



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

ปริญญา

วิศวกรรมความปลอดภัย

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณเพื่อกำหนดมาตรการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุก
ในกระบวนการผลิตน้ำยาวานิช

Quantitative Risk Assessment to Set Up Measures for Proactive Prevention of Accident in
Varnish Liquid Production Process

นามผู้วิจัย นายอาวุธ เกตุสาคร

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ธีรวัฒน์ มุ่งเจริญ, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา

(รองศาสตราจารย์พีรยุทธ์ ชาญเศรษฐิกุล, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณเพื่อกำหนดมาตรการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกในกระบวนการผลิต
น้ำยาวานิช

Quantitative Risk Assessment to Set Up Measures for Proactive Prevention of Accident in
Varnish Liquid Production Process

โดย

นายอารุณ เกตุสาคร

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

พ.ศ. 2552

อารุณ เกตุสาคร 2552: การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณเพื่อกำหนดมาตรการป้องกัน
อุบัติเหตุเชิงรุกในกระบวนการผลิตน้ำยาวานิช ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
(วิศวกรรมความปลอดภัย) สาขาวิศวกรรมความปลอดภัย โครงการสหวิทยาการระดับ
บัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ,
Ph.D. 177 หน้า

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณเพื่อกำหนดมาตรการป้องกันอุบัติเหตุ
เชิงรุกในกระบวนการผลิตน้ำยาวานิชโดยใช้เทคนิค Check list และ Hazard and Operability
Study (HAZOP) รวมถึงการคำนวณพลังงานไฟฟ้าสถิตที่เกิดขึ้นจากการป้อนสารเคมีเข้าสู่ถังจัดเก็บ
เพื่อประเมินความเสี่ยงอันตรายที่อาจเกิดการลุกไหม้หรือระเบิด จากผลการประเมินความเสี่ยงเชิง
ปริมาณพบว่า มี 17 กรณี ในกระบวนการผลิตน้ำยาวานิชที่มีความเสี่ยงในระดับที่ยอมรับไม่ได้
และที่มีความเสี่ยงสูงที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อชีวิต สุขภาพอนามัย ทรัพย์สิน ชุมชนและ
สาธารณชน เมื่อนำขั้นตอนการป้อนสารเคมีมาศึกษาเพิ่มเติมโดยการคำนวณพลังงานไฟฟ้าสถิตเพื่อ
ประเมินการเกิดการลุกไหม้หรือระเบิดจากการป้อนสารเคมีทั้งเมทิลแอลกอฮอล์และไตรเอท
ซิลอะมีน พบว่าที่ขั้นตอนป้อนเมทิลแอลกอฮอล์ที่ตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีดมีค่า
0.968 มิลลิจูล โดยเปรียบเทียบกับค่าที่ยอมรับได้คือ 0.1 มิลลิจูล ดังนั้นจึงมีความเสี่ยงอันตรายที่
จะเกิดการลุกไหม้หรือระเบิดได้ สำหรับขั้นตอนการป้อนไตรเอทซิลอะมีนที่ตัวเก็บประจุระหว่าง
หน้าแปลนที่หัวฉีดพบว่ามีค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตเท่ากับ 1.59×10^{-11} มิลลิจูล ดังนั้นจึงไม่มีความ
เสี่ยงอันตรายที่จะเกิดการลุกไหม้หรือระเบิด ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องจัดทำแผนป้องกันอุบัติเหตุ
เชิงรุกในกระบวนการผลิตน้ำยาวานิช ดังนี้ 1) ติดตั้ง Flame arrester ที่ถังเมทิลแอลกอฮอล์และม
ีการตรวจสอบ Flame arrester เป็นประจำ 2) ติดตั้ง Limit Switch ที่ม้วนของสายดินและจัดทำ
แบบตรวจสอบสภาพทั่วไปของสายดินและจุดต่อฝาก 3) ซ่อมบำรุงเครื่องวัดระดับสารเคมีภายใน
ถัง 4) ทำแบบตรวจสอบสภาพทั่วไปของถังจัดเก็บ 5) ติดตั้งระบบแจ้งเตือนสารเคมีรั่วไหลที่ถังจัดเก็บ
6) ติดตั้งระบบวัดคัมมิรภัย 7) จัดทำป้ายเตือน “เปิดวาล์วก่อนป้อนสารไตรเอทซิลอะมีนเข้าถัง
จัดเก็บ” 8) ตรวจสอบจานนิรภัย (Bursting Disc), วาล์วควบคุม 9) ติดตั้งตัวกรองและตรวจเช็ค
ประจำวันเพื่อป้องกันการอุดตันของคอยล์เย็น 10) ติดตั้งปั้มน้ำหล่อเย็น 2 ตัวและจัดให้มีการ
ตรวจเช็คประจำวัน 11) ตรวจสอบแรงดันลมก่อนเริ่มผลิต 12) ติดตั้งวาล์วกันไหลย้อนกลับเพื่อ
ป้องกันการไหลย้อนกลับของน้ำหล่อเย็น

Arroon Ketsakorn 2009: Quantitative Risk Assessment to Set Up Measures for Proactive Prevention of Accident in Varnish Liquid Production Process. Master of Engineering (Safety Engineering), Major Field: Safety Engineering, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Associate Professor Thumrongrut Mungcharoen, Ph.D. 177 pages.

This research is to quantitative assess the risk in order to set up measures for proactive prevention of accident in varnish liquid production process. “Check list and Hazard Operability Study (HAZOP)” techniques were used together with the calculation of static electricity occurred during the pumping of chemicals to storage tank in order to assess the risk of possible fire and explosion. The result revealed that there were seventeen cases in the varnish production process with unacceptable risk or high risk to life, health, community and public. For Methyl Alcohol pump, the static electricity in the capacitor formed between the flanges at the nozzle was 0.968 mJ. Comparing with the accepted values of 0.1 mJ, it has high risk for fire and explosion at the capacitor formed between the flanges at the nozzle. For Triethyl Amine pump, the static electricity in the capacitor formed between the flanges at the nozzle was 1.59×10^{-11} mJ. So, there is no risk for fire and explosion at the capacitor formed between the flanges at the nozzle. As a result of this quantitative risk assessment, the safety proactive prevention plan for varnish production process are 1) Install flame arrester at the Methyl Alcohol tank and safety check this flame arrester 2) Install limit switch at the roll of grounding and set up a physical grounding and bonding check list 3) Maintenance the level transmitter at the storage tank 4) Set up a physical storage tank check list 5) Install signal alarm in case of chemical spill at the storage tank 6) Install safety instrument system 7) Set up a safety warning sign “Open valve before Triethyl Amine pumping into the tank 8) Inspect bursting disc and control valve 9) Install strainer and daily check in order to prevent the plug of cooling coils 10) Install two cooling pumps and daily check 11) Inspect air pressure before the start of production process 12) Install check valve in order to prevent the cooling water backflow.

Student’s signature

Thesis Advisor’s signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ. ดร. ชำรงรัตน์ มุ่งเจริญ ประธานกรรมการที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยา
นิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัยทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน
และมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป เจ้าหน้าที่สาขาวิชา
วิศวกรรมความปลอดภัยทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำต่างๆ ตลอดจนขอกราบ
ขอบพระคุณคณะผู้บริหารและพนักงาน บริษัทพานาโซนิค อิเล็กทรอนิกส์ (อยุธยา) จำกัด ที่
อนุเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่
คุณยาย ที่ได้อบรมและให้กำลังใจผู้วิจัยมาตลอดในทุกเรื่อง

อารุณ เกตุสาคร

กุมภาพันธ์ 2552

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(5)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	6
ขอบเขตของการวิจัย	6
การตรวจเอกสาร	8
อุปกรณ์และวิธีการ	56
อุปกรณ์	56
วิธีการ	56
ผลและวิจารณ์	60
ผล	60
วิจารณ์	65
สรุปและข้อเสนอแนะ	79
สรุป	79
ข้อเสนอแนะ	84
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	85
ภาคผนวก	89
ภาคผนวก ก บัญชีรายการเทคนิคการประเมินความเสี่ยง	90
ภาคผนวก ข การคิดคะแนนโอกาสการเกิดอันตราย	93
ภาคผนวก ค รายงานการประเมินความเสี่ยงโดยใช้เทคนิคแบบตรวจสอบความ ความปลอดภัย (Check list)	110
ภาคผนวก ง รายงานการประเมินความเสี่ยงโดยใช้เทคนิค Hazard and Operability Studies: HAZOP	129

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก จ บัญชีรายการความเสี่ยงอันตรายและมาตรการป้องกันอุบัติเหตุ เชิงรุก	152
ภาคผนวก ฉ วิธีการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตและวิธีคิดมูลค่าทรัพย์สิน เสียหายจากเหตุเพลิงไหม้หรือระเบิด	158
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	177

