เพื่อควบคุมแรงดันลมให้เหมาะสมทำให้ได้ปริมาณจาระบี ตามที่ต้องการ หลังจากนั้นจึงได้ใช้มาตรการที่กำหนดขึ้นในการปฏิบัติงานจริง และทำการวิเคราะห์ตามเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งพบว่าค่า RPN หลังการปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 36 คะแนนซึ่งลดลงร้อยละ 75 นอกจากนี้ยังทำให้ชิ้นงานเสียจากกระบวนการลดลงจากร้อยละ 0.024 เป็นร้อยละ 0

Ookalkar *et al.* (2009) คุณภาพของกระบวนการฟอกเลือดเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งยวดในรักษาโรคที่เกี่ยวข้องไตการศึกษาวิจัยได้ดำเนินการที่โรงพยาบาลชั้นนำแห่งหนึ่งในใจกลางประเทศอินเดีย ที่ให้บริการรักษาไตและการฟอก มุ่งเป้าหมายในเรื่องการฟอกเลือดจนกระทั่งความต้องการการดูแลเป็นพิเศษในการปรับปรุงคุณภาพกระบวนการและให้ความมั่นใจต่อสวัสดิการที่ดีกว่าของคนไข้. เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis:FMEA) ประกอบด้วยการระบุข้อกำหนดของกระบวนการฟอกเลือด การบ่งชี้สาเหตุที่เป็นไปได้ของข้อบกพร่อง การกำหนดปริมาณที่เกี่ยวกับความเสี่ยงของทุกสาเหตุการแก้ไขข้อบกพร่องที่เหมาะสมได้ถูกนำไปปฏิบัติเพื่อลดการเกิดข้อบกพร่องและปรับปรุงการควบคุมเพื่อเป็นการลดความเสี่ยงการศึกษาวิจัยได้ใช้ข้อมูลปฐมภูมิที่เก็บและเฝ้าติดตามในช่วงเดือน กรกฎาคม ถึง เดือนธันวาคม 2551 การนำเช็คลิสต์ทำถูกต้องสำหรับเฝ้าติดตาม การให้การฝึกอบรมเพื่อเพิ่มข้อระมัดระวังแก่คนไข้และพนักงานนำไปสู่การลดข้อผิดพลาด กำจัดความเสี่ยงโดยรวม แม้กระทั่งผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพในการดูแลคนไข้. การระดมความคิดเพื่อหาความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับข้อผิดพลาดเป็นความคิดที่ปัจเจกที่อาจใช้ความรู้สึกส่วนตัว ผลการศึกษาพบว่ามียุทธศาสตร์อย่างยิ่งในความสัมพันธ์ของสวัสดิการของคนไข้โรคไตกระบวนการที่อาจมีการประนีประนอมได้ถูกหยิบยกมาเป็นประเด็นเพื่อให้มีการเพิ่มความใส่ใจ. การป้องกันข้อผิดพลาดทำให้เกิดกระบวนการมีเสถียรภาพ ลดขจัดความอ่อนแอ

ของกระบวนการการศึกษาวิจัยได้ให้วิธีการการป้องกันข้อผิดพลาดระดับที่ลึกกลงในรายละเอียดของกระบวนการฟอกเลือดโดยใช้เครื่องมือทางวิศวกรรม FMEA ที่เป็นที่ยอมรับสร้างความมั่นใจในการปรับปรุงคุณภาพ วิธีการดังกล่าวสามารถขยายให้ครอบคลุมกิจกรรมอื่นๆของโรงพยาบาลได้.

ธวัชชัย (2542) การศึกษาวิจัยนี้ เป็นการศึกษาเพื่อหาแนวทางในการสร้างระบบประกันคุณภาพสำหรับการบริหารโครงการของโรงพยาบาลน้ำ เพื่อเป็นการสร้างความเชื่อมั่นในคุณภาพของโครงการต่อลูกค้า อีกทั้งเป็นการศึกษาเพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินโครงการ รวมทั้งเพิ่มความสม่ำเสมอของระบบบำบัดน้ำ เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในระหว่างเดินเครื่อง การศึกษาเริ่มจากการวิเคราะห์ระบบการบริหารโครงการในปัจจุบัน โดยเก็บข้อมูลและผลที่เกิดระหว่างดำเนินการและภายหลังโครงการเสร็จสิ้นของโครงการตัวอย่าง ปัญหาที่พบในโครงการประกอบด้วย ปัญหาคุณภาพของงานไม่ดีพอ ปัญหาการงานเสร็จล่าช้า และปัญหาความไม่พอใจของลูกค้า ข้อมูลที่เก็บนั้นจะบันทึกเป็นเป็นชั่วโมงที่ทำงานซ้ำกับงานที่ได้ทำไปแล้ว ค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไป และระยะเวลาที่งานเสร็จล่าช้าเพื่อทำการวิเคราะห์หาสาเหตุปัญหาดังกล่าว ในการศึกษาวิเคราะห์หาสาเหตุ เครื่องมือคุณภาพที่ใช้คือ การจัดตั้งกลุ่มประสบการณ์เพื่อรวบรวมคิดและอภิปรายกันอย่างเปิดเผย พร้อมเสนอแนะข้อคิดเกี่ยวกับปัญหานั้นๆ รวมทั้งการใช้แผนภูมิแกงปลาเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุที่เป็นไปได้ของแต่ละปัญหาที่เกิดขึ้นในโครงการตัวอย่างหลังจากนั้นทีมจะร่วมกันศึกษาระบบการบริหารปัจจุบันซึ่งมีแผนภูมิการไหลในของกิจกรรมต่างๆ ตั้งแต่การรับข้อมูลเบื้องต้นเพื่อออกแบบไปจนถึงการส่งมอบงานเป็นการวิเคราะห์ เพื่อสร้างระบบประกันคุณภาพ ในศึกษานั้นจะวิเคราะห์ความผิดพลาดที่เป็นได้ของแต่ละกิจกรรม พร้อมทั้งผลกระทบที่เกิดจากความผิดพลาดนั้น และเสนอแนะวิธีการดำเนินงาน เพื่อป้องกันปัญหานั้นๆ หรือที่เรียกว่า Failure Mode and Effect Analysis: FMEA จากผลการวิจัย ได้มีการเสนอ 17 กิจกรรมคุณภาพที่เพิ่มเติมเข้าไปในกิจกรรมของการบริหารโครงการปัจจุบันที่มีอยู่ กิจกรรมที่เพิ่มนั้นมีทั้งขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพ และการสร้างเอกสารเพื่อช่วยในการตรวจสอบหรือเพื่อช่วยเตือนความจำในระหว่างการดำเนินกิจกรรมนั้น จากนั้นได้นำระบบประกันคุณภาพที่สร้างขึ้นมานี้ไปประยุกต์ใช้ในโครงการตัวอย่างที่สอง พร้อมทั้งเก็บข้อมูลลักษณะเดียวกับที่มีอยู่เพื่อนำมาวิเคราะห์หลังจากโครงการตัวอย่างเสร็จสิ้นและส่งมอบให้ลูกค้าแล้วนั้น ผลการดำเนินการที่เก็บได้ถูกนำมาวิเคราะห์และพบว่าชั่วโมงการทำงานที่ซ้ำซ้อนทั้งในขั้นตอนการออกแบบและติดตั้งลดลงจาก 216 ชั่วโมง เหลือ 80 ชั่วโมง มีค่าใช้จ่ายที่สูญเสียลดลง 17% และระยะเวลาที่เสร็จล่าช้าลดลงจาก 2 อาทิตย์ เหลือเพียง 3 วัน ส่วนการพิจารณาในเชิงของค่าความเสี่ยง (RPN) พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงของแต่ละกิจกรรมตั้งแต่ 17 % ถึง 89%

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

จากการพิจารณาปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของการบริหารโครงการขนาดใหญ่พบว่าปัญหาหนึ่งที่มีผลกระทบต่อต้นทุนการบริหารโครงการนั้นก็คือ การเกิดข้อผิดพลาดจากการออกแบบซึ่งทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่เจ้าของโครงการจะต้องแบกรับภาระอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้และยังมีผลกระทบต่อระยะเวลาเสร็จของโครงการและต้นทุนโครงการที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ยังเป็นผลพวงของปัญหาและค่าใช้จ่ายต่างๆตามมามากมาย ดังนั้นในการลดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม จะต้องมีการวางแผนอย่างเป็นขั้นตอนมีการศึกษาข้อมูลของโครงการที่มีความคล้ายคลึงในอดีตและโครงการที่ทำอยู่ในปัจจุบัน เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหา และได้้นำเทคนิค FMEA มาใช้เพื่อช่วยในการวิเคราะห์รูปแบบของข้อผิดพลาดและผลกระทบ โดยมีขั้นตอนในการวิจัย 9 ขั้นตอน ดังนี้ คือ

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลต่างๆของการบริหารโครงการ
2. ศึกษาแผนภูมิการไหลของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของการบริหารโครงการ
3. สำรวจสภาพปัญหาในปัจจุบัน
4. กำหนดกระบวนการการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อทำการศึกษาวิเคราะห์
5. ตั้งทีมงาน FMEA เพื่อวิเคราะห์ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้ และหาค่าดัชนีความเสี่ยง (RPN)
6. การวิเคราะห์หาลักษณะของข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้ในการออกแบบวิศวกรรมงานท่อ
7. การใช้เทคนิค FMEA วิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของข้อผิดพลาด
8. การจำแนกประเภทของข้อผิดพลาดเพื่อการลำดับความสำคัญเพื่อการปรับปรุงแก้ไข

9. การปรับปรุงแก้ไขและเปรียบเทียบผลค้ำดัชนีความเสี่ยง (RPN)

วิธีการ

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลต่างๆของการบริหารโครงการ

บริษัท ABC International Corporation เป็นสาขาของบริษัท ABC ที่มีสำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ประเทศสหรัฐอเมริกา และมีสาขาอยู่ทุกภูมิภาคของโลกรวมถึงประเทศไทย ดำเนินธุรกิจด้านการให้บริการด้านการออกแบบทางด้านวิศวกรรมและบริหารโครงการขนาดใหญ่ เช่น โรงกลั่นน้ำมัน โรงงานปิโตรเคมี เป็นต้น และได้ดำเนินธุรกิจในประเทศไทยมานานกว่า 45 ปี ลูกค้าที่เป็นเจ้าของโครงการที่สำคัญในประเทศไทย ได้แก่ บริษัท ไทยออยล์(มหาชน) จำกัด บริษัท เอสโซ่ ประเทศไทย (มหาชน) จำกัด บริษัท ปตท (มหาชน) จำกัด บริษัท ไออาร์พีซี (มหาชน) จำกัด บริษัท ดาวเคมีคอล (ประเทศไทย) จำกัด



ภาพที่ 6 ลักษณะโครงการขนาดใหญ่

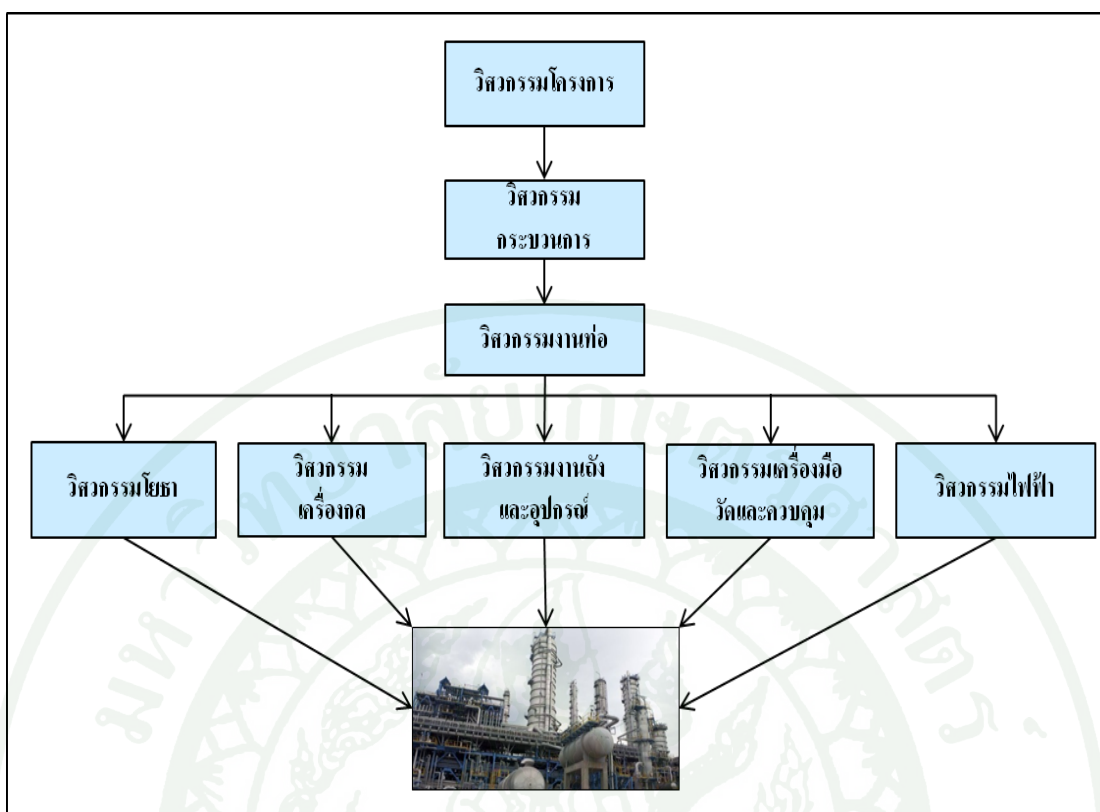
บริษัท ABC เป็นผู้นำในธุรกิจด้านนี้ ที่มุ่งเน้นคุณภาพ การให้บริการแก่ลูกค้า บริษัท ABC ให้บริการทั้งการออกแบบวิศวกรรมตามความต้องการลูกค้า และบริหาร โครงการครบวงจร (Turn Key) ในส่วนของการออกแบบทางวิศวกรรม จะดำเนินการโดยแผนกวิศวกรรมซึ่งประกอบด้วยวิศวกรรมสาขาต่างๆ ได้แก่ วิศวกรรมไฟฟ้า เครื่องกล โยธา เคมี และอุปกรณ์ เครื่องมือวัดและควบคุม และส่งมอบการออกแบบให้ฝ่ายก่อสร้างไปดำเนินการก่อสร้างต่อไป และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวัสดุอุปกรณ์ จะถูกส่งมอบให้ฝ่ายจัดซื้อดำเนินการจัดซื้อจัดหา

2. ศึกษาแผนภูมิการไหลของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของการบริหารโครงการ

ในการดำเนินโครงการขนาดใหญ่โครงการหนึ่งๆ จำเป็นต้องมีการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อใช้ในการก่อสร้างให้โครงการที่มีประสิทธิภาพตรงตามเป้าหมายของโครงการ การออกแบบทางวิศวกรรมของการบริหารโครงการประกอบด้วย แผนกวิศวกรรม 8 แผนก ดังนี้

1) วิศวกรรมโครงการ (Project Engineering)

วิศวกรรมโครงการเป็นกระบวนการหลักที่ทำหน้าที่ติดต่อประสานงานและเชื่อมโยงกับกลุ่มกิจกรรมวิศวกรรมการออกแบบกลุ่มต่างๆ เพื่อให้การออกแบบเป็นไปในทิศทางเดียวกัน มีความรับผิดชอบกิจกรรมการออกแบบทางวิศวกรรมได้แก่ การจัดทำไดอะแกรมการไหลของกระบวนการ (Piping and Instrument Diagram: P&ID) การทบทวนการออกแบบ การควบคุมการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ การทำรายการอุปกรณ์และเส้นทางกระบวนการ (Line and Equipment List) การทำดัชนีโครงการ ตารางแจกจ่ายเอกสาร ดัชนีการบันทึกเอกสาร การทำข้อกำหนดทั่วไปของอุปกรณ์ เป็นต้น



ภาพที่ 7 กระบวนการการออกแบบทางวิศวกรรมของการบริหาร โครงการ

2) วิศวกรรมกระบวนการ(Process Engineering)

วิศวกรรมกระบวนการเป็นกระบวนการแรกเริ่มของการออกแบบทางวิศวกรรมโดยข้อมูลการออกแบบของวิศวกรรมกระบวนการจะใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นในการออกแบบทางวิศวกรรมรายละเอียดอื่นต่อไป วิศวกรรมกระบวนการมีกิจกรรมในการออกแบบได้แก่ จัดทำ แผนผังการไหล และแผ่นข้อมูลจำเพาะ (Flowsheet and Datasheet) ทำแบบคำนวณและการศึกษากระบวนการทำการสมดุลของวัตถุดิบ (Mass Balance) เป็นต้น

3) วิศวกรรมงานท่อ (Piping Engineering)

วิศวกรรมงานท่อเป็นกระบวนการหลักในการออกแบบทางวิศวกรรมของการบริหารโครงการขนาดใหญ่ เนื่องจากโรงกลั่นน้ำมัน หรือโรงงานปิโตรเคมี วัตถุดิบและผลิตภัณฑ์มักจะเป็นของเหลวหรือ ก๊าซซึ่งจะถูกลำเลียงผ่านท่อเป็นหลัก

4) วิศวกรรมโยธา (Civil Engineering)

วิศวกรรมโยธา เป็นกลุ่มกิจกรรมการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีความสำคัญในการออกแบบฐานรากของอาคาร โครงสร้างอาคาร โครงสร้างเหล็ก โครงสร้างรองรับท่อ ฐานรากรองรับอุปกรณ์ขนาดใหญ่

5) วิศวกรรมเครื่องกล (Mechanical Engineering)

วิศวกรรมเครื่องกล เป็นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ที่มีส่วนสำคัญในการทำข้อกำหนดของเครื่องจักรและอุปกรณ์ ที่นำไปติดตั้งในโรงงาน เช่น ปั๊มแรงดันสูง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เครื่องกวนสารเคมี มีกิจกรรมการออกแบบทางวิศวกรรมได้แก่ การทำข้อกำหนดการสั่งซื้อเครื่องจักรและอุปกรณ์ การทำคำคำชี้ของเครื่องจักร การประเมินทางเทคนิคเพื่อคัดเลือกผู้ขาย เป็นต้น

6) วิศวกรรมงานถังและอุปกรณ์ (Vessel and Equipment Engineering)

วิศวกรรมงานถังและอุปกรณ์ เป็นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ที่มีส่วนสำคัญในการทำข้อกำหนดของถังและอุปกรณ์ ที่นำไปติดตั้งในโรงงาน เช่น หอกลิ้น เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ถังทนแรงดันมีกิจกรรมการออกแบบทางวิศวกรรม ได้แก่ การทำข้อกำหนดการสั่งซื้อถังและอุปกรณ์ การทำคำคำชี้ของถังและอุปกรณ์ การประเมินทางเทคนิคเพื่อคัดเลือกผู้ขาย เป็นต้น

7) วิศวกรรมเครื่องมือวัดและควบคุม (Control and Instrument)

วิศวกรรมเครื่องมือวัดและควบคุม เป็นกิจกรรมการออกแบบที่สำคัญไม่น้อยกว่ากิจกรรมการออกแบบกิจกรรมอื่น เป็นการออกแบบระบบการควบคุมค่าพารามิเตอร์ต่างๆ การกำหนดลักษณะการวัด การใช้เครื่องมือวัดระดับปริมาณต่างๆ เช่น ความดัน อุณหภูมิ และอัตราการไหล เป็นต้น เพื่อให้กระบวนการเป็นไปตามข้อกำหนดที่ได้กำหนดไว้

8) วิศวกรรมไฟฟ้า (Electrical Engineering)

วิศวกรรมไฟฟ้า เป็นกลุ่มกิจกรรมการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีความสำคัญในการวางระบบไฟฟ้า ที่ป้อนพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ประกอบด้วยกิจกรรมการออกแบบทางวิศวกรรม

3. สํารวจสภาพปัญหาในปัจจุบัน

เนื่องจากในช่วงเริ่มต้นของการวิจัย โครงการที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ยังไม่มีกิจกรรมการออกแบบเกิดขึ้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการสำรวจสภาพปัญหาในการออกแบบทางวิศวกรรมของการบริหารโครงการ ได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลลักษณะข้อผิดพลาดจากโครงการ โรงงานผลิตสารโพลีโพรพิลีนที่เสร็จสิ้นไปแล้วเมื่อปี พ.ศ. 2554 และมีลักษณะคล้ายกันทั้งขนาดและขอบเขตของโครงการ โดยใช้วิธีการจดบันทึกลักษณะข้อผิดพลาดจากฐานข้อมูลของโครงการและการสัมภาษณ์วิศวกรแผนกวิศวกรรมแผนกต่างๆ ถึงลักษณะข้อผิดพลาด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดกระบวนการการออกแบบทางวิศวกรรมที่จะทำการวิเคราะห์ลักษณะของข้อผิดพลาดและผลกระทบและดำเนินการปรับปรุงแก้ไข ปริมาณของข้อผิดพลาดในการออกแบบทางวิศวกรรมแต่ละแผนก แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณข้อผิดพลาดในการออกแบบทางวิศวกรรมของโครงการที่ได้เสร็จสิ้นแล้ว

แผนกวิศวกรรม	จำนวนเอกสาร ออกแบบ (ฉบับ)	จำนวนเอกสารที่มี ข้อผิดพลาด (ฉบับ)	% ข้อผิดพลาด
แผนกงานท่อ	10,933	517	4.73%
แผนกโยธา	8,386	374	4.46%
แผนกไฟฟ้า	2,548	136	5.34%
แผนกเครื่องมือวัดและควบคุม	3,142	107	3.41%
แผนกเครื่องกล	2,754	87	3.16%
แผนกถังและอุปกรณ์	2,382	63	2.64%
แผนกกระบวนการ	1,732	54	3.12%
แผนกวิศวกรรม โครงการ	1,803	23	1.28%

ที่มา: โครงการโรงงานผลิตโพลีโพรพิลีน, (2554)

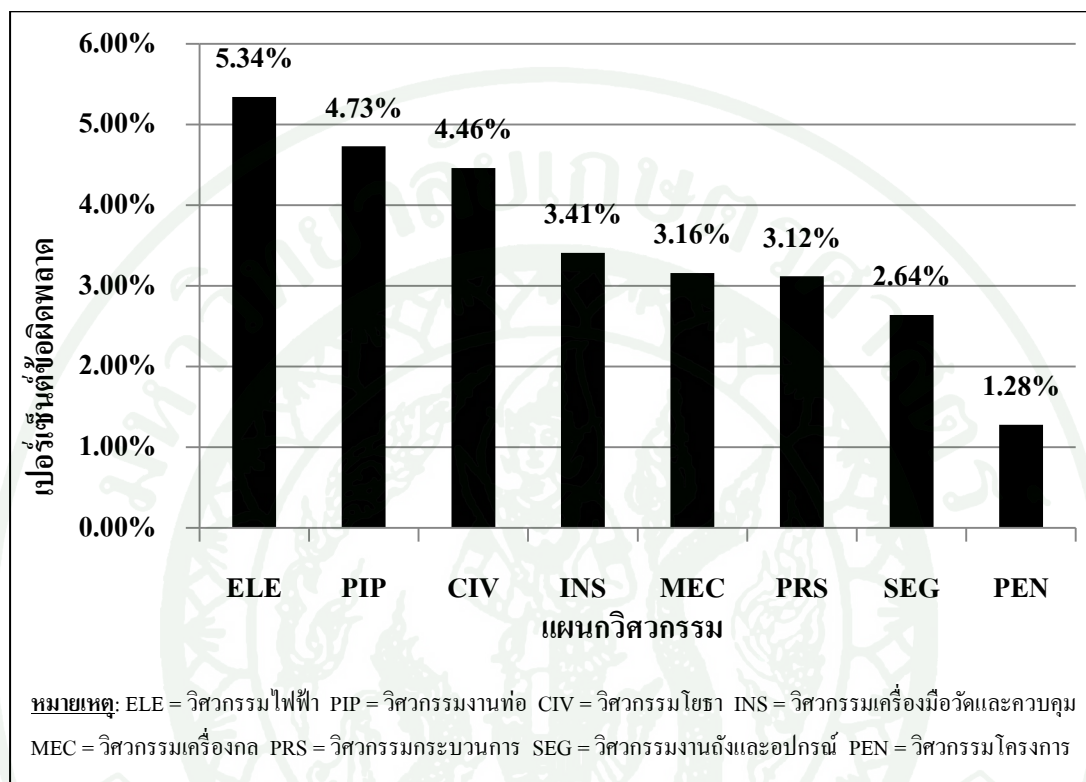
4. กำหนดกระบวนการการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อการศึกษาวิเคราะห์

ในการเลือกกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่จะทำการวิเคราะห์ โดยเทคนิค FMEA และดำเนินการปรับปรุงแก้ไข ได้อาศัยข้อมูลผิดพลาดในการออกแบบทางวิศวกรรม ตามตารางที่ 5 แผนกที่มีลำดับสูงสุดคือแผนกวิศวกรรมไฟฟ้า แต่ได้เลือกกระบวนการการออกแบบงานท่อซึ่งมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นมากเป็นอันดับ 2 เนื่องจากแผนกวิศวกรรมงานท่อเป็นแผนกหลักในการออกแบบวิศวกรรมโครงการ ที่แผนกวิศวกรรมไฟฟ้าและออกแบบอื่นๆต้องอาศัยข้อมูลจากแผนกวิศวกรรมงานท่อเป็นข้อมูลตั้งต้นในการออกแบบ ดังภาพที่ 8

แผนกวิศวกรรมงานท่อ (Piping Engineering)

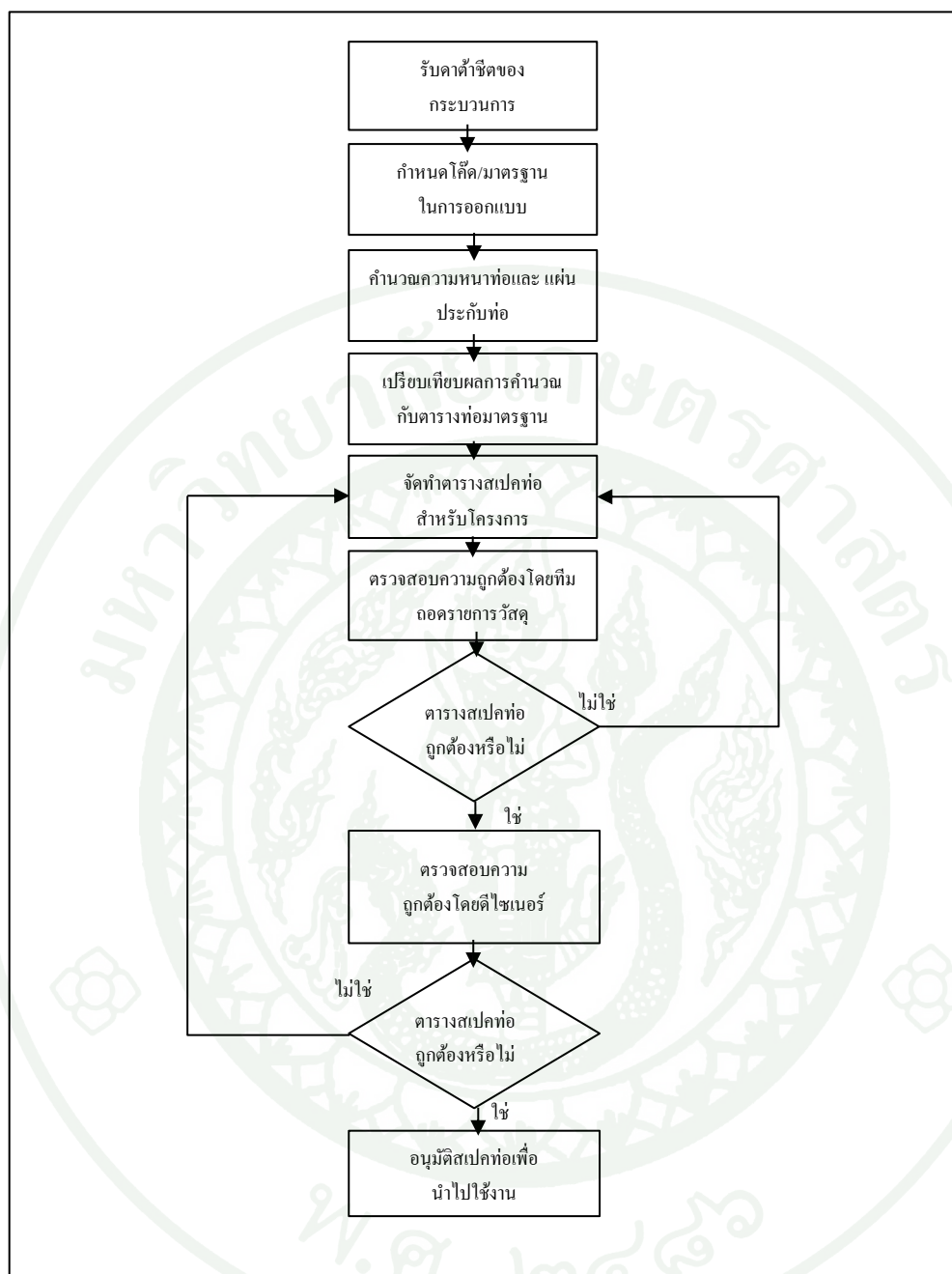
วิศวกรรมงานท่อเป็นกระบวนการหลักในการออกแบบทางวิศวกรรมของการบริหารโครงการขนาดใหญ่ เนื่องจากโรงกลั่นน้ำมัน หรือโรงงานปิโตรเคมี วัตถุดิบและผลิตภัณฑ์จะเป็นของเหลวหรือ ก๊าซซึ่งจะถูกลำเลียงผ่านท่อเป็นหลัก มีกิจกรรมการออกแบบ ได้แก่ การทำสเปคท่อ การถอดวัสดุครั้งแรกการวิเคราะห์ความเครียดต่อการทำแผนผังโรงงานการวางแนวท่อ การถอด

วัสดุชั้นกลาง การทำข้อกำหนดสั่งซื้อท่อ การทำค้ำยันท่อพิเศษ การทำแบบท่อเบ็ดเตล็ด การออกแบบท่อเบ็ดเตล็ด การจำลองอุปกรณ์ การจำลองงานท่อ การรับรองการออกแบบ และการทำแบบท่อ 3 มิติ ซึ่งรายละเอียดของกิจกรรมการออกแบบ ดังต่อไปนี้



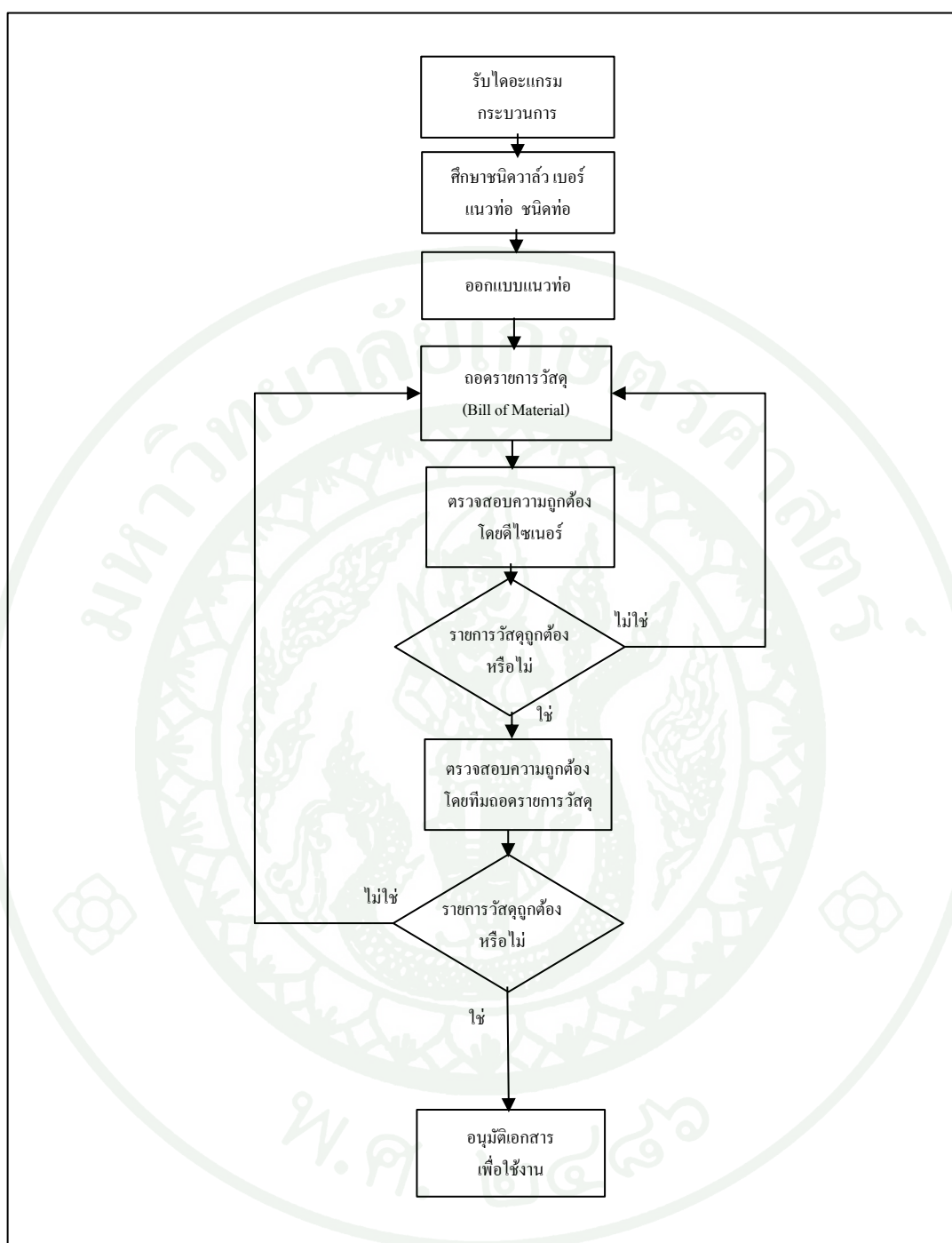
ภาพที่ 8 เปอร์เซ็นต์ข้อผิดพลาดในการออกแบบทางวิศวกรรม

1) การทำสเปคท่อ (Piping Specification) เป็นการทำการข้อกำหนดทางด้านคุณสมบัติของท่อที่จะนำมาใช้ในโครงการได้แก่ ชนิดวัสดุ ความหนา ส่วนผสมทางเคมีของท่ออัลลอยด์เป็นต้น โดยต้องมีการอ้างอิงมาตรฐานสากลเช่น ASME, JIS เป็นต้นขั้นตอนการทำสเปคท่อดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ขั้นตอนการทำสเปกต่อ

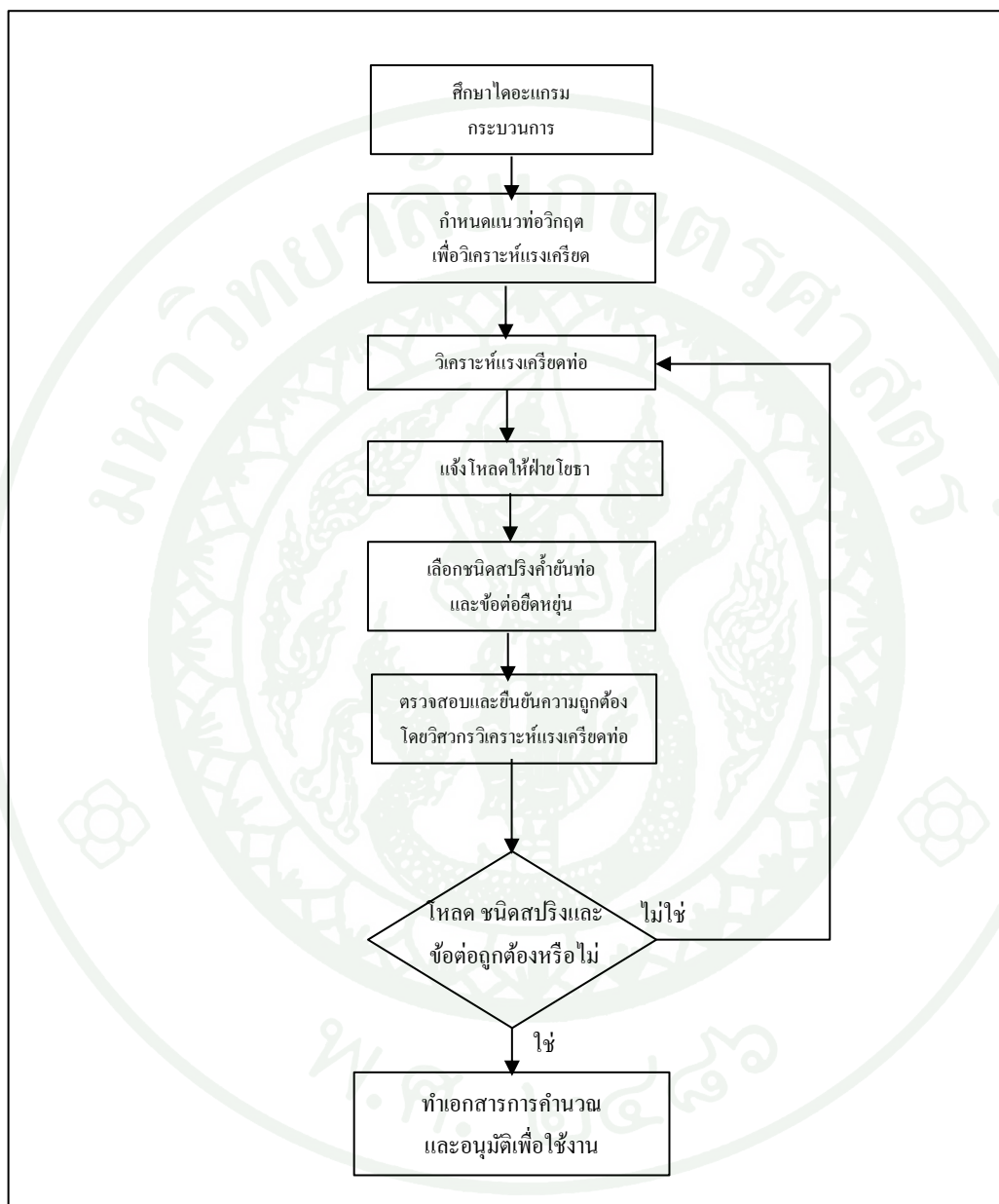
2) การถอดวัสดุครั้งแรก (Initial Material Take Off) หลังจากที่ได้ข้อกำหนดคุณสมบัติของต่อแล้วก็จะมีการทำรายการวัสดุที่จะนำไปใช้ในโครงการโดยคร่าวๆ โดยมีการเผื่อความคลาดเคลื่อนไว้ 30% ขั้นตอนการถอดรายการวัสดุได้แสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ขั้นตอนการถอดรายการวัสดุครั้งแรก

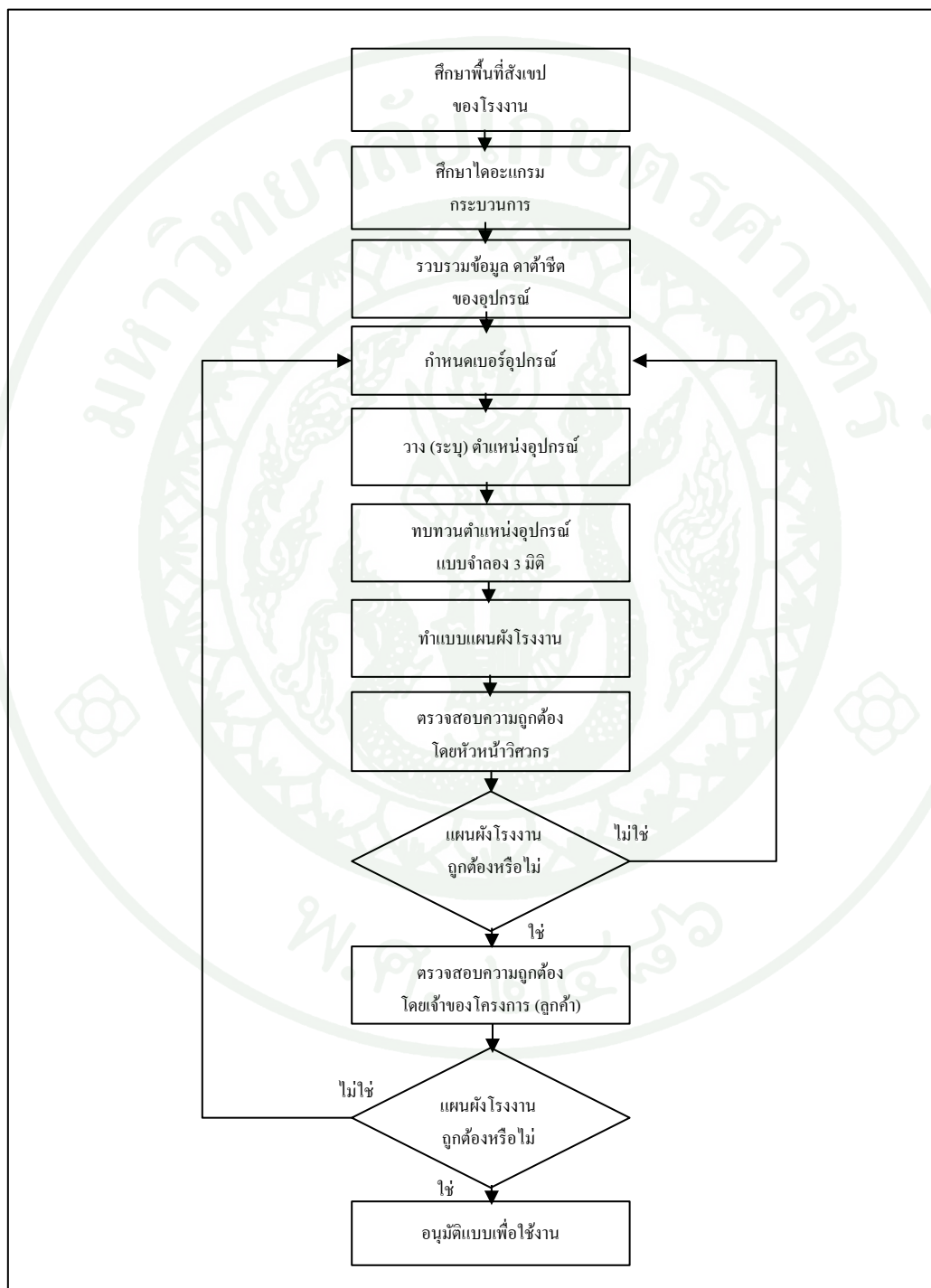
3) การวิเคราะห์ความเครียดท้อ (Stress Analysis) เป็นการวิเคราะห์ความเครียดของท้อเมื่อท้อมีผลกระทบจากการใช้งานเช่นเมื่อท้อมีการไหลของของเหลวอย่างรวดเร็ว ท้อมีแรงดันสูงขึ้น