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในอดีต	4
2	ส่วนประกอบของสารฟอร์มัลดีไฮด์	16
3	Properties for Electrostatic Calculation	35
4	Capacitance of Various Objects	35
5	HAZOP Guide Words	37
6	การวิเคราะห์ความล้มเหลวของอุปกรณ์ด้วยเทคนิค FMEA	41
7	สัญลักษณ์ที่ใช้ในการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วย เทคนิค FTA	43
8	ระดับความรุนแรงของการเกิดอันตราย	50
9	การตัดสินระดับความเสี่ยง (Risk level)	52

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ก1	บัญชีรายการเทคนิคการประเมินความเสี่ยง	91
ข1	การคิดคะแนนโอกาสการเกิดอันตราย	94
ค1	คำถามแบบตรวจสอบความปลอดภัย (Check list)	112
ค2	การประเมินความเสี่ยงจากเทคนิคแบบตรวจสอบความปลอดภัย(Check list)	118
ง1	การประเมินความเสี่ยงจากเทคนิค HAZOP (Node 1)	131
ง2	การประเมินความเสี่ยงจากเทคนิค HAZOP (Node 2)	135
ง3	การประเมินความเสี่ยงจากเทคนิค HAZOP (Node 3)	139
ง4	การประเมินความเสี่ยงจากเทคนิค HAZOP (Node 4)	148
จ1	บัญชีรายการความเสี่ยงอันตราย	153
จ2	มาตรการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุก	155
ฉ1	Accepted Electrostatic Value for Calculation	163
ฉ2	รายการทรัพย์สินของโรงงาน	168
ฉ3	รายละเอียดทรัพย์สินของโรงงานเสียหายจากเหตุการณ์เพลิงไหม้หรือระเบิด	168

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ความเสียหายจากเหตุการณ์เกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ที่เมือง Bhopal, India ปี 1984	2
2	ความเสียหายจากเหตุการณ์เกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ที่เมือง Columbus, Ohio ปี 1997	2
3	ความเสียหายจากเหตุการณ์ระเบิดของสารเมทิลแอลกอฮอล์ที่เมือง Florida ปี 2006	3
4	ความเสียหายจากเหตุการณ์ระเบิดของสารเคมีไวไฟ ที่เมือง Kansas ปี 2007	3
5	จุดจอดเทียบช่องรับสารเคมี	9
6	รถขนส่งสารเคมีชนิด Lorry Truck	9
7	รถขนส่งสารเคมีชนิด ISO Tank Container Truck	10
8	สถานที่จัดเก็บสารเคมี (ฟินอล, ฟอรั่มัลดีไฮด์, เมทิลแอลกอฮอล์)	11
9	แผนผังกระบวนการผลิตน้ำยาวานิช	15
10	สูตรโครงสร้างโมเลกุลของสารฟอรั่มัลดีไฮด์	17
11	สูตรโครงสร้างโมเลกุลของสารฟินอล	20
12	สูตรโครงสร้างโมเลกุลของสารเมทิลแอลกอฮอล์	23
13	สูตรโครงสร้างโมเลกุลของสารไตรเอทิลอะมีน	27
14	องค์ประกอบการติดไฟ	30
15	ลักษณะทางกายภาพการเกิด Detonation สำหรับปฏิกิริยาการเผาไหม้ในสถานะเปิด	31
16	ลักษณะทางกายภาพการเกิด Deflagration สำหรับปฏิกิริยาการเผาไหม้ในสถานะเปิด	31

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ก1	ขั้นตอนการศึกษาโดยใช้แบบตรวจสอบความปลอดภัย (Check list) 111
ง1	ขั้นตอนการศึกษา (Node 1) โดยใช้เทคนิค HAZOP 130
ง2	ขั้นตอนการศึกษา (Node 2) โดยใช้เทคนิค HAZOP 134
ง3	ขั้นตอนการศึกษา (Node 3) โดยใช้เทคนิค HAZOP 138
ง4	ขั้นตอนการศึกษา (Node 4) โดยใช้เทคนิค HAZOP 147
ฉ1	กระบวนการถ่ายสารเมทิลแอลกอฮอล์จากรถขนส่งสารเคมีไปสู่ถังจัดเก็บ 159
ฉ2	กระบวนการป้อนสารไตรเอทิลอะมีนจาก TEA Drum ไปสู่ถังจัดเก็บ TEA Tank 164

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

คำอธิบายสัญลักษณ์

Q	=	ปริมาณประจุที่สะสม (คูลอมป์)
I_s	=	Streaming Current (แอมแปร์)
t	=	เวลา (นาที่)
J	=	พลังงานจากการสปาร์กของไฟฟ้าสถิต (จูล)
C	=	ปริมาณความจุไฟฟ้า (ฟารัด)
u	=	ความเร็ว (เมตรต่อวินาที)
d	=	เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของเส้นท่อ (เซนติเมตร)
L	=	ความยาวของเส้นท่อ (ฟุต)
τ	=	Liquid Relaxation Time (วินาที)
ϵ_r	=	Relative dielectric constant (ไม่มีหน่วย)
ϵ_0	=	Permittivity constant $\left(\frac{\text{Coulomb}^2}{\text{Nm}^2}\right)$ หรือ $\left(\frac{\text{S}}{\text{ohmcm}}\right)$
γ_c	=	Specific conductivity $\left(\frac{\text{mho}}{\text{cm}}\right)$
V	=	แรงเคลื่อนไฟฟ้าสถิต (โวลต์)
R	=	ความต้านทาน (โอห์ม)
A	=	พื้นที่หน้าตัดของสายส่ง (ตารางเซนติเมตร)

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

คำอธิบายอักษรย่อ

WWTP	=	Waste Water Treatment Plant
HAZOP	=	Hazard and Operability Study
WB	=	Weight Balance
P	=	Pump
G	=	Gate Valve
ME	=	Methyl Alcohol
FH	=	Formaldehyde
PN	=	Phenol
CV	=	Control Valve
TEA	=	Triethyl Amine
LT	=	Level Transmitter
LIC	=	Level Indicator Control
TIA	=	Temperature Indicator Alarm
TIC	=	Temperature Indicator Control
LEL	=	Lower Explosive Limit คือ ขีดจำกัดต่ำสุดที่สามารถติดไฟหรือเกิดการระเบิดเมื่อมีแหล่งกำเนิดไฟ
UEL	=	Upper Explosive Limit คือ ขีดจำกัดสูงสุดที่สามารถติดไฟหรือเกิดการระเบิดเมื่อมีแหล่งกำเนิดไฟ
LC ₅₀	=	Lethal Concentration 50% คือ ความเข้มข้นของสารเคมีที่ทำให้สัตว์ทดลองตายไป 50 % โดยการหายใจเท่านั้น
LD ₅₀	=	Lethal Dose 50% คือ ปริมาณสารเคมีที่เข้าสู่ร่างกายโดยการกิน การฉีด การดูดซึม หรือการหายใจแล้วทำให้สัตว์ทดลองตายไป 50 %

การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณเพื่อกำหนดมาตรการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุก ในกระบวนการผลิตน้ำยาวานิช

Quantitative Risk Assessment to Set Up Measures for Proactive Prevention of Accident in Varnish Liquid Production Process

คำนำ

สถิติอุบัติเหตุในโรงงานอุตสาหกรรมที่เกิดจากสารเคมี ปี พ.ศ. 2545 – 2550 พบว่าอุบัติเหตุจากสารเคมีคิดเป็นร้อยละ 4.29, 8.47, 13.32, 11.67, 11.00 และ 14.29 ตามลำดับ (สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย, 2551) มีแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุจากสารเคมีสูงขึ้นและเหตุการณ์ในอดีตที่เห็นได้ชัดเจนจากการทำงานที่ขาดความระมัดระวังถึงอันตรายในการทำงานเกี่ยวกับสารเคมี เช่น ที่เมือง Bhopal, India ปี 1984 เกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Runaway reaction) ทำให้แก๊สพิษรั่วไหลออกมาจากโรงงาน Union Carbide มีผู้เสียชีวิตประมาณ 2,500 คน บาดเจ็บประมาณ 15,000 คน (ดูภาพที่ 1), เมือง Columbus, Ohio ปี 1997 เกิดจากการทำปฏิกิริยากันของฟีนอลและฟอร์มัลดีไฮด์ไม่สามารถควบคุมปฏิกิริยาได้เกิดการระเบิดภายในถังปฏิกรณ์ (ดูภาพที่ 2), Bethune Point Waste Water Treatment Plant, Florida ปี 2006 พนักงานทำการตัดเชื่อมหลังคาของถังจัดเก็บสารเมทิลแอลกอฮอล์มีไอระเหยออกจากช่องระบายของถังจัดเก็บเกิดการระเบิดภายในถังทำให้พนักงาน 2 คนเสียชีวิต และ 2 คน ได้รับบาดเจ็บ (ดูภาพที่ 3) และที่เมือง Kansas ปี 2007 เกิดการระเบิดระหว่างการปั๊มสารเคมีไวไฟไปสู่ถังจัดเก็บชุมชนรอบข้างต้องอพยพ (ดูภาพที่ 4) เป็นต้น

จากเหตุการณ์ในอดีตหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องรีบดำเนินการหามาตรการป้องกันและหาสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุจากสารเคมี การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณเป็นเครื่องมือหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ และทุกคนสามารถเรียนรู้ นำมาใช้ในกระบวนการทำงานได้เป็นอย่างดี เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในองค์กรและ ชุมชนรอบข้าง



ภาพที่ 1 ความเสียหายจากเหตุการณ์เกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ที่เมือง Bhopal, India ปี 1984

ที่มา: Tamura and Kobayashi (n.d.)

ที่เมือง Columbus, Ohio ปี 1997 เกิดจากการทำปฏิกิริยากันของสารฟีนอลและฟอร์มัลดีไฮด์ที่ไม่สามารถควบคุมได้ทำให้เกิดการระเบิดภายในถังปฏิกรณ์ปริมาณสารจำนวน 8,000 แกลลอนฟุ้งกระจาย



ภาพที่ 2 ความเสียหายจากเหตุการณ์เกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ที่เมือง Columbus, Ohio ปี 1997

ที่มา : Environmental Protection Agency (1999)

ที่ Daytona Beach, Bethune Point WWTP, Florida ปี 2006 พนักงานทำการตัดเชื่อมหลังคาของถังจัดเก็บสารเมทิลแอลกอฮอล์เกิดไอระเหยออกจากช่องระบายของถังจัดเก็บทำให้เกิดระเบิดภายในถังจัดเก็บพนักงาน 2 คนเสียชีวิตและ พนักงาน 1 คนได้รับบาดเจ็บ



ภาพที่ 3 ความเสียหายจากเหตุการณ์ระเบิดของสารเมทิลแอลกอฮอล์ที่เมือง Florida ปี 2006

ที่มา : U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (2006)

ที่เมือง Kansas ปี 2007 เกิดการระเบิดระหว่างการถ่ายเทสารเคมีไวไฟ (Flammable Liquid) ไปสู่ถังจัดเก็บ (Storage Tank) ชุมชนรอบข้างต้องอพยพ



ภาพที่ 4 ความเสียหายจากเหตุการณ์ระเบิดของสารเคมีไวไฟที่เมือง Kansas ปี 2007

ที่มา : U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (2007)

และเหตุการณ์ที่เคยเกิดขึ้นในอดีตสามารถพิจารณาจากตารางที่ 1 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในอดีต

วันที่เกิด เหตุการณ์	สถานที่	รายละเอียด	ผลกระทบ
4/01/2551	Defiance, Ohio	การระเบิดเกิดขึ้นที่กระบวนการไปโอ ดีเซลเมื่อ Manhole ถูกเปิดออกโดย บังเอิญทำให้ไอระเหยของเมทริล แอลกอฮอล์กระจายไปทั่วบริเวณ คลังสินค้าเกิดการลุกไหม้และระเบิด เนื่องจากมีพนักงานทำให้เกิดประกาย ไฟ	พนักงานได้รับบาดเจ็บ 4 คน โรงงานต้องหยุดระบบ โดยไม่มีกำหนด
20/04/2549	Cleveland, Ohio	พนักงานทำการเคลื่อนย้ายทางเดินเหนือ ที่ถังจัดเก็บสารเมทริลแอลกอฮอล์เกิด ประกายไฟโดยบังเอิญทำให้เกิดการ ระเบิด	พนักงาน 5 คนได้รับ บาดเจ็บ
28/02/2549	Kuala Lumpur, Malaysia	ถังจัดเก็บสารเมทริลแอลกอฮอล์เกิดการ ระเบิดระหว่างการบำรุงรักษาประจำปี	พนักงาน 5 คนเสียชีวิต พนักงาน 4 คนถูกไฟไหม้ ได้รับบาดเจ็บ
17/08/2537	Columbus, Ohio	เกิดจากระบบน้ำหล่อเย็นไม่เพียงพอใน การผลิต Phenolic Resin ทำให้อุณหภูมิ และความดันเพิ่มสูงขึ้นอย่างกะทันหัน ทำให้เกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุม ได้ (Runaway Reaction)	ไม่มีใครได้รับบาดเจ็บต้อง อพยพพนักงานและชุมชน รอบข้างเป็นเวลา 5 ชม.

ที่มา: Environmental Protection Agency (1999)

บริษัทพานาโซนิค อิเล็กทรอนิกส์ (อยุธยา) จำกัด ได้นำวิธีการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณมาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำยาวานิชตามระบบการจัดการทางด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย(OHSAS 18001) แต่ไม่ค่อยประสบผลสำเร็จนักเนื่องจากประสบปัญหาในการดำเนินการชี้บ่งงานที่ถูกต้อง การขาดทักษะประสบการณ์และความเข้าใจของผู้ดำเนินการ อีกทั้งยังมีการชี้บ่งงานที่ผิดพลาด ยิ่งไปกว่านั้นความผิดพลาดในการชี้บ่งงานทำให้มีการดำเนินการในมาตรการป้องกันที่ไม่ตรงกับความเสี่ยงที่มียังผลให้ป้องกันอุบัติเหตุและลดการสูญเสียไม่ถูกจุด อีกทั้งยังใช้ทรัพยากรและงบประมาณในการดำเนินการมากกว่าความจำเป็น ดังนั้นเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในองค์กร ชุมชนรอบข้าง จึงสมควรนำหลักการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้สารเคมีเป็นวัตถุดิบหลักในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าวที่จะนำไปสู่การกำหนดมาตรการในการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกอย่างได้ผลต่อไป

วัตถุประสงค์

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการไปตามความสำคัญของประเด็นปัญหาข้างต้น โดยโครงการวิจัยนี้กำหนดวัตถุประสงค์ไว้ 3 ประการได้แก่

1. เพื่อนำหลักการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณมาทำการชี้บ่งงานที่มีความเสี่ยงในกระบวนการผลิตน้ำยาวานิช
2. เพื่อประเมินการก่ออันตรายจากการเกิดไฟฟ้าสถิต
3. เพื่อกำหนดมาตรการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุก

ขอบเขตของการวิจัย

1. ใช้เทคนิคแบบตรวจสอบความปลอดภัย (Check list) และ Hazard and Operability Study (HAZOP) ในการประเมินความเสี่ยงและบ่งบอกกิจกรรมที่มีความเสี่ยงสูงสุดที่จะก่อให้เกิดการลุกไหม้ และการระเบิดในกระบวนการผลิตน้ำยาวานิชเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการถ่ายสารเคมีจากรถขนส่งสารเคมี (ISO Tank Container Truck, Lorry Truck) ไปสู่ถังจัดเก็บต่อนั้นไปสารเคมีจากถังจัดเก็บเข้าสู่ถังซึ่งสารเคมีและเข้าสู่กระบวนการทำปฏิกิริยาทางเคมีที่ถังปฏิกรณ์จนได้ผลิตภัณฑ์คือน้ำยาวานิชและป้อนน้ำยาวานิชเข้าสู่ถังจัดเก็บเพื่อใช้ในการผลิตต่อไป
2. ศึกษาค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตที่มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดการลุกไหม้หรือระเบิดโดยสมมติสารที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดการลุกไหม้ได้มากที่สุด (Worst case) คือเมทิลแอลกอฮอล์และไตรเอทิลอะมีน โดยนำค่าที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าที่ยอมรับได้
3. จัดทำมาตรการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกในขั้นตอนการทำงานหลังจากการประเมินความเสี่ยงแล้วพบว่าอยู่ในระดับความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้และความเสี่ยงสูง
4. งานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือก บริษัทพานาโซนิค อิเล็กทรอนิกส์ เวิร์คส์ (อยุธยา) จำกัด เป็นกรณีศึกษา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้องค์ความรู้ในการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณและการประเมินผลที่อาจเกิดการลุกลามหรือระเบิดจากไฟฟ้าสถิตและได้มาตรการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกสำหรับกระบวนการผลิตน้ำยาวานิชจากผลของการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ

การตรวจเอกสาร

ในการวิจัยได้ทบทวนเอกสาร รวมทั้งการทบทวนวรรณกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นพื้นฐานความรู้และใช้ในการอ้างอิง โดยในส่วนของ การทบทวนวรรณกรรมได้ทำการแบ่งออกเป็น 6 ส่วน คือ

1. รายละเอียดกระบวนการผลิตน้ำยาวานิช
2. การเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้
3. ข้อมูลทางด้านกายภาพและเคมีของสารฟีนอล, พอร์มัลดีไฮด์, เมทิลแอลกอฮอล์ และ ไตรเอทิลอะมีน
4. การติดไฟและการระเบิด
5. การประเมินความเสี่ยง
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. รายละเอียดกระบวนการผลิตน้ำยาวานิช

แบ่งออกได้ 6 ขั้นตอนดังนี้

1. รถขนส่งสารเคมีจอดเทียบช่องรับสารเคมี (พอร์มัลดีไฮด์, ฟีนอล, เมทิลแอลกอฮอล์) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

รถขนส่งสารพอร์มัลดีไฮด์ ชนิด Lorry Truck ปริมาณ 14,000 ลิตร จอดเทียบช่องรับสารเคมีหมายเลขที่ 3