อุณหภูมิของของเหลวที่ไหลผ่านท่อสูงขึ้น หรือแม้แต่การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นขั้นตอนการวิเคราะห์ความเครียดท่อได้แสดงในภาพที่ 11



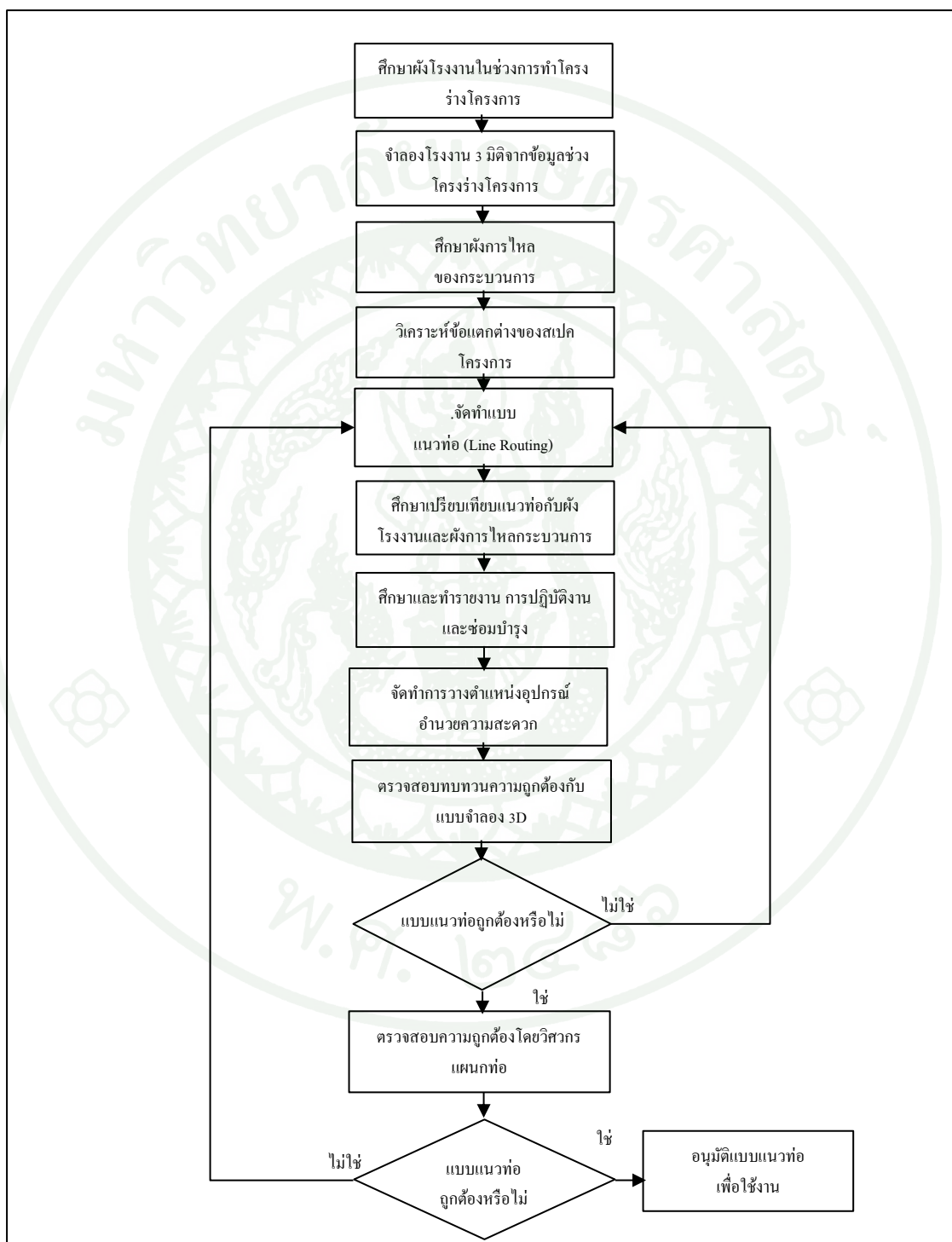
ภาพที่ 11 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเครียดท่อ

4) การทำแผนผังโรงงาน(Plot Plans)เป็นการออกแบบการวางตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานการวางตำแหน่งของอุปกรณ์ จะคำนึงถึงความปลอดภัย ความสะดวกในการปฏิบัติการ และการซ่อมบำรุงเป็นสำคัญขั้นตอนการทำแผนผังโรงงาน ได้แสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ขั้นตอนการทำแผนผังโรงงาน

5) การวางแนวท่อ(Piping Layout) เป็นกิจกรรมการออกแบบต่อเนื่องจากการวางแผนผังโรงงาน โดยจะวางแนวท่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ เครื่องจักรต่างที่วางไว้แล้วโดยต้องคำนึงถึงระยะที่สั้นที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ขั้นตอนการวางแนวท่อได้แสดงในภาพที่ 13

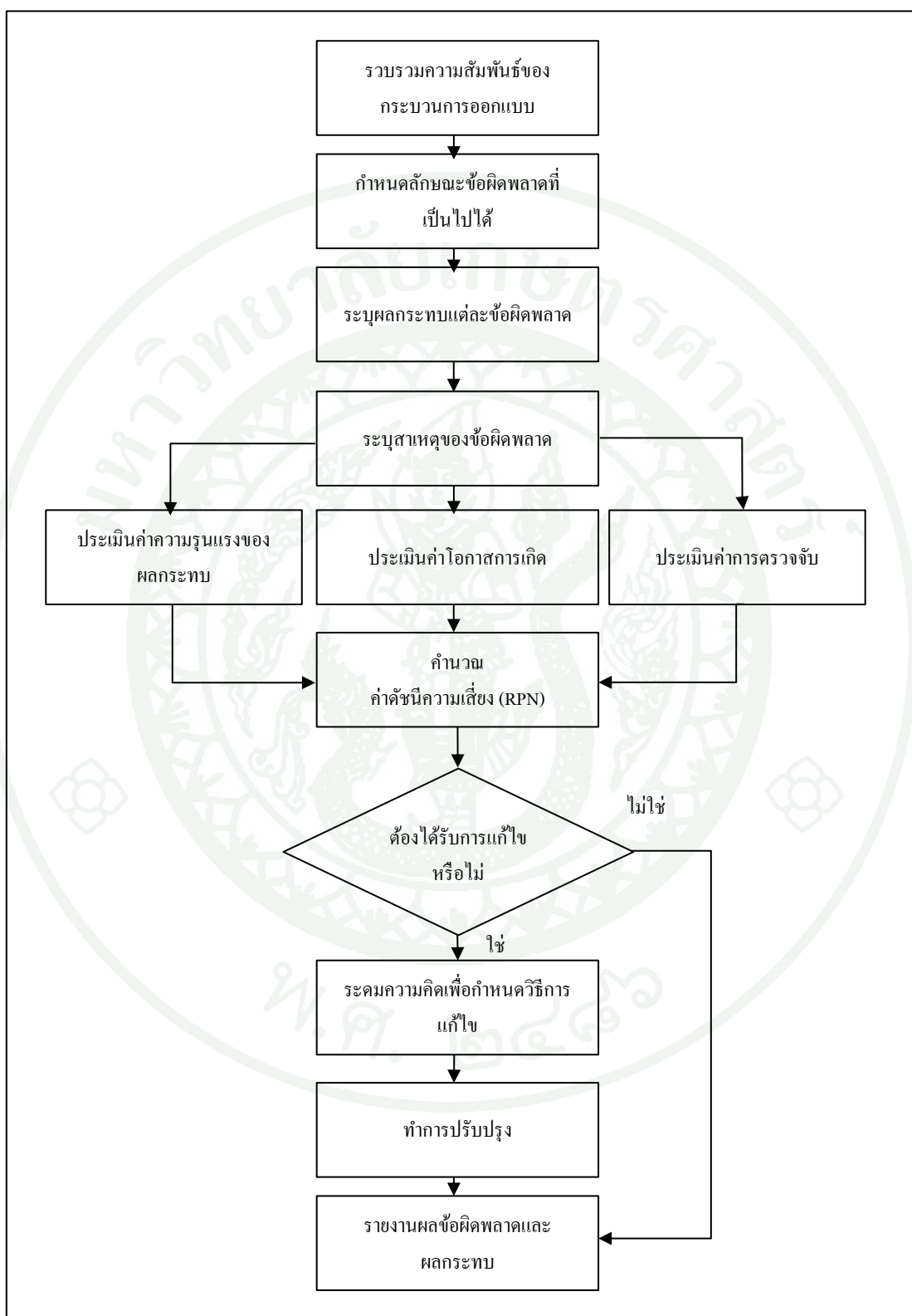


ภาพที่ 13 ขั้นตอนการวางแนวท่อ

6) การออกแบบรายละเอียดท่อเบ็ดเตล็ด(Miscellaneous Piping Details) เป็นการออกแบบอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์รับแรงท่อ เช่น ค้ำยันสปริงวาล์ว หน้าแปลนขั้นตอนการออกแบบรายละเอียดท่อเบ็ดเตล็ดได้แสดงในภาพที่ 14



- ข้อผิดพลาดที่ย่นอกเหนือเงื่อนไขสองข้อข้างต้น



ภาพที่ 14 ขั้นตอนการวิเคราะห์ลักษณะข้อผิดพลาดและผลกระทบ

ตารางที่ 6 กฎเกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ (Severity: S)

ผลกระทบจาก ข้อผิดพลาด	ความรุนแรงของผลกระทบ	คะแนน
เกิดอันตรายโดย ไม่มีการเตือน	มีผลกระทบต่อความปลอดภัย เช่น โรงงานระเบิดหรือไฟไหม้ โดยไม่มีการ เตือนล่วงหน้า	10
เกิดอันตรายโดยมี การเตือน	มีผลกระทบต่อความปลอดภัย เช่น โรงงานระเบิดหรือไฟไหม้ โดยมีการ เตือนล่วงหน้า	9
ผลกระทบสูงมาก	งานติดตั้ง/ การปฏิบัติงานไม่สามารถดำเนินการได้ (เนื่องจากคุณสมบัติของ อุปกรณ์/ ชิ้นงานไม่ตรงตามข้อกำหนด)	8
ผลกระทบสูง	งานติดตั้งไม่สามารถดำเนินการได้ ต้องมีการแก้ไขจนทำให้เกิดความล่าช้า	7
ผลกระทบปาน กลาง	งานติดตั้งสามารถดำเนินการได้ไม่ค่อยสะดวก การปฏิบัติงานหรือซ่อมบำรุง ทำได้ค่อนข้างลำบาก	6
ผลกระทบต่ำ	งานติดตั้งสามารถดำเนินการได้ แต่การปฏิบัติงานหรือซ่อมบำรุงสามารถทำ ได้แต่ความสะดวกสบายในการปฏิบัติงานหรือซ่อมบำรุงลดลง	5
ผลกระทบต่ำมาก	งานติดตั้งสามารถดำเนินการได้ การปฏิบัติงานหรือซ่อมบำรุงสามารถทำได้ แต่ความสะดวกสบายลดลงซึ่งผู้ปฏิบัติงานส่วนใหญ่ (มากกว่า 75%) รู้สึกถึง ความไม่สะดวกสบายนั้นได้	4
ผลกระทบ เล็กน้อย	งานติดตั้งสามารถดำเนินการได้ การปฏิบัติงานหรือซ่อมบำรุงสามารถทำได้ แต่ความสะดวกสบายลดลงซึ่งผู้ปฏิบัติงานครึ่งหนึ่ง รู้สึกถึงความไม่ สะดวกสบายนั้นได้	3
เกือบ ไม่มี ผลกระทบ	งานติดตั้งสามารถดำเนินการได้ การปฏิบัติงานหรือซ่อมบำรุงสามารถทำได้ แต่ความสะดวกสบายลดลงซึ่งผู้ปฏิบัติงานส่วนน้อย (น้อยกว่า 25%) รู้สึกถึง ความไม่สะดวกสบายนั้นได้	2
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบที่สังเกตเห็นได้	1

ตารางที่ 7 กฎเกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาด (Occurrence: O)

โอกาสเกิดขึ้นของข้อผิดพลาด	อัตราข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้ (%)	คะแนน
สูงมาก : เกิดข้อผิดพลาดเป็นประจำ	10.0%	10
	5.0%	9
สูง : เกิดข้อผิดพลาดบ่อย	4.5%	8
	4.0%	7
ปานกลาง : เกิดข้อผิดพลาดเป็นครั้งคราว	3.5%	6
	3.0%	5
	2.5%	4
ต่ำ : เกิดข้อผิดพลาดค่อนข้างน้อย	2.0%	3
	1.5%	2
ห่างไกล : เกือบไม่มีโอกาสเกิดข้อผิดพลาดเลย	$\leq 1.0\%$	1

ตารางที่ 8 กฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของระบบควบคุม (Detection: D)

การตรวจจับ	กฎเกณฑ์	คะแนน
เกือบเป็นไปได้	ไม่มีการตรวจจับใดๆ	10
ห่างไกลมาก	มีระบบควบคุม แต่ไม่สามารถตรวจจับข้อผิดพลาดได้	9
ห่างไกล	มีระบบควบคุม แต่มีโอกาสน้อยมากที่จะตรวจจับข้อผิดพลาดได้	8
ต่ำมาก	มีระบบควบคุม แต่มีโอกาสน้อยที่จะตรวจจับข้อผิดพลาดได้	7
ต่ำ	มีระบบควบคุมและอาจจะตรวจจับข้อผิดพลาดได้	6
ปานกลาง	มีระบบควบคุมและสามารถตรวจจับข้อผิดพลาดได้	5
ค่อนข้างสูง	มีระบบควบคุมและมีโอกาสสูงที่จะตรวจจับข้อผิดพลาดได้	4
สูง	มีระบบควบคุมและมีโอกาสสูงมากที่จะตรวจจับข้อผิดพลาดได้	3
สูงมาก	มีระบบควบคุม และเกือบจะมั่นใจได้ว่าสามารถตรวจจับข้อผิดพลาดได้	2
เกือบจะมีความแน่นอน	มีระบบควบคุม และมั่นใจได้ว่าจะสามารถตรวจจับข้อผิดพลาดได้	1

ผลการประเมินค่าดัชนีความเสี่ยงก่อนการปรับปรุงแก้ไขของแผนกวิศวกรรมงานท่อได้
แสดงไว้ในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์ค่าดัชนีความเสี่ยงของแผนงานท่อ

รหัสข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	ผลกระทบของข้อผิดพลาด	ระดับความรุนแรง	จำแนกประเภท	สาเหตุของข้อผิดพลาด	การควบคุมป้องกันในปัจจุบัน	โอกาสเกิด	กระบวนการตรวจจับในปัจจุบัน	การตรวจจับ	ค่าดัชนีความเสี่ยง
PA01	ระบุโค้ด/ มาตรฐานผิด	ท่อรับแรงดันสูงไม่ได้เกิดความเสียหาย	9	C	- ผู้รับผิดชอบไม่ตรวจสอบอย่างถี่ถ้วน - การตรวจสอบไม่มีรูปแบบที่แน่นอน	- ตรวจสอบโดยหัวหน้าทีมถอดรายการวัสดุ - ตรวจสอบโดยคิไซเนอร์	5	- ตรวจสอบโดยหัวหน้าทีมถอดรายการวัสดุ - ตรวจสอบโดยคิไซเนอร์	2	90
PA02	คำนวณความหนาต่อผิด	ท่อรับแรงดันสูงไม่ได้เกิดความเสียหาย	9	C	ป้อนข้อมูลการคำนวณผิด เช่น อุณหภูมิ แรงดัน	ตรวจสอบโดยทีมถอดรายการวัสดุ	5	ตรวจสอบโดยหัวหน้าทีมถอดรายการวัสดุ	3	135
PA03	คำนวณความหนาของแผ่นประกับท่อผิด	เกิดความเสียหายกับท่อเมื่อได้รับแรงดันสูง	9	C	วิศวกรไม่มีประสบการณ์ขาดความรอบคอบขาดทักษะด้านเทคนิค	- ตรวจสอบโดยวิศวกรอาวุโส - ตรวจสอบโดยทีมถอดรายการวัสดุ	5	ตรวจสอบโดยวิศวกรที่ปรึกษา	2	90

ตารางที่ 9 (ต่อ)

รหัสข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	ผลกระทบของข้อผิดพลาด	ระดับความรุนแรง	จำแนกประเภท	สาเหตุของข้อผิดพลาด	การควบคุมป้องกันในปัจจุบัน	โอกาสเกิด	กระบวนการตรวจจับในปัจจุบัน	การตรวจจับ	ค่าดัชนีความเสี่ยง
PB01	ถอดรายการวัสดุผิดขนาด ผิดสเปค	สั่งซื้อผิดจำนวน, สั่งซื้อผิดสเปค, ต้องแก้ไขทำให้งานล่าช้า	7	S	- เวลาจำกัด - วิศวกรขาดประสบการณ์ - ขาดการตรวจสอบโดยวิศวกรที่รับผิดชอบ	- ตรวจสอบโดยหัวหน้าแผนกถอดรายการวัสดุ - ทบทวนโดยลูกค้า	7	- ตรวจสอบโดยหัวหน้าแผนกถอดรายการวัสดุ - ทบทวนโดยลูกค้า	3	147
PC01	คำนวณค่าความเครียดต่อผิ	เลือกชนิดค้ำยันต่อผิสร้างความเสียหายกับอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง	9	C	- ป้อนข้อมูลการคำนวณผิด - ข้อมูลพื้นฐานผิด - วางแนวต่อผิ - แบบผู้ขายไม่อัปเดต - ไม่อัปเดตการเปลี่ยนแปลง	ตรวจสอบโดยวิศวกรวิเคราะห์ความเครียดต่ออาวุโส	8	- ทบทวนโดยหัวหน้าวิศวกร - ตรวจสอบแบบสุ่ม	3	216

ตารางที่ 9 (ต่อ)

รหัสข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	ผลกระทบของข้อผิดพลาด	ระดับความรุนแรง	จำแนกประเภท	สาเหตุของข้อผิดพลาด	การควบคุมป้องกันในปัจจุบัน	โอกาสเกิด	กระบวนการตรวจจับในปัจจุบัน	การตรวจจับ	ค่าดัชนีความเสี่ยง
PC02	คำนวณโหลดเพื่อแจ้งแผนกโยธาผิด	ความเสียหายเกิดกับโครงสร้าง ที่รองรับท่อ	8	S	- ข้อมูลส่งไปไม่ถึง - ไม่มีการตรวจสอบ - ไม่ได้อัปเดตข้อมูล	ตรวจสอบโดยวิศวกรและหัวหน้าแผนกวิเคราะห์ความเครียดท่อ	8	ตรวจสอบโดยวิศวกรและหัวหน้าแผนกวิเคราะห์ความเครียดท่อ	3	192
PC03	เลือกชนิดสปริงผิด	เกิดความเสียหายกับโครงสร้างท่อและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง	8	S	- ป้อนข้อมูลการคำนวณผิด - ข้อมูลพื้นฐานผิด - วางแนวท่อผิด - แบบผู้ขายไม่อัปเดต - ไม่อัปเดตการเปลี่ยนแปลง	ตรวจสอบโดยหัวหน้าแผนกวิเคราะห์ความเครียดท่อ	8	ตรวจสอบโดยวิศวกรและหัวหน้าแผนกวิเคราะห์ความเครียดท่อ	3	192

ตารางที่ 9 (ต่อ)

รหัสข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	ผลกระทบของข้อผิดพลาด	ระดับความรุนแรง	จำแนกประเภท	สาเหตุของข้อผิดพลาด	การควบคุมป้องกันในปัจจุบัน	โอกาสเกิด	กระบวนการตรวจจับในปัจจุบัน	การตรวจจับ	ค่าดัชนีความเสี่ยง
PC04	เลือกชนิดข้อต่อยึดหยุ่นผิด	เกิดความเสียหายกับโครงสร้าง ท่อและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง	8	S	- ป้อนข้อมูลการคำนวณผิด - ข้อมูลพื้นฐานผิด - แนวการวางท่อผิด - ข้อมูลผู้ขายไม่อัปเดต - แบบไม่ได้อัปเดต ข้อมูลที่เปลี่ยนแปลง	ตรวจสอบโดยหัวหน้าแผนกวิเคราะห์ความเครียดท่อ	8	ตรวจจับโดยวิศวกร และหัวหน้าแผนกวิเคราะห์ความเครียดท่อ	4	256
PD01	กำหนดเบอร์ตำแหน่งอุปกรณ์ผิด	ติดตั้งอุปกรณ์ผิดตำแหน่งต้องแก้ไขหน้างานงานล่าช้า	7	S	ข้อมูลจาก สเปคลูกค้าไม่สมบูรณ์และไม่ชัดเจน	ตรวจสอบโดยหัวหน้าวิศวกร	8	-ตรวจจับโดยหัวหน้าวิศวกร - ทบทวนโดยลูกค้า	4	224

ตารางที่ 9 (ต่อ)

รหัสข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	ผลกระทบของข้อผิดพลาด	ระดับความรุนแรง	จำแนกประเภท	สาเหตุของข้อผิดพลาด	การควบคุมป้องกันในปัจจุบัน	โอกาสเกิด	กระบวนการตรวจจับในปัจจุบัน	การตรวจจับ	ค่าดัชนีความเสี่ยง
PD02	ระบุตำแหน่งอุปกรณ์ผิด	ติดตั้งอุปกรณ์ผิดตำแหน่งต้องแก้ไข หน้างานงานล่าช้า	7	S	- ข้อมูลจากผู้ขายไม่ถูกต้องและไม่อัปเดต	ตรวจสอบโดยหัวหน้าวิศวกร	8	-ตรวจสอบโดยหัวหน้าวิศวกร - ทบทวนโดยลูกค้า	3	168
PD03	จุดพิกัดไม่ตรงกับโมเดล 3 มิติ	ติดตั้งอุปกรณ์ผิดตำแหน่งต้องแก้ไข หน้างานงานล่าช้า	7	S	ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงไม่ถูกส่งผ่าน และอัปเดต	ตรวจสอบโดยหัวหน้าวิศวกร	8	-ตรวจสอบโดยหัวหน้าวิศวกร - ทบทวนโดยลูกค้า	3	168
PE01	ตำแหน่งของอุปกรณ์อำนวยความสะดวกผิด	อุปกรณ์อำนวยความสะดวกถูกติดตั้งในตำแหน่งที่ใช้งานไม่ได้ในเวลาที่ต้องการ	6	S	ไม่ได้ทำตามตำแหน่งที่กำหนดโดยลูกค้า	ทบทวนในแบบจำลอง 3 มิติ	6	ตรวจสอบโดยวิศวกรแผนกงานท่อ	3	108

ตารางที่ 9 (ต่อ)

รหัสข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	ผลกระทบของข้อผิดพลาด	ระดับความรุนแรง	จำแนกประเภท	สาเหตุของข้อผิดพลาด	การควบคุมป้องกันในปัจจุบัน	โอกาสการเกิด	กระบวนการตรวจจับในปัจจุบัน	การตรวจจับ	ค่าดัชนีความเสี่ยง
PM04	เผื่อพื้นที่หรือช่องว่างสำหรับวาล์วไม่ถูกต้องตามมาตรฐาน	เปิด-ปิดวาล์วไม่สะดวกหรือทำไม่ได้ ทำให้เกิดความล่าช้าในการควบคุมกระบวนการ	6	S	ปิดเบอร์ข้อเสนอแนะ(Comment) ไม่ได้สมบูรณ์ ในกรณีที่ปิดเบอร์ข้อเสนอแนะทั่วไป	- ปิดเบอร์ข้อเสนอแนะระยะเวลาที่กำหนด - ให้ข้อเสนอแนะตามข้อกำหนดของระเบียบปฏิบัติหรือเช็คลิสต์	6	-ปิดเบอร์ข้อเสนอแนะโดยแผนกวิศวกรรมที่เกี่ยวข้อง และลูกค้า - ฝ่ายวิศวกรรมโครงการเร่งรัดลูกค้าเพื่อปิดเบอร์ข้อเสนอแนะ	3	108
PN01	แบบท่อ 3 มิติไม่ได้แก้ไขตามข้อมูลที่เปลี่ยนแปลง	ติดตั้งงานท่อผิดต้องแก้ไขที่หน้างาน ทำให้งานล่าช้า	7	S	- ไม่เข้าใจหมายเหตุบน P&ID - ไม่ทราบมาตรฐานของลูกค้า - ไม่ใช้พื้นที่ที่ตนเองรับผิดชอบ - มีแรงกดดันจากหัวหน้างานเพื่อเร่งงาน - ไม่ได้แก้ไขหมายเหตุใน P&ID	ระบบฐานข้อมูลมีการเตือนเมื่อมีการแก้ไข	9	- ตรวจสอบโดยวิศวกรอาวุโส - ระบบฐานข้อมูลจะเตือนเมื่อมีการแก้ไข	4	252

ตารางที่ 9 (ต่อ)

รหัสข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	ผลกระทบของข้อผิดพลาด	ระดับความรุนแรง	จำนวนประเภท	สาเหตุของข้อผิดพลาด	การควบคุมป้องกันในปัจจุบัน	โอกาสการเกิด	กระบวนการตรวจจับในปัจจุบัน	การตรวจจับ	ค่าดัชนีความเสี่ยง
PF01	แบบกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์วัดผิด/ไม่ครบ	อุปกรณ์ติดตั้งไม่ได้, อุปกรณ์ขาดจำนวน, ติดตั้งผิด	7	S	ไดอะแกรมกระบวนการไม่ชัดเจน, ข้อมูลผู้ขายไม่ชัดเจนและไม่อัปเดต	ตรวจสอบโดยวิศวกรอาวุโส	7	ตรวจสอบโดยวิศวกรแผนกงานท่อ	4	196
PF02	เลือกชนิดของวัสดุผิด, เลือกวาล์วผิด	อุปกรณ์ติดตั้งไม่ได้ ต้องแก้ไขทำให้งานล่าช้า	8	S	ข้อกำหนดในคำสั่งซื้อของวิศวกรรมกระบวนการไม่ชัดเจน	ตรวจสอบโดย วิศวกรอาวุโส	7	ตรวจสอบโดย วิศวกรอาวุโส	3	168
PG01	อ้างอิงเบอร์แบบผิด	หาแบบที่อ้างอิงไม่เจอ ทำให้งานติดตั้งล่าช้า	6	S	มีการแก้ไขแบบเกี่ยวข้องแล้วไม่ได้แก้ไขในแบบการจัดวางหลัก (GA)	- ตรวจสอบโดยวิศวกร - ตรวจสอบโดยวิศวกรวิเคราะห์แรงเครียด	5	- ตรวจสอบโดยวิศวกร - ตรวจสอบโดยวิศวกรวิเคราะห์แรงเครียด	2	60

ตารางที่ 9 (ต่อ)

รหัสข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	ผลกระทบของข้อผิดพลาด	ระดับความรุนแรง	จำนวนประเภท	สาเหตุของข้อผิดพลาด	การควบคุมป้องกันในปัจจุบัน	โอกาสการเกิด	กระบวนการตรวจจับในปัจจุบัน	การตรวจจับ	ค่าดัชนีความเสี่ยง
PH01	ระบุชนิดค้ำยันท่อผิด	ติดตั้งนํ้างานไม่ได้ ต้องแก้ไข	7	S	ไม่อัปเดตตามข้อมูลล่าสุด ของ โครงสร้างเหล็ก	ตรวจสอบโดยวิศวกร ออกแบบ	6	ตรวจสอบโดยวิศวกร ออกแบบ	3	126
PI01	ไม่ได้ระบุสเปกที่จำเป็นของลูกค้ำในข้อกำหนดการสั่งซื้อท่อ	สั่งซื้อชนิดท่อผิดท่อ ไม่พอใช้ติดตั้ง ท่อ ล่าช้าไม่ทันติดตั้งหรือ ติดตั้งท่อไม่ได้	8	S	ใบบันทึกการสั่งงาน (Action Memo: AM) ของลูกค้ำส่งมาล่าช้า	-ตรวจสอบโดย หัวหน้าส่วนถอด รายการวัสดุ -ตรวจสอบโดยลูกค้ำ	8	-ตรวจสอบโดยหัวหน้า ส่วนถอดรายการวัสดุ -ตรวจสอบโดยลูกค้ำ	4	256
PI02	ระบุปริมาณของท่อคาดเคลื่อนจากปริมาณที่ใช้งานจริง	สั่งซื้อปริมาณท่อผิด ปริมาณท่อไม่พอใช้ หรือปริมาณท่อบาน เกินไปทำให้ท่อเหลือ ปริมาณมากทำให้ สิ้นเปลือง	8	S	ข้อมูลค่าชี้แจงจาก วิศวกรรม กระบวนการข้อมูล ขาดความชัดเจน	- ตรวจสอบโดย หัวหน้าส่วนถอด รายการวัสดุ - ตรวจสอบโดยลูกค้ำ	8	- ตรวจสอบโดยหัวหน้า ส่วนถอดรายการวัสดุ - ตรวจสอบโดยลูกค้ำ	3	192

ตารางที่ 9 (ต่อ)

รหัสข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	ผลกระทบของข้อผิดพลาด	ระดับความรุนแรง	จำแนกประเภท	สาเหตุของข้อผิดพลาด	การควบคุมป้องกันในปัจจุบัน	โอกาสการเกิด	กระบวนการตรวจจับในปัจจุบัน	การตรวจจับ	ค่าดัชนีความเสี่ยง
PJ01	ถอดรายการวัสดุผิดสเปคหรือจำนวนผิด	สั่งซื้อวัสดุผิดสเปคหรือสั่งซื้อปริมาณวัสดุผิดปริมาณวัสดุไม่พอใช้หรือปริมาณวัสดุมากเกินไปทำให้วัสดุเหลือปริมาณมาก	7	S	มีเวลาจำกัดวิศวกรขาดประสบการณ์ขาดการตรวจสอบ	- ตรวจสอบโดยหัวหน้าส่วนถอดรายการวัสดุ - ตรวจสอบโดยลูกค้า	7	- ตรวจสอบโดยหัวหน้าส่วนถอดรายการวัสดุ - ตรวจสอบโดยลูกค้า	3	147
PK01	ตำแหน่งและระดับความสูงของอุปกรณ์ผิด	การติดตั้งมีปัญหาต้องแก้ไขทำให้งานล่าช้า	7	S	ไม่ปฏิบัติตามค่าตัด, ไม่ได้อัปเดต, โน้ตในค่าตัด, ไม่ได้อัปเดตข้อมูลผู้ขาย	ตรวจสอบตามลำดับขั้นตอน	5	ตรวจสอบตามลำดับขั้นตอน	4	140

ตารางที่ 9 (ต่อ)

รหัสข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	ผลกระทบของข้อผิดพลาด	ระดับความรุนแรง	จำนวนประเภท	สาเหตุของข้อผิดพลาด	การควบคุมป้องกันในปัจจุบัน	โอกาสการเกิด	กระบวนการตรวจจับในปัจจุบัน	การตรวจจับ	ค่าดัชนีความเสี่ยง
PK02	เพื่อพื้นที่สำหรับปฏิบัติงาน/ ซ่อมบำรุงไม่เพียงพอ	ทำการปฏิบัติงาน/ ซ่อมบำรุงไม่ได้/ไม่สะดวกทำให้ทำการแก้ไขได้ไม่ทันท่วงทีกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน	8	S	ข้อมูลด้านอุปกรณ์จากผู้ขายล่าช้าทีมปฏิบัติการ/ทีมซ่อมบำรุงของลูกค้าไม่ได้ร่วมทบทวน/ไม่สามารถดัดแปลงโครงสร้างหรืออุปกรณ์ให้ได้ตามข้อกำหนด	ทีมปฏิบัติงานหรือทีมซ่อมบำรุงของลูกค้าเข้าร่วมในการทบทวนแผนผังโรงงาน	5	- ตรวจสอบโดยวิศวกรที่ปรึกษา - ตรวจสอบโดยทีมปฏิบัติงาน/ซ่อมบำรุงของลูกค้า	4	160
PK03	ระยะขนาดและตำแหน่งของท่อผิด	แบบท่อ 3 มิติที่บังคับใช้ไม่ถูกต้อง ติดตั้งไม่ได้ทำให้งานล่าช้า	7	S	ไม่ได้ตรวจสอบของข้อมูลที่ได้ออกแบบข้อมูลที่เข้ามาล่าช้ากว่าแบบท่อ 3 มิติที่บังคับใช้ไม่ได้แก้ไขแบบตามข้อมูลล่าสุดของผู้ขาย	ตรวจสอบขั้นสุดท้ายกับแบบแก้ไขตามงานจริงของอุปกรณ์แต่ละตัวโดยวิศวกรแผนกท่อที่รับผิดชอบ	5	ตรวจสอบโดยวิศวกรแผนกท่อที่รับผิดชอบ	4	140

ตารางที่ 9 (ต่อ)

รหัสข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	ผลกระทบของข้อผิดพลาด	ระดับความรุนแรง	ประเภท	สาเหตุของข้อผิดพลาด	การควบคุมป้องกันในปัจจุบัน	โอกาสเกิด	กระบวนการตรวจจับในปัจจุบัน	การตรวจจับ	ค่าดัชนีความเสี่ยง
PL01	วางแผนท่อไม่ถูกต้องตำแหน่งอุปกรณ์ไม่ถูกต้อง	ติดตั้งท่อไม่ได้ เกิดการกีดขวาง โครงการล่าช้าเนื่องจากต้องแก้ไข	7	S	-ไม่ทำตามหมายเหตุในไดอะแกรมกระบวนการ - ไม่เข้าใจหมายเหตุในไดอะแกรมกระบวนการ	- ตรวจสอบโดยหัวหน้าวิศวกรแผนกท่อ - ดีไซน์หรืออธิบายทำความเข้าใจหมายเหตุในP&ID	8	- ตรวจสอบโดยหัวหน้าวิศวกรแผนกท่อในการทบทวนแบบจำลองที่ 30 %ของความก้าวหน้า	3	168
PL02	เลือกชนิดค้ำยันท่อผิด	ทำให้การทำงานของค้ำยันท่อไม่ถูกต้องตามต้องการ ท่อไม่สามารถให้ตัวได้ มีความเสี่ยงต่อความเสียหายของท่อ	7	S	-ไม่ได้แก้ไขตามข้อเสนอแนะของฝ่ายวิเคราะห์แรงเครียด - ข้อเสนอแนะของฝ่ายวิเคราะห์แรงเครียดไม่ถูกต้อง	- ทบทวนแบบโดยหัวหน้าฝ่ายวิเคราะห์แรงเครียด	8	ทบทวนแบบโดยหัวหน้าฝ่ายวิเคราะห์แรงเครียด	3	168

ตารางที่ 9 (ต่อ)

รหัสข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	ผลกระทบของข้อผิดพลาด	ระดับความรุนแรง	จำแนกประเภท	สาเหตุของข้อผิดพลาด	การควบคุมป้องกันในปัจจุบัน	โอกาสการเกิด	กระบวนการตรวจจับในปัจจุบัน	การตรวจจับ	ค่าดัชนีความเสี่ยง
PL03	ค้ำยันของขานพักท่อไม่สอดคล้องกับคานหลัก	ไม่สามารถปฏิบัติกร ซ่อมบำรุงได้ไม่สามารถออกแบบขานพักท่อได้	7	S	ไม่ได้ทบทวนการออกแบบกับทีมซ่อมบำรุงของลูกค้า ในช่วงเวลาที่เหมาะสมขาดการสื่อสารกับฝ่ายโยธา	วิศวกรที่รับผิดชอบพื้นที่ประสานงานเกี่ยวกับข้อมูลการออกแบบกับฝ่ายโยธา	8	ตรวจสอบโดยวิศวกรแผนกท่อ	4	224
PL04	มีการกีดขวางของอุปกรณ์	อุปกรณ์มีการกีดขวาง ทำให้ติดตั้งไม่ได้ ต้องแก้ไขทำให้งานล่าช้า	7	S	แผนกที่เกี่ยวข้องไม่ได้แก้ไขการกีดขวางเนื่องจาก ภาระงานมากเกินไป	- ทบทวนการกีดขวางในระหว่างการทบทวนแบบจำลอง - ทบทวนแบบท่อ 3 มิติโดยวิศวกรที่รับผิดชอบ	8	- ทบทวนแบบงานท่อ 3 มิติโดยวิศวกรแผนกท่อ - ตรวจสอบโดยหัวหน้าวิศวกรแผนกท่อ	3	168

ตารางที่ 9 (ต่อ)

รหัสข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	ผลกระทบของข้อผิดพลาด	ระดับความรุนแรง	ประเภท	สาเหตุของข้อผิดพลาด	การควบคุมป้องกันในปัจจุบัน	เบี่ยงเบน	กระบวนการตรวจจับในปัจจุบัน	จำนวน	ค่าดัชนีความเที่ยง
PL05	แบบแผนกโยธาถูกต้องไม่ให้เกิดก่อนแผนงานท่อ	แก้ไขงานหน้างานให้ถูกต้องทำให้เกิดความล่าช้า	7	S	ข้อมูลจากผู้ขายล่าช้า, การสื่อสารระหว่างฝ่ายก่อสร้างกับวิศวกรบกพร่อง	แบบโยธาต้องตรงแบบหลังแบบแผนงานท่อ	8	ตรวจสอบกับข้อมูลล่าสุดของผู้ขายโดยวิศวกรแผนงานท่อ	3	168
PL06	ข้อแนะนำจากการทบทวนแบบจำลองไม่สามารถปฏิบัติตามได้	ปฏิบัติงาน/ซ่อมบำรุงอุปกรณ์ไม่ได้ หรือไม่สะดวกทำให้เกิดความล่าช้าในการปฏิบัติงานหรือซ่อมบำรุง	7	S	ข้อแนะนำจากลูกค้าล่าช้าเกินกว่าที่จะแก้ไข	- ปิดเบอร์ข้อแนะนำระยะเวลาที่กำหนด - ให้ข้อแนะนำตามข้อกำหนดของระเบียบปฏิบัติหรือเช็คลิสต์	8	- ปิดเบอร์ข้อแนะนำโดยแผนกวิศวกรรมที่เกี่ยวข้อง และลูกค้า - ฝ่ายวิศวกรรมโครงการเร่งรัดลูกค้าเพื่อปิดเบอร์ข้อแนะนำ	3	168

ตารางที่ 9 (ต่อ)

รหัสข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	ผลกระทบของข้อผิดพลาด	ระดับความรุนแรง	จำแนกประเภท	สาเหตุของข้อผิดพลาด	การควบคุมป้องกันในปัจจุบัน	โอกาสการเกิด	กระบวนการตรวจจับในปัจจุบัน	การตรวจจับ	ค่าดัชนีความเสี่ยง
PM01	ทางเข้าออก/พื้นที่ไม่เพียงพอ	ปฏิบัติงาน/ซ่อมบำรุงอุปกรณ์ไม่ได้ หรือไม่สะดวกทำให้เกิดความล่าช้าในการปฏิบัติงานหรือซ่อมบำรุง	7	S	ข้อแนะนำจากลูกค้าล่าช้าเกินกว่าที่จะแก้ไข	- ปิดเบอร์ข้อแนะนำระยะเวลาที่กำหนด - ให้ข้อแนะนำตามข้อกำหนดของระเบียบปฏิบัติหรือเช็คลิสต์	6	- ปิดเบอร์ข้อแนะนำโดยแผนกวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องและลูกค้า - ฝ่ายวิศวกรรมโครงการเร่งรัดลูกค้าเพื่อปิดเบอร์ข้อแนะนำ	3	126
PM02	ลำดับการติดตั้งอุปกรณ์ไม่ถูกต้อง	ติดตั้งอุปกรณ์ไม่ได้ ต้องแก้ไข ทำให้งานล่าช้า	7	S	ข้อแนะนำจากลูกค้าล่าช้าเกินกว่าที่จะแก้ไข	- ปิดเบอร์ข้อแนะนำระยะเวลาที่กำหนด - ให้ข้อแนะนำตามข้อกำหนดของระเบียบปฏิบัติหรือเช็คลิสต์	6	- ปิดเบอร์ข้อแนะนำโดยแผนกวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องและลูกค้า - ฝ่ายวิศวกรรมโครงการเร่งรัดลูกค้าเพื่อปิดเบอร์ข้อแนะนำ	4	168