รถขนส่งสารฟีนอล ชนิด ISO Tank Container Truck ปริมาณ 20,000 ลิตร จอด
เทียบช่องรับสารเคมีหมายเลข 2

รถขนส่งสารเมทิลแอลกอฮอล์ชนิด Lorry Truck ปริมาณ 14,000 ลิตร จอดเทียบ
ช่องรับสารเคมีหมายเลข 1



ภาพที่ 5 จุดจอดเทียบช่องรับสารเคมี



ภาพที่ 6 รถขนส่งสารเคมีชนิด Lorry Truck



ภาพที่ 7 รถขนส่งสารเคมีชนิด ISO Tank Container Truck

2. กระบวนการถ่ายสารฟีนอล, ฟอรั่มดีไฮด์ และเมทิลแอลกอฮอล์ จากรถขนส่งสารเคมี ไปสู่ถังจัดเก็บขนาด 100,000 ลิตร มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 พนักงานคลังวัตถุดิบตรวจสอบพร้อมทั้งเปิดฝาด้านบนเพื่อสังเกตปริมาณของ วัตถุดิบจากเป็นวัดปริมาณด้านในของถัง

2.2 ต่อท่อ (Discharge Pipe) ของรถเข้ากับท่อที่ Input Pump เมื่อต่อเรียบร้อยแล้ว ให้ต่อสาย ดิน (Grounding) เข้ากับรถขนส่งสารเคมี

2.3 ทำการเปิดวาล์วตัวที่ 1 และตัวที่ 2 โดยจะต้องดูสัญลักษณ์ของวาล์ว O = Open, S = Shut

2.4 เปิดสวิทช์ที่ปุ่มสีเขียวของ Input pump สารเคมีก็จะเคลื่อนย้ายจากรถขนส่งสารเคมี ไปที่ถังจัดเก็บไปตามท่อ ด้วยอัตราการไหล 300 ลิตรต่อนาที

2.5 เมื่อตรวจพบว่าสารเคมีในรถขนส่งสารเคมีหมดแล้วทำการปิดวาล์วตัวที่ 2 และตัวที่ 1 แล้วปิดสวิทช์ที่ปุ่มสีแดงของ Input Pump

2.6 ถอดท่อ (Pipe of Input) ออกจากท่อของ Input pump โดยเทส่วนที่ค้างท่อลงในถังพลาสติกที่เตรียมไว้เพื่อรอนำไปเทรวมกับรถขนส่งสารเคมีคราวถัดไป และถอดสายดินและทำการจดบันทึกตัวเลข Stock ที่ตู้ควบคุม (Control Box Panel)



ภาพที่ 8 สถานที่จัดเก็บสารเคมี (ฟินอล, ฟอรั้มลดีไฮด์, เมทิลแอลกอฮอล์)

3. กระบวนการปั๊มสารฟินอล, ฟอรั้มลดีไฮด์ และเมทิลแอลกอฮอล์ จากถังเก็บขนาด 100,000 ลิตร เข้าสู่ถังซั่งสารเคมี (WB1) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 มอเตอร์ไฟฟ้าปั๊มสารฟินอล ผ่านวาล์วควบคุมไปทางท่อลงถังซั่งสารเคมี (WB1)

3.2 มอเตอร์ไฟฟ้าปั๊มสารฟอรั้มลดีไฮด์ผ่านวาล์วควบคุมไปทางท่อลงถังซั่งสารเคมี (WB1)

3.3 มอเตอร์ไฟฟ้าปั๊มสารเมทิลแอลกอฮอล์ ผ่านวาล์วควบคุมไปทางท่อลงถังซั่งสารเคมี (WB1)

4. กระบวนการทำปฏิกิริยาระหว่างฟินอล กับ ฟอรั้มลดีไฮด์ ในถังทำปฏิกิริยาซึ่งเริ่มจากกระบวนการปั๊มสารเคมี (ฟอรั้มลดีไฮด์, ฟินอล, เมทิลแอลกอฮอล์) จากถังจัดเก็บเข้าสู่ถังซั่งสารเคมี

(WB1) และกระบวนการปั๊มสารไตรเอทธิลอะมีนจากถังจัดเก็บ (TEA Tank) เข้าถังซังสารเคมี (WB2) เพื่อเร่งปฏิกิริยาทางเคมีมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.1 พนักงานกดปุ่ม Program Start เพื่อเริ่มกระบวนการผลิต

4.2 กดปุ่ม “Dumping Confirm” เพื่อทำการเทน้ำลงถังปฏิกรณ์จำนวน 150 กิโลกรัม

4.3 กดปุ่ม 42%Formaldehyde เพื่อสั่งให้ปั๊มทำการปั๊มฟอร์มัลดีไฮด์ เข้าถังซังน้ำหนั (WB1) จำนวน 2,500 กิโลกรัม

4.4 กดปุ่ม “Dumping Confirm” เพื่อทำการเทสารฟอร์มัลดีไฮด์ลงถังปฏิกรณ์

4.5 กด “Agitator On” เพื่อเปิดใบกวนสำหรับผสมสาร

4.6 กดปุ่ม Phenol เพื่อสั่งให้ปั๊มทำการปั๊มฟีนอล เข้าถังซังน้ำหนั (WB1) เป็นจำนวน 2,500 กิโลกรัม

4.7 กดปุ่ม “Dumping Confirm” เพื่อทำการเทสารฟีนอล ลงถังปฏิกรณ์

4.8 ควบคุมอุณหภูมิภายในถังปฏิกรณ์ให้ได้ 60 °C โดย Manual Temperature Out ดังขั้นตอนต่อไปนี้

4.8.1 กดปุ่ม Up – Down เพื่อควบคุมอุณหภูมิทั้งด้านล่างและด้านบนของถังปฏิกรณ์

4.8.2 กดปุ่ม Small Cooling เพื่อทำการลดอุณหภูมิอย่างช้าในกรณีที่อุณหภูมิขึ้นไม่มากนัก

4.8.3 กดปุ่ม Large Cooling เพื่อทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วในกรณีสูงขึ้นผิดปกติ

4.9 กวนไว้นานเป็นเวลา 60 นาที

4.10 กดปุ่ม TEA เพื่อสั่งให้ปั๊มทำการปั๊มไตรเอทิลอะมีนเข้าถังชั่งน้ำหนัก (WB2) จำนวน 20 กิโลกรัม

4.11 กดปุ่ม “Dumping Confirm” เพื่อทำการเทสารไตรเอทิลอะมีนลงถังปฏิกรณ์ที่อุณหภูมิ 60°C เพื่อเร่งการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี

4.12 เปลี่ยนโปรแกรมการทำปฏิกิริยาทางเคมีจาก Manual เป็น Automatic

4.13 ที่ Program Reaction กด “Start” ที่อุณหภูมิ 60°C เริ่มให้ความร้อน

4.14 เมื่อทำการให้ความร้อนจนได้อุณหภูมิ 110 °C

4.15 สังเกตอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาเพื่อผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (เพื่อรักษาระดับอุณหภูมิให้คงที่)

4.16 คำนวณเวลาเพื่อที่จะทำการเช็ค Water Tolerance ให้ได้ค่า 400 – 500%

4.17 โปรแกรมจะดำเนินการระบายความร้อน เมื่อ Water Tolerance ได้ค่า 400 – 500%

4.18 กด “Measuring” เพื่อทำการชั่งน้ำ (WB1) จำนวน 200 กิโลกรัม

4.19 กดปุ่ม “Dumping Confirm” เพื่อทำการเทน้ำลงถังปฏิกรณ์

4.20 กด “Measuring” เพื่อทำการชั่งเมทิลแอลกอฮอล์ (WB1) จำนวน 500 กิโลกรัม

4.21 กดปุ่ม “Dumping Confirm” เพื่อทำการเทเมทิลแอลกอฮอล์ลงถังปฏิกรณ์

4.22 เมื่ออุณหภูมิที่ระบายความร้อนลงถึง 40 °C แสดงว่าสิ้นสุดขั้นตอนการระบายความร้อน

4.23 กดปุ่ม “Stop” เพื่อแสดงว่าสิ้นสุดกระบวนการผลิตแล้วพร้อมที่จะทำการส่งไปยังถังจัดเก็บน้ำยาวานิช

4.24 กด “Agitator Off” เพื่อหยุดการทำงานของใบกวน

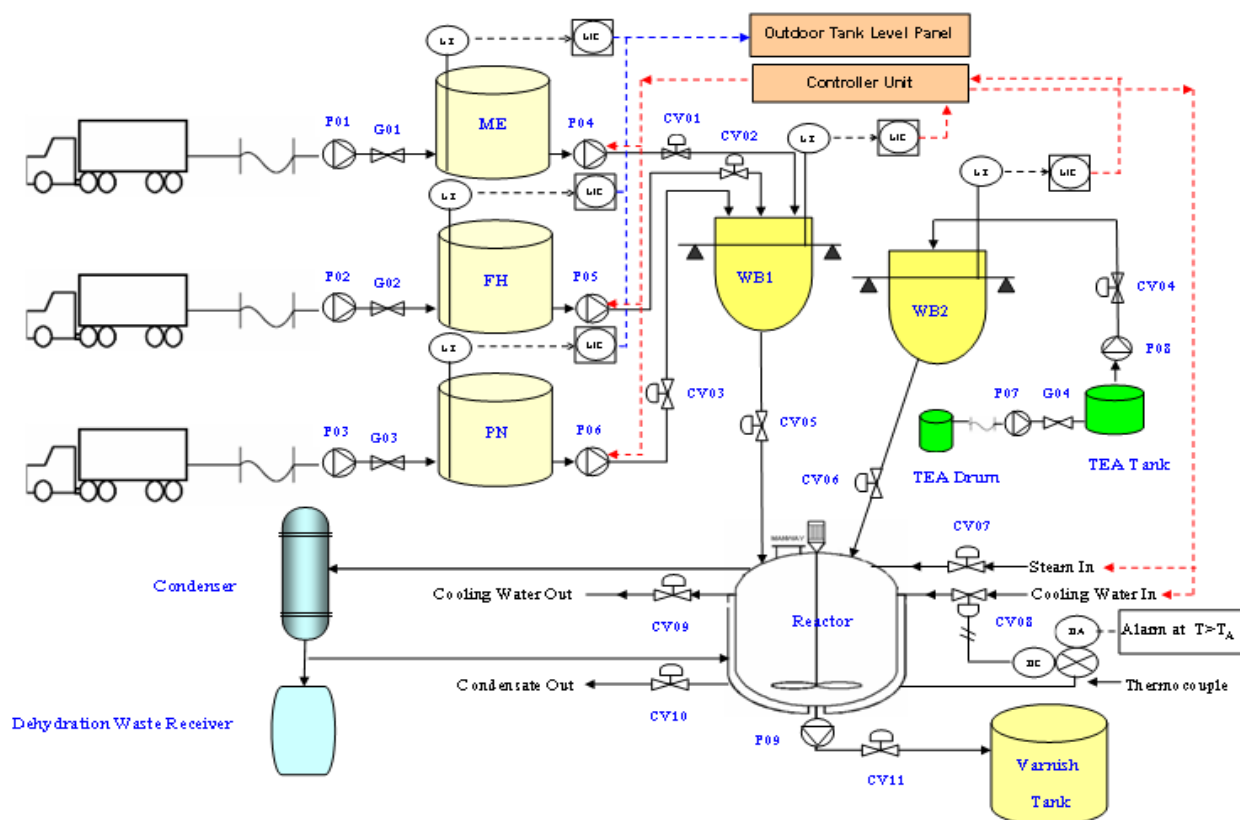
5. กระบวนการปั๊มสารเคมีจาก TEA Drum ขนาด 200 ลิตร ไปสู่ถังจัดเก็บสารเคมี (TEA Tank) ขนาด 1,000 ลิตร เพื่อใช้ในการเร่งปฏิกิริยาระหว่างฟินอล กับ พอร์มัลดีไฮด์ ในถังปฏิกรณ์มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

5.1 ปั๊มสารไตรเอทิลอะมีนจาก TEA Drum ขนาด 200 ลิตรด้วยปั๊มและมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งไตรเอทิลอะมีนผ่านวาล์วไปทางท่อยาว 4 เมตร ลงถึง TEA Tank ขนาด 1,000 ลิตรด้วยอัตราการไหล 50 ลิตรต่อนาที

6. การส่งถ่ายผลิตภัณฑ์จากถังปฏิกรณ์สู่ถังจัดเก็บน้ำยาวานิชมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

6.1 เมื่อตรวจสอบน้ำยาวานิชเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานการผลิตน้ำยาวานิชแล้วให้กดปุ่ม “Ejection On” เพื่อทำการส่งน้ำยาวานิชไปยังถังจัดเก็บจนเสร็จโดยอัตโนมัติ

ขั้นตอนกระบวนการผลิต



ภาพที่ 9 แผนผังกระบวนการผลิตน้ำยาวานิช

2. การเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้

ปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมเคมีส่วนใหญ่เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน สารเคมีที่ใช้เป็นวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาบางครั้งเป็นสารอุปเสถียรซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาต่อไปอีกหรืออาจเกิดการสลายตัวได้และในบางกรณีปฏิกิริยาที่ไม่ต้องการเหล่านั้นยังสามารถคายพลังงานออกมาเป็นปริมาณมาก ส่วนหนึ่งของพลังงานจากปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้มีการเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานแฝง (Latent energy) ด้วยการระเหยสาร (Evaporation) และการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ซึ่งต่อมามีอุณหภูมิสูงขึ้นและคายพลังงานในระดับที่มีอำนาจทำลายล้างที่แท้จริงเมื่อมีการระบายความดันที่สะสมอยู่ในอุปกรณ์ออกอย่างรวดเร็วดังที่ปรากฏให้เห็นเป็นข่าวถึงความเสียหายจากผลการระเบิดของปฏิกรณ์ในกระบวนการผลิตทางเคมี

ปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Runaway Reaction) คือ การเกิดปฏิกิริยาของสารเคมีที่มีการปล่อยพลังงานออกมา ซึ่งมักจะอยู่ในรูปความร้อน (Exothermic หรือ Heat generated) ออกมาอย่างรวดเร็วและไม่สามารถควบคุมได้ หรือไม่สามารถระบายความร้อนได้ทัน ด้วยระบบของกระบวนการผลิตหรือตัวอุปกรณ์เอง เช่น ถังปฏิกรณ์ เป็นต้น จนทำให้อุณหภูมิ และความดัน ในระบบสูงขึ้นจนทำให้ภาชนะบรรจุสารเคมีไม่สามารถรองรับอุณหภูมิและความดันที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็วนี้ได้ ส่งผลให้เกิดการระเบิดขึ้น ซึ่งการระเบิดนี้จะมีพลังรุนแรงมาก สาเหตุของการเกิดมีได้หลายอย่าง เช่น เติมสารเคมีผิด, ระบบน้ำหล่อเย็นไม่ทำงาน, มีการปนเปื้อนของสารเคมีที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา, ค่าพีเอชไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด (เป็นกรดมากหรือเป็นเบสสูง) เป็นต้น

3. ข้อมูลทางด้านกายภาพและเคมีของสารฟีนอล, ฟอรั่มัลดีไฮด์, เมทิลแอลกอฮอล์ และ ไตรเอทิลอะมีน

3.1 ฟอรั่มัลดีไฮด์

3.1.1 ลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมี (Physical and Chemical Properties)

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบของสารฟอรั่มัลดีไฮด์

ส่วนประกอบ	CAS No.	ร้อยละ
ฟอรั่มัลดีไฮด์	50-00-0	37-50
เมทิลแอลกอฮอล์	67-56-1	3-15
น้ำ	-	35-60

ที่มา: ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์ (2544)

ชื่อทางการค้า

ฟอรั่มาลิน

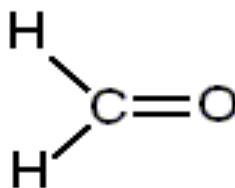
สูตรทางเคมี

CH_2O

ลักษณะทางกายภาพ

เป็นของเหลว ไม่มีสี มีกลิ่นฉุน

จุดเดือด	97 °C
จุดวาบไฟ	64 °C
จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง	< -15 °C
ความถ่วงจำเพาะ/ความหนาแน่น	1.088 g/cm ³ ที่ 20 °C
น้ำหนักโมเลกุล	30 g/mol
อุณหภูมิที่ติดไฟได้เอง	430 °C
อัตราส่วนในอากาศที่เกิดระเบิด/ติดไฟ (LEL, UEL)	7 – 72 Vol%
ความดันไอ	1.3 mbar ที่ 22 °C
การสลายตัว	ได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ
สูตรโครงสร้าง	ดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 สูตรโครงสร้างโมเลกุลของสารฟอร์มัลดีไฮด์

ที่มา: ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์ (2544)

3.1.2 ข้อปฏิบัติในการใช้สารและการเก็บรักษา (Storage and Handling)

สถานที่จัดเก็บต้องจัดเก็บในสถานที่ที่มีอากาศเย็น พื้นที่จัดเก็บต้องออกแบบเพื่อป้องกันการหกรั่วไหลออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก

3.1.3 มาตรการเมื่อมีอุบัติเหตุสารหกรั่วไหล (Leak and Spill)

ห้ามทิ้งลงสู่แหล่งน้ำหรือระบายน้ำ ต้องมีการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลอย่างเหมาะสม ถ้ามีการหกรั่วไหลเพียงเล็กน้อยสามารถใช้ผ้า ทราช หรือจี้เลื้อยเพื่อดูดซับสารได้ แต่ถ้ามีการหกรั่วไหลที่มากต้องเคลื่อนย้ายโดยใช้ปั๊มหรืออุปกรณ์อื่น ๆ ที่เหมาะสม ระมัดระวังสัมผัสกับ สารที่หกหรือระเหยออกมา

3.1.4 สารที่ใช้ในการดับไฟ (Fire Extinguish)