ตารางที่ 9 (ต่อ)

รหัสข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	ผลกระทบของข้อผิดพลาด	ระดับความรุนแรง	จำนวนประเภท	สาเหตุของข้อผิดพลาด	การควบคุมป้องกันในปัจจุบัน	โอกาสการเกิด	กระบวนการตรวจจับในปัจจุบัน	การตรวจจับ	ค่าดัชนีความเสี่ยง
PM03	กำหนดพื้นที่หรือช่องว่างสำหรับปฏิบัติงาน/ซ่อมบำรุงไม่ตรงตามมาตรฐาน	ปฏิบัติงาน/ซ่อมบำรุงอุปกรณ์ไม่ได้ หรือไม่สะดวกทำให้เกิดความล่าช้าในการปฏิบัติงานหรือซ่อมบำรุง	6	S	ข้อแนะนำจากลูกค้าล่าช้าเกินกว่าที่จะแก้ไข	- ปิดเบอร์ข้อแนะนำระยะเวลาที่กำหนด - ให้ข้อแนะนำตามข้อกำหนดของระเบียบปฏิบัติหรือเช็คลิสต์	6	- ปิดเบอร์ข้อแนะนำโดยแผนกวิศวกรรมที่เกี่ยวข้อง และลูกค้า - ฝ่ายวิศวกรรม โครงการเร่งรัดลูกค้าเพื่อปิดเบอร์ข้อแนะนำ	3	108

8. การจัดลำดับความสำคัญของข้อผิดพลาด เพื่อการปรับปรุงแก้ไข

เพื่อให้การดำเนินการแก้ไขและป้องกันข้อผิดพลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้จำแนกข้อผิดพลาด ออกเป็น 3 ประเภท ตามความจำเป็นรีบด่วนในการแก้ไข (รัฐกร, สมชาย 2552) ได้แก่

1) ข้อผิดพลาดประเภทวิกฤต (Critical: C) คือข้อผิดพลาดที่ทำให้ผลกระทบด้านความรุนแรง (Severity: S) อยู่ในระดับ 9-10 ซึ่งจะถูกดำเนินการแก้ไขและป้องกันเป็นอันดับแรก โดยไม่สนใจค่าดัชนีความเสี่ยงจะมีค่าเท่าไร

2) ข้อผิดพลาดประเภทสำคัญ (Significant: S) จะพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างผลกระทบด้านความรุนแรง (Severity: S) ที่อยู่ในระดับ 5-8 และ โอกาสเกิด (Occurrence: O) ที่อยู่ในระดับ 4-10 จากการประเมินค่าดัชนีความเสี่ยงถ้าข้อผิดพลาดที่มีค่าผลกระทบด้านความรุนแรง (S) และค่าโอกาสเกิด (O) อยู่ในช่วงดังกล่าว จะถูกเลือกมาดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

3) ข้อผิดพลาดประเภทสร้างความรำคาญ (Annoyance: A) เป็นข้อผิดพลาดที่อยู่นอกเหนือจากเงื่อนไขทั้งสองข้อข้างต้น และจะพิจารณาคัดเลือกข้อผิดพลาดที่มีคะแนนสูงเป็นลำดับต้นๆก่อนเพื่อดำเนินการปรับปรุงแก้ไข โดยพิจารณาคัดเลือกข้อผิดพลาดที่มีค่าดัชนีความเสี่ยงมากกว่า 100

ข้อผิดพลาดประเภทวิกฤต

หลังจากทีมงานได้ทำการประเมินค่าดัชนีความเสี่ยงและจำแนกประเภทของข้อผิดพลาด และพบว่าข้อผิดพลาดที่มีค่าความรุนแรงของผลกระทบเท่ากับ 9 ซึ่งเป็นข้อผิดพลาดประเภทวิกฤต มีอยู่ 4 ข้อผิดพลาด คือข้อผิดพลาดรหัส PA01 PA02 PA03 และ PC01 ซึ่งข้อผิดพลาดประเภทนี้จะถูกดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเป็นอันดับแรกโดยไม่สนใจว่า ค่าดัชนีความเสี่ยงจะมีค่าเท่าใด ลักษณะของข้อผิดพลาดประเภทวิกฤตได้แสดงในตารางที่ 10

ข้อผิดพลาดประเภทสำคัญ

ข้อผิดพลาดที่จัดอยู่ในประเภทสำคัญ (Significant: S) ข้อผิดพลาดที่มีค่าความรุนแรงเท่ากับ 5-8 และค่าโอกาสการเกิดเท่ากับ 4-10 จะถูกเลือกเพื่อดำเนินการปรับปรุงแก้ไข ซึ่งมีอยู่ 28 ข้อผิดพลาด ดังแสดงในตารางที่ 11



ตารางที่ 10 ข้อผิดพลาดประเภทวิกฤต (Critical: C) ของแผนงานท่อ

รหัส ข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	ก่อนการปฏิบัติการแก้ไข			
		S	O	D	RPN
PA01	ใส่โค้ดหรือมาตรฐานผิด	9	5	2	90
PA02	คำนวณความหนาท่อผิด	9	5	3	135
PA03	คำนวณความหนาของแผ่นประกบ ท่อผิด	9	5	2	90
PC01	คำนวณค่าความเครียดท่อผิด	9	8	3	216

ตารางที่ 11 ข้อผิดพลาดประเภทสำคัญ (Significant: S) ของแผนงานท่อ

รหัส ข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	ก่อนการปฏิบัติการแก้ไข			
		S	O	D	RPN
PB01	ถอดรายการวัสดุผิดขนาด ผิดสเปก	7	7	3	147
PC02	คำนวณโหลดเพื่อแจ้งแผนกโยธาผิด	8	8	3	192
PC03	เลือกชนิดสปริงผิด	8	8	3	192
PC04	เลือกชนิดข้อต่อยึดหุ่นผิด	8	8	4	256
PD01	กำหนดเบอร์ตำแหน่งอุปกรณ์ผิด	7	8	4	224
PD02	ระบุตำแหน่งอุปกรณ์ผิด	7	8	3	168
PD03	จุดพิกัดไม่ตรงกับแบบจำลอง 3 มิติ	7	8	3	168
PE01	ตำแหน่งของอุปกรณ์อำนวยความสะดวกผิด	6	6	3	108
PF01	แบบกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์วัดผิด/ไม่ครบ	7	7	4	196
PF02	เลือกชนิดของ วัสดุผิด, เลือกวาล์วผิด	8	7	3	168
PH01	ระบุชนิดค้ำยันท่อผิด	7	6	3	126
PI01	ไม่ได้ระบุสเปกที่จำเป็นของลูกค้ำในข้อกำหนดการสั่งซื้อท่อ	8	8	4	256
PI02	ระบุปริมาณของท่อคาดเคลื่อนจากปริมาณที่ใช้งานจริง	8	8	3	192
PJ01	ถอดรายการวัสดุ ผิดสเปกหรือจำนวนผิด	7	7	3	147
PK01	ตำแหน่งและระดับความสูงของอุปกรณ์ผิด	7	5	4	140
PK02	เพื่อพื้นที่สำหรับปฏิบัติงาน/ซ่อมบำรุงไม่เพียงพอ	8	5	4	160
PK03	ระยะขนาดและตำแหน่งของท่อผิด	7	5	4	140

ตารางที่ 11 (ต่อ)

รหัส ข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	ก่อนการปฏิบัติการแก้ไข			
		S	O	D	RPN
PL01	แนววางท่อไม่ถูกต้อง,ตำแหน่งอุปกรณ์ไม่ถูกต้อง	7	8	3	168
PL02	เลือกชนิดค้ำยันผิด	7	8	3	168
PL03	ค้ำยันของงานพักท่อไม่สอดคล้องกับคานหลัก	7	8	4	224
PL04	มีการกีดขวางของอุปกรณ์	7	8	3	168
PL05	แบบแผนกโยธาถูกต้องหรือไม่ให้แก้ไขก่อนแผนงานท่อ	7	8	3	168
PL06	ข้อแนะนำจากการทบทวนแบบจำลองไม่สามารถปฏิบัติตามได้	7	8	3	168
PM01	ทางเข้าออก/ พื้นที่ไม่เพียงพอ	7	6	3	126
PM02	ลำดับการติดตั้งอุปกรณ์ไม่ถูกต้อง	7	6	4	168
PM03	กำหนดพื้นที่หรือช่องว่างสำหรับ ปฏิบัติงาน/ซ่อมบำรุงไม่ตรงตามมาตรฐาน	6	6	3	108
PM04	เผื่อพื้นที่หรือช่องว่างสำหรับแล้วไม่ถูกต้องตามมาตรฐาน	6	6	3	108
PN01	แบบท่อมิติไม่ได้แก้ไขตามข้อมูลที่เปลี่ยนแปลง	7	4	4	112

ข้อผิดพลาดประเภทสร้างความรำคาญ

ข้อผิดพลาดประเภทสร้างความรำคาญ (Annoyance: A) เป็นข้อผิดพลาดที่อยู่นอกเหนือเงื่อนไขของข้อผิดพลาดประเภทวิกฤต และประเภทสำคัญ โดยคัดเลือกจากข้อผิดพลาดที่มีค่าดัชนีความเสี่ยงสูงเป็นลำดับแรกๆก่อนเพื่อทำการปรับปรุงแก้ไข โดยเลือกจากข้อผิดพลาดที่มีค่าดัชนีความเสี่ยงมากกว่า 100 ซึ่งจะเห็นว่าไม่มีข้อผิดพลาดประเภทสร้างความรำคาญจากการจำแนกด้วยเงื่อนไขดังกล่าว

10. การปรับปรุงแก้ไขและเปรียบเทียบผลค่าดัชนีความเสี่ยง (RPN)

ข้อผิดพลาดของแผนกวิศวกรรมงานท่อ ที่ได้จำแนกตามประเภทตามเกณฑ์ในหัวข้อที่ 3.8 เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข มีทั้งหมด 32 ข้อผิดพลาด ประกอบด้วยข้อผิดพลาดประเภทวิกฤตมี 4 ข้อผิดพลาด ข้อผิดพลาดประเภทสำคัญมี 28 ข้อผิดพลาด ทีมงาน FMEA ได้ระดมสมองเพื่อเสนอแนะแนวทางปรับปรุงแก้ไข ได้แก่ การเพิ่มการตรวจสอบโดยวิศวกรอาวุโส หรือวิศวกรที่ปรึกษาของแผนก การจัดทำข้อแนะนำทางเทคนิค การจัดทำระเบียบปฏิบัติ การทำแบบฟอร์มเช็ค

ลิสต์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการออกแบบ การใช้ระบบการปฏิบัติการแก้ไขและป้องกัน (CAPA) รวมทั้งการจัดอบรมด้านเทคนิคให้แก่วิศวกรในแผนก เป็นต้น หลังจากได้ดำเนินการปฏิบัติการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ทีมงาน FMEA ได้ประเมินค่าความรุนแรงของผลกระทบ โอกาสการเกิดของข้อผิดพลาด และค่าการตรวจจับข้อผิดพลาดอีกครั้ง เพื่อประเมินค่าดัชนีความเสี่ยง และประเมินผลสำเร็จของการปรับปรุงแก้ไข

กิจกรรมการออกแบบ: การทำสเปคต่อ (A)

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้: ระบุโค้ด/ มาตรฐานผิด (PA01)

การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดในเรื่องการระบุโค้ด/มาตรฐานอ้างอิงในการการออกแบบผิด มีความรุนแรงของผลกระทบสูงมาก เกี่ยวกับความปลอดภัย ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้นจะก่อให้เกิดอันตรายร้ายแรง เกิดความเสียหายแก่ชีวิตและทรัพย์สิน การแก้ไขปรับปรุงได้ทำการมุ่งเน้นการลดโอกาสการเกิด และการตรวจจับข้อผิดพลาดของการออกแบบไม่ให้ข้อผิดพลาดเกิดขึ้นในแบบที่ใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งจากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์โดยทีมงาน FMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาดคือผู้รับผิดชอบไม่ได้ตรวจสอบการอ้างอิงมาตรฐานหรือโค้ดอย่างละเอียดถี่ถ้วน เช่น มาตรฐาน JIS, ASME หรือ ANSI เป็นต้น และสาเหตุของข้อผิดพลาดมีการตรวจสอบที่ไม่แน่นอน คือมีการตรวจสอบโดยหัวหน้าทีมถอดรายการวัสดุ และดีไซน์เนอร์ซึ่งจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ตรวจสอบ ในการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดโอกาสการเกิดโดยการจัดทำข้อเสนอแนะในการทำงานด้านเทคนิค (Technical Work Practice)ของการทำสเปคต่อ ดังแสดงในภาพที่ 24 ซึ่งในข้อเสนอแนะการทำงานด้านเทคนิค ได้อธิบายขั้นตอนต่างในการทำสเปคต่อ วิธีการทำงาน และข้อควรระวังในการออกแบบ หลังจากได้จัดทำข้อเสนอแนะการทำงานด้านเทคนิค แล้วได้มีการอบรม พนักงานออกแบบให้ทราบถึงวิธีการทำงานที่ถูกต้องตามขั้นตอนที่ระบุไว้เอกสารดังกล่าว นอกจากการลดโอกาสการเกิดแล้วยังได้เพิ่มโอกาสการตรวจจับข้อผิดพลาดโดยการทำเช็คลิสต์การทำสเปคต่อ ดังแสดงในภาคผนวก ก ช่วยในการตรวจสอบ

PREPARATION OF PIPING MATERIAL SPECIFICATION	TECHNICAL WORK PRACTICE ENGINEERING	PIP/ETA 11-01 PAGE 2 OF 16 REV 0
1. PURPOSE To define the working practices and responsibilities relating to the development of the following piping specification documentation. i) Pipe class service index (index of pipe class designation versus utility / process media). ii) Pipe class specifications (detailed narrative of satisfactory components for a particular pipe class). iii) Supporting Data (Technical notes for material component application relating to pipe class and issues affecting piping design). The FWEL corporate document number for this specification is FWEL-50A10. This Technical Work Practice is aimed at the assigned Lead Piping Specification Engineer and nominated Specification Engineer (hereinafter abbreviated LPSE) responsible for Piping Material Specifications.		

ภาพที่ 15 ตัวอย่างข้อแนะนำในการทำงานด้านเทคนิค ของการทำสเปคท่อ

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้: การคำนวณความหนาท่อผิด (PA02)

การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดในเรื่องการคำนวณความหนาท่อมีความรุนแรงของผลกระทบสูง เกี่ยวกับความปลอดภัยเช่นเดียวกับการระบุโค้ดหรือมาตรฐานผิด ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้นจะก่อให้เกิดอันตรายร้ายแรง ท่อรับแรงดันสูงไม่ได้ทำให้เกิดการระเบิดและไฟไหม้ เกิดความเสียหายแก่ชีวิตและทรัพย์สิน การแก้ไขปรับปรุงได้ทำการมุ่งเน้นการลดโอกาสการเกิดและการตรวจจับข้อผิดพลาดของการออกแบบ ไม่ให้ข้อผิดพลาดเกิดขึ้นในแบบที่ใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งจากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์โดยทีมงาน FMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาด คือป้อนข้อมูลการคำนวณผิด เช่น อุณหภูมิ แรงดันและการควบคุมกระบวนการตรวจสอบและการตรวจจับในปัจจุบันไม่เพียงพอ มีการตรวจสอบโดยหัวหน้าทีมถอดรายการวัสดุเท่านั้น ซึ่งจะตรวจสอบว่าความหนาของท่อตรงตามข้อกำหนดหรือไม่ ในการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดโอกาสการเกิดโดยการจัดทำข้อแนะนำในการทำงานด้านเทคนิค (Technical Work Practice) ของการคำนวณความหนาท่อและแผ่นประทับท่อ ซึ่งในข้อแนะนำการทำงานด้านเทคนิค ได้อธิบายขั้นตอนต่างในการคำนวณความหนาท่อ วิธีการทำงาน และข้อควรระวังในการออกแบบ หลังจากได้จัดทำข้อแนะนำการทำงานด้านเทคนิค แล้วได้มีการอบรมพนักงานออกแบบให้ทราบถึงวิธีการทำงานที่ถูกต้องตาม

ขั้นตอนที่ระบุไว้เอกสารดังกล่าว นอกจากการลดโอกาสการเกิด แล้วได้เพิ่มโอกาสการตรวจจับข้อผิดพลาด โดยการทำให้ checklist ช่วยในการตรวจสอบ และเพิ่มการตรวจสอบโดยวิศวกรอาวุโส

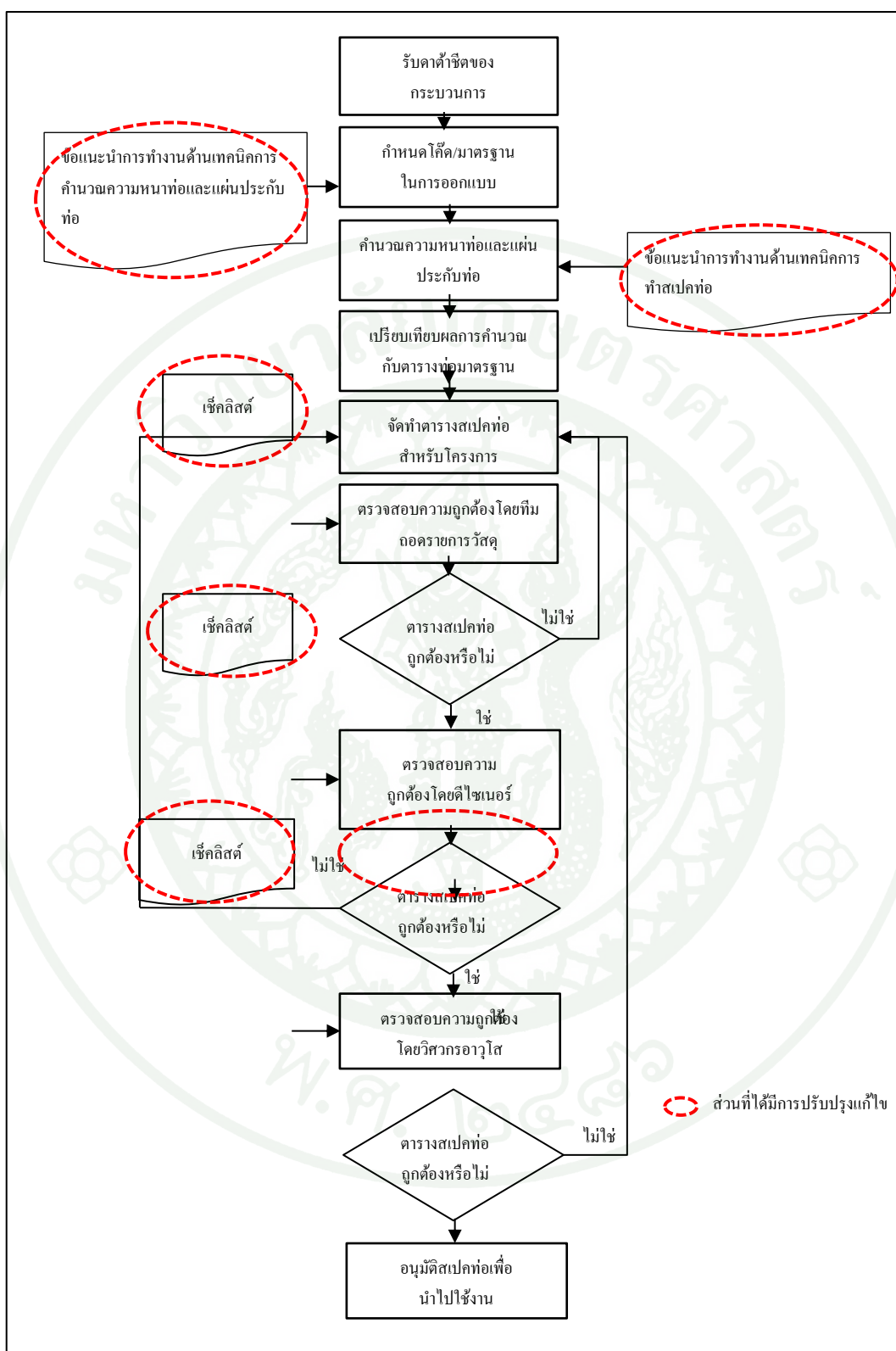
ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้: การคำนวณความหนาแผ่นประกบกับท่อผิด (PA03)

การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดในเรื่องการคำนวณความหนาของแผ่นประกบกับท่อผิด มีความรุนแรงของผลกระทบสูงมาก เช่นเดียวกับการคำนวณความหนาท่อผิด เกี่ยวกับความปลอดภัย ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้นจะก่อให้เกิดอันตรายร้ายแรง เช่น ท่อระเบิด ไฟไหม้ เกิดความเสียหายแก่ชีวิตและทรัพย์สิน การแก้ไขปรับปรุงได้ทำการมุ่งเน้นการลดโอกาสการเกิด และการตรวจจับข้อผิดพลาดของการออกแบบ ไม่ให้ข้อผิดพลาดเกิดขึ้นในแบบที่ใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งจากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์โดยทีมงาน FMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาด คือ วิศวกรไม่มีประสบการณ์ในงานออกแบบ และขาดทักษะด้านเทคนิค ในการปรับปรุงแก้ไข เพื่อลดโอกาสการเกิดโดยการจัดทำข้อเสนอแนะในการทำงานด้านเทคนิค (Technical Work Practice) ดังแสดงในภาพที่ 16 ในการคำนวณความหนาท่อและแผ่นประกบท่อ ซึ่งในข้อเสนอแนะการทำงานด้านเทคนิค ได้อธิบายขั้นตอนต่างในการคำนวณความหนาแผ่นประกบท่อ วิธีการทำงาน และข้อควรระวังในการออกแบบ หลังจากได้จัดทำข้อเสนอแนะการทำงานด้านเทคนิคแล้วได้มีการอบรมวิศวกรออกแบบให้ทราบถึงวิธีการทำงานที่ถูกต้องตามขั้นตอนที่ระบุไว้เอกสารดังกล่าว

Pipe Wall Thickness and Reinforce Pad Thickness Calculation	Document No: PIP ETA/11-04 Revision: 0 Issue Purpose: IFD
1. INTRODUCTION This document presents the pipe wall thickness calculation of OG51 pipes greater than NPS40 based on ASME B73.1 2010 edition. Pipes of this size are outside the range of OG51 pipe specs, version 08-Sep-2010, included in the Award Package. 2. DESIGN PHILOSOPHY This analysis is based on the process design data specified on the Project Line List, Doc. No. A554-J-360-PR-LIS-Y20-001, Rev 0. Wall thickness was calculated based on the internal pressure specified on the line list. Full vacuum condition has been evaluated as well and stiffener rings were designed. Loads arising from weight and thermal expansion as well as wind and seismic were also considered on a separate pipe stress calculation using Caesar II ver. 5.3.	

ภาพที่ 16 ตัวอย่างข้อเสนอแนะด้านเทคนิคการคำนวณความหนาท่อและแผ่นประกบท่อ



ภาพที่ 17 ขั้นตอนการทำสเปกต่อหลังการปรับปรุงแก้ไข

กิจกรรมการออกแบบ: การถอดวัสดุครั้งแรก (B)

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้: ถอดรายการวัสดุผิดขนาด ผิดสเปค (PB01)

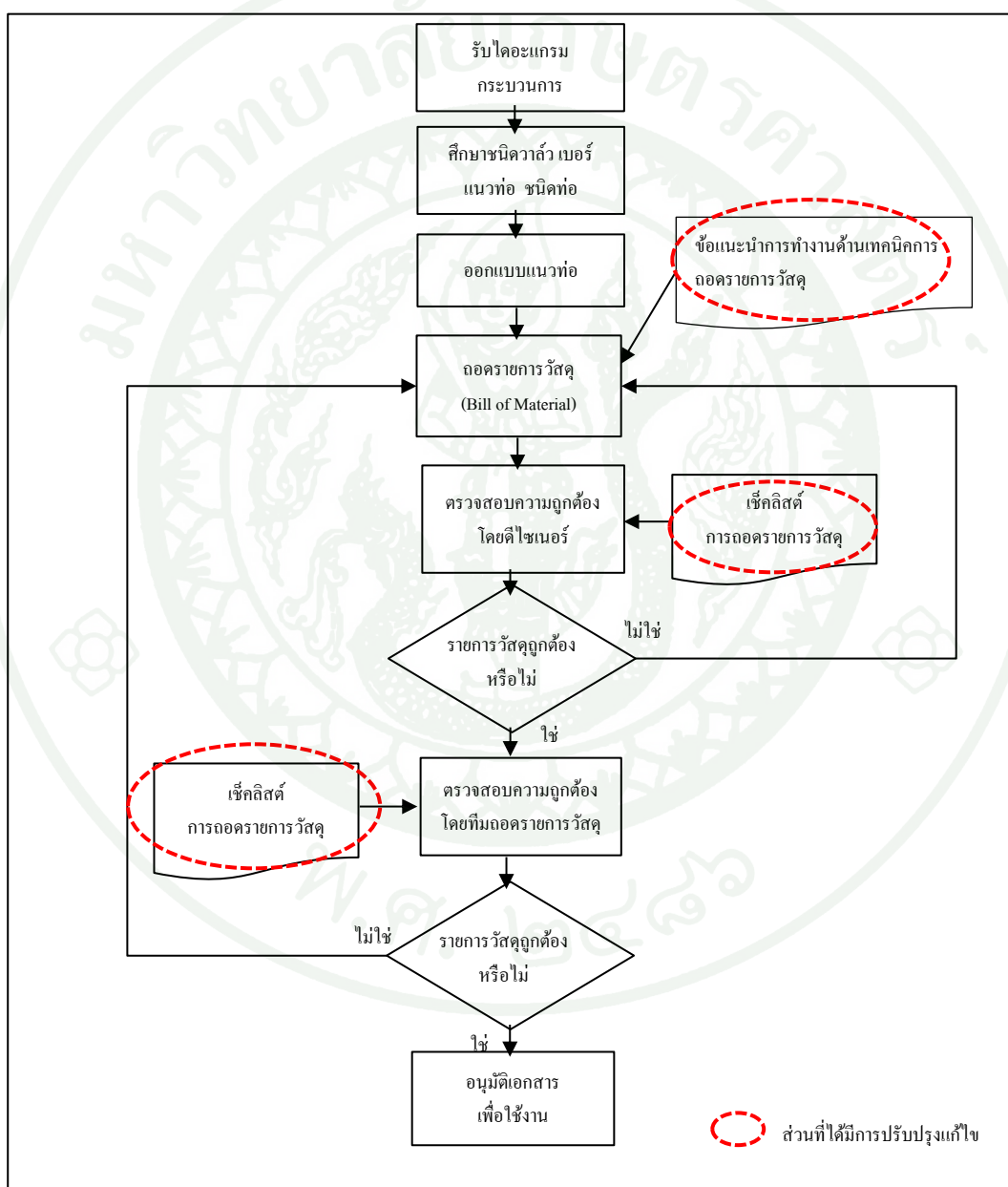
การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดในเรื่องการถอดรายการวัสดุมีความรุนแรงของผลกระทบสูง ก่อให้เกิดความล่าช้าในงานก่อสร้างเนื่องจากวัสดุที่สั่งซื้อมาใช้งานไม่ได้ หรือปริมาณไม่พอสำหรับใช้ในการติดตั้งจริง จากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของข้อผิดพลาด เกิดจากการที่มีเวลาจำกัดในการทำงาน วิศวกรขาดประสบการณ์และขาดการตรวจสอบโดยละเอียดถี่ถ้วนโดยวิศวกรที่รับผิดชอบ การแก้ไขปรับปรุงได้ทำการมุ่งเน้นการลดโอกาสการเกิดและการตรวจจับข้อผิดพลาดของการออกแบบไม่ให้ข้อผิดพลาดเกิดขึ้นในแบบที่ใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งจากการระดมสมองเพื่อการวิเคราะห์โดยทีมงาน FMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาด คือวิศวกรที่รับผิดชอบไม่ได้ตรวจสอบการอ้างอิงมาตรฐาน หรือโค้ดอย่างละเอียดถี่ถ้วน เช่น มาตรฐาน JIS, ASME หรือ ANSI เป็นต้น และมีการตรวจสอบที่ไม่แน่นอนคือมีการตรวจสอบโดยหัวหน้าทีมถอดรายการวัสดุและดีไซน์เนอร์ซึ่งจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ตรวจสอบ ในการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดโอกาสการเกิดได้จัดทำข้อเสนอแนะในการทำงานด้านเทคนิค (Technical Work Practice) ของการถอดรายการวัสดุ ดังแสดงในภาพที่ 18 ซึ่งในข้อเสนอแนะการทำงานด้านเทคนิคนี้ได้อธิบายขั้นตอนต่างในการถอด

PIPING MATERIAL IDENTIFICATION AND QUANTIFICATION	 TECHNICAL WORK PRACTICE PIPING ENGINEERING	PIP/ETA 82-01 PAGE 2 OF 17 REV 1
1. PURPOSE	To ensure that the strategy for Piping Bulk Materials is set up and followed throughout the life of the Project and that their identification and quantification is carried out accurately and in accordance with the Project schedule. This TWP is intended to support Piping Material Engineers/Designers undertaking this activity.	
2. SCOPE	This Technical Work Practice covers the methods and requirements to be undertaken to control, verify and complete the required Piping Material Bulk Take Off activities for the Project.	

ภาพที่ 18 ข้อเสนอแนะการทำงานด้านเทคนิคการถอดรายการวัสดุ

รายการวัสดุวิธีการทำงาน และข้อควรระวังในการถอดรายการวัสดุ หลังจากได้จัดทำข้อเสนอแนะการทำงานด้านเทคนิค แล้วได้มีการอบรม พนักงานออกแบบให้ทราบถึงวิธีการทำงานที่ถูกต้องตามขั้นตอนที่ระบุไว้เอกสารดังกล่าว นอกจากการลดโอกาสการเกิดแล้วได้เพิ่มโอกาสการตรวจจับข้อผิดพลาด โดยการทำเช็คลิสต์การถอดรายการวัสดุ ดังแสดงในภาคผนวก ข ช่วยในการตรวจสอบขั้นตอนการถอดรายการวัสดุครั้งแรกหลังปรับปรุงแก้ไข แสดงในภาพที่ 19



ภาพที่ 19 ขั้นตอนการถอดวัสดุครั้งแรกหลังปรับปรุงแก้ไข

กิจกรรมการออกแบบ: การวิเคราะห์ความเครียดท่อ (C)

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้: ค่าแนวค่าความเครียดท่อผิด (PC01)

การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดในเรื่องการคำนวณค่าความเครียดท่อ มีความรุนแรงของผลกระทบสูงมาก ซึ่งเกี่ยวกับความปลอดภัย ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้นจะก่อให้เกิดอันตรายร้ายแรง เกิดความเสียหายแก่ชีวิตและทรัพย์สิน ถ้าคำนวณค่าความเครียดท่อส่งผลกระทบต่อทางเลือกย้ายท่อไม่เหมาะสมทำให้เกิดความเสียหายกับท่อเนื่องจากท่อรับแรงเครียดที่เกิดขึ้นไม่ได้จากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์โดยทีมงาน FMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาดคือป้อนข้อมูลในการคำนวณผิด ข้อมูลพื้นฐานผิดวางแนวท่อผิดทำให้เงื่อนไขการคำนวณผิด แบบผู้ขายไม่อัปเดต เช่น ขนาด หรือน้ำหนักจริงของอุปกรณ์ รวมทั้งมิติของอุปกรณ์ หรือไม่อัปเดตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการพัฒนาการออกแบบการแก้ไขปรับปรุงได้ทำการมุ่งเน้นการลดโอกาสการเกิด และ การตรวจจับข้อผิดพลาดของการออกแบบ ไม่ให้ข้อผิดพลาดเกิดขึ้นในแบบที่ใช้ในการก่อสร้าง ลดโอกาสการเกิดโดยการจัดทำข้อเสนอแนะในการทำงานด้านเทคนิค (Technical Work Practice) ของการวิเคราะห์แรงเครียดท่อ ดังแสดงในภาพที่ 20 ซึ่งในข้อเสนอแนะในการทำงานด้านเทคนิคได้อธิบายขั้นตอน

PIP/ETA 21-01 PAGE: 2 REV: 1	STRESS ENGINEER TECHNICAL WORK PRACTICE PIPING ENGINEERING	PIPE STRESS ANALYSIS
1. <u>PURPOSE</u>	To define the working practices and responsibilities that relate to the stress analysis of piping systems. This Technical Work Practice is aimed at the assigned Lead Stress Engineer and the Piping Engineer/Stress Analyst (hereinafter called the Engineer) responsible for stress analysis.	
2. <u>SCOPE</u>	This Technical Work Practice covers the analysis requirements for all metallic process and utility piping systems, including working methods, considerations, documentation, and guidelines associated with the recommended level of analysis.	

ภาพที่ 20 ตัวอย่างข้อเสนอแนะในการทำงานด้านเทคนิคการวิเคราะห์แรงเครียดท่อ

ต่างๆในการวิเคราะห์แรงเครียดวิธีการทำงาน และข้อควรระวังในการวิเคราะห์แรงเครียดต่อหลังจากได้จัดทำข้อเสนอแนะในการทำงานด้านเทคนิคของการวิเคราะห์แรงเครียดแล้ว ได้มีการอบรมพนักงานออกแบบให้ทราบถึงวิธีการทำงานที่ถูกต้องตามขั้นตอนที่ระบุไว้เอกสารดังกล่าว นอกจากนี้ยังได้เพิ่มโอกาสการตรวจจับข้อผิดพลาด โดยการตรวจสอบซ้ำโดยหัวหน้าทีมวิเคราะห์แรงเครียดต่อและให้หัวหน้าวิศวกรงานท่อตรวจสอบเปรียบเทียบกับแบบของผู้ขายที่มีการเปลี่ยนแปลง

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้: คำนวณโหลดเพื่อแจ้งแผนกโยธาผิด(PC02)

การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดในเรื่องคำนวณโหลดเพื่อแจ้งแผนกโยธาผิด มักมีความรุนแรงของผลกระทบสูง ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้นจะมีผลกระทบทำให้เกิดความเสียหายกับโครงสร้างที่รองรับท่อ ในกรณีที่ท่อได้รับแรงเครียดที่เกิดจาก แรงดันภายในท่อ หรือท่อมีการขยายตัว จากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของข้อผิดพลาด โดยทีมงานFMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาด คือ ข้อมูลของโหลดจากฝ่ายคำนวณแรงเครียดส่งไปไม่ถึงแผนกโยธา ไม่มีการตรวจสอบความถูกต้องจากวิศวกรที่รับผิดชอบ และ ข้อมูลของผู้ขายอุปกรณ์ไม่ได้อัปเดต ทำให้การคำนวณโดยใช้ข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์จากผู้ขายไม่ถูกต้องการแก้ไขปรับปรุงได้ปรับปรุงวิธีการทำงาน โดยใช้แบบฟอร์มข้อแนะนำการออกแบบ (Design Instruction: DI) ดังแสดงในภาพที่ 30มาใช้เพื่อส่งผ่านข้อมูลการออกแบบ ให้แผนกที่เกี่ยวข้อง เช่นแผนกโยธา และแผนกเครื่องมือวัด ซึ่งจะช่วยให้ข้อมูลการออกแบบส่งถึงแผนกที่เกี่ยวข้องโดยไม่มีการดกหล่น และเพิ่มโอกาสการตรวจจับข้อผิดพลาด โดยใช้วิธีการเช็คปริ้นท์ (Checkprint) คือการตรวจสอบข้อมูลการออกแบบในแบบโดยวิศวกรที่อยู่นอกโครงการ

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้: เลือกชนิดสปริงผิด (PC03)

การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดในเรื่องการเลือกชนิดสปริงผิดมีความรุนแรงของผลกระทบสูง ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้นจะมีผลกระทบทำให้เกิดความเสียหายกับโครงสร้างที่รองรับท่อ ในกรณีที่

ท่อได้รับแรงเครียดที่เกิดจากแรงดันภายในท่อ หรือท่อมีการขยายตัว ถ้าเลือกสปริงผิดทำให้สปริงทนแรงที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของท่อไม่ได้จากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของ

 On-Site Projecting Guide (PC)											
DESIGN INSTRUCTION		FROM: Komsan K.		FWAPPL NO: J20010/29							
		DEPT: Piping (Stress)		CLIENT: Chadana							
				INSTRUCTION NO: DI-517-PIP_rev.1							
				DATE: 09-Jan-13		SHEET: 1		OF 2			
☐ CLIENT REQUEST		☒ ENGINEERING: DEVELOPMENT MODIFICATION		☐ VENDOR INPUT		☐ PROCESS MODIFICATION		☐ OTHERS			
TO BE FILLED IN BY ORIGINATOR	DISTRIBUTION TO:		NAME	INFO	ACT	DISTRIBUTION TO:		NAME	INFO	ACT	
	☒ CIVIL		Satja M./Natthikarn T.		✓	☐ PROCESS					
	☐ DESIGN COORD					☐ PROJECT CONTROL					
	☐ ELECTRICAL					☒ PROJECT ENG'G		Radiboon C.	✓		
	☐ ESTIMATING					☐ TECHNOLOGICAL					
	☐ INSTRUMENT					☐ HSE					
	☐ MACHINERY					☐ STATIC EQUIP.					
	☒ PIPING		Jaruek K. / Komsan K.	✓							
Antonino C.											
SUBJECT: Civil Pipe Supports on Grade											
Attachment: Yes (1 pages)											
rev.1 Revise elevation of pipe support.											
Please contact the undersigned for any clarification or amendment.											

ภาพที่ 21 ตัวอย่างแบบฟอร์มแนะนำการออกแบบ (Design Instruction)

ข้อผิดพลาดโดยทีมงานFMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาด คือป้อนข้อมูลการคำนวณผิด เช่นแรงดัน อุณหภูมิ ชนิดของเหลว ข้อมูลพื้นฐาน เช่นค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ แบบผู้ขายไม่อัปเดต ได้แก่ น้ำหนักและมิติ การวางแนวท่อผิด ไม่อัปเดตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงกระบวนการการปรับปรุงแก้ไขได้ปรับปรุงวิธีการทำงาน โดยจากเดิมตารางสปริงก้ำยันท่อได้ถูกตรวจสอบโดยหัวหน้าแผนกวิเคราะห์แรงเครียดและวิศวกรที่รับผิดชอบพื้นที่ ได้เพิ่มการตรวจสอบโดยวิศวกรผู้เชี่ยวชาญ (Consultant)นอกจากนี้ยังเพิ่มโอกาสการตรวจจบโดยใช้เช็คลิสต์ช่วยในการตรวจสอบ

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้: เลือกชนิดข้อต่อยึดหุ่นผิด (PC04)

การปรับปรุงแก้ไข:

การเลือกชนิดข้อต่อยึดหุ่นผิด มีความรุนแรงของผลกระทบสูง ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้นจะมีผลกระทบทำให้เกิดความเสียหายกับโครงสร้างที่รองรับท่อ ในกรณีที่ท่อได้รับแรงเครียด

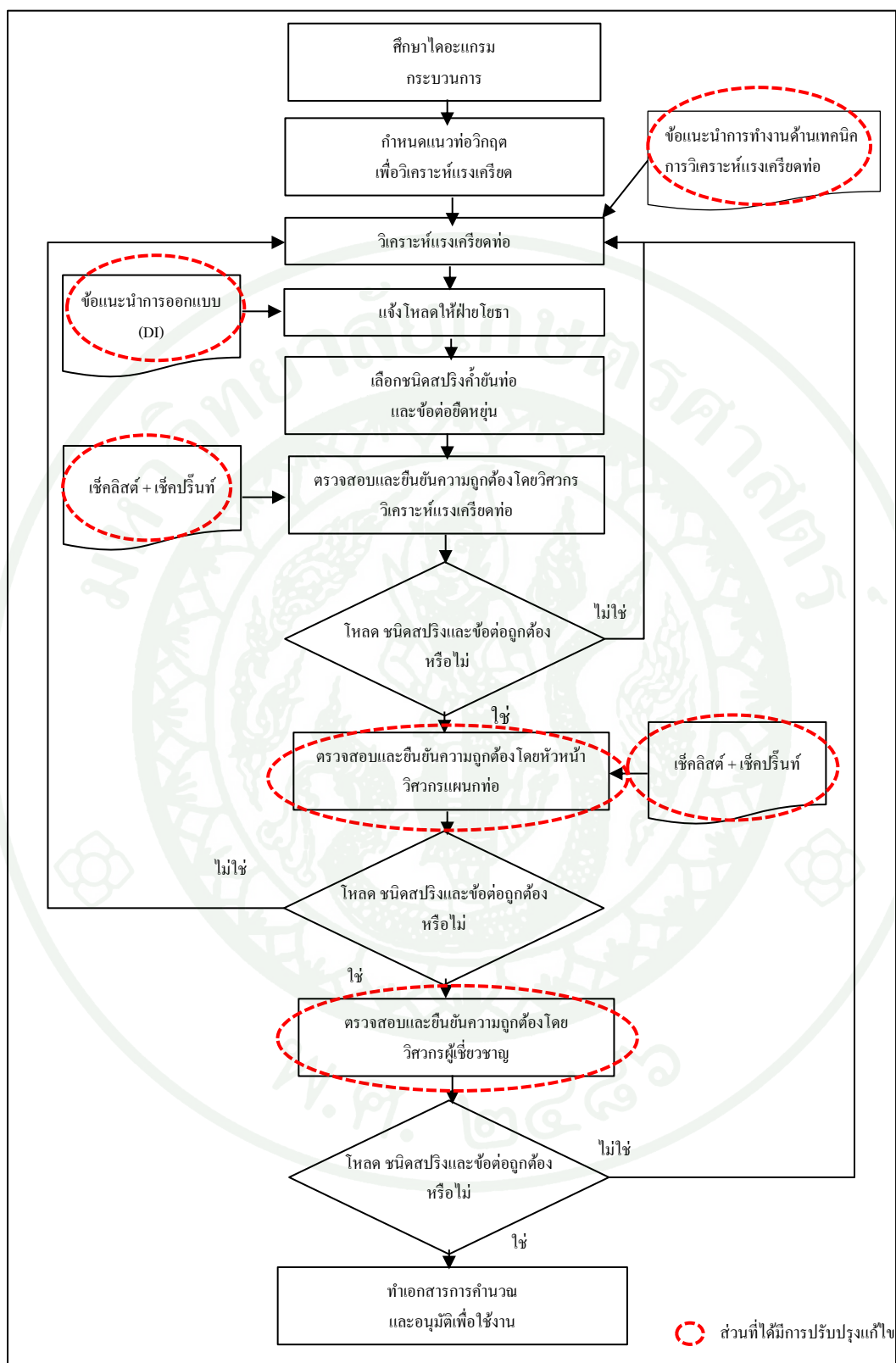
ที่เกิดจาก แรงดันภายในท่อหรือท่อที่มีการขยายตัว ถ้าเลือกชนิดข้อต่อยึดหยุ่นผิดทำให้ข้อต่อยึดหยุ่น ผิดทนแรงที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของท่อไม่ได้ จากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของ ข้อผิดพลาดโดยทีมงานFMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาด คือป้อนข้อมูลการคำนวณผิด เช่นแรงดัน อุณหภูมิ ชนิดของเหลว ข้อมูลพื้นฐาน เช่น สัมประสิทธิ์ต่างๆ แบบผู้ขายไม่อัปเดต ได้แก่ น้ำหนักและมิติ การวางแผนท่อผิด ไม่อัปเดตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการ ออกแบบกระบวนการการปรับปรุงแก้ไขได้ปรับปรุงวิธีการทำงาน โดยจากเดิมตารางข้อต่อยึดหยุ่น ได้ถูกตรวจสอบโดยหัวหน้าแผนกวิเคราะห์แรงเครียดและวิศวกรที่รับผิดชอบพื้นที่ได้เพิ่มการ ตรวจสอบโดยวิศวกรผู้เชี่ยวชาญ (Consultant) ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเครียดหลังการปรับปรุง แก้ไขได้แสดงในภาพที่ 22

กิจกรรมการออกแบบ: การทำแผนผังโรงงาน (D)

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้: กำหนดเบอร์ตำแหน่งอุปกรณ์ผิด(PD01)

การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดการกำหนดเบอร์ตำแหน่งอุปกรณ์ผิดมีความรุนแรงของผลกระทบสูง ถ้าเกิด ข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้นทำให้ติดตั้งอุปกรณ์ผิดตำแหน่งและเชื่อมต่อกับกระบวนการอื่นไม่ได้ ต้องแก้ไขที่หน้างาน ทำให้เกิดความล่าช้า การแก้ไขปรับปรุงได้ทำการมุ่งเน้นการลดความรุนแรง ของผลกระทบโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาด และเพิ่มการตรวจจับข้อผิดพลาดของการออกแบบ ไม่ให้ข้อผิดพลาดเกิดขึ้นในแบบที่ใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งจากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์โดย ทีมงาน FMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาด ซึ่งเกิดจากข้อมูลจากสเปคลูกค้าไม่สมบูรณ์และ ไม่ชัดเจนการปรับปรุงแก้ไขได้ปรับปรุงวิธีการทำงาน โดยได้ใช้แบบฟอร์มบันทึกช่วยจำ (Design Memo) ในการสอบถามข้อมูลจากลูกค้ากรณีที่ข้อมูลไม่ถูกต้องหรือไม่ชัดเจน และมีการใช้ ฐานข้อมูล (Database) .ในการบันทึกแบบฟอร์มช่วยจำและติดตามการปฏิบัติตามที่ระบุใน แบบฟอร์มช่วยจำ ได้เพิ่มโอกาสการตรวจจับข้อผิดพลาดโดยให้มีตรวจสอบโดยใช้เช็คลิสต์การทำ แผนผังโรงงาน ดังแสดงในภาคผนวก ค และอนุมัติผังโรงงานโดยวิศวกรที่เกี่ยวข้องหลายฝ่าย



ภาพที่ 22 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเครียดหลังการปรับปรุงแก้ไข

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้: การระบุตำแหน่งอุปกรณ์ผิด (PD02)

การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดการระบุตำแหน่งอุปกรณ์ผิด มีความรุนแรงของผลกระทบสูง ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้นทำให้ติดตั้งอุปกรณ์ผิดตำแหน่งเชื่อมต่อกับกระบวนการอื่นไม่ได้ ต้องแก้ไขที่หน้างาน ทำให้เกิดความล่าช้า การแก้ไขปรับปรุงได้ทำการมุ่งเน้นการลดความรุนแรงของผลกระทบโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาด และเพิ่ม การตรวจจับข้อผิดพลาดของการออกแบบไม่ให้ข้อผิดพลาดเกิดขึ้นในแบบที่ใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งจากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์โดยทีมงาน FMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาดคือข้อมูลจากผู้ขายไม่ถูกต้องและไม่อัปเดตการปรับปรุงแก้ไขได้ปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อลดความรุนแรงของผลกระทบ โอกาสการเกิดข้อผิดพลาดโดยได้จัดทำข้อแนะนำการทำงานด้านเทคนิค (Technical Work Instruction) ของการวางผังโรงงาน ดังแสดงในภาพที่ 23 และได้ระบุข้อควรระวัง เช่น ผู้ขายต้องได้จากเอกสารที่เป็น ใคัด 3 หรือ 4 เท่านั้น ได้เพิ่มโอกาสการตรวจจับข้อผิดพลาดโดยให้มีตรวจสอบโดยใช้เช็คลิสต์การทำแผนผังโรงงาน ดังแสดงในภาคผนวก ก และอนุมัติแบบผังโรงงานโดยวิศวกรที่เกี่ยวข้องหลายฝ่าย รวมทั้งวิศวกรผู้เชี่ยวชาญ (Consultant)

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้: จุดพิกัดไม่ตรงกับแบบจำลอง 3 มิติ (PD03)

การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดจุดพิกัดไม่ตรงกับแบบจำลอง 3 มิติมีความรุนแรงของผลกระทบสูง ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้นทำให้ติดตั้งอุปกรณ์ผิดตำแหน่งทำให้เชื่อมต่อกับกระบวนการอื่นไม่ได้ ต้องแก้ไขที่หน้างาน ทำให้เกิดความล่าช้าของโครงการ การปรับปรุงแก้ไขได้มุ่งเน้นลดความรุนแรงของผลกระทบโอกาสการเกิด และเพิ่มการตรวจจับข้อผิดพลาดของการออกแบบ ไม่ให้มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นในแบบที่ใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งจากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์โดยทีมงาน FMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาดคือข้อมูลการเปลี่ยนแปลงไม่ถูกส่งผ่านไปให้ฝ่ายที่รับผิดชอบทำให้ไม่มีการแก้ไขข้อมูลการออกแบบตามการเปลี่ยนแปลงการปรับปรุงแก้ไขได้ปรับปรุงวิธีการทำงาน เพื่อลดโอกาสการเกิดข้อผิดพลาดโดยการสร้างระบบการส่งผ่านข้อมูลการออกแบบโดยใช้แบบฟอร์มข้อแนะนำการออกแบบ (Design Instruction: DI) โดยการส่งผ่านข้อมูล

การออกแบบจะมีการบันทึกการส่งผ่านข้อมูลในตารางบันทึก ดังแสดงในภาพที่ 24 และมีการติดตามผลปฏิบัติตามที่ระบุในแบบฟอร์มและเพิ่มโอกาสการตรวจจับข้อผิดพลาดโดยให้มีการ

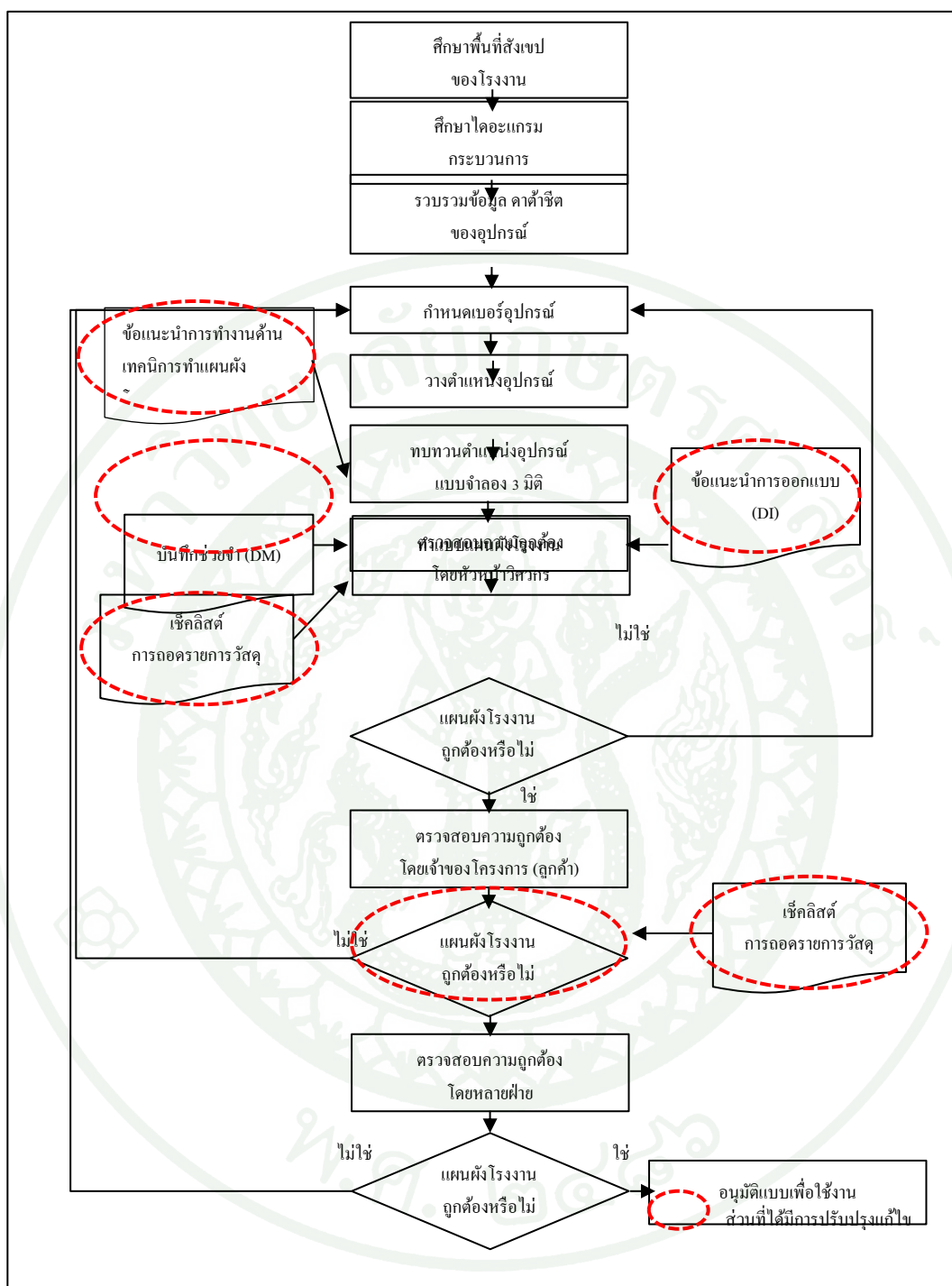
PLOT PLANS	FOSTER WHEELER ENERGY LTD TECHNICAL WORK PRACTICE PIPING AND PLANT LAYOUT GROUP	PIP ETA/31-01 PAGE 2 OF 22 REV 0
	1. PURPOSE To define Plot Plan function, ensure presentation consistency and give guidance on typical content and format for FEED and EPC project phases. 2. SCOPE This document generally refers to Plot Plans developed for green-field and brown-field plant facilities. Where a project scope involves plant revamp or upgrading work, it may be more relevant to use the existing Plot Plan format, whilst still considering the content of this document. Clients may have specific drafting requirements that take precedence over the practices contained within this document.	

ภาพที่ 23 ตัวอย่างข้อแนะนำการทำงานด้านเทคนิคการทำแผนผังโรงงาน

ตรวจสอบโดยใช้เช็คลิสต์การทำแผนผังโรงงาน ดังแสดงในภาคผนวก ค และอนุมัติแบบผังโรงงานโดยวิศวกรที่เกี่ยวข้องหลายฝ่ายที่เกี่ยวข้องขั้นตอนการทำแผนผังโรงงานหลังการปรับปรุงแก้ไขได้แสดงในภาพที่ 25

DESIGN INSTRUCTION LOG UNIT 360 PROPYLENE OXIDE (PO) PROJECT PROJECT NUMBER: J20010 DISCIPLINE: PIPING ENGINEERING									
S.No	DI No. (DI-YYY-PIP)	ISSUED BY	ISSUED DATE	SUBJECT	DI REPLIED DATE	DI IMPLEMENTATION DATE	CHANGE FLAG NUMBER IF RAISED/APPLICA BLE (Y/N)	IMPLEMENTED INTO DESIGN (Y/N)	STATUS (OPEN/CLOSE D)
1	DI-001-PIP	Santi L	25-Apr-12	Preliminary interface location of cooling water line at east-west side	3-May-12	3-May-12	N	Y	INFO
2	DI-002-PIP	Tony C	27-Apr-12	Stress Critical Line List	4-May-12	5-May-12	N	Y	INFO
3	DI-003-PIP	Tony C	30-May-12	Preliminary Loading Information on MPS 1st level of internal pipe rack	8-Jun-12	7-Jun-12	N	Y	NA
4	DI-004-PIP	Khanchai Ch	31-May-12	Preliminary Loading information on MPS 3rd and 4th levels	10-Jun-12	8-Jun-12	N	Y	NA
5	DI-005-PIP	Khanchai Ch	15-Jun-12	Request hydraulic calculation checking for piping system around reactors R-5210/5220/5230/5240	22-Jun-12	23-Jun-12	N	Y	Closed
6	DI-006-PIP	Khanchai Ch	19-Jun-12	Request hydraulic calculation checking for piping routing from tower T-5280 to feed nozzle tower T-5310	27-Jun-12	27-Jun-12	N	Y	Closed
7	DI-007-PIP	Tony C	19-Jun-12	Request hydraulic calculation checking vapour Methanol system	27-Jun-12	27-Jun-12	N	Y	Closed
8	DI-008-PIP	Khanchai Ch	19-Jun-12	Preliminary loading information on MPS 1st and 2nd levels	27-Jun-12	27-Jun-12	N	Y	Closed
9	DI-009-PIP	Khanchai Ch	3-Jul-12	Preliminary Isometric drawings for non pump loops	13-Jul-12	11-Jul-12	N	Y	Closed
10	DI-010-PIP	Khanchai Ch	27-Jun-12	Preliminary Isometric drawings for T-5370 bottom to D-5714	6-Jul-12	5-Jul-12	N	Y	Closed
11	DI-011-PIP	Khanchai Ch	27-Jun-12	Preliminary Isometric drawings for interconnecting pipe between R-5210 and T-5280	4-Jul-12	5-Jul-12	N	Y	Closed
12	DI-012-PIP	Khanchai Ch	27-Jun-12	Preliminary Isometric drawings for interconnecting pipe between R-5290 and T-5310	4-Jul-12	5-Jul-12	N	Y	Closed
13	DI-013-PIP	Khanchai Ch	27-Jun-12	Preliminary Isometric drawings for hot air loop from R-5210	4-Jul-12	5-Jul-12	N	Y	Open
14	DI-014-PIP	Khanchai Ch	27-Jun-12	Preliminary Isometric drawings for cooling water header II	4-Jul-12	5-Jul-12	N	Y	Closed
15	DI-015-PIP	Khanchai Ch	26-Jun-12	Preliminary Isometric drawings for T-5310 overhead line to flare	3-Jul-12	4-Jul-12	N	Y	Closed
16	DI-016-PIP	Tony C	29-Jun-12	Preliminary Isometric drawings for vapour line from E-5335 to flare	3-Jul-12	7-Jul-12	N	Y	Closed
17	DI-017-PIP	Khanchai Ch	29-Jun-12	Preliminary Isometric drawings for line from D-5340 to T-5520	6-Jul-12	7-Jul-12	N	Y	Closed
18	DI-018-PIP	Khanchai Ch	3-Jul-12	Preliminary Isometric drawings for T-5370 side draw to D-5330	11-Jul-12	11-Jul-12	N	Y	Open
19	DI-019-PIP	Khanchai Ch	3-Jul-12	Preliminary Isometric drawings for C-5320 stage 4 discharge to C-5320 stage 5 suction	12-Jul-12	11-Jul-12	N	Y	Open
20	DI-020-PIP	Tony C	3-Jul-12	Updated Loading information on 'AZ' Piperack	11-Jul-12	11-Jul-12	N	Y	Closed
21	DI-021-PIP	Tony C	10-Jul-12	Extra large bore lines loads on Towers	17-Jul-12	18-Jul-12	Y	Y	Closed
22	DI-022-PIP	Tony C	11-Jul-12	T-5640 Pipe Supports and Clips	18-Jul-12	19-Jul-12	N	Y	Closed

ภาพที่ 24 ตารางบันทึกขออนุญาตออกแบบ (Design Instruction)



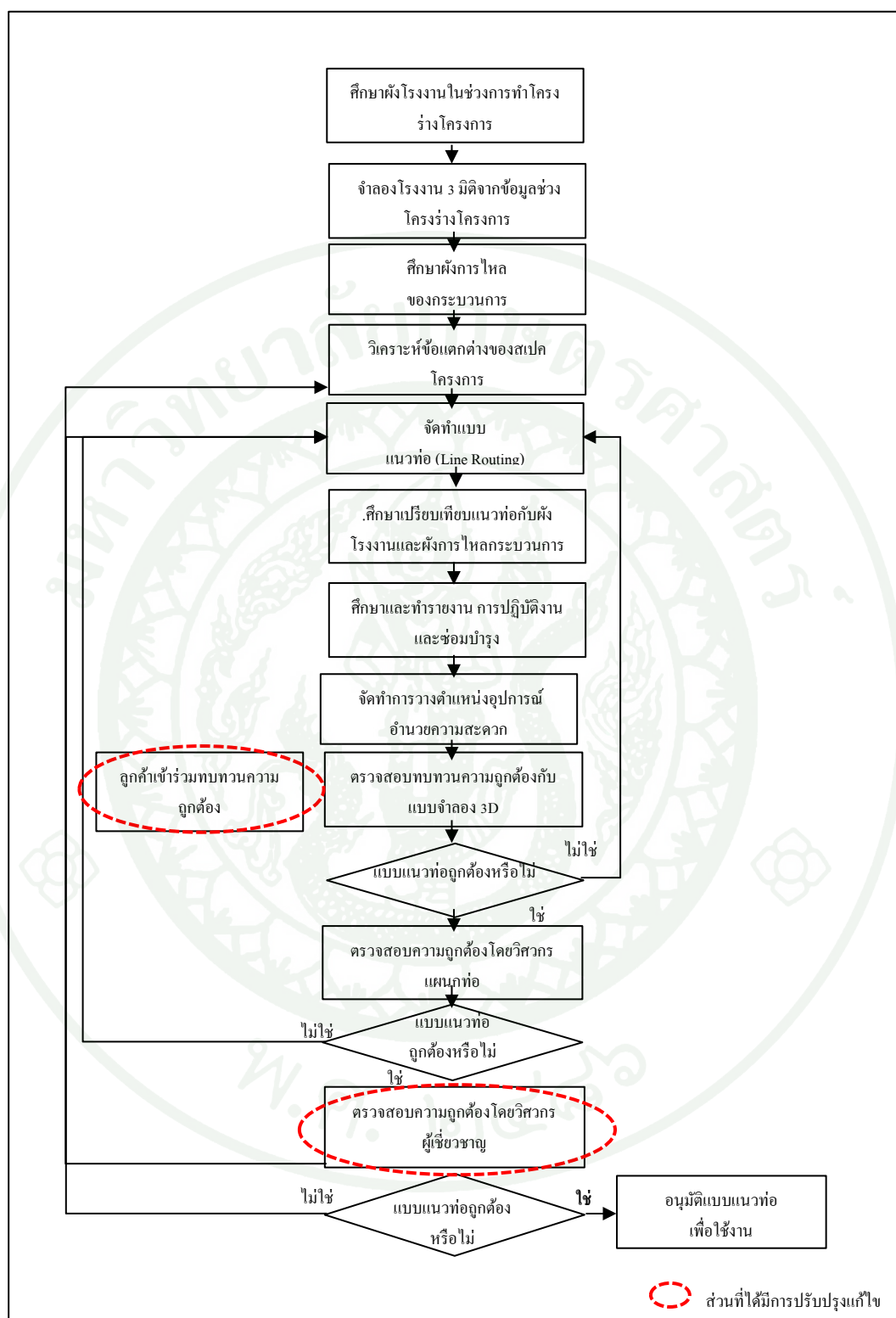
ภาพที่ 25 ขั้นตอนการทำแผนผังโรงงานหลังการปรับปรุงแก้ไข

กิจกรรมการออกแบบ: การวางแผนท่อ (E)

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้: ตำแหน่งของอุปกรณ์อำนวยความสะดวก(PE01)

การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดตำแหน่งของอุปกรณ์อำนวยความสะดวก มีความรุนแรงของผลกระทบปานกลาง ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้นจะส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์อำนวยความสะดวกติดตั้งในตำแหน่งที่ใช้งานไม่ได้ในเวลาที่ต้องการ เช่น ตำแหน่งเปิด-ปิดวาล์ว การแก้ไขปรับปรุงได้ทำการมุ่งเน้นการลดโอกาสการเกิด และการตรวจจับข้อผิดพลาดของการออกแบบไม่ให้ข้อผิดพลาดเกิดขึ้นในแบบที่ใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งจากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์โดยทีมงาน FMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาดคือ การออกแบบการวางตำแหน่งอุปกรณ์ไม่ได้วางตามตำแหน่งที่กำหนดโดยลูกค้า เนื่องจากลูกค้าได้ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงผังต้นแบบของโรงงานในการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดโอกาสการเกิดโดยการให้ลูกค้าเข้าร่วมในการทบทวนแบบจำลองโรงงาน 3 มิติ เพื่อให้ลูกค้าได้ให้ข้อเสนอแนะ (Comment) ในกรณีที่พบว่าตำแหน่งอุปกรณ์วางในตำแหน่งที่ไม่ถูกต้อง นอกจากการลดโอกาสการเกิดแล้วได้เพิ่มโอกาสการตรวจจับข้อผิดพลาด โดยเพิ่มการตรวจสอบแบบแนวท่อ โดยวิศวกรผู้เชี่ยวชาญ (Consultant) ก่อนการอนุมัติแบบ ขั้นตอนการวางแผนท่อหลังการปรับปรุงแก้ไขแสดงในภาพที่ 26



ภาพที่ 26 ขั้นตอนการวางแผนท่อหลังการปรับปรุงแก้ไข

กิจกรรมการออกแบบ: การออกแบบรายละเอียดเบ็ดเตล็ดของท่อ (F)

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้:แบบกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์วัดผิด/ไม่ครบ (PF01)

การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดแบบกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์วัดผิด/ไม่ครบ มีความรุนแรงของผลกระทบสูง ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้นจะทำให้อุปกรณ์ติดตั้งไม่ได้จำนวนอุปกรณ์ที่จะติดตั้งมีจำนวนไม่ครบ หรือติดตั้งอุปกรณ์ผิดชนิดไม่ตรงตามข้อกำหนด การปรับปรุงแก้ไขได้มุ่งเน้นการลดความรุนแรงของผลกระทบ โอกาสการเกิด และเพิ่มการตรวจจับข้อผิดพลาดของการออกแบบ ไม่ให้ข้อผิดพลาดเกิดขึ้นในแบบที่ใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งจากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์โดยทีมงาน FMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาดคือ ไดอะแกรมกระบวนการไม่ชัดเจนข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ของผู้ขายไม่ชัดเจน เช่น น้ำหนัก มิติ และข้อมูลผู้ขายไม่อัปเดตเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง ในการปรับปรุงแก้ไข ได้มีการปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อลดความรุนแรงของผลกระทบ และ โอกาสการเกิดโดยการจัดทำข้อเสนอแนะในการทำงานด้านเทคนิค (Technical Work Practice) ของการออกแบบรายละเอียดเบ็ดเตล็ดของท่อ ดังแสดงในภาพที่ 27 ซึ่งในข้อเสนอแนะการทำงานด้านเทคนิคได้อธิบายขั้นตอนต่างๆ ในการทำออกแบบรายละเอียดเบ็ดเตล็ดของท่อ วิธีการทำงาน และระบุข้อควรระวังในการออกแบบ หลังจากได้จัดทำข้อเสนอแนะการทำงานด้านเทคนิค แล้วได้มีการอบรมพนักงานออกแบบให้ทราบถึงวิธีการทำงานที่ถูกต้องตามขั้นตอนที่ระบุไว้เอกสารดังกล่าว

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้:เลือกชนิดของวัสดุผิด, เลือกวาล์วผิด (PF02)

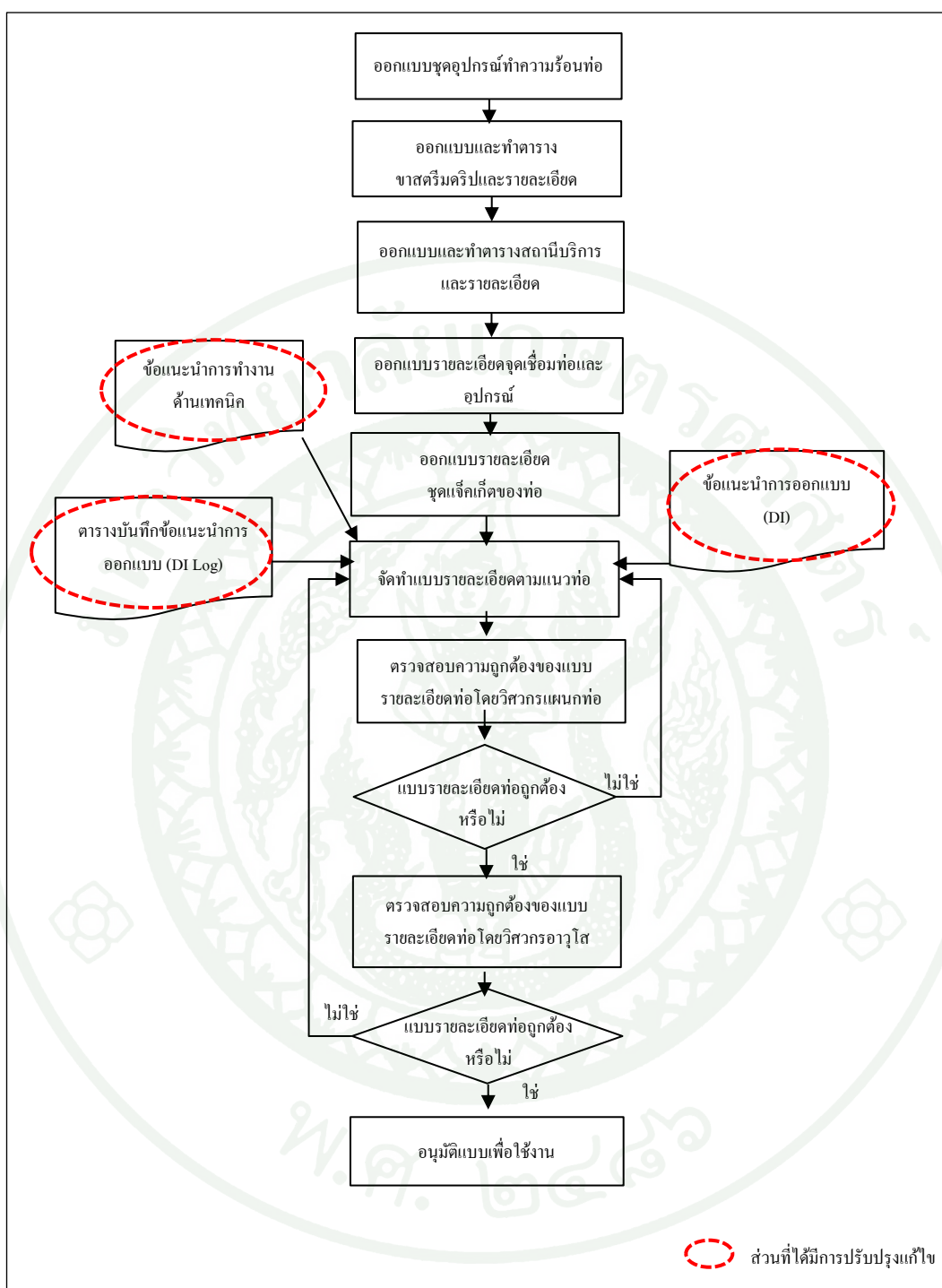
การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดในการเลือกชนิดของ วัสดุผิด, เลือกวาล์วผิดมีความรุนแรงของผลกระทบสูงมาก ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้นจะทำให้อุปกรณ์ติดตั้งไม่ได้, การแก้ไขปรับปรุงได้ทำการมุ่งเน้นการลดโอกาสการเกิด และเพิ่มการตรวจจับข้อผิดพลาดของการออกแบบ ไม่ให้ข้อผิดพลาดเกิดขึ้นในแบบที่ใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งจากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์โดยทีมงาน FMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาด คือ ข้อกำหนดในดาต้าชีตของวิศวกรรมกระบวนการไม่ชัดเจนในการปรับปรุงแก้ไข ได้มีการปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อลดโอกาสการเกิดโดยการจัดทำข้อเสนอแนะในการทำงานด้านเทคนิค (Technical Work Practice) ของการออกแบบรายละเอียดเบ็ดเตล็ดของท่อ ซึ่งใน

ข้อแนะนำการทำงานด้านเทคนิค ได้อธิบายขั้นตอนต่างๆ ในการทำออกแบบรายละเอียดเบ็ดเตล็ดของท่อ วิธีการทำงาน และระบุข้อควรระวังในการออกแบบ หลังจากได้จัดทำข้อแนะนำการทำงานด้านเทคนิค แล้วได้มีการอบรม พนักงานออกแบบให้ทราบถึงวิธีการทำงานที่ถูกต้องตามขั้นตอนที่ระบุไว้เอกสารดังกล่าวนอกจากนี้ยังใช้ระบบการส่งผ่านข้อมูลการออกแบบโดยใช้แบบฟอร์มข้อแนะนำการออกแบบ (Design Instruction: DI) โดยการส่งผ่านข้อมูลการออกแบบจะมีการบันทึกการส่งผ่านข้อมูลในตารางบันทึก และมีการติดตามผลปฏิบัติตามที่ระบุในแบบฟอร์ม

TECHNICAL WORK PRACTICE	 PREPARATION OF MISCELLANEOUS PIPING DETAILS	PIP ETA/41-01 Rev F1 Page: 3 of 7
1.0 PURPOSE The purpose of this Technical Practice is to provide guidance on the preparation of Miscellaneous Piping Details	2.0 SCOPE This Technical Practice describes the method for development of Miscellaneous Piping Details These are normally issued to cover vent and drain assemblies, instrument assemblies and other standard design details as required on a project specific basis (e.g. Steam trap installation details, utility stations, drip legs, fabricated strainer details etc).	

ภาพที่ 27 ตัวอย่างข้อแนะนำด้านเทคนิคการออกแบบรายละเอียดเบ็ดเตล็ดของท่อ



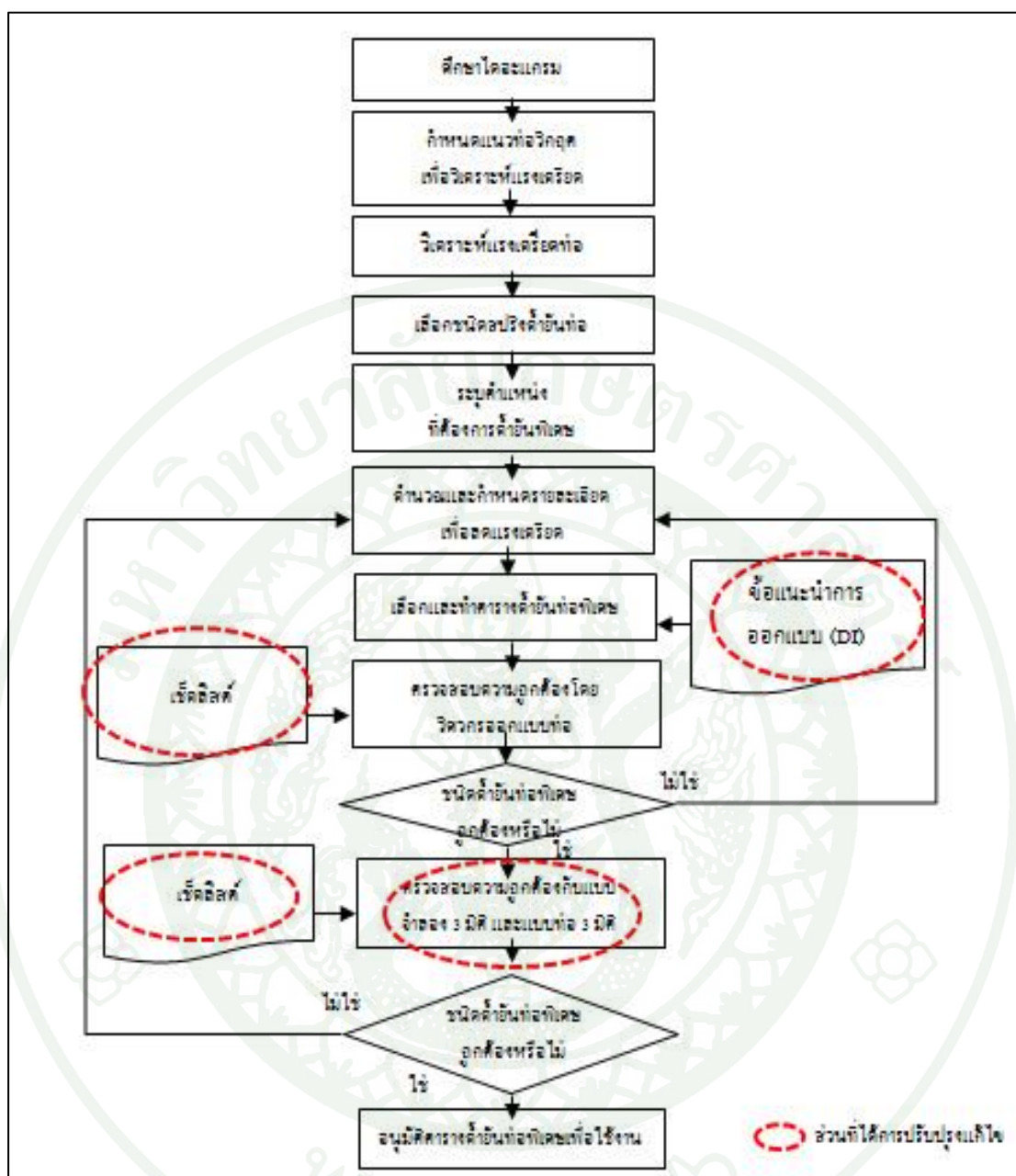
ภาพที่ 28 ขั้นตอนการออกแบบรายละเอียดท่อเบ็ดเตล็ดหลังการปรับปรุงแก้ไข

กิจกรรมการออกแบบ: การทำค้ำยันท่อพิเศษ (H)

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้: ระบุชนิดค้ำยันท่อพิเศษผิด (PH01)

การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดในการระบุชนิดค้ำยันท่อพิเศษมีความรุนแรงของผลกระทบสูง ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้นจะทำให้ติดตั้งท่อหน้างานไม่ได้ หรือทำให้ท่อรับแรงไม่ได้เต็มประสิทธิภาพต้องแก้ไขงาน ทำให้เกิดความล่าช้า การปรับปรุงแก้ไขได้มุ่งเน้นการลดโอกาสการเกิด และเพิ่มการตรวจจับข้อผิดพลาดของการออกแบบ ไม่ให้ข้อผิดพลาดเกิดขึ้นในแบบที่ใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งจากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์โดยทีมงาน FMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาดคือ แบบค้ำยันท่อพิเศษไม่ได้ยึดตามข้อมูลล่าสุดของการออกแบบโครงสร้างเหล็ก (Steel Structure) ในการปรับปรุงแก้ไขได้มีการปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อลดโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาดโดยใช้ระบบการส่งผ่านข้อมูลการออกแบบโดยใช้แบบฟอร์มข้อเสนอแนะการออกแบบ (Design Instruction: DI) เพื่อส่งผ่านข้อมูลการออกแบบระหว่างแผนก ในกรณีข้อมูลมีการอัปเดตโดยการส่งผ่านข้อมูลการออกแบบจะมีการบันทึกการส่งผ่านข้อมูลในตารางบันทึก และมีการติดตามผลปฏิบัติตามที่ระบุในแบบฟอร์ม นอกจากนี้ยังเพิ่มโอกาสการตรวจจับโดยใช้เช็คลิสต์ช่วยในการตรวจสอบและ มีการตรวจสอบซ้ำในแบบจำลอง 3 มิติ และในแบบท่อ 3 มิติ ขั้นตอนการทำค้ำยันท่อพิเศษได้แสดงในภาพที่ 29



ภาพที่ 29 ขั้นตอนการทำคำยืนยันต่อพิเศษหลังการปรับปรุงแก้ไข

กิจกรรมการออกแบบ: การทำข้อกำหนดสั่งซื้อของท่อ (I)

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้: ไม่ได้ระบุสเปกที่จำเป็นของลูกค้าในข้อกำหนดการสั่งซื้อท่อ (PI01)

การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดในการไม่ได้ระบุสเปกที่จำเป็นของลูกค้าในข้อกำหนดการสั่งซื้อท่อมีความรุนแรงของผลกระทบสูงมาก ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้นจะทำให้สั่งซื้อชนิดท่อผิด ท่อไม่พอใช้ติดตั้ง ท่อส่งมอบล่าช้าไม่ทันติดตั้งหรือติดตั้งท่อไม่ได้ ส่งผลให้เกิดความล่าช้ากับขั้นตอนการติดตั้งถัดไปและเกิดความล่าช้าทั้งโครงการการแก้ไขปรับปรุงได้มุ่งเน้นการลดโอกาสการเกิดและเพิ่มการตรวจจับข้อผิดพลาดของการออกแบบไม่ให้ข้อผิดพลาดเกิดขึ้นในข้อกำหนดของวัสดุที่ใช้ในการสั่งซื้อ ซึ่งจากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์โดยทีมงาน FMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาด คือบันทึกการสั่งงาน (Action Memo: AM) ของลูกค้าส่งมาล่าช้าทำให้ไม่ได้แก้ไขข้อกำหนดการสั่งซื้อตามที่ระบุในใบบันทึกการสั่งงาน ในการปรับปรุงแก้ไข ได้มีการปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อลดโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาดโดยการทำตารางบันทึกการรับใบสั่งงาน (Action Memo) จากลูกค้าดังแสดงในภาพที่ 30 และคอยตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง (Update) ของสเปกของลูกค้า และต้องเป็นฉบับล่าสุดโดยแผนกควบคุมเอกสาร