น้ำ, คาร์บอนไดออกไซด์, ผงเคมีแห้ง

3.1.5 การปฐมพยาบาลเบื้องต้น (First Aid)

การหายใจ: ต้องรีบนำผู้ป่วยให้ได้รับอากาศบริสุทธิ์ทันที ถ้าผู้ป่วยไม่ดีขึ้นให้รีบนำตัวพบแพทย์

การกลืนกิน: ให้ดื่มน้ำ ถ้ากลืนกินสารเป็นปริมาณมากต้องให้ผู้ป่วยอาเจียนและนำผู้ป่วยพบแพทย์ทันที

การสัมผัสโดนผิวหนัง: ล้างออกด้วยน้ำหรือน้ำสบู่โดยทันที

การสัมผัสโดนตา: ล้างตาด้วยน้ำสะอาดอย่างน้อยเป็นเวลา 10 นาทีและนำผู้ป่วยพบแพทย์โดยทันที

3.1.6 ผลต่อระบบนิเวศวิทยา (Ecology impact)

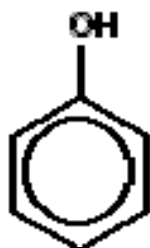
ความเป็นพิษต่อปลา	LC ₅₀ 1-100 mg/l
ความเป็นพิษต่อปลาขนาดเล็ก	LC ₅₀ 1.22 mg/l
ความเป็นพิษต่อสาหร่าย	Median threshold limit: 0.3 – 0.5 mg/l

3.2 ฟีนอล

3.2.1 ลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมี (Physical and Chemical Properties)

ชื่อทางการค้า	ฟีนอล
สูตรทางเคมี	C ₆ H ₅ OH
ลักษณะทางกายภาพ	เป็นของเหลว ไม่มีสี กลิ่นเฉพาะตัว
CAS No.	108-95-2
จุดเดือด	180-182 °C
จุดวาบไฟ	79 °C
จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง	41 °C
ความถ่วงจำเพาะ/ความหนาแน่น	1.06 g/cm ³ ที่ 20 °C
น้ำหนักโมเลกุล	94.11 g/mol

อุณหภูมิที่ติดไฟได้เอง	605 °C
อัตราส่วนในอากาศที่เกิดระเบิด/ติดไฟ (LEL, UEL)	1.3 – 9.5 Vol%
ความดันไอ	0.2 kPa ที่ 20 °C
ค่าพีเอช	~ 5
ความสามารถในการละลายน้ำ	82 g/l
สถานะที่ต้องหลีกเลี่ยง	การให้ความร้อน
สูตรโครงสร้าง	ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 สูตรโครงสร้างโมเลกุลของสารฟีนอล

ที่มา: ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์ (2544)

3.2.2 การปฐมพยาบาลเบื้องต้น (First Aid)

เมื่อสูดดม: ให้รับอากาศบริสุทธิ์ นำส่งแพทย์ ให้ออกซิเจน

เมื่อถูกผิวหนัง: ล้างออกด้วยน้ำปริมาณมาก ถอดเสื้อผ้าที่เปื้อนออกทันที

เมื่อเข้าตา: ล้างด้วยน้ำปริมาณมาก โดยลืมตากว้างในน้ำอย่างน้อย 10 นาทีและรีบนำส่งจักษุแพทย์

เมื่อกลืนกิน: ให้ผู้ป่วยดื่มน้ำปริมาณมาก ไม่ควรทำให้อาเจียน สารมีฤทธิ์กัดกร่อน อาจทำให้เกิดการทะลุเป็นรู หลังจากนั้นให้กินคาร์บอนกัมมันต์ปริมาณ 20-40 กรัมละลายในน้ำ 200-400 มิลลิลิตร นำส่งแพทย์ทันที

3.2.3 มาตรการผจญเพลิง (Fire and Explosion)

สารดับไฟที่เหมาะสม คือ น้ำ โฟมดับเพลิง

ข้อมูลอันตรายอื่น: ลูกไฟติดไฟได้ ไอระเหยหนักรกว่าอากาศเมื่อทำปฏิกิริยากับอากาศ ก่อให้เกิดของผสมที่ระเบิดได้ เมื่อเกิดเพลิงไหม้จะก่อให้เกิดแก๊สหรือไอระเหยที่อันตราย

3.2.4 มาตรการเมื่อมีอุบัติเหตุสารหกรั่วไหล (Leak and spill)

ข้อควรระวังส่วนบุคคล: ไม่ควรทำให้เกิดฝุ่น ห้ามสูดดมฝุ่น ไม่ควรสัมผัสกับสาร

วิธีทำความสะอาด/ดูดซับ: กวาดขณะแห้งอย่างระมัดระวัง ส่งต่อไปกำจัด ทำความสะอาดบริเวณที่ปนเปื้อนสารด้วยน้ำ

มาตรการปกป้องสิ่งแวดล้อม: ป้องกันไม่ให้ไหลลงสู่ระบบสุขาภิบาล ดิน หรือสิ่งแวดล้อม

3.2.5 การจัดการและการเก็บรักษา (Storage and Handling)

ปิดภาชนะให้แน่น เก็บในที่แห้ง เก็บห่างจากแสง บริเวณที่มีอากาศถ่ายเทได้ดี ต้องเก็บให้ห่างจากสารไวไฟมาก

3.2.6 ความเสถียรและความไวต่อปฏิกิริยา (Stability and Reaction)

สภาวะที่ต้องหลีกเลี่ยง: การให้ความร้อน

3.2.7 ข้อมูลทางพิษวิทยา (Toxicity data)

LD₅₀ (Oral, human): 140 mg/kg

LD₅₀ (Oral, rat): 317 mg/kg

LD₅₀ (Dermal, rat): 669 mg/kg

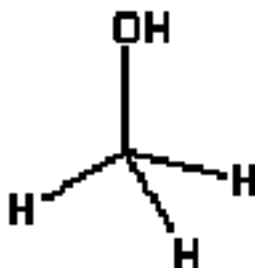
LC₅₀ (Inhalation, rat): 316 mg/kg

3.3 เมทิลแอลกอฮอล์

3.3.1 ลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมี (Physical and Chemical Properties)

ชื่อทางการค้า	เมทิลแอลกอฮอล์
สูตรทางเคมี	CH ₄ O
ลักษณะทางกายภาพ	เป็นของเหลว ใสไม่มีสี กลิ่นเฉพาะตัว
CAS No.	67-56-1
จุดเดือด	64.6 °C
จุดวาบไฟ	12.2 °C

จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง	-97.8 °C
ความถ่วงจำเพาะ/ความหนาแน่น	0.79 g/cm ³
น้ำหนักโมเลกุล	32 g/mol
อุณหภูมิที่ติดไฟได้เอง	464 °C
อัตราส่วนในอากาศที่เกิดระเบิด/ติดไฟ (LEL, UEL)	5.5-36.5 Vol%
ความดันไอ	96 mmHg ที่ 20 °C
ความสามารถในการละลายน้ำ	ละลายน้ำได้
สูตรโครงสร้าง	ดังแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 12 สูตรโครงสร้างโมเลกุลของสารเมทิลแอลกอฮอล์

ที่มา: ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์ (2544)

3.3.2 ค่ามาตรฐานและความเป็นพิษ (Standard and Toxicity)

LD₅₀ (หนูทดลอง): 5600 mg/kg

LC₅₀ (หนูทดลอง): 83,840/4 ชม. mg/m³

TLV-TWA: 200 ppm

TLV-STEL: 250 ppm

3.3.3 อันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health Effect)

สัมผัสทางหายใจ: การหายใจเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคือง ตา จมูก ลำคอ และทางเดินหายใจ กระตุ้นประสาทส่วนกลาง ทำให้ปวดศีรษะ ง่วงนอน ถ้าสัมผัสปริมาณมากจะทำให้อาการโคม่าและตายได้เนื่องจากระบบหายใจล้มเหลว

สัมผัสทางผิวหนัง: การสัมผัสถูกผิวหนัง ไอระเหยของเหลวของสารนี้ จะทำให้เกิดการสูญเสียชั้นไขมันของผิวหนัง ทำให้ผิวหนังแห้ง แดง และเกิดผื่นแดง

กินหรือกลืนเข้าไป: การกลืนหรือกินเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคือง เยื่อเมือกของปากและลำคอ ทำให้เกิดอาการไอ ท้องร่วง ปวดท้อง ปวดศีรษะ และง่วงซึม

สัมผัสดวงตา: การสัมผัสถูกตาจะก่อให้เกิดการระคายเคืองและทำให้เยื่อเมือกตาอักเสบ เกิดตาแดง และสายตาสั้น

3.3.4 ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and Reaction)

ความคงตัวทางเคมี: สารมีความเสถียร

สารที่เข้ากันไม่ได้: สารออกซิไดซ์อย่างแรง โลหะอัลคาไลที่ กรดซัลฟูริกและกรดไนตริกเข้มข้น แอลดีไฮด์

สถานะที่ควรหลีกเลี่ยง: ความร้อน ประกายไฟ และแหล่งจุดติดไฟอื่น ๆ

3.3.5 การเกิดอัคคีภัยและการระเบิด (Fire and Explosion)

สารดับเพลิงในกรณีเกิดเพลิงไหม้ให้ใช้ ผงเคมีแห้ง คาร์บอนไดออกไซด์ โฟม แอลกอฮอล์ หรือน้ำฉีดเป็นฝอยเพื่อหล่อเย็นภาชนะบรรจุที่สัมผัสกับเปลวไฟ และลดการฟุ้งกระจายของไอระเหย อย่าใช้น้ำฉีดเป็นลำเพราะจะทำให้เปลวไฟแพร่กระจาย กรณีเกิดเพลิงไหม้ให้สวมใส่อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดมีถังในตัว ไอระเหยของสารสามารถแพร่กระจายออกไปถึงแหล่งจุดติดไฟและอาจเกิดการติดไฟย้อนกลับมา ซึ่งสารอันตรายที่เกิดจากการเผาไหม้ คือ คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์

3.3.6 ข้อปฏิบัติในการใช้สารและการเก็บรักษา (Storage and Handling)

เก็บในภาชนะบรรจุที่ปิดมิดชิด, เก็บในบริเวณที่เย็นและแห้ง, เก็บห่างจากสารออกซิไดซ์ และแหล่งจุดติดไฟ

3.3.7 มาตรการเมื่อมีอุบัติเหตุสารหกรั่วไหล (Leak and Spill)

ระบายอากาศในบริเวณที่สารหกรั่วไหล, ให้เคลื่อนย้ายสารที่จุดติดไฟออกไป, ดูดซับสารที่หกรั่วไหลด้วยปูนขาวแห้ง ทราช และเก็บส่วนที่หกรั่วไหลในภาชนะบรรจุที่ปิดมิดชิดเพื่อนำไปกำจัด

3.3.8 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (Personal Protection Equipment)

ต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล เช่น หน้ากากป้องกันระบบทางเดินหายใจ, ถุงมือ, ชุดป้องกันสารเคมี, หน้ากากกระบังหน้า แว่นตานิรภัย

3.3.9 การปฐมพยาบาล (First Aid)

หายใจเข้าไป: ถ้าหายใจเข้าไป ให้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกสู่บริเวณที่มีอากาศบริสุทธิ์ การปฐมพยาบาลถ้าผู้ป่วยหยุดหายใจให้ช่วยผายปอด ถ้าหายใจติดขัดให้ออกซิเจนช่วยและ นำไปพบแพทย์

กินหรือกลืนเข้าไป: ถ้ากลืนหรือกินเข้าไป ถ้าผู้ป่วยมีสติและรู้สึกตัวอยู่ให้ผู้ป่วยดื่มน้ำ $\frac{1}{2}$ - 1 แก้ว เพื่อเจือจางสาร ถ้าผู้ป่วยอาเจียนให้ก้มศีรษะให้ต่ำลงเพื่อหลีกเลี่ยงการหายใจเอา อาเจียนเข้าไป ให้ผู้ป่วยบ้วนล้างปากด้วยน้ำและนำส่งแพทย์

สัมผัสถูกผิวหนัง: ถ้าสัมผัสถูกผิวหนัง ให้ฉีดล้างผิวหนังทันทีด้วยน้ำปริมาณมากอย่างน้อย 15 นาที พร้อมถอดเสื้อผ้าและรองเท้าที่ปนเปื้อนสารเคมีออกและนำส่งแพทย์

สัมผัสถูกตา: ถ้าสัมผัสถูกตา ให้ล้างตาทันทีด้วยน้ำปริมาณมากอย่างน้อย 15 นาทีโดยเปิดเปลือกตาให้กว้างขณะทำการล้างและนำส่งจักษุแพทย์

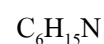
3.3.10 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impacts)

สารนี้สามารถเกิดการย่อยสลายทางชีวภาพได้ง่าย, สารนี้คาดว่าจะไม่ก่อให้เกิดการสะสมทางชีวภาพ, เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ เป็นพิษต่อปลา และแพลงก์ตอน, เมื่อรั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำ จะก่อให้เกิดการผสมที่เป็นพิษ ไม่สามารถเจือจางได้ และอาจเกิดการผสมกับอากาศเหนือผิวน้ำให้ไอของสารที่ระบิดได้

3.4 ไตรเอทิลอะมีน

3.4.1 ลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมี (Physical and Chemical Properties)

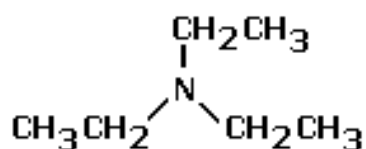
สูตรทางเคมี



ลักษณะทางกายภาพ

เป็นของเหลว ไม่มีสี

CAS No.	121-44-8
จุดเดือด	89.5 °C
จุดวาบไฟ	-8.89 °C
จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง	-114.8 °C
ความถ่วงจำเพาะ/ความหนาแน่น	0.72 g/cm ³
น้ำหนักโมเลกุล	101.19 g/mol
อุณหภูมิที่ติดไฟได้เอง	248.89 °C
อัตราส่วนในอากาศที่เกิดระเบิด/ติดไฟ (LEL, UEL)	1.2-8.0 Vol%
ความดันไอ	50 mmHg ที่ 20 °C
ความสามารถในการละลายน้ำ	ละลายน้ำได้
Dielectric constant	2.42
สูตรโครงสร้าง	ดังแสดงในภาพที่ 13



ภาพที่ 13 สูตรโครงสร้างโมเลกุลของสารไตรเอทิลอะมีน

ที่มา: ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์ (2544)

3.4.2 ค่ามาตรฐานและความเป็นพิษ (Standard and Toxicity)

LD₅₀ (หนูทดลอง): 460 mg/kg

LC₅₀ (หนูทดลอง): 600/2 ชม. mg/m³

TLV-TWA: 1 ppm

TLV-STEL: 15 ppm

3.4.3 อันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health Effect)

สัมผัสทางหายใจ: การหายใจเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคือง ทางเดินหายใจ เกิดอาการไอ เจ็บคอ หายใจติดขัด ปวดศีรษะ ทำให้ปอดบวม และน้ำท่วมปอด

สัมผัสทางผิวหนัง: การสัมผัสถูกผิวหนังจะก่อให้เกิดการระคายเคือง สารนี้สามารถดูดซึมผ่านผิวหนังได้ทำให้เกิดผื่นแดง ปวดแสบปวดร้อนและเกิดแผลไหม้

กินหรือกลืนเข้าไป: การกลืนกินเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคือง ทางเดินอาหาร

สัมผัสดวงตา: การสัมผัสถูกตาจะก่อให้เกิดการระคายเคืองตาได้รับการบาดเจ็บ ตาแดง ทำให้ตาพร่ามัว มองเห็นไม่ชัดเจน

3.4.4 ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and Reaction)

ความคงตัวทางเคมี: สารมีความเสถียร

สารที่เข้ากันไม่ได้: กรด สารออกซิไดซ์ เป็นต้น

สภาวะที่ควรหลีกเลี่ยง: ความร้อน ประกายไฟ และแหล่งจุดติดไฟอื่น ๆ

3.4.5 การเกิดอัคคีภัยและการระเบิด (Fire and Explosion)

สารนี้เป็นสารไวไฟ และในขณะที่เกิดไฟไหม้จะเกิดฟุ้งและก๊าซพิษในกรณีถ้าเกิด การลุกไหม้สารที่ใช้ในการดับเพลิงคือ ผงเคมีแห้ง คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำฉีดเป็นฝอย โฟมด้าน ทานแอลกอฮอล์

3.4.6 ข้อปฏิบัติในการใช้สารและเก็บรักษา (Storage and Handling)

เก็บในภาชนะบรรจุที่ปิดมิดชิด, เก็บในบริเวณที่เย็นและแห้ง, เก็บห่างจากสาร ออกซิไดซ์ และแหล่งจุดติดไฟ

3.4.7 มาตรการเมื่อมีอุบัติเหตุสารหกรั่วไหล (Leak and Spill)

เก็บส่วนที่หกรั่วไหลในภาชนะบรรจุที่ปิดมิดชิดเพื่อนำไปกำจัดโดยใช้เครื่องมือที่ไม่ ก่อให้เกิดประกายไฟ และดำเนินการดูดซับด้วยวัสดุดูดซับที่เฉื่อย เช่น ทราช

3.4.8 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (Personal Protection Equipment)

ต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล เช่น หน้ากากป้องกันระบบทางเดิน หายใจ, ถุงมือ, ชุดป้องกันสารเคมี, หน้ากากกระบังหน้า, แว่นตานิรภัย

3.4.9 การปฐมพยาบาล (First Aid)

หายใจเข้าไป: ถ้าหายใจเข้าไป ให้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกสู่บริเวณที่มีอากาศบริสุทธิ์ การปฐมพยาบาลถ้าผู้ป่วยหยุดหายใจให้ช่วยผายปอด ถ้าหายใจติดขัดให้ออกซิเจน นำไปพบแพทย์