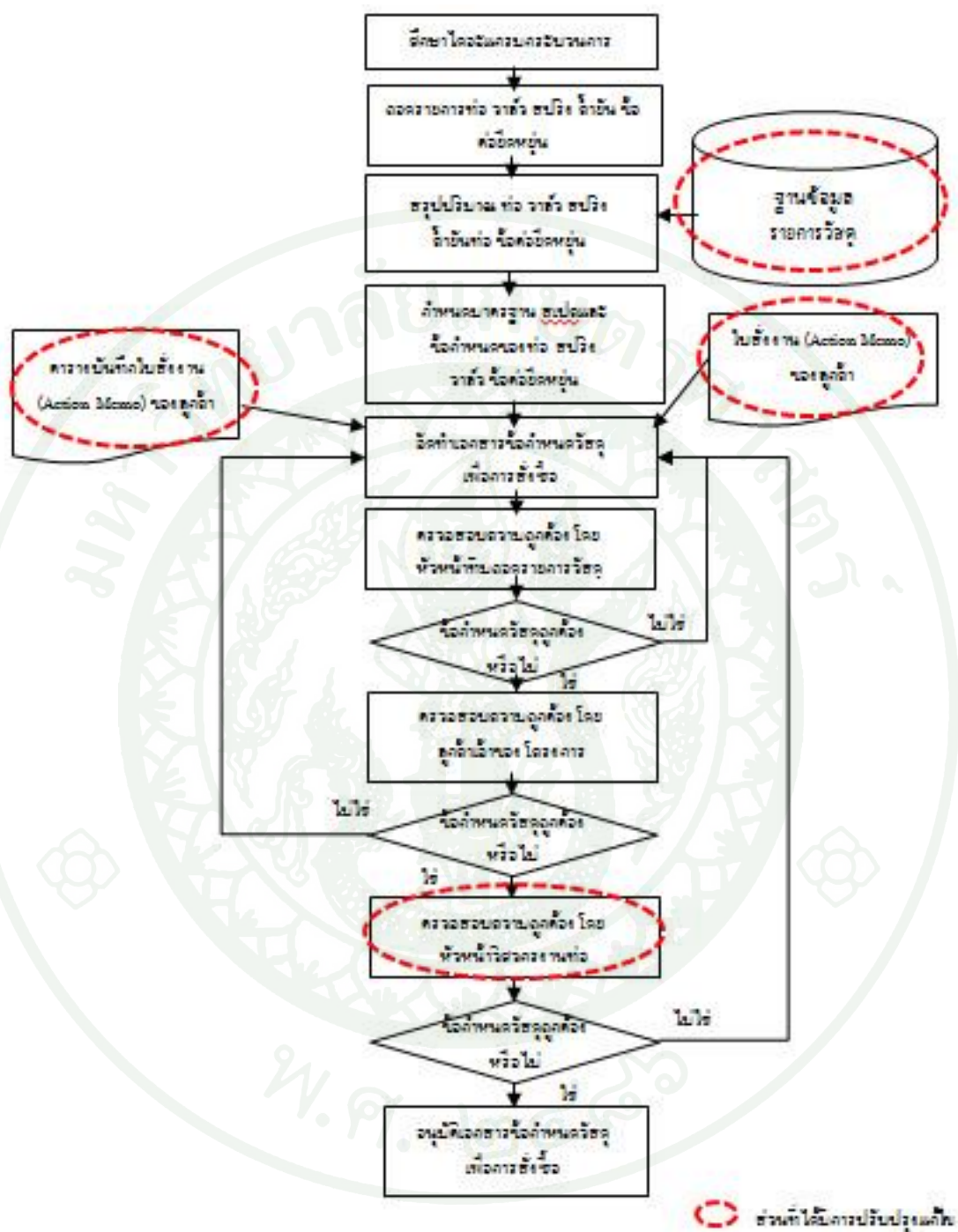
Action Memo No.	Issue Date	REV.	Originator	Subject	Date Response required	Response to Subject	Responder / Owner	Response Required from Subject	Acknowledgement from Subject	Closed Date	Time Since Issue Date if AM Not Closed
0001	9-Jan-12	0	J. Conzel	Issue Award Package		30-Mar-12	MJS		26-Apr-12	30/Mar/12	Closed
0002	9-Jan-12	0	J. Conzel	Office Layout and Computer Equipment		30-Mar-12	MJS		26-Apr-12	30/Mar/12	Closed
0003	12-Jan-12	0	J. Conzel	Award P&IDs		N/A	GS		N/A	23/Mar/12	Closed
0003	29-Jan-12	A	J. Conzel	Award P&IDs		11-Apr-12	GS		26-Apr-12	23/Mar/12	Closed
0004	14-Jan-12	0	J. Conzel	Updates on "Equipment life Cycle Cost Procedure"		3-Jan-13	CT		8-Jan-13	26/Dec/12	Closed
0004	19-Feb-12	A	J. Conzel	Updates on "Equipment life Cycle Cost Procedure"		24-Jul-12	CT		24/Jul/12	26/Dec/12	Closed
0005	12-Jan-12	0	J. Conzel	Inspection Work Process Clarification		19-Feb-13	TM		20-Feb-13	15/Feb/13	Closed
0006	14-Jan-12	0	J. Conzel	Updated Specifications		23-Apr-12	RC		26-Apr-12	26/Apr/12	Closed
0007	14-Jan-12	0	J. Conzel	LLE T&Cs		25-Jun-12	TM		26-Jun-12	19/Jun/12	Closed
0008	14-Jan-12	0	J. Conzel	Pipe Spec Updates		11-Apr-12	SL		26-Apr-12	12/Apr/12	Closed

ภาพที่ 30 ตัวอย่างตารางบันทึกการรับใบสั่งงาน

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้: ระบุปริมาณของท่อคาดเคลื่อนจากปริมาณที่ใช้งานจริง (PI02)

การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดในการระบุปริมาณของท่อคาดเคลื่อนจากปริมาณที่ใช้งานจริงมีความรุนแรงของผลกระทบสูงมาก ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้น ทำส่งซื้อปริมาณท่อผิด ปริมาณท่อไม่พอใช้ หรือปริมาณท่อมากเกินไปทำให้ท่อเหลือปริมาณมาก ทำให้สิ้นเปลืองการแก้ไขปรับปรุงได้ ทำการมุ่งเน้นการลดโอกาสการเกิด และเพิ่มการตรวจจับข้อผิดพลาดของการออกแบบ ไม่ให้ข้อผิดพลาดเกิดขึ้นในข้อกำหนดของวัสดุที่ใช้ในการสั่งซื้อ ซึ่งจากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์โดยทีมงาน FMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาดคือ ข้อมูลค่าผิดจากแผนกวิศวกรรม กระบวนการขาดความชัดเจนทำให้ไม่สามารถระบุปริมาณของท่อที่แท้จริงได้ ในการปรับปรุงแก้ไข ได้มีการปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อลดโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาดโดยการจัดทำฐานข้อมูล โดยใช้ไมโครซอฟท์เอกเซลเพื่อตรวจสอบปริมาณที่ใช้งานจริงของท่อ และเพิ่มการตรวจจับโดย การตรวจสอบซ้ำโดย หัวหน้าวิศวกรงานท่อขั้นตอนการทำข้อกำหนดสั่งซื้อท่อหลังการปรับปรุงแก้ไขได้แสดงในภาพที่ 31



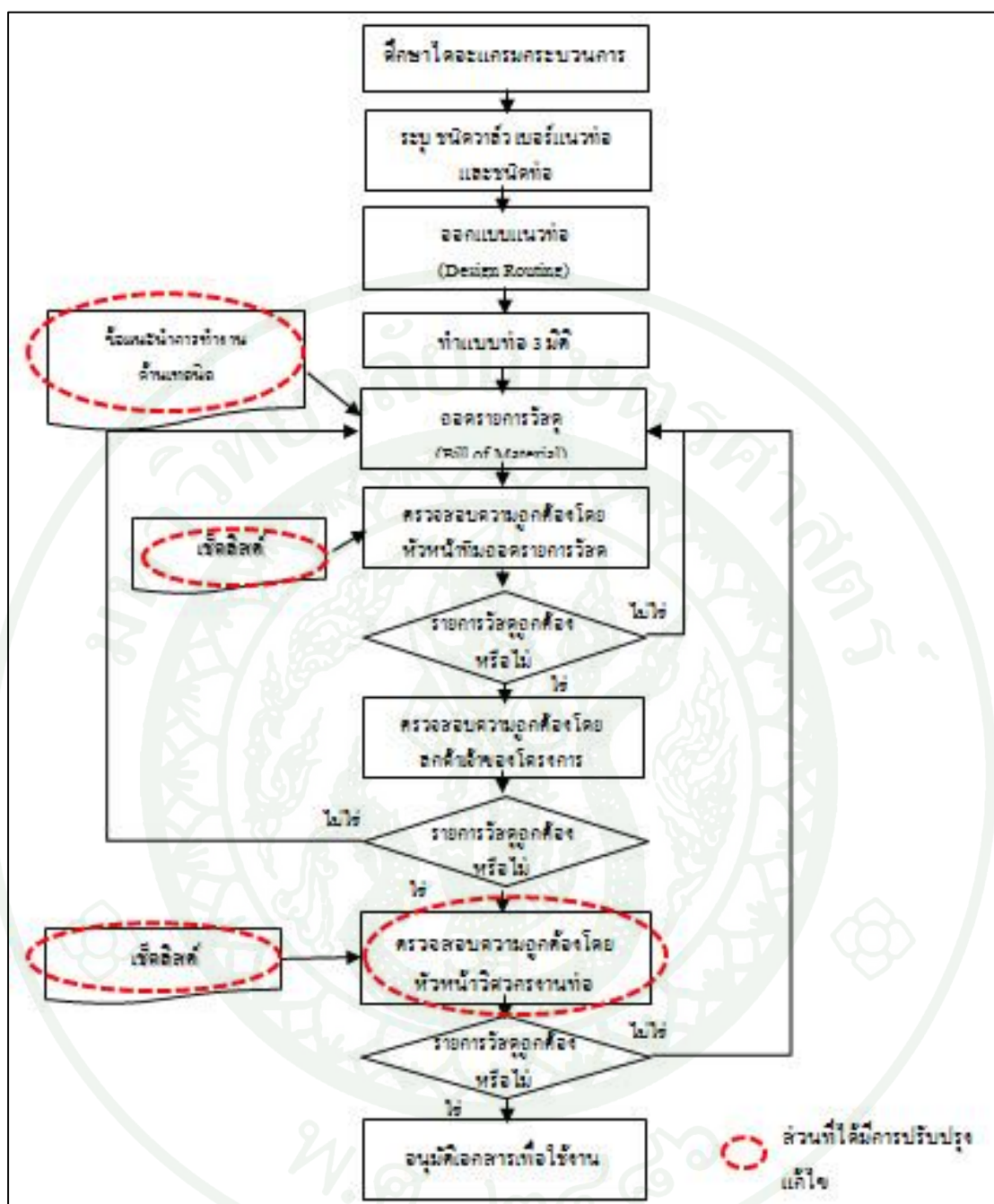
ภาพที่ 31 ขั้นตอนการทำข้อกำหนดสั่งซื้อต่อหลังการปรับปรุงแก้ไข

กิจกรรมการออกแบบ: การถอดรายการวัสดุชั้นกลาง (J)

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้:ถอดรายการวัสดุผิดสเปกหรือจำนวนผิด(PJ01)

การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดการถอดรายการวัสดุผิดสเปกหรือจำนวนผิดมีความรุนแรงของผลกระทบสูง ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้นทำให้การสั่งซื้อวัสดุผิดสเปกหรือสั่งซื้อปริมาณวัสดุผิด ปริมาณ วัสดุไม่พอใช้ หรือปริมาณวัสดุมากเกินไปทำให้วัสดุเหลือปริมาณมาก ทำให้สิ้นเปลืองการ ปรับปรุงแก้ไขได้ทำการมุ่งเน้นการลดโอกาสการเกิด และเพิ่มการตรวจจับข้อผิดพลาดของการ ออกแบบ ซึ่งจากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์โดยทีมงาน FMEA ทำให้ทราบสาเหตุของ ข้อผิดพลาดคือ มีเวลาจำกัด วิศวกรขาดประสบการณ์ ขาดการตรวจสอบ ในการปรับปรุงแก้ไขได้มี การปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อลดโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาดโดยการจัดทำข้อเสนอแนะในการ ทำงานด้านเทคนิค (Technical Work Practice) สำหรับการถอดรายการวัสดุ ซึ่งในข้อเสนอแนะการ ทำงานด้านเทคนิค ได้อธิบายขั้นตอนต่างๆ ในการถอดรายการวัสดุ วิธีการทำงาน และระบุข้อควร ระวังในการถอดรายการวัสดุ หลังจากได้จัดทำข้อเสนอแนะการทำงานด้านเทคนิคแล้วได้มีการอบรม พนักงานออกแบบให้ทราบถึงวิธีการทำงานที่ถูกต้องตามขั้นตอนที่ระบุไว้เอกสารดังกล่าวและเพิ่ม การตรวจจับโดย การตรวจสอบซ้ำโดยหัวหน้าวิศวกรงานต่อขั้นตอนการถอดรายการวัสดุชั้นกลาง หลังการปรับปรุงแก้ไขได้แสดงในภาพที่ 32



ภาพที่ 32 ขั้นตอนการออกระเบียงวัสดุขั้นกลางหลังการปรับปรุงแก้ไข

กิจกรรมการออกแบบ: การจำลองอุปกรณ์ (K)

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้: ตำแหน่งและระดับความสูงของอุปกรณ์ผิด (PK01)

การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดการกำหนดตำแหน่งและระดับความสูงของอุปกรณ์มีความรุนแรงของผลกระทบสูง ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้น ทำให้การติดตั้งมีปัญหาอุปกรณ์ทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ต้องแก้ไขทำให้งานล่าช้า ส่งผลกระทบต่อความก้าวหน้าของโครงการโดยรวม การแก้ไขปรับปรุงได้ทำการมุ่งเน้นการลดโอกาสการเกิด และเพิ่มการตรวจจับข้อผิดพลาดของการออกแบบ ซึ่งจากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์โดยทีมงาน FMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาดคือ การออกแบบไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดในคำชี้แจงของแผนกวิศวกรรมกระบวนการ หรือไม่ได้อัปเดตหมายเหตุ (Note) ในคำชี้แจงหรือไม่ได้อัปเดตข้อมูลตามข้อมูลผู้ขายอุปกรณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงในการปรับปรุงแก้ไข ได้มีการปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อลดโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาดโดย ตรวจสอบโดยใช้การคำนวณไฮโดรลิกเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของความสูงของอุปกรณ์และตรวจสอบกลับเพื่อความถูกต้องกับแบบจำลองช่วงออกแบบ โครงร่างโครงการ (FEED)

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้: พื้นผิวสำหรับปฏิบัติงาน/ซ่อมบำรุงไม่เพียงพอ (PK02)

การปรับปรุงแก้ไข:

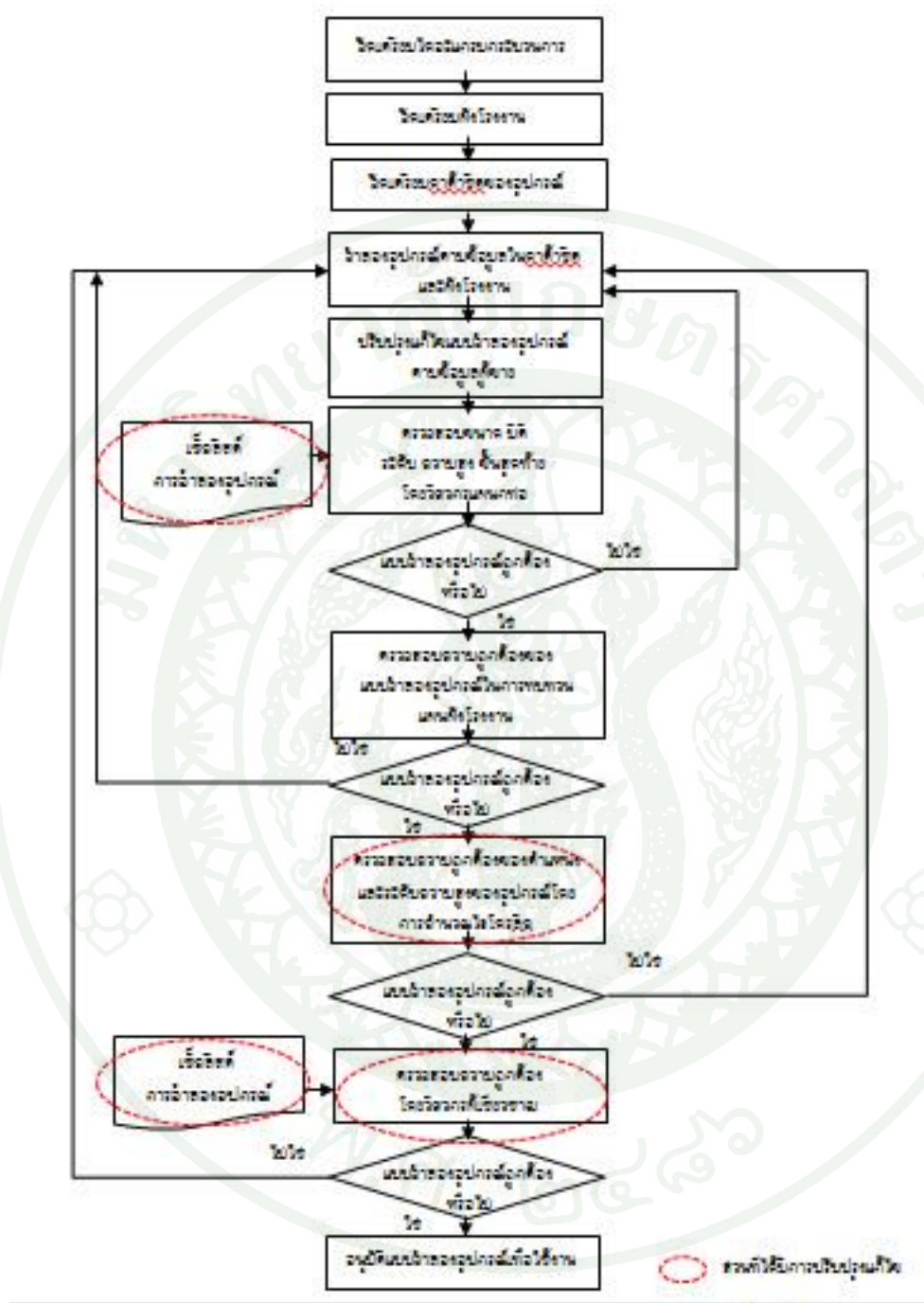
ข้อผิดพลาดการพื้นผิวสำหรับปฏิบัติงาน/ซ่อมบำรุงไม่เพียงพอมีความรุนแรงของผลกระทบสูงมาก ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้นจะปฏิบัติงาน/ซ่อมบำรุงไม่ได้หรือทำได้ไม่สะดวก ทำให้ปฏิบัติการแก้ไขได้ไม่ทันเวลาที่กรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน เช่น การเข้าไปปิด-เปิดวาล์ว การปรับปรุงแก้ไขได้มุ่งเน้นการลดโอกาสการเกิด และเพิ่มการตรวจจับข้อผิดพลาดของการออกแบบ ซึ่งจากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์โดยทีมงาน FMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาดคือ ข้อมูลอุปกรณ์จากผู้ขายล่าช้า ทีมปฏิบัติการหรือทีมซ่อมบำรุงของลูกค้าไม่ได้มีส่วนร่วมในการทบทวนแผนผังโรงงานทำให้ไม่สามารถดัดแปลงโครงสร้างหรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องให้ได้ตามข้อกำหนด ในการปรับปรุงแก้ไขได้มีการปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อลดโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาดโดย การตรวจสอบข้อมูลอัปเดตของผู้ขาย ต้องเป็นข้อมูลที่ได้รับการอนุมัติจากวิศวกร

ที่รับผิดชอบแล้วเพิ่มการตรวจสอบโดยวิศวกรผู้เชี่ยวชาญ (Consultant) และเพิ่มโอกาสการตรวจจับโดยจัดทำเช็คลิสต์เพื่อใช้ในการทบทวนการจำลองอุปกรณ์

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้: ระยะ,ขนาดและตำแหน่งของท่อผิด(PK03)

การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดในการกำหนดระยะขนาดและตำแหน่งของท่อผิดมีความรุนแรงของผลกระทบสูง ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้นแบบท่อ 3 มิติที่บังคับใช้ในงานติดตั้งไม่ถูกต้อง ทำให้การดำเนินการติดตั้งทำไม่ได้ ต้องแก้ไขที่หน้างาน ทำให้งานล่าช้ามีค่าใช้จ่ายในการแก้ไขเพิ่มขึ้น การแก้ไขปรับปรุงได้ทำการมุ่งเน้นการลดความรุนแรงของผลกระทบ ลดโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาด และเพิ่มการตรวจจับข้อผิดพลาดของการออกแบบ ซึ่งจากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์โดยทีมงาน FMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาดคือ วิศวกรที่รับผิดชอบไม่ได้ตรวจสอบข้อมูลที่ใช้ออกแบบ ข้อมูลจากผู้ขายล่าช้ากว่าแบบท่อ 3 มิติที่บังคับใช้ไม่ได้แก้ไขแบบตามข้อมูลล่าสุดของผู้ขาย ในการปรับปรุงแก้ไขได้มีการปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อลดโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาดโดยให้ฝ่ายจัดซื้อเร่งรัดเอกสารที่มีข้อมูลที่จำเป็นในการออกแบบจากผู้ขายให้ได้ครบถ้วนตามกำหนดวันส่งเอกสารที่กำหนดไว้ในสัญญาการจัดซื้อและเพิ่มโอกาสการตรวจจับโดยจัดทำเช็คลิสต์เพื่อใช้ในการทบทวนการจำลองอุปกรณ์ขั้นตอนการจำลองอุปกรณ์หลังการปรับปรุงแก้ไขได้แสดงในภาพที่ 33



ภาพที่ 33 ขั้นตอนการจำลองอุปกรณ์หลังการปรับปรุงแก้ไข

กิจกรรมการออกแบบ: การออกแบบจำลองงานท่อ(L)

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้: ค้ำยันชนพัททอไม่สอดคล้องกับคานหลัก(PL03)

การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดค้ำยันชนพัททอไม่สอดคล้องกับคานหลักมีความรุนแรงของผลกระทบสูง ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้นจะทำให้ไม่สามารถปฏิบัติการ/ซ่อมบำรุงได้หรือไม่สามารถออกแบบชนพัททอได้ การแก้ไขปรับปรุงได้มุ่งเน้นลดความรุนแรงของผลกระทบ ลดโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาด และเพิ่มการตรวจจับข้อผิดพลาดของการออกแบบ ซึ่งจากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์โดยทีมงาน FMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาดคือ ทีมปฏิบัติการ/ซ่อมบำรุงของลูกค้านำไม่ได้มีส่วนร่วมในการทบทวนการออกแบบ ขาดการสื่อสารกับฝ่ายโยธการปรับปรุงแก้ไข ได้มีการปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อลดโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาดโดยกำหนดให้พิมพ์รายงานการกีดขวาง (Clash Report) ส่งให้แผนกที่เกี่ยวข้องเป็นรายสัปดาห์เพื่อแก้ไขและเพื่อตรวจสอบนอกจากนี้ ได้เพิ่มโอกาสการตรวจจับโดยใช้เช็คลิสต์ในการทบทวนแบบจำลอง 3 มิติ ที่ความก้าวหน้าของการออกแบบได้ 30 %

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้: แนววางท่อไม่ถูกต้องตำแหน่งอุปกรณ์ไม่ถูกต้อง (PL01)

การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดแนววางท่อไม่ถูกต้องตำแหน่งอุปกรณ์ไม่ถูกต้องมีความรุนแรงของผลกระทบสูง ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้นทำให้ติดตั้งท่อไม่ได้ เกิดการกีดขวาง (Clash) ทำให้โครงการล่าช้าเนื่องจากต้องแก้ไขการแก้ไขปรับปรุงได้มุ่งเน้นการลดความรุนแรงของผลกระทบ ลดโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาด และเพิ่มการตรวจจับข้อผิดพลาดของการออกแบบ ซึ่งจากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์โดยทีมงาน FMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาดคือ การออกแบบท่อไม่ทำตามข้อกำหนดในหมายเหตุ(Note) ของไดอะแกรมกระบวนการหรือวิศวกรไม่เข้าใจหมายเหตุในไดอะแกรมกระบวนการ การปรับปรุงแก้ไขได้มีการปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อลดโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาดโดยกำหนดทบทวนแบบจำลองงานท่อเป็นรายสัปดาห์ให้มีการตรวจสอบเปรียบเทียบแบบจำลองงานท่อกับแบบท่อ 3 มิติ (Isometric) และเพิ่มโอกาสการตรวจจับโดยใช้เช็คลิสต์ในการทบทวนแบบจำลอง 3 มิติที่ความก้าวหน้าของการออกแบบได้ 30 %

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้:เลือกชนิดค้ำยันสำหรับท่อผลิต(PL02)

การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดการเลือกชนิดค้ำยันสำหรับท่อผลิตมีความรุนแรงของผลกระทบสูง ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้นจะทำให้การทำงานของค้ำยันท่อไม่ถูกต้องตามต้องการ ท่อไม่สามารถยึดหยุ่นได้ในกรณีที่มีแรงเครียดมากระทำต่อท่อและมีความเสี่ยงต่อความเสียหายของท่อการแก้ไขปรับปรุงแก้ไขได้มุ่งเน้นการลดความรุนแรงของผลกระทบ ลดโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาด และเพิ่มการตรวจจับข้อผิดพลาดของการออกแบบ ซึ่งจากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์โดยทีมงาน FMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาดคือ ฝ่ายออกแบบค้ำยันท่อไม่ได้แก้ไขตามข้อเสนอแนะของฝ่ายวิเคราะห์แรงเครียดหรือข้อเสนอแนะของฝ่ายวิเคราะห์แรงเครียดไม่ถูกต้องการปรับปรุงแก้ไขได้มีการปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อลดโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาดโดยจัดทำข้อเสนอแนะการทำงานด้านเทคนิค (Technical Work Practice) สำหรับการออกแบบจำลองงานท่อ (PIP ETA/85-01) โดยระบุจุดคุณภาพ(Quality Point) เพื่อเป็นจุดควบคุมลงในข้อเสนอแนะด้านเทคนิคและเพิ่มโอกาสการตรวจจับโดยให้มีการอนุมัติแบบโดยหัวหน้าวิเคราะห์แรงเครียดท่อ

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้:มีการกีดขวางของอุปกรณ์(PL04)

การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดมีการกีดขวางของอุปกรณ์มีความรุนแรงของผลกระทบสูง ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้นจะทำให้ติดตั้งอุปกรณ์ไม่ได้ ต้องแก้ไขไม่ให้เกิดการกีดขวาง ส่งผลทำให้งานล่าช้า การปรับปรุงแก้ไขได้มุ่งเน้นการลดโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาด และเพิ่มการตรวจจับข้อผิดพลาดของการออกแบบ ซึ่งจากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์โดยทีมงาน FMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาดคือ แผนกที่เกี่ยวข้องไม่ได้แก้ไขการกีดขวางเนื่องจากภาระงานมากเกินไป ในการปรับปรุงแก้ไข ได้มีการปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อลดโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาดโดยกำหนดให้ทบทวนแบบจำลอง 3 มิติเป็นรายสัปดาห์เพื่อตรวจสอบการกีดขวางของอุปกรณ์และเพิ่มโอกาสการตรวจจับโดยใช้เช็คลิสต์ในการทบทวนการจำลองงานท่อ

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้:แบบแผนกโยธาถูกต้องไม่ให้แก้ไขก่อนแผนงานท่อ (PL05)

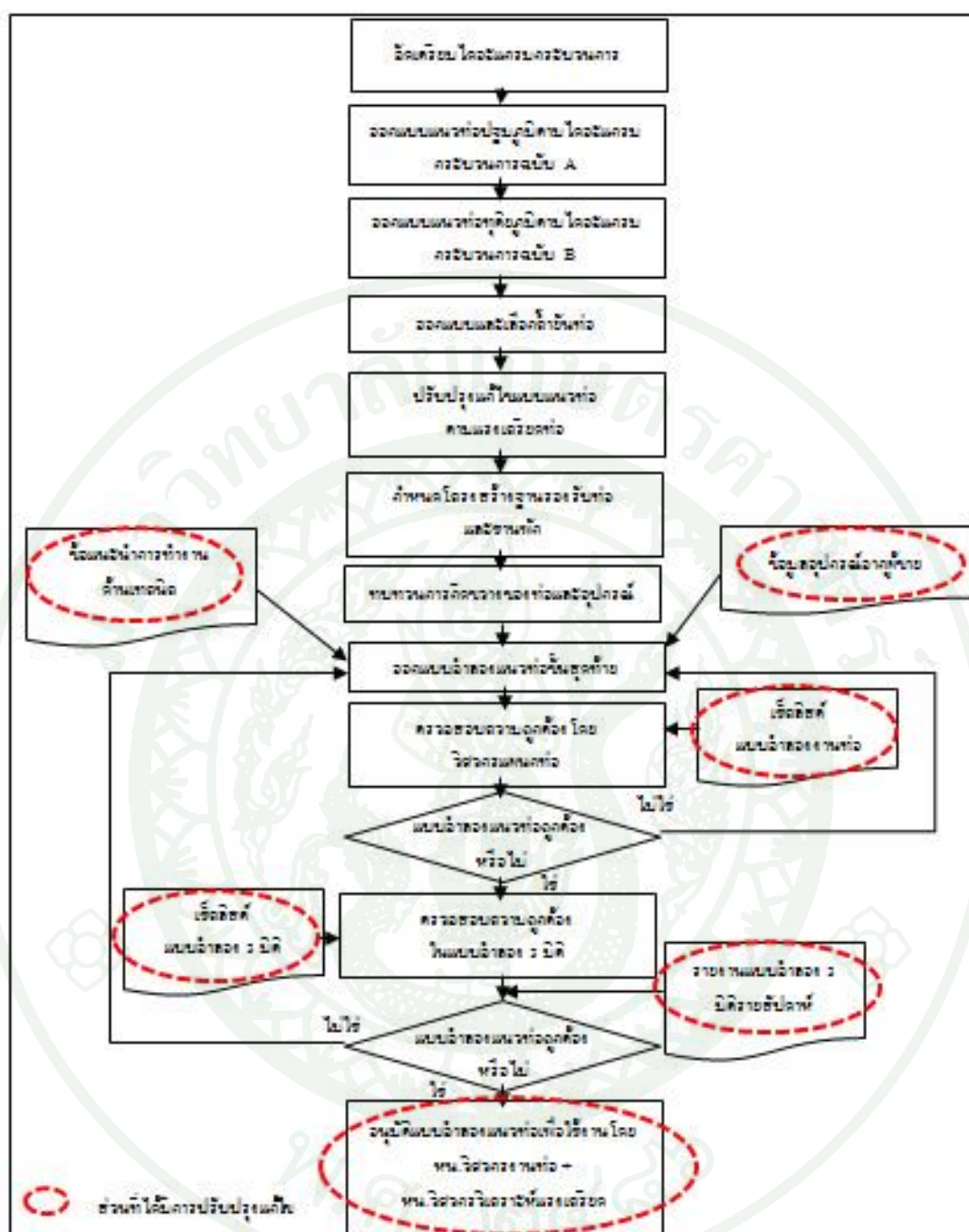
การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดแบบแผนกโยธาถูกต้องไม่ให้แก้ไขก่อนแผนงานท่อมีความรุนแรงของผลกระทบสูง ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้นจะทำให้แบบของแผนงานท่อไม่สามารถดำเนินการออกแบบต่อไปได้ ต้องมีการแก้ไขงานที่หน้างานให้ถูกต้อง ส่งผลทำให้เกิดความล่าช้า การปรับปรุงแก้ไขได้มุ่งเน้นการลดโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาด ซึ่งจากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์โดยทีมงาน FMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาดคือ ข้อมูลจากผู้ขายล่าช้าการสื่อสารระหว่างฝ่ายก่อสร้างกับฝ่ายวิศวกรรมบกพร่องการปรับปรุงแก้ไข ได้มีการปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อลดโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาดโดยให้ฝ่ายจัดซื้อเร่งรัดข้อมูลจากผู้ขายให้ทันช่วงก่อสร้าง และบ่งชี้การรอข้อมูล (Hold) แบบในจุดที่ข้อมูลไม่ชัดเจนหรือข้อมูลยังไม่สมบูรณ์

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้: ข้อเสนอแนะจากการทบทวนแบบจำลอง 3 มิติไม่สามารถปฏิบัติตามได้(PL06)

การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดข้อเสนอแนะจากการทบทวนแบบจำลอง 3 มิติไม่สามารถปฏิบัติตามได้มีความรุนแรงของผลกระทบสูง ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้นทำให้ ปฏิบัติงาน/ซ่อมบำรุงอุปกรณ์ไม่ได้หรือไม่สะดวก ทำให้เกิดความล่าช้าในการปฏิบัติงานหรือซ่อมบำรุงการปรับปรุงแก้ไขได้มุ่งเน้นการลดโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาด และเพิ่มการตรวจจับข้อผิดพลาดของการออกแบบ ซึ่งจากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์โดยทีมงาน FMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาดคือ ข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์จากผู้ขายส่งมาล่าช้าหลังจากแบบได้ถูกอนุมัติในการก่อสร้างแล้วในการปรับปรุงแก้ไข ได้มีการปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อลดโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาดโดยจัดทำข้อเสนอแนะด้านเทคนิค (Technical Work Practice)ของการออกแบบจำลองงานท่อ (PIP ETA/85-01) และกำหนดให้ส่งรายงานการทบทวนการออกแบบเป็นรายสัปดาห์เพื่อติดตามการแก้ไขข้อเสนอแนะที่เกิดจากการทบทวนการออกแบบขั้นตอนการออกแบบจำลองงานท่อหลังการปรับปรุงแก้ไขได้แสดงในภาพที่ 34



ภาพที่ 34 ขั้นตอนการออกแบบจำลองงานต่อหลังการปรับปรุงแก้ไข

กิจกรรมการออกแบบ: การรับรองการออกแบบ (M)

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้:ทางเข้าออก/พื้นที่ไม่เพียงพอ (PM01)

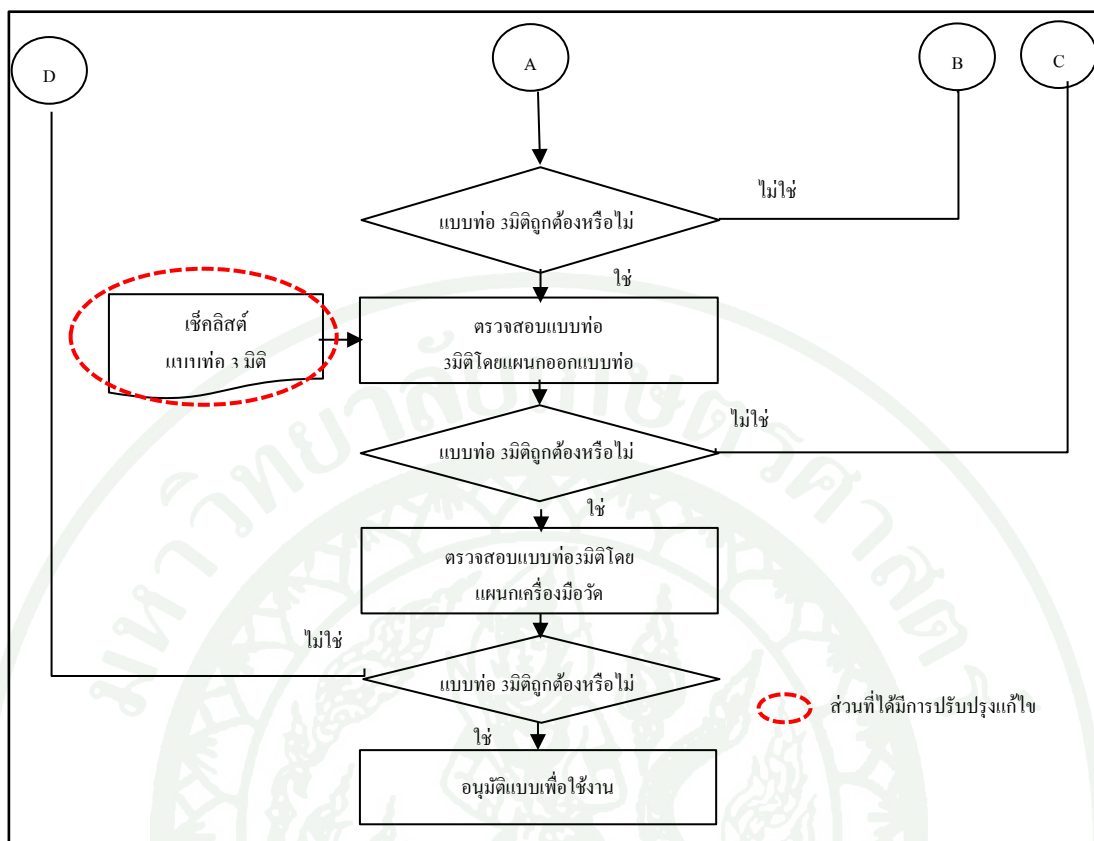
การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดทางเข้าออก/พื้นที่ไม่เพียงพอมีความรุนแรงของผลกระทบสูง ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้นทำให้การเข้า-ออกเพื่อปฏิบัติงาน/ซ่อมบำรุงอุปกรณ์ไม่ได้ เกิดความล่าช้าในการปฏิบัติงานหรือซ่อมบำรุงไม่สะดวกหรือหนักร้ายไม่ทันทั่วทั้งที่ในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินการปรับปรุงแก้ไขได้มุ่งเน้นการลดโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาดและเพิ่มการตรวจจับข้อผิดพลาดของการออกแบบ จากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์โดยทีมงาน FMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาดคือ ข้อแนะนำจากเกี่ยวกับข้อกำหนดทางเข้าออก/พื้นที่ส่งมาจากลูกค้าล่าช้าหลังจากแบบได้ถูกอนุมัติในการก่อสร้างแล้วการปรับปรุงแก้ไขได้มีการปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อลดโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาดโดยจัดทำข้อเสนอแนะการทำงานด้านเทคนิค (Technical Work Practice)ของการรับรองการออกแบบ (E16-06) และกำหนดให้ส่งรายงานการทบทวนการออกแบบรายสัปดาห์เพื่อติดตามการแก้ไขข้อเสนอแนะที่เกิดจากการทบทวนการออกแบบ

ลักษณะข้อผิดพลาดที่เป็นไปได้:ลำดับการติดตั้งอุปกรณ์ไม่ถูกต้อง (PM02)

การปรับปรุงแก้ไข:

ข้อผิดพลาดลำดับการติดตั้งอุปกรณ์ไม่ถูกต้องมีความรุนแรงของผลกระทบสูง ถ้าเกิดข้อผิดพลาดลักษณะนี้ขึ้นทำให้ติดตั้งอุปกรณ์ไม่ได้หรือติดตั้งด้วยความยากลำบากเนื่องจากมีการกีดขวางระหว่างอุปกรณ์ ต้องแก้ไขส่งผลทำให้งานล่าช้าการแก้ไขปรับปรุงได้มุ่งเน้นการลดโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาด และเพิ่มการตรวจจับข้อผิดพลาดของการออกแบบ ซึ่งจากการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์โดยทีมงาน FMEA ทำให้ทราบสาเหตุของข้อผิดพลาดคือ ข้อแนะนำเกี่ยวกับลำดับและข้อกำหนดการติดตั้งอุปกรณ์ส่งมาจากลูกค้าล่าช้าหลังจากแบบได้ถูกอนุมัติในการก่อสร้างแล้วในการปรับปรุงแก้ไข ได้มีการปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อลดโอกาสการเกิดของข้อผิดพลาดโดยจัดทำข้อเสนอแนะการทำงานด้านเทคนิค (Technical Work Practice)ของการรับรองการออกแบบ (E16-05)และกำหนดให้ส่งรายงานการทบทวนการออกแบบรายสัปดาห์เพื่อติดตามการแก้ไข



ภาพที่ 36 (ต่อ)

10. การประเมินผลค่าดัชนีความเสี่ยง หลังการปรับปรุงแก้ไข

หลังจากได้ดำเนินการปฏิบัติการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ทีมงาน FMEA ได้ประเมินค่าความรุนแรงของผลกระทบ โอกาสการเกิดของข้อผิดพลาด และค่าการตรวจจับข้อผิดพลาดอีกครั้ง เพื่อประเมินดัชนีความเสี่ยง (RPN) และประเมินผลสำเร็จของการปรับปรุงแก้ไข โดยใช้ตารางกฎเกณฑ์การประเมินค่าดัชนีความเสี่ยงที่ได้สร้างขึ้นใช้เฉพาะโรงงานปิโตรเคมี ในหัวข้อที่ 3.7 โดยค่าประเมินความรุนแรงของผลกระทบจะเห็นว่าไม่สามารถลดลงได้ ส่วนค่าประเมินโอกาสการเกิดได้ประเมินตามอัตราการเกิดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจริงหลังจากที่ได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไข ตัวอย่างเช่น ข้อผิดพลาด PA01 ค่าประเมินโอกาสการเกิด มีค่าเท่ากับ 3 เนื่องจากอัตราการเกิดข้อผิดพลาดของขั้นตอนการทำสเปคต่อ หลังการปรับปรุงแก้ไข เท่ากับ 2.0% ส่วนค่าประเมินการตรวจจับจะพิจารณาจากระบบการควบคุมที่ได้เพิ่มเข้าไป เช่น การตรวจสอบโดยการเช็คลิสต์ และเพิ่มการตรวจสอบโดยวิศวกรผู้เชี่ยวชาญ และหัวหน้าวิศวกรแผนกทอ เป็นต้น ผลการประเมินค่าดัชนีความเสี่ยงหลังการปรับปรุงแก้ไข ได้แสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ผลการประเมินค่าดัชนีความเสี่ยงของแผนงานต่อหลังการปรับปรุงแก้ไข

รหัส ข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	การปฏิบัติการแก้ไข	ผลการปฏิบัติการแก้ไข			
			S	O	D	RPN
PA01	ระบุ ใ้ค้ด/ มาตรฐานผิด	-จัดทำเช็คลิสต์และ -จัดทำข้อเสนอแนะในการทำงานด้านเทคนิค	9	3	1	27
PA02	คำนวณความหนาต่อผิ	- ตรวจสอบโดยวิศวกรอาวุโส - ทำเช็คลิสต์เพื่อตรวจสอบ	9	3	2	54
PA03	คำนวณความหนาแผ่นประกบต่อผิ	-จัดทำข้อเสนอแนะในการทำงานด้านเทคนิค (Technical Work Instruction) -จัดอบรมเพิ่มความรู้ด้านเทคนิคแก่วิศวกร	9	3	2	54
PC01	คำนวณค่าความเครียดต่อผิ	-ตรวจสอบซ้ำโดยหน.ทีมวิเคราะห์สเตรส -หน.วิศวกรเช็คเทียบกับแบบของผู้ขายที่เปลี่ยนแปลง - ทำระเบียบปฏิบัติในการคำนวณความเครียดต่อ	9	3	1	27
PB01	ถอดรายการวัสดุผิดขนาด ผิดสเปค	-ทำเช็คลิสต์เพื่อช่วยตรวจสอบ - จัดข้อเสนอแนะด้านเทคนิค (Technical Work Practice) สำหรับการถอดรายการวัสดุ	7	2	2	24

ตารางที่ 12 (ต่อ)

รหัส ข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	การปฏิบัติการแก้ไข	ผลการปฏิบัติการแก้ไข			
			S	O	D	RPN
PC02	คำนวณโหลดเพื่อแจ้งแผนกโยธาผิด	-ตรวจสอบโดยใช้เช็คปริ้นท์โดยวิศวกรที่อยู่นอกโครงการ -ใช้ข้อแนะนำการออกแบบแจ้งข้อมูลการคำนวณ	8	3	2	48
PC03	เลือกชนิดสปริงผิด	-ตรวจสอบซ้ำโดยผู้เชี่ยวชาญ (Consultant) -ทำเช็คลิสต์เพื่อช่วยตรวจสอบ	8	3	3	72
PC04	เลือกชนิดข้อต่อยึดหุ่นผิด	-ตรวจสอบซ้ำโดยผู้เชี่ยวชาญ (Consultant) -ทำเช็คลิสต์เพื่อช่วยตรวจสอบ	8	3	3	72
PD01	กำหนดเบอร์ตำแหน่งอุปกรณ์ผิด	-ตรวจสอบข้ามแผนกโดยวิศวกรหลายฝ่าย - ใช้แบบฟอร์มบันทึกช่วยจำ (Design Memo) ในการสอบถามข้อสงสัยเกี่ยวกับสเปคของลูกค้า	7	4	3	84
PD02	ระบุตำแหน่งอุปกรณ์ผิด	- ระบุข้อควรระวังในข้อแนะนำด้านเทคนิค โดยข้อมูลผู้ขายต้องได้จากเอกสารที่เป็นโค้ด 3 เท่านั้น - เพิ่มการตรวจสอบโดยวิศวกรผู้เชี่ยวชาญ (Consultant)	7	4	2	56

ตารางที่ 12 (ต่อ)

รหัส ข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	การปฏิบัติการแก้ไข	ผลการปฏิบัติการแก้ไข			
			S	O	D	RPN
PD03	จุดพิกัดไม่ตรงกับ แบบจำลอง 3 มิติ	- ตรวจสอบข้ามแผนกโดยวิศวกรหลายฝ่ายที่เกี่ยวข้อง	7	4	2	56
PF01	แบบกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์วัดผิด/ไม่ครบ	- ทำขั้นตอนการปฏิบัติงานการตรวจสอบพร้อมทั้งระบุจุดสำคัญให้ชัดเจน	7	1	3	21
PF02	เลือกชนิดของ วัสดุผิด, เลือกวาล์วผิด	- ใช้แบบฟอร์ม ข้อเสนอแนะการออกแบบ (Design Instruction) สื่อสารข้อมูลการออกแบบกับแผนกวิศวกรรมกระบวนการ	8	1	3	24
PH01	ระบุชนิดค่าขึ้นต่อพิเศษผิด	- ตรวจสอบซ้ำในแบบจำลอง 3 มิติและแบบท่อ 3 มิติ, - ใช้เช็คลิสต์ในการตรวจสอบ - ใช้แบบฟอร์ม ข้อเสนอแนะการออกแบบ (Design Instruction) สื่อสารข้อมูลระหว่างแผนก	7	2	3	42
PI01	ไม่ได้ระบุสเปกที่จำเป็นของลูกค้าในข้อกำหนดการสั่งซื้อท่อ	- ทำตารางบันทึกการรับใบสั่งงาน (Action Memo) จากลูกค้า - ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง (Update) ของสเปกของลูกค้า และต้องเป็นฉบับล่าสุด	8	3	3	72

ตารางที่ 12 (ต่อ)

รหัส ข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	การปฏิบัติการแก้ไข	ผลการปฏิบัติการแก้ไข			
			S	O	D	RPN
PI02	ระบุปริมาณของท่อคาดเคลื่อนจากปริมาณที่ใช้ งานจริง	-ตรวจสอบซ้ำโดยหน.วิศวกร -ทำฐานข้อมูลเพื่อตรวจสอบจำนวน	8	3	2	64
PJ01	ถอดรายการวัสดุผิดสเปกหรือจำนวนผิด	-ทำเช็คลิสต์เพื่อช่วยตรวจสอบ - จัดข้อแนะนำด้านเทคนิค (Technical Work Practice) สำหรับการถอดรายการ วัสดุ	7	1	2	14
PK01	ตำแหน่งและระดับความสูงของอุปกรณ์ผิด	- ตรวจสอบโดยการคำนวณไฮโดรลิก - ตรวจสอบกลับกับแบบจำลองช่วงออกแบบ โครงร่างโครงการ (FEED)	7	2	3	42
PK02	เผื่อพื้นที่สำหรับปฏิบัติงาน/ ซ่อมบำรุงไม่ เพียงพอ	- ตรวจสอบข้อมูลอัปเดตของผู้ขาย ต้องเป็นข้อมูลที่ได้รับการอนุมัติแล้ว - เพิ่มการตรวจสอบ โดยวิศวกรผู้เชี่ยวชาญ (Consultant) - ทำเช็คลิสต์เพื่อใช้ในการทบทวนการจำลองอุปกรณ์	8	2	3	48
PK03	ระยะ,ขนาดและตำแหน่งของท่อผิด	- ใช้เช็คลิสต์ในการตรวจสอบการจำลองอุปกรณ์ - ฝ่ายจัดซื้อเร่งรัดเอกสารจาก ผู้ขายให้ได้ครบถ้วน	7	2	3	72

ตารางที่ 12 (ต่อ)

รหัส ข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	การปฏิบัติการแก้ไข	ผลการปฏิบัติการแก้ไข			
			S	O	D	RPN
PL03	ค้ำยันชนพังก่อไม่สอดคล้องกับ คานหลัก	- พิมพ์รายงานการกีดขวาง (Clash) เพื่อตรวจสอบ - ใช้เช็คลิสต์ในการทบทวนแบบจำลอง 3 มิติ ที่ความก้าวหน้าของการออกแบบได้ 30 %	7	1	2	14
PM01	ทางเข้าออก/ พื้นที่ไม่เพียงพอ	- ออกรายงานการทบทวนการออกแบบรายสัปดาห์เพื่อติดตามงานแก้ไขข้อเสนอแนะ (Comment) - จัดทำข้อเสนอแนะการทำงาน(Work Instruction)	7	1	2	14
PN01	แบบท่อ 3 มิติไม่ได้แก้ไขตามข้อมูลที่เปลี่ยนแปลง	- จัดทำเช็คลิสต์เพื่อใช้ตรวจสอบ - เติร์งไลน์หลังจาก ออกเอกสารแบบท่ 3 มิติ	7	1	3	21
PL01	แนววางท่อไม่ถูกต้อง,ตำแหน่งอุปกรณ์ไม่ถูกต้อง	- ตรวจสอบโดย 30 % โมเดลรีวิว, - ทบทวนแบบจำลองงานท่อเป็นรายสัปดาห์, - ทำเช็คลิสต์เพื่อใช้ในการตรวจสอบ - ตรวจสอบกับแบบท่ 3 มิติ	7	1	2	14

ตารางที่ 12 (ต่อ)

รหัส ข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	การปฏิบัติการแก้ไข	ผลการปฏิบัติการแก้ไข			
			S	O	D	RPN
PL02	เลือกชนิดค้ำยันสำหรับท่อผิด	- อนุมัติแบบโดย หัวหน้าวิเคราะห์แรงเครียดท่อ - ระบุจุดคุณภาพ(Quality Point) เพื่อเป็นจุดควบคุมลงในข้อแนะนำการทำงาน (Work Instruction)	7	1	3	21
PL04	มีการกีดขวางของอุปกรณ์	- ทบทวนแบบจำลอง 3 มิติเป็นรายสัปดาห์เพื่อตรวจสอบการกีดขวางของอุปกรณ์ - ใช้เช็ค리스트ในการทบทวนการจำลองงานท่อ	7	1	2	14
PL05	แบบแผนกโยธาถูกต้องไม่ให้แก้ไขก่อนแผนกงานท่อ	- เปรียบเทียบข้อมูลจากผู้ขายให้ทันช่วงก่อสร้างโดยแผนกจัดซื้อ - โฮลด์ (Hold) แบบในจุดที่ข้อมูลไม่ชัดเจนหรือข้อมูลยังไม่สมบูรณ์	7	1	2	14
PL06	ข้อเสนอแนะจากการทบทวนแบบจำลอง 3 มิติไม่สามารถปฏิบัติได้	- ออกรายงานการทบทวนการออกแบบรายสัปดาห์เพื่อติดตามงานแก้ไข ข้อ คอมเมนต์ - จัดทำข้อแนะนำการทำงานด้านเทคนิค (Technical Work Practice)	7	1	2	14

ตารางที่ 12 (ต่อ)

รหัส ข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	การปฏิบัติการแก้ไข	ผลการปฏิบัติการแก้ไข			
			S	O	D	RPN
PM02	ลำดับการติดตั้งอุปกรณ์ไม่ถูกต้อง	- ออกรายงานการทบทวนการออกแบบรายสัปดาห์เพื่อติดตามงานแก้ไข ข้อเสนอแนะ (Comment) - จัดทำข้อเสนอแนะการทำงานด้านเทคนิค (Technical Work Practice)	7	1	2	14
PE01	ตำแหน่งของอุปกรณ์อำนวยความสะดวก	- กำหนดให้ผู้เกี่ยวข้องเข้าร่วมในการทบทวนแบบจำลอง 3 มิติ - ตรวจสอบโดยวิศวกรผู้เชี่ยวชาญ (Consultant)	6	3	2	36
PM03	กำหนดพื้นที่หรือช่องว่างสำหรับ ปฏิบัติงาน/ ซ่อมบำรุงไม่ตรงตามมาตรฐาน	- ออกรายงานการทบทวนการออกแบบรายสัปดาห์เพื่อติดตามงานแก้ไข ข้อเสนอแนะ (Comment) - จัดทำข้อเสนอแนะการทำงานด้านเทคนิค (Technical Work Practice)	6	4	2	48
PM04	เผื่อพื้นที่หรือช่องว่างสำหรับวาล์วไม่ถูกต้อง ตามมาตรฐาน	- ออกรายงานการทบทวนการออกแบบรายสัปดาห์เพื่อติดตามงานแก้ไข ข้อเสนอแนะ (Comment) - จัดทำข้อเสนอแนะการทำงานด้านเทคนิค (Technical Work Practice)	6	3	2	36

ผลและการวิจารณ์

ผล

หลังจากได้ดำเนินการปฏิบัติการปรับปรุงแก้ไขปัญหาแล้ว ทีมงานวิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลเพื่อทำการประเมินผลสำเร็จของการปรับปรุงแก้ไข โดยเปรียบเทียบค่าดัชนีความเสี่ยงก่อนและหลังการปรับปรุง นอกจากนี้ยังได้ประเมินผลสำเร็จในด้านการลดข้อผิดพลาด โดยจะเก็บข้อมูลในช่วงเดือน ตุลาคม 2555 ถึง เดือน ธันวาคม 2555 ซึ่งเป็นช่วงหลังจากการปฏิบัติปรับปรุงแก้ไข และทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลก่อนการปฏิบัติการปรับปรุงแก้ไข คือช่วงเดือน กรกฎาคม 2555 ถึงเดือนกันยายน 2556 โดยได้ทำการเก็บข้อมูลปริมาณเอกสารที่มีข้อผิดพลาดและ ประสิทธิภาพการทำงาน (Efficiency) ของแผนกวิศวกรรมงานท่อ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. สรุปเปรียบเทียบผลการดำเนินงานก่อนและหลังการปรับปรุงโดยการวิเคราะห์ลักษณะของข้อผิดพลาดและผลกระทบ

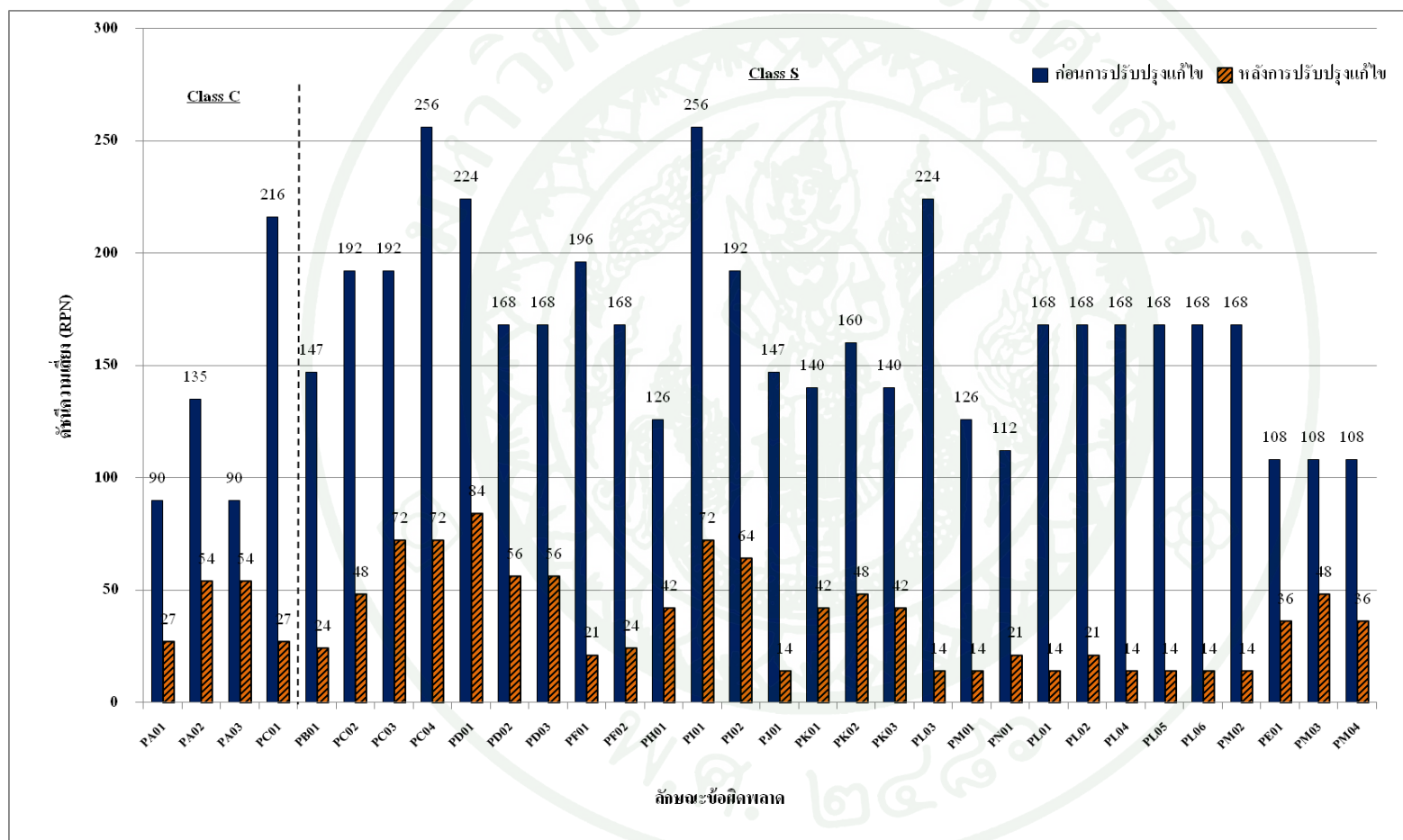
หลังจากที่ได้ดำเนินการแก้ไขปรับปรุง สาเหตุที่ส่งผลให้เกิดข้อผิดพลาดในการออกแบบ ทีมงานได้นำเทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) มาดำเนินการวิเคราะห์ค่าความรุนแรง โอกาสการเกิดข้อผิดพลาดในการออกแบบ และ การตรวจจับอีกครั้งตามที่ได้แสดงในหัวข้อที่ 3.9 และได้เปรียบเทียบ ค่าดัชนีความเสี่ยง (RPN) ก่อนและหลังการปรับปรุง แสดงดังตารางที่ 13 และภาพที่ 37

ตารางที่ 13 ค่าดัชนีความเสี่ยงก่อน-หลังการปรับปรุงข้อผิดพลาดในการออกแบบงานท่อ

รหัส ข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	RPN		% ลดลง
		ก่อน ปรับปรุง	หลัง ปรับปรุง	
PA01	ใส่โค้ดหรือมาตรฐานผิด	90	27	70.0%
PA02	คำนวณความหนาท่อผิด	135	54	60.0%
PA03	คำนวณความหนาของแผ่นประกับท่อผิด	90	54	40.0%
PC01	คำนวณค่าความเครียดท่อผิด	216	27	87.5%
PB01	ถอดรายการวัสดุผิดขนาด ผิดสเปก	147	24	83.7%
PC02	คำนวณโหลดเพื่อแจ้งแผนกโยธาผิด	192	48	75.0%
PC03	เลือกชนิดสปริงผิด	192	72	62.5%
PC04	เลือกชนิดข้อต่อยึดหุ่นผิด	256	72	71.9%
PD01	กำหนดเบอร์ตำแหน่งอุปกรณ์ผิด	224	84	62.5%
PD02	ระบุตำแหน่งอุปกรณ์ผิด	168	56	66.7%
PD03	จุดพิกัดไม่ตรงกับแบบจำลอง 3 มิติ	168	56	66.7%
PF01	แบบกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์วัดผิด/ไม่ครบ	196	21	89.3%
PF02	เลือกชนิดของ วัสดุผิด, เลือกวาล์วผิด	168	24	85.7%
PH01	ระบุชนิดค้ำยันท่อผิด	126	42	66.7%
PI01	ไม่ได้ระบุสเปกที่จำเป็นของลูกค้ำในข้อกำหนด การสั่งซื้อท่อ	256	72	71.9%
PI02	ระบุปริมาณของท่อคาดเคลื่อนจากปริมาณที่ใช้งาน จริง	192	64	66.7%
PJ01	ถอดรายการวัสดุผิดสเปกหรือจำนวนผิด	147	14	90.5%

ตารางที่ 13 (ต่อ)

รหัส ข้อผิดพลาด	ลักษณะของข้อผิดพลาด	RPN		% ลดลง
		ก่อน ปรับปรุง	หลัง ปรับปรุง	
PK01	ตำแหน่งและระดับความสูงของอุปกรณ์ผิด	140	42	70.0%
PK02	พื้นผิวสำหรับปฏิบัติงาน/ ซ่อมบำรุงไม่เพียงพอ	160	48	70.0%
PK03	ระยะขนาดและตำแหน่งของท่อผิด	140	42	70.0%
PL03	ป้ายของงานพักท่อไม่สอดคล้องกับงานหลัก	224	14	73.8%
PM01	ทางเข้าออก/ พื้นที่ไม่เพียงพอ	126	14	88.9%
PN01	แบบท่อ 3 มิติไม่ได้แก้ไขตามข้อมูลที่เปลี่ยนแปลง	112	21	81.3%
PL01	แนววางท่อไม่ถูกต้อง, ตำแหน่งอุปกรณ์ไม่ถูกต้อง	168	14	91.7%
PL02	เลือกชนิดป้ายผิด	168	21	87.5%
PL04	มีการกีดขวางของอุปกรณ์	168	14	91.7%
PL05	แบบแผนกโยธาถูกต้องหรือไม่ให้แก้ไขก่อนแผนงาน	168	14	91.7%
PL06	ข้อแนะนำจากการทบทวนแบบจำลองไม่สามารถปฏิบัติได้	168	14	91.7%
PM02	ลำดับการติดตั้งอุปกรณ์ไม่ถูกต้อง	168	14	91.7%
PE01	ตำแหน่งของอุปกรณ์อำนวยความสะดวกผิด	108	36	66.7%
PM03	กำหนดพื้นที่หรือช่องว่างสำหรับ ปฏิบัติงาน/ซ่อมบำรุงไม่ตรงตามมาตรฐาน	108	48	55.6%
PM04	พื้นผิวที่หรือช่องว่างสำหรับวาล์วไม่ถูกต้องตามมาตรฐาน	108	36	66.7%
เฉลี่ย				75.20%



ภาพที่ 37 ค่าดัชนีความเสี่ยงข้อผิดพลาดของแผนงานท่อก่อนและหลังการปรับปรุงแก้ไข

2. ผลการศึกษาการปฏิบัติการปรับปรุงแก้ไขในเรื่องของปริมาณของข้อผิดพลาด

2.1 ผลการปฏิบัติการปรับปรุงแก้ไขของแผนกวิศวกรรมงานท่อ

จากการปรับปรุงข้อผิดพลาดในการออกแบบวิศวกรรมงานท่อได้มีการเก็บข้อมูลจำนวนเอกสารที่มีข้อผิดพลาด หลังการปรับปรุงกิจกรรมงานออกแบบเป็นเวลา 3 เดือน คือตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2555 ถึง เดือน ธันวาคม 2555 แล้วเปรียบเทียบจำนวนเอกสารที่มีข้อผิดพลาดช่วงเวลาก่อนการปรับปรุงคือ ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2555 ถึงเดือนกันยายน 2555 พบว่าเปอร์เซ็นต์ข้อผิดพลาดในเดือน กรกฎาคม สิงหาคม และ กันยายน เท่ากับ 3.98% 4.27% และ 3.58% ตามลำดับ หลังการปรับปรุงแก้ไข พบว่าเปอร์เซ็นต์ข้อผิดพลาด ในเดือน ตุลาคม พฤศจิกายน และ ธันวาคม เท่ากับ 1.69% 1.13% และ 0.91% ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณของข้อผิดพลาดหลังการปรับปรุงแก้ไข ลดลง อย่างเห็นได้ชัด ดังแสดงในตารางที่ 14 และภาพที่ 38

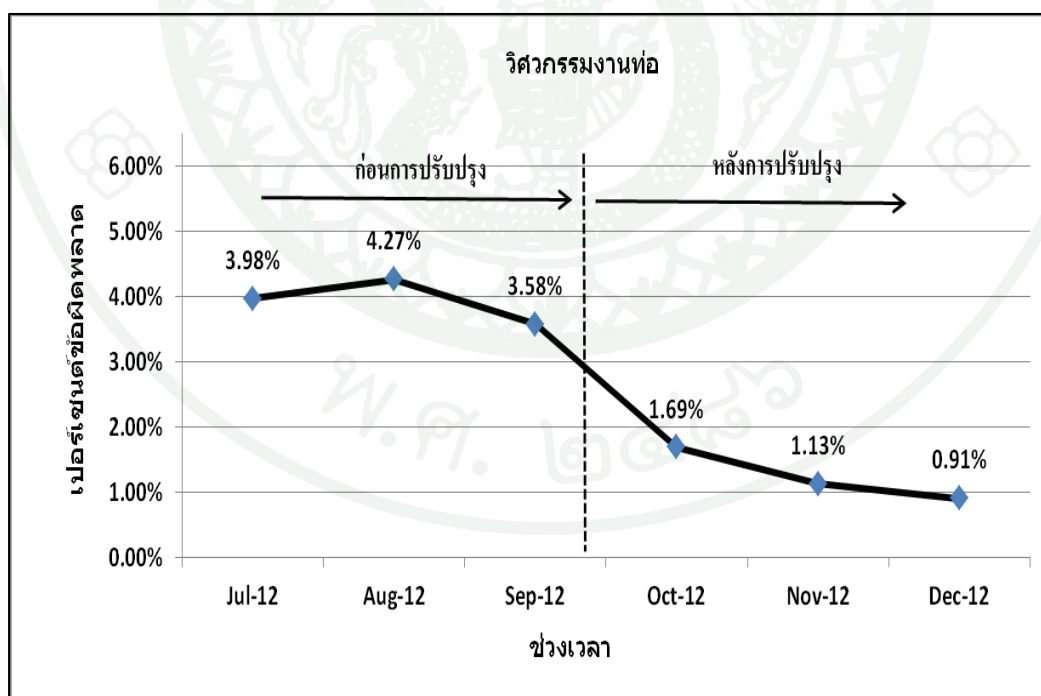
ตารางที่ 14 ปริมาณข้อผิดพลาดของแผนกงานท่อหลังการปรับปรุงแก้ไข

รหัสกิจกรรม	ต.ค.-55		พ.ย.-55		ธ.ค.- 55	
	จำนวนเอกสาร (ฉบับ)	เอกสารที่มีข้อผิดพลาด (ฉบับ)	จำนวนเอกสาร (ฉบับ)	เอกสารที่มีข้อผิดพลาด (ฉบับ)	จำนวนเอกสาร (ฉบับ)	เอกสารที่มีข้อผิดพลาด (ฉบับ)
PA	85	2	74	1	84	2
PB	73	1	68	2	68	0
PC	99	2	105	2	119	3
PD	45	1	39	1	41	1
PE	91	2	74	1	101	2
PF	130	2	121	1	114	0
PG	191	4	179	2	187	3
PH	100	2	115	2	97	1
PI	150	4	143	2	141	2
PJ	69	0	77	0	67	0

ตารางที่ 14 (ต่อ)

รหัสกิจกรรม	ต.ค.-55		พ.ย.-55		ธ.ค.- 55	
	จำนวน	เอกสารที่มี	จำนวน	เอกสารที่มี	จำนวน	เอกสารที่มี
	เอกสาร (ฉบับ)	ข้อผิดพลาด (ฉบับ)	เอกสาร (ฉบับ)	ข้อผิดพลาด (ฉบับ)	เอกสาร (ฉบับ)	ข้อผิดพลาด (ฉบับ)
PK	193	5	184	2	165	2
PL	251	2	229	1	260	0
PM	161	3	149	2	168	0
PN	310	3	295	2	251	1
รวม	1948	33	1852	21	1863	17
%ข้อผิดพลาด	1.69%		1.13%		0.91%	

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษ 2 ตัว ที่ประกอบเป็นรหัสกิจกรรม, P แทนแผนกวิศวกรรมงานท่อ, A ถึง N แทน กิจกรรมการออกแบบตามตารางที่ 7



ภาพที่ 38 เปอร์เซนต์ข้อผิดพลาดของแผนกงานท่อน้ำก่อนและหลังการปรับปรุงแก้ไข

3. ผลการศึกษาการปฏิบัติการปรับปรุงแก้ไขในเรื่องของประสิทธิภาพการทำงาน

3.1 ประสิทธิภาพการทำงานหลังการปฏิบัติการปรับปรุงแก้ไขของแผนกวิศวกรรมงานท่อ

จากการปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาดในงานออกแบบวิศวกรรมงานท่อ เพื่อแสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงแก้ไขประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ ได้มีการเก็บข้อมูลจำนวนชั่วโมงการทำงานที่วางแผนไว้ ซึ่งชั่วโมงการทำงานที่วางแผนไว้ของแต่ละกิจกรรมการออกแบบได้ถูกกำหนดโดยลูกค้าเจ้าของโครงการตั้งแต่ช่วงการออกแบบโครงร่าง (FEED) และจำนวนชั่วโมงทำงานจริงหลังการปรับปรุงกิจกรรมในงานออกแบบเพื่อวัดค่าประสิทธิภาพการทำงาน เป็นเวลา 3 เดือนคือตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2555 ถึง เดือน ธันวาคม 2555 แล้วเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการทำงานช่วงเวลาก่อนการปรับปรุงคือ ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2555 ถึงเดือนกันยายน 2555 พบว่าค่าประสิทธิภาพการทำงานในเดือน กรกฎาคม สิงหาคม และกันยายน เท่ากับ 0.83 0.90 และ 0.84 ตามลำดับ หลังการปรับปรุงแก้ไข พบว่าค่าประสิทธิภาพการทำงาน ในเดือน ตุลาคม พฤศจิกายน และ ธันวาคม เท่ากับ 1.15 1.20 และ 1.18 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ค่าประสิทธิภาพการทำงานหลังการปรับปรุงแก้ไข มีค่ามากกว่า 1.0 ทั้งสิ้น ดังแสดงในตารางที่ 15 และภาพที่ 39

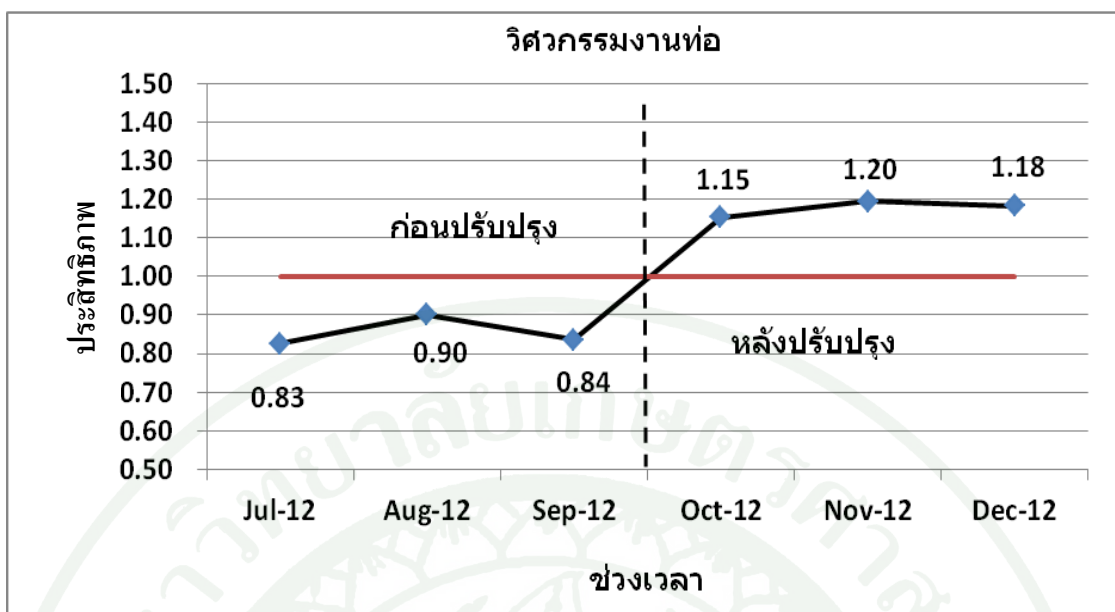
ตารางที่ 15 ประสิทธิภาพการทำงานของแผนกงานท่อหลังการปรับปรุงแก้ไข

รหัสกิจกรรม	ต.ค.-55		พ.ย.-55		ธ.ค.-55	
	เวลาทำงานที่วางแผนไว้ (ชั่วโมง)	เวลาทำงานที่ใช้จริง (ชั่วโมง)	เวลาทำงานที่วางแผนไว้ (ชั่วโมง)	เวลาทำงานที่ใช้จริง (ชั่วโมง)	เวลาทำงานที่วางแผนไว้ (ชั่วโมง)	เวลาทำงานที่ใช้จริง (ชั่วโมง)
PA	325	281	321	269	363	307
PB	279	242	295	247	294	248
PC	378	328	455	381	514	434
PD	172	149	169	142	177	150
PE	348	301	321	269	436	369
PF	497	430	525	439	492	416
PG	729	632	776	650	808	682
PH	382	331	499	417	419	354

ตารางที่ 15 (ต่อ)

รหัส กิจกรรม	ต.ค.-55		พ.ย.-55		ธ.ค.-55	
	เวลาทำงาน ที่วางแผนไว้ (ชั่วโมง)	เวลาทำงานที่ ใช้จริง (ชั่วโมง)	เวลาทำงานที่ วางแผนไว้ (ชั่วโมง)	เวลาทำงานที่ ใช้จริง (ชั่วโมง)	เวลาทำงานที่ วางแผนไว้ (ชั่วโมง)	เวลาทำงานที่ ใช้จริง (ชั่วโมง)
PI	573	497	620	519	609	515
PJ	264	228	334	279	289	245
PK	737	639	798	668	713	602
PL	959	831	993	831	1123	949
PM	615	533	646	541	726	613
PN	1184	1026	1279	1071	1084	916
รวม	7440	6449	8032	6721	8048	6799
ประสิทธิ ภาพ	1.15		1.20		1.18	

ที่มา: โรงงานผลิตสารโพลีโพรพิลีนออกไซด์, (2555)



ภาพที่ 39 ประสิทธิภาพการทำงานของแผนงานท่อก่อนและหลังการปรับปรุงแก้ไข

4. การวิจารณ์

ผลการศึกษาวิจัย เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้โดยสามารถลดข้อผิดพลาดในงานออกแบบท่อของโรงงานปิโตรเคมีได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ในการวิเคราะห์ความผิดพลาดที่เป็นไปได้ในงานออกแบบท่อของโรงงานปิโตรเคมี และสาเหตุของข้อผิดพลาด รวมถึงผลกระทบของข้อผิดพลาดเหล่านั้น การปฏิบัติการปรับปรุงแก้ไข ได้มีการเพิ่มกิจกรรมคุณภาพ เข้าไปในกิจกรรมการออกแบบท่อ ได้แก่ การเพิ่มขั้นตอนการตรวจสอบภาพโดยวิศวกรผู้เชี่ยวชาญหรือวิศวกรที่ปรึกษาการทำให้เป็นปฏิบัติและข้อแนะนำการปฏิบัติงานด้านเทคนิค การสร้างแบบฟอร์มและเช็คลิสต์ ผลการดำเนินงานวิจัยพบว่า หลังการปรับปรุงแก้ไขอัตราข้อผิดพลาดเหลือเพียง 0.91%-1.69% นอกจากนี้ ประสิทธิภาพการทำงานของแผนท่อก่อนการปรับปรุงมีค่าน้อยกว่า 1.0 หลังการปรับปรุงแก้ไขมีค่ามากกว่า 1.0 นอกจากนี้หลังการแก้ไข พบว่าค่า RPN ของข้อผิดพลาดต่างๆ ลดลงอย่างมาก โดยล้วนมีค่า RPN ต่ำกว่า 100 คะแนนทั้งสิ้น

ในระหว่างการดำเนินการวิจัย ได้มีการศึกษางานวิจัยอื่นๆ พบว่าส่วนใหญ่เป็นการประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในการลดข้อเสียในกระบวนการผลิต และผลการศึกษาวิจัยของการศึกษาวิจัยเหล่านั้น ล้วนแล้วแต่สามารถลดข้อเสียจากกระบวนการผลิตได้อย่างชัดเจนเป็นรูปธรรม ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ สามารถนำมาเป็นเครื่องมือในการลดข้อเสียจากกระบวนการผลิตได้อีกทั้งยังนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการลดข้อผิดพลาดในการออกแบบทางวิศวกรรม และงานวิจัยครั้งนี้ได้ผลคล้ายกับงานวิจัยของรัชชัย นาวาล้ำเลิศ (2542) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการสร้างระบบประกันคุณภาพสำหรับการบริหาร โครงการของโรงพยาบาลน้ำ โดยใช้เทคนิคเทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) วิเคราะห์ความผิดพลาดที่เป็นไปได้ของกิจกรรมการบริหารโครงการ พร้อมทั้งผลกระทบที่เกิดจากข้อผิดพลาดเหล่านั้น การปรับปรุงแก้ไข ได้มีการเสนอกิจกรรมคุณภาพเพิ่มเติมเข้าไปในกิจกรรมการบริหารโครงการ เช่น เพิ่มขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพ การสร้างเอกสารเพื่อช่วยในการตรวจสอบ (แบบฟอร์ม เช็คลิสต์) หรือเพื่อช่วยเตือนความจำในระหว่างดำเนินการกิจกรรมผลการดำเนินการวิจัยได้ถูกนำมาวิเคราะห์ และพบว่ามีชั่วโมงการทำงานที่ซ้ำซ้อนทั้งในขั้นตอนการออกแบบและติดตั้งลดลงจาก 216 ชั่วโมง เหลือ 80 ชั่วโมง มีค่าใช้จ่ายที่สูญเสียลดลง 17% และระยะเวลาที่เสร็จล่าช้าลดลงจาก 2 อาทิตย์ เหลือเพียง 3 วัน และยังพบว่าค่าความดัชนีความเสี่ยง (RPN) มีการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงของแต่ละกิจกรรมตั้งแต่ 17 % ถึง 89%

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. สรุปผลการวิจัย

จากการประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในงานออกแบบทางวิศวกรรมงานท่อ ทำให้สามารถวิเคราะห์ลักษณะ และสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาดอย่างเป็นระบบ สามารถสร้างเป็นมาตรฐานในการทำงาน จนนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขที่ถูกต้อง และตรงกับสาเหตุของข้อผิดพลาด ซึ่งทำให้เปอร์เซ็นต์ข้อผิดพลาดในงานออกแบบท่อลดลง ซึ่งก่อนการปรับปรุงแก้ไข งานออกแบบท่อมีข้อผิดพลาดเฉลี่ย 3.94% หลังการปรับปรุงแก้ไข งานออกแบบท่อมีข้อผิดพลาดเฉลี่ย 1.24% ซึ่งแสดงว่า การปรับปรุงแก้ไขทำให้ข้อผิดพลาดลดลงถึง 68.52%

จากการที่ข้อผิดพลาดที่น้อยลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพ (Efficiency) ของวิศวกรรมแผนกงานท่อดีขึ้น เนื่องจากมีการแก้ไขงานออกแบบน้อยลง โดยก่อนการปรับปรุงแก้ไขประสิทธิภาพการออกแบบท่อมีค่าเฉลี่ย 0.86 หลังการปรับปรุงแก้ไขประสิทธิภาพการออกแบบท่อมีค่าเฉลี่ย 1.18 ซึ่งแสดงว่า การปรับปรุงแก้ไขทำให้ประสิทธิภาพการออกแบบท่อเพิ่มขึ้นถึง 37.2%

2. ข้อเสนอแนะ

ในขั้นตอนการประเมิน นั้นเนื่องจากงานออกแบบทางวิศวกรรมของการบริหารโครงการที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี จะมีผลกระทบด้านความรุนแรงสูง ทำให้คะแนนประเมินออกมาค่อนข้างสูงและมีค่าใกล้เคียงกัน การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์การประเมินที่ทีมงาน FMEA ได้จัดทำขึ้นสำหรับ อุตสาหกรรมปิโตรเคมีโดยเฉพาะ และได้มีการปรับเกณฑ์การประเมินที่เหมาะสมกับกระบวนการการออกแบบท่อของการบริหารโครงการ ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี อันจะทำให้ค่าที่ประเมินออกมามีค่าสะท้อนถึงความเสี่ยงของปัญหาที่เกิดขึ้นจริง ทำให้ง่ายแก่การนำข้อมูลมาวิเคราะห์และปรับปรุงแก้ไข

จากผลการวิจัยพบว่าการลดข้อผิดพลาดในการออกแบบท่อของการบริหารโครงการโดยใช้เทคนิค FMEA สามารถลดข้อผิดพลาดในการออกแบบท่อได้อย่างเป็นรูปธรรมในโครงการที่ใช้

เป็นกรณีศึกษา ผู้ที่สนใจการศึกษาวิจัยสามารถนำแนวทางจากการศึกษาวิจัยไปประยุกต์ใช้ให้ได้ผล และเกิดประโยชน์ กับการออกแบบทางวิศวกรรมแผนกอื่นๆ ของการบริหารโครงการ ของ อุตสาหกรรมปิโตรเคมีเพื่อลดข้อผิดพลาดในการการออกแบบทางวิศวกรรมได้โดยรวม



เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2551. การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ. พิมพ์ครั้งที่ 1
สำนักพิมพ์ ศ.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.
- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2550. หลักการควบคุมคุณภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 5. สำนักพิมพ์ ศ.ส.ท.
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.
- กุสุมา จีรวงศ์สวัสดิ์. 2550. การประยุกต์ใช้ FMEA และ AHP เพื่อปรับปรุงกระบวนการ
ผลิตพรีต กรณีศึกษา: โรงงานผลิตสารเคลือบเซรามิค. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- เจียม จันทรอนันต์. 2552. การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA (Failure Mode and Effect
Analysis) ในกระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้ายสำหรับอุตสาหกรรม
ผลิตวงจรรวม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- นัทยาพร คำภา. 2553. การลดอัตราการเกิดของเสียโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์อาการ
ขัดข้องและผลกระทบ กรณีศึกษา: โรงงานผลิตเครื่องเป่าลม. การศึกษาค้นคว้า
อิสระ, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ปูลวัชร แก่นแก้ว. 2553. การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ กรณีศึกษากระบวนการ
การผลิตรางสไลด์เบาะนั่งรถยนต์ในโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์. การศึกษา
ค้นคว้าด้วยตนเอง, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ภัทรพล หมั่นชล. 2552. การลดชิ้นส่วนมีรอยตำหนิของกระบวนการ SMD ในการผลิต
ชุด Switching Power Supplies โดยหลักการ PFMEA. วิทยานิพนธ์,
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รัฐกร อุดมสุข และ สมชาย พัวจินดาเนตร. 2552. การปรับปรุงประสิทธิผลโดยรวมของ
เครื่องจักรในกระบวนการผลิตอิฐทนไฟ. วิทยานิพนธ์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุพัฒนพร เกษราพงศ์. 2552. การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในการวิเคราะห์และลด
ของเสียในกระบวนการปั๊มขึ้นรูปชิ้นส่วนโครงเหล็กของรถยนต์. ใน การประชุม
วิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2552, มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อริยาภรณ์ คุ่มทิพย์พัฒน์. 2553. การประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและ
ผลกระทบในการปรับปรุงคุณภาพ กรณีศึกษา: โรงงานอุตสาหกรรมผลิตสบู่ก้อน.
การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

Automotive Industry Activity Group (AIAG). **Failure Mode and Effect Analysis
(FMEA): Reference Manual**, 4th edition, 2008

Buathong, A. and A. Singhakowinta. 2003. Reduction of production loss in production
process by using Failure Mode/ Effects Analysis (FMEA) Technique. **Journal
of Science, Technology and Humanities**, Vol. 1, No.2. pp. 165-173.

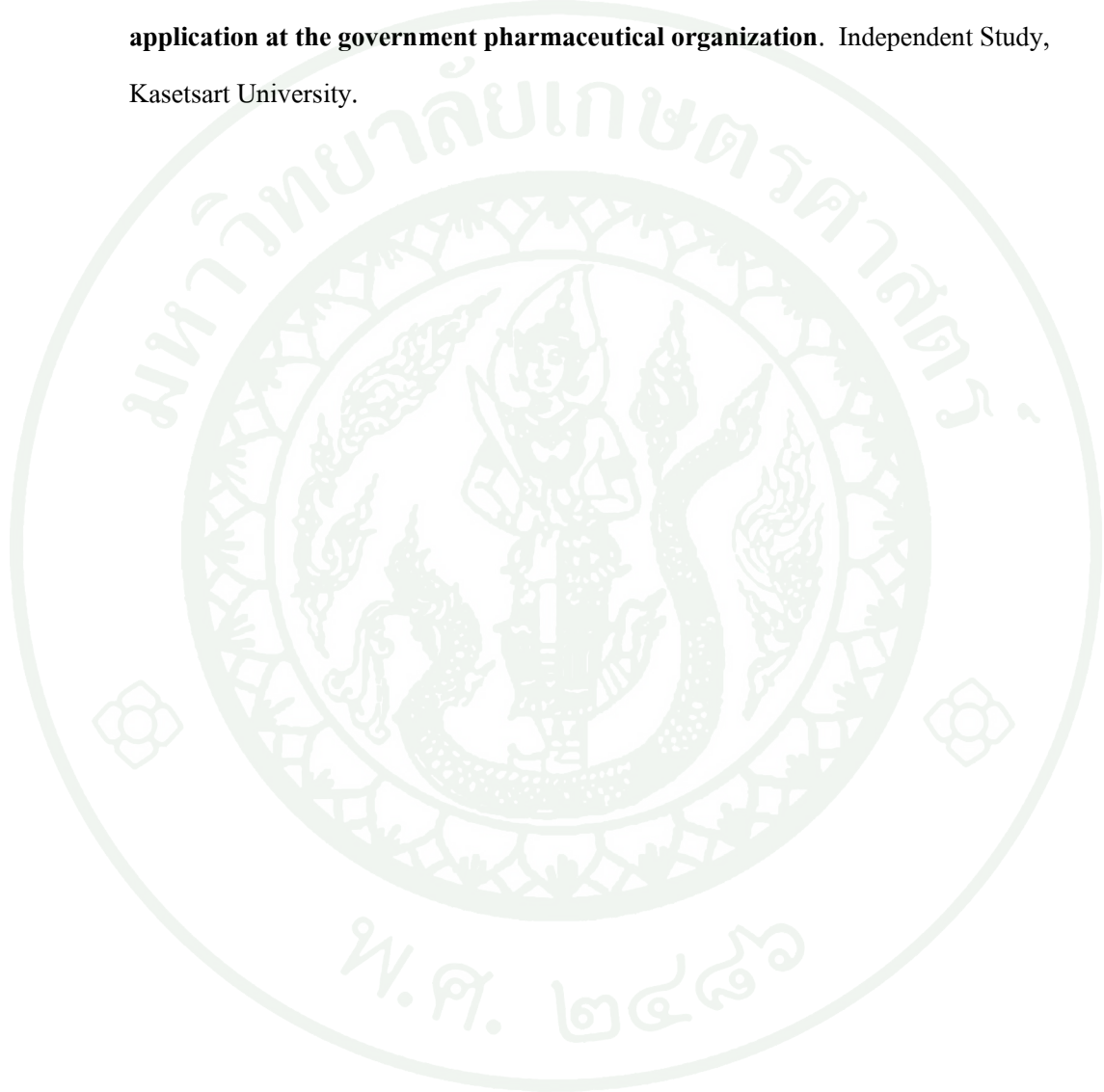
Gryna, F.M., R.C.H. Chua and J.A. DeFeo. 2007. **Juran's Quality planning and
analysis for enterprise quality**, fifth edition. McGraw Hill

Laosrimongkol, I. 2004. **Application of modified FMEA approach for Iron
foundry's product defects reduction: Case study at Automotive part Fly
Wheel ZE1**. Thesis, Chulalongkon University.

Nawalamlert, T. 1999. **Quality assurance for project management of water
treatment plant**. Master thesis, Chulalongkorn University.

Ookalkar A.D., A.G. Joshi and D.S. Ookalkar. 2009. **Quality improvement in haemodialysis process using FMEA: Case study at Ashwini Kidney & Dialysis Center.** Independent Study, Ascent Academy.

Phusavat, K. and W. Photaranon. 2006. **Productivity/ performance measurement: Case application at the government pharmaceutical organization.** Independent Study, Kasetsart University.







เช็คลิสต์การทำสเปคท่อ

Dwg No.:		CHECKLIST FOR Piping Material Specification	Project No.:	
			Checked by:	
Rev.			Approved by:	
			Date:	

A. Client Requirements

To prepare Piping Material Specification for a new project, the following informations are required from Client, which may be available from contract documents.

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
1	Client information on basic material for piping (e.g. Carbon steel)				
2	Design temperature and Design pressure				
3	Design codes and standards to be followed				
4	Preferred type of valves for throttling and isolation purposes				
5	Full rating (or) partial rating (line conditions) design of piping				
6	Piping sizes in “Metric” (or) “Imperial” System				
7	Flange pressure ratings in “Class rating” or “PN” rating				
8	Bolting sizes in “Metric” (or) “Imperial” System				
9	Requirement of “Retirement thickness” (Corroded thickness)				
10	Fluid Category identification by Client				
11	Heat tracing, jacketing requirements				

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
12	Gear operator requirements with respect to valve size and rating				
13	FDA/ USP compliance requirements for polymers/ elastomers (for pharmaceutical projects)				
14	Preferred type of branch components				

B. Preparation of Piping specification

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
1	Is Technical Practice PIP-TP-201 followed to prepare Piping Material Specification?				
2	Is class rating selected based on the design conditions specified on fluid list/ material selection diagram and pressure- Temperature rating charts of relevant standards?				
3	Is the relevant Design Code selected based on the type of plant to be designed (e.g. ASME B31.3 for Chemical, Petrochemical, Refineries; ASME BPE for Pharmaceutical Plants etc.)				
4	Is the preliminary index of Piping Specification prepared based on fluid list/ Material selection diagram using the piping coding sheet (Attachment – 1 of PIP-TP-201)?				
5	Is ABC Standard Piping Material Specification 50A10 reviewed?				

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
6	Is the relevant standard piping specs from 50A10 satisfying the requirements of the new project copies?				
7	Is the suitability to the stated fluids & temperature checked for gaskets and valves packing?				
8	Is the gasket & Valve unique to piping material specification? Options for Gasket& Valves shall be avoided or minimized.				
9	Is the maximum limiting temperature clearly indicated for the soft seated valves?				
10	Is full bore valve with intergal flanges specified for the hot tap valves?				
11	Is the pipe wall thickness calculated based on the selected code?				
12	Is the nearest higher than commercially available wall wall thickness and schedule selected from relevant standards?				
13	Is the grouping of the piping sizes done based on schedule numbers (e.g. ½” – 2” Sch 80, 3”- 10” Sch 40, 12”-24” Sch STD)?				
14	Is the pipe wall thickness and the branch table verified as per Code for Power Piping to satisfy local regulation for steam service?				
15	Is the need for vacuum design requirement checked? If applicable, do the design as per relevant code?				
16	Is local/ intenational regulation requirements complied with for Potable water line?				

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
17	Is local regulation requirements followed for underground Industrial Waste Water/ Sewage line?				
18	Is local regulation requirements followed for Fire water pipintg system?				
19	Check whether SW/ THRD fittings are allowed as per design code or Client requirements				
20	Check for long radius bend (3D or 5D) requirement in place of LR Elbow of specific services				
21	Check whether the BW fittings wall thickness/ schedule is same as pipe wall thickness/ schedule?				
22	Check whether the WN Flange wall thickness/ Schedule is same as pipe wall thickness/ schedule?				
23	Check whether ASME B16.47 Series A or Series B to be used for flanges 26" and above.				
24	Check whether the manufacturer's recommendations followed to develop the specification and check the pressure-temperature limitations.				
25	Check whether the branch tables prepared based on the design code of relevant piping material specifications.				
26	Check the fugitive emission requirements for valve gland packing if any.				

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
27	Check severe cyclic conditions if any. (Valve body castings and all welds require 100% RT				
28	Check for any specific requirement like 100%RT for natural gas lines as per local standards if applicable.				
29	Check for use of hydraulic bolt tensioners to define additional bolt length.				
30	Check for the use of dual certified materials.				
31	Check for the Special cleaning requirements for oxygen service.				
32	Check for the selection of corrosion protection for the UG lines. (Cathodic protection, External coating and wrapping). Cathodic protection lines require insulating gaskets.				
33	Check whether the through conduit valves, barred tee etc. are selected for the pipe lines.				
34	Check for acoustically induced vibrations on flare and blowdown headers. Risk of failure at branch connections shall be mitigated by full encirclement pad.				
35	Check for any specific requirements for the lined piping and galvanized piping.				
36	Check for any special type instrument block valve like monoflange valve.				
37	Check and incorporate client specific requirements for piping components if any				

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
38	Check and identify long lead piping items which may delay the project schedule. In such case propose alternative and seek project and client's approval.				
39	Check whether relevant notes are added to cover client's specific requirements				
40	Check whether the specification is "Issued for Comments"				



เช็คลิสต์การถอดรายการวัสดุ

Dwg No.:		CHECKLIST FOR Material Take Off	Project No.:	
			Checked by:	
Rev.			Approved by:	
			Date:	

General

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
1	Are all EFD's (Process & Utilities) taken off				
2	Are all GA.Drawings/ Schematics taken off				
3	Are all replies to queries/ Clarifications incorporated				
4	Are Overages rechecked and confirmed				
5	Are Statistical Checks carried out before MTO completion				

Auxiliary Piping

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
5	Is Compressor lube oil system piping take off				
6	Is Burner piping taken off				
7	Is Heater snuffing steam piping take off				
8	Is soot blowers piping taken off				
9	Is Utility station piping taken off				

Construction requirements

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
10	Are weld test materials included in take off				
11	Are pressure testing material included in take off				

Equipment connections

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
12	Are the number & size of air cooler nozzle sizes verified				
13	Are the heater nozzle sizes verified				
14	Are the pump nozzle sizes verified				
15	Are the pump discharge valve sizes verified				

Fabrication Equipment

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
16	Are the materials included for fabricated pots/drums				
17	Are the materials included for fabricated fire hydrants				
18	Are the materials included for fabricated pig launchers				

Heat Tracing & Jacketing

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
19	Are Jacketed piping take off				
20	Are steam tracing piping / tubing taken off				
21	Are steam feeds (steam supply lines) to tracer taken off				
22	Are steam tracer trap hook ups included				
23	Are supply and return manifold material taken off				
24	Are condensate return piping taken off				
25	Are hot oil tracing (incl. feeds & returns) included				
26	Are water tracing (incl. feeds & returns) included?				
27	Are solvent tracing piping taken off				
28	Is THERMON heat transfer cement included				
29	Is tying wire for tracers included				

Instrument Connection

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
30	Are block valve & bypass valve sizes of control valves sets verified				
31	Are PSV & TSV sizes verified				
32	Are MOV & HCV sizes verified				
33	Are orifice runs & sizes verified				
34					

Miscellaneous Items

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
35	Pipe sleeves on road crossing, floor penetration taken off				
36	Pump harnesses taken off				
37	Drip legs & Steam trap hook ups taken off				
38	MMT's ON LINE LIST				
39	Materials for sample coolers taken off				
40	Sample connection taken off				
41	Tank heating coils material taken off				
42	Equipment plate coils taken off				
43	Materials for fabricated strainers taken off				
44	Materials for expansion loops taken off				
45	Line size increase (blow up's) for temp. instruments taken off				
46	Special elbow/ bend, tee & valve requirements for pigging lines				
47	Break flanges included for internal epoxy lined piping				
48	Joints (Gaskets & bolting) for stacked equipment included				
49	Equipment vent & drains taken off				
50	Process Vents & Drains taken off				
51	Hydro test vent & drains taken off				
52	Safety showers taken off				
53	Pipe/ Elbow for pipe supports taken off				

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
54	UG pipes are considered with coating & wrapping				
55	Piping joints material (full coupling, union etc.) for straight lengths				
56	Union tightening allowance considered				
57	Bolting (special length) for Butterfly valves taken off				
58	Bolting (special length) for lined piping/ GRP lines taken off				
59	Bolting (special length) for lap joint flanges taken off				
60	Chain wheels/ plug adapters taken off				
61	Valve stem extension spindles taken off				
62	Branch connections taken off				
63	Weldolets taken off				
64	Elbolets taken off				
65	Latrolets taken off				

Miscellaneous items

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
66	Hoses taken off				
67	Hose couplings taken off				
68	Exhaust heads taken off				
69	90 degree short radius elbows taken off				
70	Flushing connections				
71	Steam out connections taken off				
72	Flat sockolets taken off				
73	Fire protection system taken off				

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
74	Instrument tag numbers properly understood for type				
75	Earthing continuity materials considered				
76	Instrument air header block valves included				
77	Temporary stainers for pumps included				

Tie-Ins

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
78	STUB TIE INS/ TIE INS materials included				
79	HOT TAP requirements considered in take off				
	Connections to UG pipework included				

Valves

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
80	Valve symbols properly understood for types				
81	Gear type (N, P or O) for gear operated valves verified				
82	Are HCV's marked as normal valves				
83	BW valves included with correct wall thickness & mating flange				



เช็คลิสต์การทำแผนผังโรงงาน

Dwg No.:		CHECKLIST FOR PLOT PLAN	Project No.:	
			Checked by:	
Rev.			Approved by:	
			Date:	

Safety

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
1	Have the Over all safety requirements been considered?				
2	What consideration has been given to personal protective equipment?				
3	What consideration has been given to evacuation and agress?				
4	Has Area classification been performed?				
5	Has consideration been given to handling of any dangerous material?				
6	Has any consideration been given to locating Operator Shelters on the Plot?				
7	Has shut down areas been defined and inter dependency been considered?				
8	Any Local Codes & Regulation to be followed?				
9	Plot Plan shall be reviewed by FSB approved Fire Fighting Contractor (Local appointed QP) for Fire Fighting requirements of the Plot.				

Local Regulation Requirments

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
10	Requirement and Locations of Staircases shall be as per local regulations.				

Fire Protection

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
11	Design Philosophy and NFPA Code applicable to Fire System?				
12	Any Local Regulation to be followed?				

General Layout

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
13	Check that the equipment layout shows economic and efficient use of the area allocated and complies with project spacing requirements				
14	Check that access ways and roads provide ample horizontal and vertical room for vehicles, mobile equipment etc required for efficient and safe construction, operation and maintenance of the plant.				
15	Check that the layout is consist with the commissioning strategy and the utilities, adn units to be commissioned early, can be segregated from units still being constructed.				

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
16	Are the possible influences between the layout of this unit and adjacent units or other plant or infrastructure?				
17	Check location of particularly noisy equipment in relation to the frequency of visits by operating and maintenance personnel to the area. Refer to Noise Report for problem areas.				
18	Check the location of items of equipment that operate above AIT (Auto Ignition Temperature)				
19	Check that above ground main cable runs route cabling away from high fire or explosion hazards areas.				
20	Consider escape routes from possible danger points.				
21	Check that adequate bunding has been provided to contain spills.				
22	Check routes for movement of loads on plot.				
23	Check areas for lifting operations.				
24	Review effect of underground trenches, cable, pipe on load bearing capacity of construction routes.				
25	Check access for shuttering, concreting and stripping.				
26	What is the planned flooring system (grating or plates)?				
27	What are the interface between the project and existing facilities?				

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
28	Is a modulization versus stick build approach for engineering and construction for various units an option including pipe racks and structures?				
29	How will pipe racks be constructed, steel or pre-cast concrete?				
30	Will pipe racks be constructed over existing pipe tracks?				
31	Is equipment located to facilitate construction sequence?				
32	Is equipment arranged to allow for late delivery of large equipment so that other work can proceed and late arrival equipment can be set and installed when delivered?				
33	Are there any innovative design opportunities to aid construction?				
34	Has a lay down area for crane assembly and dismantling been considered in the plot plan development?				
35	Where are the requirements to lift over live plants and how will this be done?				

Compressor Checklist

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
36	Check machine location in relation to other operating or spare machinery and its control panel				
37	Check space, head room and lifting tackle for maintenance and installation of the machine and its auxillary equipment.				
38	Auxiliary System like Seal/ Lube Oil System has been considered?				
39	Erection aspects. Will they arrive at site in one or more pieces? How will they be fitted into any structure?				

Heat Exchanger Checklist

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
40	Check the stacking arrangement of exchangers complies with HED data sheets and P&IDs				
41	Check if adequate space is allowed for bundle removal and that lifting beams, davits and pull beams are provided as neccessary.				
42	Check hot equipment/lines near or under air coolers e.g. fire risk from hot pump, hot lines which could affect air temperature to bundle.				

Fire Heater Checklist

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
43	Check that location of Fire Heater(s) complies with Project Spacing requirements.				
44	Check location of stacks and vents with respect to nearby elevated, platform air intakes etc.				
45	Erection aspects. Will heaters arrive at site in one or more pieces? How will they be fitted into any structure?				

Instrument Checklist

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
46	Location Control Room				
47	Check positioning of local panels. Consider operational access and effect on maintenance of plant.				
48	Location analyser house				

Piping Checklist

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
49	Check that alloy, large carbon steel, jacked and hazardous materials pipe runs are kept to a minimum.				
50	Special attention must be given to process lines that require “no pocket” such as gravity flow, two-phase flow, slurry, or overhead vapour lines, Schupentator etc.				

Package Units

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
51	Package units are not normally laid out in detail and are usually shown as a block. Ensure adequate space is available for installation and access and for removal of components of the package units. During review of vendor drawings consider applicable items from this checklist.				

Safety Equipment

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
52	Check location of safety showers with respect to resource of hazard, access route, visibility.				
53	Check location of fire-fighting hydrants, monitors and hose reels.				
54	Are hydrant guards specified for hydrants located within 1 m of road?				

Vessel Checklist

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
55	Erection aspects of each vessel. Will it arrive at site in one or more pieces How will it be fitted into any structure? Will a laydown area be needed?				
56	For reactors and hoppers which require solids dumping/ loading, check there is suitable access and space for dumping/ loading vehicle.				
57	Lifting requirements like Davit has been consider?				
58	Access spacing and alignment of columns for vortex exited vibration effects.				

Pumps Checklist

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
59	Pumps in the same service should be arranged together and should be located reasonably close to the vessel supplying the suction.				
60	Check accessibility of the pump for maintenance. Check any special lifting tackle required.				
61	Do not locate pumps handling flammable materials under piperacks, cableways or air coolers.				
62	Auxiliary System like Seal/ Lube Oil System has been considered?				

Electrical

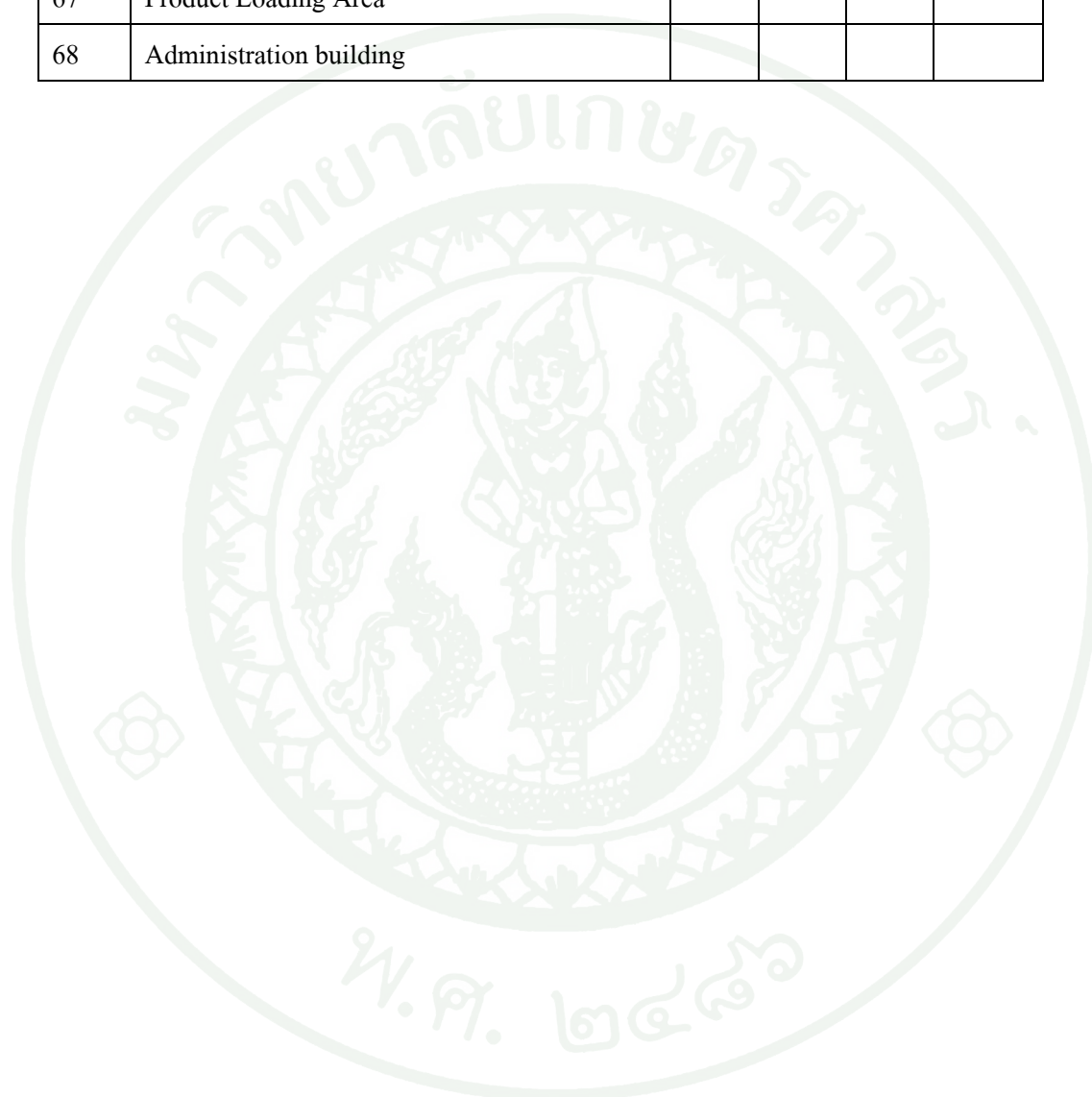
Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
63	Location of substations				
64	Main UG routings of cables				

Drainage

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
65	Routing of main drains				

Any other items

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
66	Battery Limit Valves.				
67	Product Loading Area				
68	Administration building				





เช็คลิสต์การทำแบบท่อ 3 มิติ

Dwg No.:		CHECKLIST FOR PIPING ISOMETRIC DRAWINGS	Project No.:	
			Checked by:	
Rev.			Approved by:	
			Date:	

General

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
1	Drawing Title Block, General Notes, North Mark, Dwg Issue Status				
2	Data Block (Line Condition-Design Pr. & Temp, Oper. Pr. & Temp, Line Size, Line Service class, Test Condition, NDE, PWHT, Insulation and Paint				
3	Continuation Line no (or Equipment Nozzle connection details) & Sheet No. Indication of Area Break/ Unit Battery Limit.				
4	Define all Holds				
5	Ensure Correct Reference Drawings				
6	Piping Isometrics reviewed with P&ID Notes (Slope, no-pocket, free draining, min./Max. length, symmetric, Top entry, In-view etc.,) and P&ID details (if applicable)				
7	Size and rating of equipment/ Instrument companion flange				
8	Tag No. for Tagged & SP Items items checked.				
9	Out of spec components Tagged with tag no				
10	Turn over System/ Test packs identification				

Piping related

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
11	Flow direction indicated as per P&ID (Flow direction to be shown for Check valves, Globe valves, all cryogenic valves cavity vent holes				
12	Check valve shall not be installed in vertical position. In case check valve to be installed in vertical position, then flow direction must be upwards only.				
13	All steam lines low pockets shall be provided with drip legs and steam trap assembly.				
14	Branch connection/ Reinforcement as per Piping Material Spec.				
15	High Point vents and low point drains are provided. In case contract requirements are there then those requirement to be followed.				
16	Clearance between Drain valves and Platform / Grade.				
17	Minimum straight length for Rotating Machines. Min. Distance between mix point and Temperature Instruments (if applicable) Checked.				
18	Permanent Strainer Basket withdrawal area provided				
19	Spool Length for Temporary Strainer to be checked				

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
20	For small bore piping, wherever applicable stiffeners (for two-phase flow lines, for 900#& above lines small bore brances) are provided with a detailed sketch in isometric drawings.				
21	Large bore pipe size 24" & above to be checked for flange type, Bolt Length & Short pipe etc.				
22	For service class breaks with material change (viz, CS-SS, CS Alloy Steel, SS-Alloy Steel, CS Non Ferrous breaks), isometrics are prepared separately with relevant suffix no. for materials.				
23	For stainless steel piping, for non-insulated lines resting on Carbon steel (with/ without Zinc Coated) structural members are provided with Pad Plate made of similar material of main pipe				
24	Orientation of flat side for eccentric reducers to be checked properly to ensure no-pocketing of process fluids.				
25	For valve handwheel which require odd angle rotation of mating flanges, details of flange bolt hole orientation shown in isometrics as detailed sketch.				

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
26	Valves with gear operator, gear operator orientation reviewed from accessibility point of view.				
27	For threaded piping, sufficient number of flange joints are to be provided for the installation of piping and also for maintenance of piping. Provide Break Flanges/ Unions				
28	Butterfly valves and wafer type check valves shall not be installed adjacent to other valves/ piping items (including instrument connections). Sufficient clearances shall be maintained for valve disc closure and opening				
29	For PSV's discharging to atmosphere are provided with weep hole in the down stream of PSV.				
30	Insulation Limits show as per P&ID/ Personnel protection as per line Location				
31	FFW (Field Fit Weld) provided on all three directions close to equipment				

Intrument related

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
32	Details of Oriffice Tap with bolt hole orientation shown in isometrics as a detailed sketch.				
33	For flow meters, upstream and downstream distances are checked as per instrument Dept. requirements.				
34	Face to face dimensions of In-line Flow meters				
35	All instruments mating flanges shall be checked with vendor drawings.				
36	For all wafer typ control valves, all PSV inlet flanges, all rupture disc flange assembly etc. installations bolt length to be ensured as per the exact requirements				
37	For control valve actuator maintenance sufficient clearances to be provided from adjacent piping/ Structural column members				

Support Related

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
38	Piping configuration ensured as per stress analysis requirement (for stress analysis lines). Support types and based on loading of supports standard/ special supports are provided				
39	Support Span and Guide Span verified as per support standard. Supports identified and Dimensioned.				
40	For PWHT lines, pipe shoes are to be provided with reinforcing pad.				
41	For control valve assemblies, anchor support or 3D stop to be provided				
42	For non-stress analysis lines with long runs are to be checked from thermal expansion point of view. In case required, piping expansion loops are to be provided				
43	Adjustable supports to be provided for piping around Rotating Equipments.				
44	All Spring hanger supports shall be shown with Hanger Number in piping isometrics.				
45	Check support location and elevation with respect to Structural Steel Drawings.				
46	Special Pipe Supports checked				

Interference

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
47	Interference between Piping with Structural members (column, girders, beams, vertical and horizontal brace), Piping with Electrical/Instrument items and Piping with Equipment/access envelopes checked.				

Material Take Off

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
48	Piping MTO check against the Specification				

Design Review

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
49	All inter-discipline design review comments incorporated.				
50	All Client design review sessions comments incorporated.				
51	EFD Yellowed Off by Checker				
52	Comments on EFD Marked up				

PDS Admin

Sr.no	Check Points	Yes	No	NA	Notes
53	Piping isometric locked before IFC Issue				



ABC	CORRECTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: <u>PA01</u>	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: <u>แผนกวิศวกรรมงานท่อ</u> CONTRACT NO: <u>20010</u>		Date raised: 25 ก.ค. 55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: <u>สันติ ลิ้มปสุข</u>			
<u>Detail of Non-Conformity:</u> ระบุข้อ/ มาตรฐานผิด ผลกระทบทำให้การเลือกใช้วัสดุในโครงการไม่เหมาะสม ท่อรับแรงดันสูงไม่ได้ เกิดความเสียหาย			
<u>Cause of Non-Conformity (Root Cause):</u> - ผู้รับผิดชอบไม่ตรวจสอบอย่างถี่ถ้วน - การตรวจสอบไม่มีรูปแบบที่แน่นอน			
<u>Proposed Corrective Action for rectification of non conformity:</u> N/A Proposed by Addressee: _____ Due Date: _____ Proposal accepted by FW Auditor: _____ Date: _____			
<u>Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity:</u> - จัดทำเช็คลิสต์ และ - จัดทำข้อเสนอแนะในการทำงานด้านเทคนิค Proposed by Addressee: <u>สันติ</u> Due Date: <u>15 ก.ย. 55</u> Proposal accepted by ABC Auditor: <u>พลพิชัย</u> Date: <u>25 ก.ค. 55</u>			
<u>Corrective Action complete and close out of Non-Conformity:</u> แผนกวิศวกรรมงานท่อได้ดำเนินการจัดทำเช็คลิสต์และข้อเสนอแนะในการทำงานด้านเทคนิค และได้นำไปใช้ในการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดข้อผิดพลาด Corrective action complete/ Close out accepted by QA/ QC Manager: <u>ศิริวัช</u> Date: <u>16 ก.ย. 55</u>			

ABC	CORRECTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: <u>PA02</u>	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: <u>แผนกวิศวกรรมงานท่อ</u> CONTRACT NO: <u>20010</u>		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: <u>สันติ ลิ้มปสุข</u>			
<u>Detail of Non-Conformity:</u> จำนวนความหนาต่อผิวดเกิดผลกระทบทำให้ท่อรับแรงดันสูงไม่ได้ เกิดความเสียหาย			
<u>Cause of Non-Conformity (Root Cause):</u> ป้อนข้อมูลการคำนวณผิด เช่น อุณหภูมิ แรงดัน			
<u>Proposed Corrective Action for rectification of non conformity:</u> N/A			
Proposed by Addressee: _____		Due Date: _____	
Proposal accepted by FW Auditor: _____		Date: _____	
<u>Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity:</u> - ตรวจสอบโดย วิศวกรอาวุโส - ทำเช็คลิสต์เพื่อตรวจสอบ Proposed by Addressee: <u>สันติ</u> Due Date: <u>15 ก.ค.55</u> Proposal accepted by ABC Auditor: <u>พลพิชัย</u> Date: <u>25 ก.ค. 55</u>			
<u>Corrective Action complete and close out of Non-Conformity:</u> มีการปรับปรุงแก้ไขโดยการเพิ่มการตรวจสอบโดย วิศวกรอาวุโส และได้มีการใช้เช็คลิสต์ช่วยในการตรวจสอบ Corrective action complete/ Close out accepted by QA/ QC Manager: <u>ศิริวัช</u> Date: <u>16 ก.ค.55</u>			

ABC	CORRECTIVE/PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: <u>PA03</u>	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: <u>แผนกวิศวกรรมงานท่อ</u> CONTRACT NO: <u>20010</u>		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: <u>สันติ ลิ้มปสุข</u>			
<u>Detail of Non-Conformity:</u> จำนวนความหนาของแผ่นประทับท่อผิดมีผลกระทบทำให้ เกิดความเสียหายกับท่อเมื่อ ได้รับแรงดันสูง			
<u>Cause of Non-Conformity (Root Cause):</u> วิศวกรไม่มีประสบการณ์ ขาดความรอบคอบ ขาดทักษะด้านเทคนิค			
<u>Proposed Corrective Action for rectification of non conformity:</u> N/A			
Proposed by Addressee: _____		Due Date: _____	
Proposal accepted by FW Auditor: _____		Date: _____	
<u>Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity:</u> -จัดทำข้อเสนอแนะในการทำงานด้านเทคนิค (Technical Work Instruction) -จัดอบรมเพิ่มความรู้ด้านเทคนิคแก่วิศวกร Proposed by Addressee: <u>สันติ</u> Due Date: <u>15 ก.ย.55</u> Proposal accepted by ABC Auditor: <u>พลพิชัย</u> Date: <u>25 ก.ค. 55</u>			
<u>Corrective Action complete and close out of Non-Conformity:</u> มีการปรับปรุงแก้ไขโดยการ จัดทำข้อเสนอแนะในการทำงานด้านเทคนิค และมีการอบรมเพิ่มทักษะและความรู้ด้านเทคนิคแก่วิศวกร Corrective action complete/ Close out accepted by QA/ QC Manager: <u>ศิริวัช</u> Date: <u>16 ก.ย.55</u>			

ABC	CORRECTIVE/PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: PB01 _____	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: _____ แผนกวิศวกรรมงานท่อ _____ CONTRACT NO: 20010 _____		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: สันติ ลิ้มปสุข _____			
<u>Detail of Non-Conformity:</u> ถอดรายการวัสดุผิดขนาด ผิดสเปกมีผลกระทบทำให้สั่งซื้อผิดจำนวน,สั่งซื้อผิดสเปก, ต้องแก้ไขทำให้งานล่าช้า			
<u>Cause of Non-Conformity (Root Cause):</u> - เวลาไม่จำกัด - วิศวกรขาดประสบการณ์ - ขาดการตรวจสอบโดยวิศวกรที่รับผิดชอบ			
<u>Proposed Corrective Action for rectification of non conformity:</u> N/A Proposed by Addressee: _____ Due Date: _____ Proposal accepted by ABC Auditor: _____ Date: _____			
<u>Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity:</u> - ทำ checklist เพื่อช่วยตรวจสอบ - จัดทำคำแนะนำด้านเทคนิค (Technical Work Practice) สำหรับการถอดรายการวัสดุ Proposed by Addressee: สันติ _____ Due Date: 15 ก.ย.55 _____ Proposal accepted by ABC Auditor: พลพิชัย _____ Date: 25 ก.ค. 55 _____			
<u>Corrective Action complete and close out of Non-Conformity:</u> มีการปรับปรุงแก้ไขโดยการ จัดทำคำแนะนำด้านเทคนิค (Technical Work Practice) สำหรับการถอดรายการวัสดุ และใช้ checklist ช่วยในการตรวจสอบ Corrective action complete/ Close out accepted by QA/ QC Manager: ศิริวัช _____ Date: 16 ก.ย.55 _____			

ABC	CORRECTIVE/PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: <u>PC01</u>	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: <u>แผนกวิศวกรรมงานท่อ</u> CONTRACT NO: <u>20010</u>		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: <u>สันติ ลิ้มปสุข</u>			
<u>Detail of Non-Conformity:</u> จำนวนค่าความเครียดต่อผิวดินมีผลกระทบทำให้เลือกชนิดลำยันท่อผิด สร้างความเสียหายกับอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องเนื่องจากลำยันท่อรับแรงเครียดไม่ได้			
<u>Cause of Non-Conformity (Root Cause):</u> - ป้อนข้อมูลการคำนวณผิด - ข้อมูลพื้นฐานผิด - วางแนวท่อผิด - แบบผู้ขายไม่อัปเดต - ไม่อัปเดตการเปลี่ยนแปลง			
<u>Proposed Corrective Action for rectification of non conformity:</u> N/A			
Proposed by Addressee: _____		Due Date: _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: _____		Date: _____	
<u>Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity:</u> - ตรวจสอบซ้ำโดยหน.ทีมีวิเคราะห์สเตรส - หน.วิศวกรเช็คเทียบกับแบบของผู้ขายที่เปลี่ยนแปลง - ทำระเบียบปฏิบัติในการคำนวณความเครียดต่อ Proposed by Addressee: <u>สันติ</u> Due Date: <u>15 ก.ย.55</u> Proposal accepted by ABC Auditor: <u>พลพิชัย</u> Date: <u>25 ก.ค. 55</u>			
<u>Corrective Action complete and close out of Non-Conformity:</u> ได้มีการปรับปรุงแก้ไขโดยการเพิ่มการตรวจสอบโดยหัวหน้าทีมีวิเคราะห์สเตรส และหัวหน้าวิศวกรแผนกท่อ และมีการจัดทำระเบียบปฏิบัติในการคำนวณความเครียดต่อ Corrective action complete/ Close out accepted by QA/ QC Manager: <u>ศิริวัช</u> Date: <u>16 ก.ย.55</u>			

ABC	CORRECTIVE/PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: <u>PC02</u>	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: <u>แผนกวิศวกรรมงานท่อ</u> CONTRACT NO: <u>20010</u>		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: <u>สันติ ลิ้มปสุข</u>			
<u>Detail of Non-Conformity:</u> จำนวนโหลดเพื่อแจ้งแผนกโยธาผิดมีผลกระทบทำให้เกิดความเสียหายกับโครงสร้างที่รองรับท่อ			
<u>Cause of Non-Conformity (Root Cause):</u> -ข้อมูลส่งไปไม่ถึง -ไม่มีการตรวจสอบ -ไม่ได้อัปเดตข้อมูล			
<u>Proposed Corrective Action for rectification of non conformity:</u> N/A			
Proposed by Addressee: _____		Due Date: _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: _____		Date: _____	
<u>Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity:</u> -ตรวจสอบโดยใช้เช็คปรีนท์โดยวิศวกรที่อยู่นอกโครงการ -ใช้ขออนุญาตการออกแบบแจ้งข้อมูลการคำนวณ Proposed by Addressee: <u>สันติ</u> Due Date: <u>15 ก.ย.55</u> Proposal accepted by ABC Auditor: <u>พลพิชัย</u> Date: <u>25 ก.ค. 55</u>			
<u>Corrective Action complete and close out of Non-Conformity:</u> ได้มีการปรับปรุงแก้ไขโดยการให้การเช็คปรีนท์ตรวจสอบโดยวิศวกรงานท่อที่อยู่นอกโครงการ และใช้ขออนุญาตการออกแบบมาแจ้งแจ้งข้อมูลการคำนวณระหว่างแผนก Corrective action complete/ Close out accepted by QA/ QC Manager: <u>ศิริวัช</u> Date: <u>16 ก.ย.55</u>			

ABC	CORRECTIVE/PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: <u>PC03</u>	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: <u>แผนกวิศวกรรมงานท่อ</u> CONTRACT NO: <u>20010</u>		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: <u>สันติ ลิ้มปสุข</u>			
<u>Detail of Non-Conformity:</u> เลือกรชนิดสปริง ผิดมีผลกระทบทำให้เกิดความเสียหายกับโครงสร้างท่อ และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง			
<u>Cause of Non-Conformity (Root Cause):</u> - ป้อนข้อมูลการคำนวณผิด - ข้อมูลพื้นฐานผิด - วางแนวท่อผิด - แบบผู้ขายไม่อัปเดต - ไม่อัปเดตการเปลี่ยนแปลง			
<u>Proposed Corrective Action for rectification of non conformity:</u> N/A			
Proposed by Addressee: _____		Due Date: _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: _____		Date: _____	
<u>Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity:</u> - ตรวจสอบซ้ำโดยผู้เชี่ยวชาญ (Consultant) - ทำเช็ค리스트เพื่อช่วยตรวจสอบ Proposed by Addressee: <u>สันติ</u> Due Date: <u>15 ก.ย.55</u> Proposal accepted by ABC Auditor: <u>พลพิชัย</u> Date: <u>25 ก.ค. 55</u>			
<u>Corrective Action complete and close out of Non-Conformity:</u> ได้มีการปรับปรุงแก้ไขโดยการเพิ่มการตรวจสอบซ้ำโดยวิศวกรผู้เชี่ยวชาญ และใช้เช็ค리스트ช่วยในการตรวจสอบ Corrective action complete/ Close out accepted by QA/ QC Manager: <u>ศิริวัช</u> Date: <u>16 ก.ย.55</u>			

ABC	CORRECTIVE/PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: <u>PC04</u>	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: <u>แผนกวิศวกรรมงานท่อ</u> CONTRACT NO: <u>20010</u>		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: <u>สันติ ลิ้มปสุข</u>			
<u>Detail of Non-Conformity:</u> เลือกรชนิดข้อต่อยึดหุ้มฉนวนมีผลกระทบทำให้เกิดความเสียหายกับโครงสร้างท่อ และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง			
<u>Cause of Non-Conformity (Root Cause):</u> - ป้อนข้อมูลการคำนวณผิด - ข้อมูลพื้นฐานผิด - แนวการวางท่อผิด - ข้อมูลผู้ขายไม่อัปเดต - แบบไม่ได้อัปเดตข้อมูลที่เปลี่ยนแปลง			
<u>Proposed Corrective Action for rectification of non conformity:</u> N/A Proposed by Addressee: _____ Due Date: _____ Proposal accepted by ABC Auditor: _____ Date: _____			
<u>Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity:</u> - ตรวจสอบซ้ำโดยผู้เชี่ยวชาญ (Consultant) - ทำ checklist เพื่อช่วยตรวจสอบ Proposed by Addressee: <u>สันติ</u> Due Date: <u>15 ก.ค.55</u> Proposal accepted by ABC Auditor: <u>พลพิชัย</u> Date: <u>25 ก.ค. 55</u>			
<u>Corrective Action complete and close out of Non-Conformity:</u> ได้มีการปรับปรุงแก้ไขโดยการเพิ่มการตรวจสอบซ้ำโดยวิศวกรผู้เชี่ยวชาญ และใช้ checklist ช่วยในการตรวจสอบ Corrective action complete/ Close out accepted by QA/ QC Manager: <u>ศิริวัช</u> Date: <u>16 ก.ค.55</u>			

ABC	CORRECTIVE/PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: <u>PD01</u>	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: <u>แผนกวิศวกรรมงานท่อ</u> CONTRACT NO: <u>20010</u>		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: <u>สันติ ลิ้มปสุข</u>			
<u>Detail of Non-Conformity:</u> กำหนดเบอร์ตำแหน่งอุปกรณ์ผิดส่งผลกระทบทำให้การติดตั้งอุปกรณ์ผิดตำแหน่ง ต้องทำการแก้ไขที่หน้างาน ทำให้งานล่าช้า			
<u>Cause of Non-Conformity (Root Cause):</u> ข้อมูลจาก สเปคลูกค้าไม่สมบูรณ์และไม่ชัดเจน			
<u>Proposed Corrective Action for rectification of non conformity:</u> N/A Proposed by Addressee: _____ Due Date: _____ Proposal accepted by ABC Auditor: _____ Date: _____			
<u>Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity:</u> - ตรวจสอบข้ามแผนกโดยวิศวกรหลายฝ่าย - ใช้แบบฟอร์มบันทึกช่วยจำ (Design Memo) ในการสอบถามข้อสงสัยเกี่ยวกับสเปคของลูกค้า Proposed by Addressee: <u>สันติ</u> Due Date: <u>15 ก.ย.55</u> Proposal accepted by ABC Auditor: <u>พลพิชัย</u> Date: <u>25 ก.ค. 55</u>			
<u>Corrective Action complete and close out of Non-Conformity:</u> ได้มีการปรับปรุงแก้ไขโดยการให้มีการตรวจสอบความถูกต้องข้ามแผนกโดยวิศวกรแผนกที่เกี่ยวข้องหลายฝ่าย และได้มีการใช้แบบฟอร์มช่วยจำ (Design Memo) ในการสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับสเปคของลูกค้า Corrective action complete/ Close out accepted by QA/ QC Manager: <u>ศิริวัช</u> Date: <u>16 ก.ย.55</u>			

ABC	CORRECTIVE/PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: PD02 _____	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: _____ แผนกวิศวกรรมงานท่อ _____ CONTRACT NO: 20010 _____		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: สันติ ลิ้มปสุข _____			
<u>Detail of Non-Conformity:</u> ระบุตำแหน่งอุปกรณ์ผิดส่งผลกระทบต่อให้ติดตั้งอุปกรณ์ผิดตำแหน่งต้องแก้ไขหน้างานงานล่าช้า			
<u>Cause of Non-Conformity (Root Cause):</u> - ข้อมูลจากผู้ขายไม่ถูกต้องและไม่อัปเดต			
<u>Proposed Corrective Action for rectification of non conformity:</u> N/A			
Proposed by Addressee: _____		Due Date: _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: _____		Date: _____	
<u>Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity:</u> - ระบุข้อควรระวังในข้อเสนอแนะด้านเทคนิค โดยข้อมูลผู้ขายต้องได้จากเอกสารที่เป็น 3 เท่านั้น - เพิ่มการตรวจสอบโดยวิศวกรผู้เชี่ยวชาญ (Consultant)			
Proposed by Addressee: สันติ _____		Due Date: 15 ก.ย.55 _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: พลพิชัย _____		Date: 25 ก.ค. 55 _____	
<u>Corrective Action complete and close out of Non-Conformity:</u> ได้มีการปรับปรุงแก้ไข โดยได้ระบุข้อควรระวังลงในข้อเสนอแนะด้านเทคนิค โดยข้อมูลผู้ขายต้องได้จากเอกสารที่เป็น 3 เป็นอย่างน้อย และได้เพิ่มการตรวจสอบโดยวิศวกรผู้เชี่ยวชาญ			
Corrective action complete/			
Close out accepted by QA/ QC Manager: ศิริวัช _____		Date: 16 ก.ย.55 _____	

ABC	CORRECTIVE/PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: _PD03_	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: _____ แผนกวิศวกรรมงานท่อ _____ CONTRACT NO: 20010 _____		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: สันติ ลิ้มปสุข _____			
<u>Detail of Non-Conformity:</u> จุดพิกัดไม่ตรงกับ แบบจำลอง 3 มิติ ส่งผลกระทบทำให้ติดตั้งอุปกรณ์ผิดตำแหน่งต้องแก้ไขหน้างานงานล่าช้า			
<u>Cause of Non-Conformity (Root Cause):</u> ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงไม่ ถูกส่งผ่าน และอัปเดต			
<u>Proposed Corrective Action for rectification of non conformity:</u> N/A			
Proposed by Addressee: _____		Due Date: _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: _____		Date: _____	
<u>Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity:</u> - ให้มีการตรวจสอบข้ามแผนกโดยวิศวกรหลายฝ่ายที่เกี่ยวข้อง			
Proposed by Addressee: _____ สันติ _____		Due Date: 15 ก.ย.55 _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: _____ พลพิชัย _____		Date: 25 ก.ค. 55 _____	
<u>Corrective Action complete and close out of Non-Conformity:</u> ได้มีการปรับปรุงแก้ไขโดยให้มีการตรวจสอบข้ามแผนกโดยวิศวกรหลายฝ่ายที่เกี่ยวข้อง Corrective action complete/ Close out accepted by QA/ QC Manager: _____ ศิริวัช _____ Date: 16 ก.ย.55 _____			

ABC	CORRECTIVE/PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: _PE01_	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: _____ แผนกวิศวกรรมงานท่อ _____ CONTRACT NO: 20010 _____		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: สันติ ลิ้มปสุข _____			
Detail of Non-Conformity: ตำแหน่งของอุปกรณ์อำนวยความสะดวกผลิตส่งผลกระทบทำให้ อุปกรณ์อำนวยความสะดวกถูกติดตั้งในตำแหน่งที่ ใช้งานไม่ได้ ในเวลาที่ต้องการ			
Cause of Non-Conformity (Root Cause): ไม่ได้กำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ในแบบตามตำแหน่งที่กำหนดโดยลูกค้า			
Proposed Corrective Action for rectification of non conformity: N/A			
Proposed by Addressee: _____		Due Date: _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: _____		Date: _____	
Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity: - กำหนดให้ลูกค้าเข้าร่วมในการทบทวนแบบจำลอง 3 มิติ - ตรวจสอบโดยวิศวกรผู้เชี่ยวชาญ (Consultant)			
Proposed by Addressee: สันติ _____		Due Date: 15 ก.ย.55 _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: พลพิชัย _____		Date: 25 ก.ค. 55 _____	
Corrective Action complete and close out of Non-Conformity: ได้มีการปรับปรุงแก้ไขโดย กำหนดให้ผู้เข้าร่วมในการทบทวนแบบจำลอง 3 มิติ ต้องมีลูกค้าเข้าร่วมในการทบทวนแบบจำลอง 3 มิติ และมีการเพิ่มการตรวจสอบโดยวิศวกรผู้เชี่ยวชาญ Corrective action complete/ Close out accepted by QA/ QC Manager: ศิริวัช _____ Date: 16 ก.ย.55 _____			

ABC	CORRECTIVE/PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: PF01 _____	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: _____ แผนกวิศวกรรมงานท่อ _____ CONTRACT NO: 20010 _____		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: สันติ ลิ้มปสุข _____			
<u>Detail of Non-Conformity:</u> แบบกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์วัดผิด/ไม่ครบส่งผลกระทบทำให้อุปกรณ์ติดตั้งไม่ได้, อุปกรณ์ขาดจำนวน, ติดตั้งผิด			
<u>Cause of Non-Conformity (Root Cause):</u> ไลอะแกรมกระบวนการไม่ชัดเจน, ข้อมูลผู้ขายไม่ชัดเจน และไม่อัปเดต			
<u>Proposed Corrective Action for rectification of non conformity:</u> N/A			
Proposed by Addressee: _____		Due Date: _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: _____		Date: _____	
<u>Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity:</u> - ทำขั้นตอนการปฏิบัติงานการตรวจสอบพร้อมทั้งระบุจุดสำคัญให้ชัดเจน			
Proposed by Addressee: _____ สันติ _____		Due Date: 15 ก.ย.55 _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: _____ พลพิชัย _____		Date: 25 ก.ค. 55 _____	
<u>Corrective Action complete and close out of Non-Conformity:</u> ได้มีการปรับปรุงแก้ไข โดยได้จัดทำขั้นตอนการปฏิบัติงาน การตรวจสอบ พร้อมทั้งระบุจุดสำคัญที่ต้องระมัดระวังให้ชัดเจน			
Corrective action complete/			
Close out accepted by QA/ QC Manager: _____ ศิริวัช _____		Date: 16 ก.ย.55 _____	

ABC	CORRECTIVE/PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: PF02 _____	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: _____ แผนกวิศวกรรมงานท่อ _____ CONTRACT NO: 20010 _____		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: สันติ ลิ้มปสุข _____			
<u>Detail of Non-Conformity:</u> แบบกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์วัดผิด/ไม่ครบส่งผลกระทบทำให้อุปกรณ์ติดตั้งไม่ได้ ต้องแก้ไขทำงานล่าช้า			
<u>Cause of Non-Conformity (Root Cause):</u> ข้อกำหนดในคำสั่งซื้อของวิศวกรรมกระบวนการไม่ชัดเจน			
<u>Proposed Corrective Action for rectification of non conformity:</u> N/A			
Proposed by Addressee: _____		Due Date: _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: _____		Date: _____	
<u>Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity:</u> - ใช้แบบฟอร์ม ข้อเสนอการออกแบบ (Design Instruction) สื่อสารข้อมูลการออกแบบกับแผนกวิศวกรรมกระบวนการ			
Proposed by Addressee: สันติ _____		Due Date: 15 ก.ย.55 _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: พลพิชัย _____		Date: 25 ก.ค. 55 _____	
<u>Corrective Action complete and close out of Non-Conformity:</u> ได้มีการปรับปรุงแก้ไขโดย ได้มีการใช้แบบฟอร์มข้อเสนอในการออกแบบ (Design Instruction) ในการสื่อสารข้อมูลการออกแบบกับแผนกวิศวกรรมกระบวนการ Corrective action complete/ Close out accepted by QA/ QC Manager: ศิริวัช _____ Date: 16 ก.ย.55 _____			

ABC	CORRECTIVE/ PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: _PH01_	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: _____ แผนกวิศวกรรมงานท่อ _____ CONTRACT NO: 20010 _____		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: สันติ ลิ้มปสุข _____			
Detail of Non-Conformity: ระบุชนิดข้อบกพร่องพิเศษที่ส่งผลกระทบต่อทำให้ติดตั้งท่อน้ำงาน ไม่ได้ต้องแก้ไข ทำให้งานล่าช้า			
Cause of Non-Conformity (Root Cause): ไม่สอดคล้องตามข้อมูลล่าสุด ของโครงสร้างหลัก			
Proposed Corrective Action for rectification of non conformity: N/A			
Proposed by Addressee: _____		Due Date: _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: _____		Date: _____	
Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity: - ตรวจสอบซ้ำในแบบจำลอง 3 มิติและแบบท่อ 3 มิติ, - ใช้เช็คลิสต์ในการตรวจสอบ Proposed by Addressee: สันติ _____ Due Date: 15 ก.ค.55 _____ Proposal accepted by ABC Auditor: พลพิชัย _____ Date: 25 ก.ค. 55 _____			
Corrective Action complete and close out of Non-Conformity: ได้มีการปรับปรุงแก้ไขโดยการ ตรวจสอบชนิดข้อบกพร่องในแบบจำลอง 3 มิติ และในแบบท่อ 3 มิติ และมีการใช้เช็คลิสต์ช่วยในการตรวจสอบ Corrective action complete/ Close out accepted by QA/ QC Manager: ศิริวัช _____ Date: 16 ก.ค.55 _____			

ABC	CORRECTIVE/ PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: PI01 ____	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: _____ แผนกวิศวกรรมงานท่อ _____ CONTRACT NO: 20010 _____		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: สันติ ลิ้มปสุข _____			
Detail of Non-Conformity: ไม่ได้ระบุสเปคที่จำเป็นของลูกค้าในข้อกำหนดการสั่งซื้อท่อส่งผลกระทบทำให้สั่งซื้อชนิดท่อผิดท่อไม่พอใช้ติดตั้ง ท่อล่าช้าไม่ทันติดตั้งหรือติดตั้งท่อไม่ได้			
Cause of Non-Conformity (Root Cause): ใบบันทึกการสั่งงาน (Action Memo: AM) ของลูกค้าส่งมาล่าช้า			
Proposed Corrective Action for rectification of non conformity: N/A			
Proposed by Addressee: _____		Due Date: _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: _____		Date: _____	
Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity: - ทำตารางบันทึกการรับใบสั่งงาน (Action Memo) จากลูกค้า - ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง (Update) ของสเปคของลูกค้า และต้องเป็นฉบับล่าสุด			
Proposed by Addressee: สันติ _____		Due Date: 15 ก.ย.55 _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: พลพิชัย _____		Date: 25 ก.ค. 55 _____	
Corrective Action complete and close out of Non-Conformity: ได้มีการปรับปรุงแก้ไขโดยการนำตารางบันทึกการรับใบสั่งงาน (Action Memo) จากลูกค้า พร้อมทั้งได้มีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง (Update) สเปคของลูกค้า โดยวิศวกรแผนกท่อ ซึ่งสเปคของลูกค้าต้องเป็นฉบับล่าสุด Corrective action complete/ Close out accepted by QA/ QC Manager: ศิริวัช _____ Date: 16 ก.ย.55 _____			

ABC	CORRECTIVE/ PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: PI02 _____	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: _____ แผนกวิศวกรรมงานท่อ _____ CONTRACT NO: 20010 _____		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: สันติ ลิ้มปสุข _____			
<u>Detail of Non-Conformity:</u> ระบุปริมาณของท่อคาดเคลื่อนจากปริมาณที่ใช้งานจริงส่งผลกระทบ ทำให้สั่งซื้อปริมาณท่อผิดปริมาณท่อไม่พอใช้หรือปริมาณ ท่อมากเกินไปทำให้ท่อเหลือปริมาณมากทำให้สิ้นเปลือง			
<u>Cause of Non-Conformity (Root Cause):</u> ข้อมูลค่าชี้วัดจากวิศวกรรมกระบวนการ ข้อมูลขาดความชัดเจน			
<u>Proposed Corrective Action for rectification of non conformity:</u> N/A			
Proposed by Addressee: _____		Due Date: _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: _____		Date: _____	
<u>Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity:</u> -ตรวจสอบซ้ำโดยหน.วิศวกร -ทำฐานข้อมูลเพื่อตรวจสอบจำนวน			
Proposed by Addressee: สันติ _____		Due Date: 15 ก.ย.55 _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: พลพิชัย _____		Date: 25 ก.ค. 55 _____	
<u>Corrective Action complete and close out of Non-Conformity:</u> ได้มีการปรับปรุงแก้ไขโดยการ มีการตรวจสอบความถูกต้อง ซ้ำโดยหัวหน้าวิศวกรแผนกท่อ และมีการทำฐานข้อมูลของรายการ วัสดุ เพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบจำนวน Close out accepted by QA/ QC Manager: ศิริวัช _____ Date: 16 ก.ย.55 _____			

ABC	CORRECTIVE/ PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: PJ01	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: _____ แผนกวิศวกรรมงานท่อ _____ CONTRACT NO: 20010		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: สันติ ลิ้มปสุข			
<u>Detail of Non-Conformity:</u> ถอดรายการวัสดุผิดสเปกหรือจำนวนผิดส่งผลกระทบทำให้ สั่งซื้อวัสดุผิดสเปกหรือสั่งซื้อปริมาณวัสดุผิดปริมาณวัสดุไม่พอใช้หรือ อดปริมาณวัสดุมากเกินไปทำให้วัสดุเหลือปริมาณมากทำให้สิ้นเปลือง			
<u>Cause of Non-Conformity (Root Cause):</u> มีเวลาจำกัด วิศวกรขาดประสบการณ์ ขาดการตรวจสอบ			
<u>Proposed Corrective Action for rectification of non conformity:</u> N/A			
Proposed by Addressee: _____		Due Date: _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: _____		Date: _____	
<u>Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity:</u> - ทำ checklist เพื่อช่วยตรวจสอบ - จัดซื้อแนะนำด้านเทคนิค (Technical Work Practice) สำหรับการถอดรายการวัสดุ			
Proposed by Addressee: สันติ		Due Date: 15 ก.ย.55	
Proposal accepted by ABC Auditor: พลพิชัย		Date: 25 ก.ค. 55	
<u>Corrective Action complete and close out of Non-Conformity:</u> ได้มีการปรับปรุงแก้ไขโดย ได้จัดทำขออนุญาตด้านเทคนิค (Technical Work Practice) สำหรับการถอดรายการวัสดุ พร้อมทั้งมี การใช้ checklist ช่วยในการตรวจสอบ Corrective action complete/ Close out accepted by QA/ QC Manager: ศิริวัช Date: 16 ก.ย.55			

ABC	CORRECTIVE/ PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: _PK01_	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: _____ แผนกวิศวกรรมงานท่อ _____ CONTRACT NO: 20010 _____		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: สันติ ลิ้มปสุข _____			
Detail of Non-Conformity: ตำแหน่งและระดับความสูงของอุปกรณ์ผลิตส่งผลกระทบทำให้การติดตั้งมีปัญหาต้องแก้ไขทำให้งานล่าช้า			
Cause of Non-Conformity (Root Cause): ไม่ปฏิบัติตามคำสั่งซื้อ, ไม่ได้เช็คเทคโนโลยีในคำสั่งซื้อ, ไม่ได้เช็คข้อมูลผู้ขาย			
Proposed Corrective Action for rectification of non conformity: N/A			
Proposed by Addressee: _____		Due Date: _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: _____		Date: _____	
Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity: - ตรวจสอบโดยการคำนวณไฮโดรลิก - ตรวจสอบกลับกับแบบจำลองช่วงออกแบบโครงสร้างโครงการ (FEED)			
Proposed by Addressee: สันติ _____		Due Date: 15 ก.ค.55 _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: พลพิชัย _____		Date: 25 ก.ค. 55 _____	
Corrective Action complete and close out of Non-Conformity: ได้มีการปรับปรุงแก้ไข โดยการใช้การคำนวณไฮโดรลิกในการตรวจสอบระดับความสูงของอุปกรณ์ และตรวจสอบกลับกับแบบจำลองช่วงการออกแบบโครงสร้างโครงการ Corrective action complete/ Close out accepted by QA/ QC Manager: ศิริวัช _____ Date: 16 ก.ค.55 _____			

ABC	CORRECTIVE/ PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: <u>PK02</u>	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: <u>แผนกวิศวกรรมงานท่อ</u> CONTRACT NO: <u>20010</u>		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: <u>สันติ ลิ้มปสุข</u>			
<u>Detail of Non-Conformity:</u> พื้นผิวสำหรับปฏิบัติงาน/ ซ่อมบำรุงไม่เพียงพอส่งผลกระทบต่อ ทำให้ดำเนินการปฏิบัติงาน/ซ่อมบำรุงไม่ได้ หรือไม่สะดวกทำให้ ปฏิบัติการแก้ไขได้ไม่ทันทั่วทั้งที่กรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน			
<u>Cause of Non-Conformity (Root Cause):</u> ข้อมูลด้านอุปกรณ์จากผู้ขายล่าช้า ระหว่างการทบทวนแผนผังโรงงานที่มปฏิบัติการหรือทีมซ่อมบำรุงของลูกค้าไม่ได้ร่วมทบทวน ไม่สามารถดัดแปลงโครงสร้างหรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องให้ได้ตามข้อกำหนด			
<u>Proposed Corrective Action for rectification of non conformity:</u> N/A			
Proposed by Addressee: _____		Due Date: _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: _____		Date: _____	
<u>Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity:</u> - ตรวจสอบข้อมูลเฉพาะของฝ่าย ต้องเป็นข้อมูลที่ได้รับการอนุมัติแล้ว - เพิ่มการตรวจสอบโดยวิศวกรผู้เชี่ยวชาญ (Consultant) - ทำเช็คลิสต์เพื่อใช้ในการทบทวนการจำลองอุปกรณ์ Proposed by Addressee: <u>สันติ</u> Due Date: <u>15 ก.ย.55</u> Proposal accepted by ABC Auditor: <u>พลพิชัย</u> Date: <u>25 ก.ค. 55</u>			
<u>Corrective Action complete and close out of Non-Conformity:</u> ได้มีการปรับปรุงแก้ไข โดยการ ตรวจสอบข้อมูลเฉพาะของฝ่าย ซึ่งต้องเป็นข้อมูลที่ได้รับการอนุมัติแล้ว และยังได้เพิ่มการ ตรวจสอบความถูกต้องโดยวิศวกรผู้เชี่ยวชาญ พร้อมทั้งได้ทำเช็คลิสต์เพื่อใช้ในการทบทวนการจำลองอุปกรณ์ Corrective action complete/ Close out accepted by QA/ QC Manager: <u>ศิริวัช</u> Date: <u>16 ก.ย.55</u>			

ABC	CORRECTIVE/ PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: _PK03_	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: _____ แผนกวิศวกรรมงานท่อ _____ CONTRACT NO: 20010 _____		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: สันติ ลิ้มปสุข _____			
Detail of Non-Conformity: ระยะ,ขนาดและตำแหน่งของท่อผิดส่งผลกระทบทำให้แบบท่อ 3 มิติที่บังคับใช้ไม่ถูกต้อง คิดตั้งไม่ได้ทำให้งานล่าช้า			
Cause of Non-Conformity (Root Cause): ไม่ได้ตรวจสอบของข้อมูลที่ใช้ออกแบบ ข้อมูลที่เข้ามาล่าช้ากว่า แบบท่อ 3 มิติที่บังคับใช้ ไม่ได้แก้ไขแบบตามข้อมูลล่าสุดของผู้ขาย			
Proposed Corrective Action for rectification of non conformity: N/A			
Proposed by Addressee: _____		Due Date: _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: _____		Date: _____	
Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity: - ใช้เช็คสถิติในการตรวจสอบการจำลองอุปกรณ์ - ฝ่ายจัดซื้อเร่งรัดเอกสารจากผู้ขายให้ครบถ้วน			
Proposed by Addressee: สันติ _____		Due Date: 15 ก.ย.55 _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: พลพิชัย _____		Date: 25 ก.ค. 55 _____	
Corrective Action complete and close out of Non-Conformity: ได้มีการปรับปรุงแก้ไข โดยการใช้เช็คสถิติในการตรวจสอบการจำลองอุปกรณ์ และได้ให้ฝ่ายจัดซื้อเร่งรัดเอกสารจากผู้ขายให้ครบถ้วน Corrective action complete/ Close out accepted by QA/ QC Manager: ศิริวัช _____ Date: 16 ก.ย.55 _____			

ABC	CORRECTIVE/ PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: _PL01_	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: _____ แผนกวิศวกรรมงานท่อ _____ CONTRACT NO: 20010 _____		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: สันติ ลิ้มปสุข _____			
Detail of Non-Conformity: แนวทางท่อไม่ถูกต้อง, ตำแหน่งอุปกรณ์ไม่ถูกต้องส่งผลกระทบทำให้ติดตั้งท่อไม่ได้ เกิดการกีดขวาง โครงการล่าช้าเนื่องจากต้องแก้ไข			
Cause of Non-Conformity (Root Cause): - ไม่ทำตามหมายเหตุในไดอะแกรมกระบวนการ - ไม่เข้าใจหมายเหตุในไดอะแกรมกระบวนการ			
Proposed Corrective Action for rectification of non conformity: N/A Proposed by Addressee: _____ Due Date: _____ Proposal accepted by ABC Auditor: _____ Date: _____			
Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity: - ตรวจสอบโดย 30 % โมเดลรีวิว, - ทบทวนแบบจำลองงานท่อปีนรายสัปดาห์, - ทำเช็คลิสต์เพื่อใช้ในการตรวจสอบ - ตรวจสอบกับแบบท่อมิติ Proposed by Addressee: สันติ _____ Due Date: 15 ก.ย.55 _____ Proposal accepted by ABC Auditor: พลพิชัย _____ Date: 25 ก.ค. 55 _____			
Corrective Action complete and close out of Non-Conformity: ได้มีการปรับปรุงแก้ไขโดย มีการตรวจสอบโดย 30 % โมเดลรีวิว ทบทวนแบบจำลองงานท่อปีนรายสัปดาห์นอกเหนือจากการทบทวนตามความก้าวหน้าของโครงการ นอกจากนี้ยังได้ทำเช็คลิสต์เพื่อใช้ในการตรวจสอบรวมทั้งมีการตรวจสอบกับแบบท่อมิติ Corrective action complete/ Close out accepted by QA/ QC Manager: ศิริวัช _____ Date: 16 ก.ย.55 _____			

ABC	CORRECTIVE/ PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: _PL02_	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: _____ แผนกวิศวกรรมงานท่อ _____ CONTRACT NO: 20010 _____		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: สันติ ลิ้มปสุข _____			
Detail of Non-Conformity: เลือกรุ่นค้ำยันสำหรับท่อฝังผลกระทบต่อการทำงานของค้ำยันท่อไม่ถูกต้องตามต้องการ ท่อไม่สามารถให้ตัวได้ มีความเสี่ยงต่อความเสียหายของท่อ			
Cause of Non-Conformity (Root Cause): - ไม่ได้แก้ไขตามข้อเสนอแนะของฝ่ายวิเคราะห์แรงเครียด - ข้อเสนอแนะของฝ่ายวิเคราะห์แรงเครียดไม่ถูกต้อง			
Proposed Corrective Action for rectification of non conformity: N/A			
Proposed by Addressee: _____		Due Date: _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: _____		Date: _____	
Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity: - อนุมัติแบบโดย หัวหน้าวิเคราะห์แรงเครียดท่อ - ระบุจุดคุณภาพ(Quality Point) เพื่อเป็นจุดควบคุมลงในข้อแนะนำการทำงาน (Work Instruction)			
Proposed by Addressee: _____ สันติ _____		Due Date: 15 ก.ค.55 _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: _____ พลพิชัย _____		Date: 25 ก.ค. 55 _____	
Corrective Action complete and close out of Non-Conformity: ได้มีการปรับปรุงแก้ไขโดย ให้หัวหน้าแผนกวิเคราะห์แรงเครียดมีส่วนร่วมในการอนุมัติแบบค้ำยันท่อร่วมกับหัวหน้าวิศวกรแผนกท่อ และมีการระบุจุดคุณภาพ(Quality Point) เพื่อเป็นจุดควบคุมลงในข้อแนะนำการทำงาน (Work Instruction) Corrective action complete/ Close out accepted by QA/ QC Manager: _____ ศิริวัช _____ Date: 16 ก.ค.55 _____			

ABC	CORRECTIVE/ PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: _PL03_	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: _____ แผนกวิศวกรรมงานท่อ _____ CONTRACT NO: 20010 _____		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: สันติ ลิ้มปสุข _____			
Detail of Non-Conformity: ถ้ายันชนพักท่อไม่สอดคล้องกับ คานหลักส่งผลกระทบทำให้ไม่สามารถปฏิบัติการ ซ่อมบำรุงได้ไม่สามารถลอกแบบชนพักท่อได้			
Cause of Non-Conformity (Root Cause): ไม่ได้ตรวจสอบของข้อมูลที่ใช้ออกแบบ ข้อมูลที่เข้ามาล่าช้ากว่า แบบท่อ 3 มิติที่บังคับใช้ ไม่ได้แก้ไขแบบตามข้อมูลล่าสุดของผู้ขาย			
Proposed Corrective Action for rectification of non conformity: N/A			
Proposed by Addressee: _____		Due Date: _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: _____		Date: _____	
Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity: - พิมพ์รายงานการกีดขวาง (Clash) เพื่อตรวจสอบ - ใช้เช็คลิสต์ในการทบทวนแบบจำลอง 3 มิติ ที่ความก้าวหน้าของการออกแบบได้ 30 %			
Proposed by Addressee: สันติ _____		Due Date: 15 ก.ค.55 _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: พลพิชัย _____		Date: 25 ก.ค. 55 _____	
Corrective Action complete and close out of Non-Conformity: มีการปรับปรุงแก้ไขโดยมีการ พิมพ์รายงานการกีดขวาง (Clash) เพื่อตรวจสอบ พร้อมทั้ง ใช้เช็คลิสต์ในการทบทวนแบบจำลอง 3 มิติ ที่ความก้าวหน้าของการออกแบบได้ 30 %			
Corrective action complete/			
Close out accepted by QA/ QC Manager: ศิริวัช _____		Date: 16 ก.ค.55 _____	

ABC	CORRECTIVE/ PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: _PL04_	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: _____ แผนกวิศวกรรมงานท่อ _____ CONTRACT NO: 20010 _____		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: สันติ ลิ้มปสุข _____			
Detail of Non-Conformity: มีการกีดขวางของอุปกรณ์ส่งผลกระทบทำให้อุปกรณ์มีการกีดขวาง (Clash) ทำให้ติดตั้งไม่ได้ ต้องแก้ไขทำงานล่าช้า			
Cause of Non-Conformity (Root Cause): แผนกที่เกี่ยวข้องไม่ได้แก้ไขการกีดขวางเนื่องจาก ภาระงานมากเกินไป			
Proposed Corrective Action for rectification of non conformity: N/A			
Proposed by Addressee: _____		Due Date: _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: _____		Date: _____	
Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity: - ทบทวนแบบจำลอง 3 มิติเป็นรายสัปดาห์เพื่อตรวจสอบการกีดขวางของอุปกรณ์ - ใช้เช็คลิสต์ในการทบทวนการจำลองงานท่อ			
Proposed by Addressee: สันติ _____		Due Date: 15 ก.ย.55 _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: พลพิชัย _____		Date: 25 ก.ค. 55 _____	
Corrective Action complete and close out of Non-Conformity: ได้มีการดำเนินการปรับปรุงแก้ไข โดยมีการทบทวนแบบจำลอง 3 มิติเป็นรายสัปดาห์เพื่อตรวจสอบการกีดขวางของอุปกรณ์ และใช้เช็คลิสต์ในการทบทวนการจำลองงานท่อ Corrective action complete/ Close out accepted by QA/ QC Manager: ศิริวัช _____ Date: 16 ก.ย.55 _____			

ABC	CORRECTIVE/ PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: _PL05_	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: _____ แผนกวิศวกรรมงานท่อ _____ CONTRACT NO: 20010 _____		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: สันติ ลิ้มปสุข _____			
Detail of Non-Conformity: แบบแผนกโยธาถูกต้องหรือไม่ให้แก้ไขก่อนแผนกงานท่อส่งผลกระทบทำให้ต้องแก้ไขงานหน้างานให้ถูกต้องทำให้เกิดความล่าช้า			
Cause of Non-Conformity (Root Cause): ข้อมูลจากผู้ขายล่าช้า, การสื่อสารระหว่างฝ่ายก่อสร้างกับ วิศวกร บกพร่อง			
Proposed Corrective Action for rectification of non conformity: N/A			
Proposed by Addressee: _____		Due Date: _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: _____		Date: _____	
Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity: - เร่งรัดข้อมูลจากผู้ขายให้ทันช่วงก่อสร้างโดยแผนกจัดซื้อ - โฮลด์ (Hold) แบบในจุดที่ข้อมูลไม่ชัดเจนหรือข้อมูลยังไม่สมบูรณ์ Proposed by Addressee: สันติ _____ Due Date: 15 ก.ย.55 _____ Proposal accepted by ABC Auditor: พลพิชัย _____ Date: 25 ก.ค. 55 _____			
Corrective Action complete and close out of Non-Conformity: ได้มีการปรับปรุงแก้ไขโดยการ ให้มีการเร่งรัดข้อมูลจากผู้ขายให้ทันช่วงก่อสร้างโดยแผนกจัดซื้อ และ โฮลด์ (Hold) แบบในจุดที่ข้อมูลไม่ชัดเจนหรือข้อมูลยังไม่สมบูรณ์ Corrective action complete/ Close out accepted by QA/ QC Manager: ศิริวัช _____ Date: 16 ก.ย.55 _____			

ABC	CORRECTIVE/ PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: _PL06_	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: _____ แผนกวิศวกรรมงานท่อ _____ CONTRACT NO: 20010 _____		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: สันติ ลิ้มปสุข _____			
Detail of Non-Conformity: ข้อแนะนำจากการทบทวนแบบจำลองไม่สามารถปฏิบัติได้ส่งผลกระทบทำให้ปฏิบัติงาน/ซ่อมบำรุงอุปกรณ์ไม่ได้ หรือไม่สะดวก ทำให้เกิดความล่าช้าในการปฏิบัติงานหรือซ่อมบำรุง			
Cause of Non-Conformity (Root Cause): ข้อแนะนำจากลูกค้า ล่าช้าเกินกว่าที่จะแก้ไข			
Proposed Corrective Action for rectification of non conformity: N/A			
Proposed by Addressee: _____		Due Date: _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: _____		Date: _____	
Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity: -ออกรายงานการทบทวนการออกแบบรายสัปดาห์เพื่อติดตามงานแก้ไข ข้อคอมเมนต์ -จัดทำข้อแนะนำการทำงานด้านเทคนิค (Technical Work Practice)			
Proposed by Addressee: สันติ _____		Due Date: 15 ก.ค.55 _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: พลพิชัย _____		Date: 25 ก.ค. 55 _____	
Corrective Action complete and close out of Non-Conformity: ได้มีการปรับปรุงแก้ไข โดยการออกรายงานการทบทวนการออกแบบรายสัปดาห์เพื่อติดตามงานแก้ไข คอมเมนต์ และได้มีการ จัดทำข้อแนะนำการทำงานด้านเทคนิค (Technical Work Practice)			
Corrective action complete/			
Close out accepted by QA/ QC Manager: ศิริวัช _____		Date: 16 ก.ค.55 _____	

ABC	CORRECTIVE/ PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: _PM01_	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: _____ แผนกวิศวกรรมงานท่อ _____ CONTRACT NO: 20010 _____		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: สันติ ลิ้มปสุข _____			
<u>Detail of Non-Conformity:</u> ทางเข้าออก/ พื้นที่ไม่เพียงพอส่งผลกระทบทำให้ปฏิบัติงาน/ซ่อมบำรุงอุปกรณ์ไม่ได้ หรือไม่สะดวกทำให้เกิดความล่าช้าในการปฏิบัติงานหรือซ่อมบำรุง			
<u>Cause of Non-Conformity (Root Cause):</u> ข้อนำมาจากลูกค้า ล่าช้าเกินกว่าที่จะแก้ไข			
<u>Proposed Corrective Action for rectification of non conformity:</u> N/A			
Proposed by Addressee: _____		Due Date: _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: _____		Date: _____	
<u>Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity:</u> - ออกรายงานการทบทวนการออกแบบรายสัปดาห์เพื่อติดตามงานแก้ไข ข้อเสนอแนะ (Comment) - จัดทำข้อเสนอแนะการทำงาน(Work Instruction)สำหรับการทบทวนการออกแบบ Proposed by Addressee: สันติ _____ Due Date: 15 ก.ค.55 _____ Proposal accepted by ABC Auditor: พลพิชัย _____ Date: 25 ก.ค. 55 _____			
<u>Corrective Action complete and close out of Non-Conformity:</u> ได้มีการปรับปรุงแก้ไข โดยการ ออกรายงานการทบทวนการออกแบบรายสัปดาห์เพื่อติดตามงานแก้ไข ข้อเสนอแนะ (Comment) และได้จัดทำข้อเสนอแนะการทำงาน(Work Instruction)สำหรับการทบทวนการออกแบบ Corrective action complete/ Close out accepted by QA/ QC Manager: ศิริวัช _____ Date: 16 ก.ค.55 _____			

ABC	CORRECTIVE/ PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: _PM02_	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: _____ แผนกวิศวกรรมงานท่อ _____ CONTRACT NO: 20010 _____		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: สันติ ลิ้มปสุข _____			
<u>Detail of Non-Conformity:</u> ลำดับการติดตั้งอุปกรณ์ไม่ถูกต้องส่งผลกระทบทำให้ติดตั้งอุปกรณ์ไม่ได้ ต้องแก้ไข ทำให้งานล่าช้า			
<u>Cause of Non-Conformity (Root Cause):</u> ข้อนำมาจากลูกค้า ล่าช้าเกินกว่าที่จะแก้ไข			
<u>Proposed Corrective Action for rectification of non conformity:</u> N/A			
Proposed by Addressee: _____		Due Date: _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: _____		Date: _____	
<u>Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity:</u> - ออกรายงานการทบทวนการออกแบบรายสัปดาห์เพื่อติดตามงานแก้ไขข้อเสนอนี้ (Comment) - จัดทำข้อเสนอแนะการทำงานด้านเทคนิค (Technical Work Practice) สำหรับการทบทวนการออกแบบ			
Proposed by Addressee: สันติ _____		Due Date: 15 ก.ค.55 _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: พลพิชัย _____		Date: 25 ก.ค. 55 _____	
<u>Corrective Action complete and close out of Non-Conformity:</u> ได้มีการปรับปรุงแก้ไขโดย มีการออกรายงานการทบทวนการออกแบบรายสัปดาห์เพื่อติดตามงานแก้ไขข้อเสนอนี้ (Comment) และได้จัดทำข้อเสนอแนะการทำงานด้านเทคนิค (Technical Work Practice) สำหรับการทบทวนการออกแบบ			
Corrective action complete/			
Close out accepted by QA/ QC Manager: ศิริวัช _____		Date: 16 ก.ค.55 _____	

ABC	CORRECTIVE/ PREVENTIVE ACTION REQUEST	CAR NO: <u>PN01</u>	
		AUDIT REFERENCE: N/A	
DISCIPLINE: <u>แผนกวิศวกรรมงานท่อ</u> CONTRACT NO: <u>20010</u>		Date raised: 25 ก.ค.55	Issued by: ศิริวัช
ADDRESSEE: <u>สันติ ลิ้มปสุข</u>			
<u>Detail of Non-Conformity:</u> แบบท่อ 3 มิติไม่ได้แก้ไขตามข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงส่งผลกระทบทำให้ติดตั้งงานท่อผิด ต้องแก้ไขที่หน้างาน ทำให้งานล่าช้า			
<u>Cause of Non-Conformity (Root Cause):</u> - ไม่เข้าใจหมายเหตุบนไดอะแกรมกระบวนการ - ไม่ทราบมาตรฐานของลูกค้า - ไม่ใช่พื้นที่ที่ตนเองรับผิดชอบ - มีแรงกดดันจากหัวหน้างานเพื่อเร่งงาน - ไม่ได้แก้ไขหมายเหตุในไดอะแกรมกระบวนการ			
<u>Proposed Corrective Action for rectification of non conformity:</u> N/A			
Proposed by Addressee: _____		Due Date: _____	
Proposal accepted by ABC Auditor: _____		Date: _____	
<u>Proposed Corrective Action to prevent re-occurrence of non conformity:</u> - จัดทำเช็คลิสต์เพื่อใช้ตรวจสอบ - ครีโง์ไลน์หลังจาก ออกเอกสารแบบท่อมิติ			
Proposed by Addressee: <u>สันติ</u>		Due Date: <u>15 ก.ค.55</u>	
Proposal accepted by ABC Auditor: <u>พลพิชัย</u>		Date: <u>25 ก.ค. 55</u>	
<u>Corrective Action complete and close out of Non-Conformity:</u> ได้มีการปรับปรุงแก้ไข โดยได้จัดทำเช็คลิสต์เพื่อใช้ตรวจสอบ กำหนดให้ครีโง์ไลน์ (Freeze) หลังจาก ออกเอกสารแบบท่อมิติ			
Corrective action complete/			
Close out accepted by QA/ QC Manager: <u>ศิริวัช</u>		Date: <u>16 ก.ค.55</u>	

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นายศิวัช แก้ววงศา
เกิดวันที่	15 สิงหาคม 2511
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (วิศวกรรมศาสตร์) มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ตำแหน่งปัจจุบัน	ผู้จัดการฝ่ายประกันคุณภาพ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท ฟอสเตอร์วิลเลอร์ (ประเทศไทย) จำกัด
ผลงานดีเด่นด้านและ	
รางวัลทางวิชาการ:	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ได้รับทุนส่งเสริมการศึกษาต่อจาก บริษัท ฟอสเตอร์วิลเลอร์ฯ