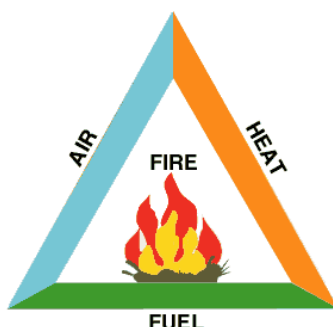
กินหรือกลืนเข้าไป: ถ้ากลืนหรือกินเข้าไป ถ้าผู้ป่วยมีสติและรู้สึกตัวอยู่ให้ผู้ป่วยดื่มน้ำ 2-4 แก้วอย่ากระตุ้นให้เกิดอาเจียน

สัมผัสถูกผิวหนัง: ถ้าสัมผัสถูกผิวหนัง ให้ฉีดล้างผิวหนังทันทีด้วยน้ำปริมาณมากอย่างน้อย 15 นาที พร้อมถอดเสื้อผ้าและรองเท้าที่ปนเปื้อนสารเคมีออกและนำส่งแพทย์

สัมผัสถูกตา: ถ้าสัมผัสถูกตา ให้ล้างตาทันทีด้วยน้ำปริมาณมากอย่างน้อย 15 นาทีโดยเปิดเปลือกตาให้กว้างขณะทำการล้างและนำส่งจักษุแพทย์

4. การติดไฟและการระเบิด

การติดไฟต้องมีองค์ประกอบร่วมกัน 3 องค์ประกอบซึ่งองค์ประกอบทั้ง 3 นี้ ต้องมีอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในแต่ละองค์ประกอบจึงจะสามารถทำให้เกิดการติดไฟขึ้นได้ถ้าขาดองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งหรืออัตราส่วนผสมในแต่ละองค์ประกอบไม่เหมาะสมก็ไม่สามารถทำให้ไฟเกิดขึ้นได้



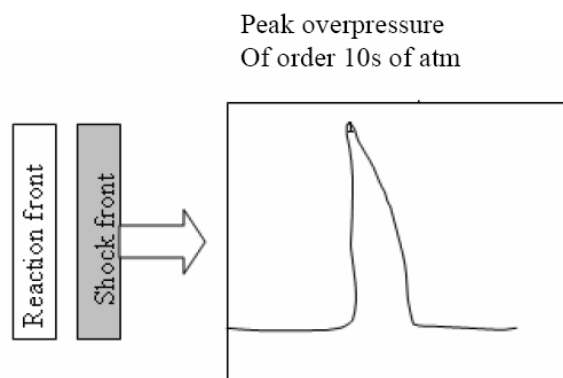
ภาพที่ 14 องค์ประกอบการติดไฟ

ที่มา : ชันทอง (2549)

การระเบิด (Explosion) มีลักษณะที่เกิดจากคลื่นสั้น (Short wave) ซึ่งมีเสียงดัง เกิดเป็นความดันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว กระแทกออกโดยรอบทำความเสียหายต่อคน อาคาร กระจกที่อยู่โดยรอบและมีการกระเด็นของเศษวัตถุเป็นระยะทางหลายร้อยเมตร บางครั้งการระเบิดก่อให้เกิดเปลวไฟและสะเก็ดระเบิดไปไกลทำให้เกิดไฟไหม้หรือระเบิดโรงงานข้างเคียงได้ ซึ่งเรียกว่า “Domino effect”

การระเบิดมีหลายลักษณะได้แก่ การระเบิดแบบ Detonation และการระเบิดแบบ Deflagration

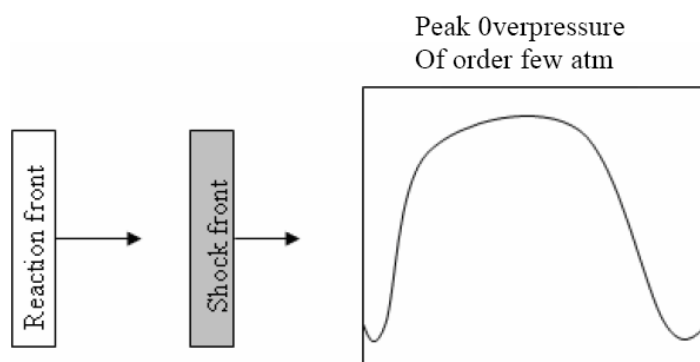
1. การระเบิดแบบ Detonation คือ การระเบิดที่อยู่ในลักษณะที่มีความดันสูงถึง 200 พาสคัล และมีความเร็วในการเผาไหม้สูงถึง 2,000 – 3,000 เมตรต่อวินาที



ภาพที่ 15 ลักษณะทางกายภาพการเกิด Detonation สำหรับปฏิกิริยาการเผาไหม้ในสถานะเปิด

ที่มา: Crowl and Louvar (2002)

2. การระเบิดแบบ Deflagration คือ การระเบิดที่อยู่ในรูปของไฟที่มีความร้อนสูง มีความเร็วในการเผาไหม้ช้าประมาณ 1 เมตรต่อวินาที และความดันสูงสุด 70 – 80 กิโลพาสคัล



ภาพที่ 16 ลักษณะทางกายภาพการเกิด Deflagration สำหรับปฏิกิริยาการเผาไหม้ในสถานะเปิด

ที่มา: Crowl and Louvar (2002)

การป้องกันการจู่ระเบิดจากไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้าสถิต (Static Electricity) หรือการเกิดประจุไฟฟ้าสถิต (Static Charge) เป็นปัญหาที่สำคัญเรื่องหนึ่งสำหรับพื้นที่ที่มีการใช้หรือถ่ายเทสารไวไฟจากข้อมูลในอดีตสาเหตุของอุบัติเหตุการเกิดเพลิงไหม้ส่วนหนึ่งเกิดจากการสปาร์กของประจุไฟฟ้าสถิต ดังนั้นนอกจากการออกแบบติดตั้งระบบไฟฟ้าเพื่อป้องกันการระเบิดแล้ววิศวกรผู้ออกแบบยังจำเป็นต้องพิจารณาปัญหาและวิธีการแก้ไขปัญหการสปาร์กที่รุนแรงจากประจุไฟฟ้าสถิตอีกด้วยเพื่อให้เข้าใจสถานการณ์ที่จะทำให้เกิดประกายไฟอันตรายจากไฟฟ้าสถิตจะต้องพิจารณาปัจจัยต่างๆที่สำคัญ ดังนี้

1. การสะสมของประจุ (Accumulation of Charge)

ความสามารถในการนำไฟฟ้าของน้ำมันเชื้อเพลิง พิจารณาจากค่าความนำ (Conductivity) ซึ่งมีหน่วยเป็น picoSiemens/meter (ps/m) ตัวอย่างเช่นน้ำมันดีเซลมีค่าความนำประมาณ 25 ps/m จะสามารถสะสมประจุไฟฟ้าได้มาก ดังนั้นการถ่ายเทน้ำมันผ่านท่อ จึงจำเป็นต้องใช้อัตราการไหลต่ำเพื่อป้องกันการเหนี่ยวนำประจุไฟฟ้าให้เกิดประจุไฟฟ้าตรงข้ามขึ้นบนท่อจะอาจทำให้เกิดความเสี่ยงในการเกิดสปาร์กไปยังโครงสร้างที่เป็นตัวนำไฟฟ้าอื่นที่เข้ามาใกล้ซึ่งการสะสมของประจุเป็นผลมาจากการเคลื่อนย้ายของอิเล็กตรอนจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง และสามารถพิจารณาจากสมการต่อไปนี้

$$Q = I_s t \quad (1)$$

โดยที่

Q = ปริมาณประจุที่สะสม

I_s = Streaming Current

t = เวลา

2. การสปาร์กจากประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Discharge : ESD)

เมื่อวัตถุสองชิ้นซึ่งมีประจุไฟฟ้าชนิดตรงข้ามสะสมอยู่เข้ามาอยู่ใกล้กัน จะเกิดปรากฏการณ์เหมือนคาปาซิเตอร์ กล่าวคือ ประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันจะถูกแบ่งแยกด้วยช่องอากาศ (Air Gap) สนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุไฟฟ้าจะทำให้โมเลกุลของอากาศแตกตัวเป็นไอออน (Ionization) และในที่สุดประจุไฟฟ้าสถิตก็จะสามารถข้ามผ่านช่องว่างนั้นได้ ซึ่งเรียกว่า การเกิดสปาร์กจากประจุไฟฟ้าสถิตการปลดปล่อยพลังงานความร้อนจากการสปาร์กอาจสูงเพียงพอที่จะจุดติดไฟไอระเหยของสารไวไฟที่ผสมอยู่ในอากาศจนเกิดเพลิงไหม้ขึ้นได้ พลังงานจากการสปาร์กแต่ละครั้งจะสามารถจุดติดไฟขึ้นอยู่กับชนิดของสารไวไฟและสามารถหาค่าพลังงานจากการสปาร์กจากประจุไฟฟ้าสถิตได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$J = \frac{Q^2}{2C} ; V = \frac{Q}{C} \quad (2)$$

โดยที่

J = พลังงานจากการสปาร์กของไฟฟ้าสถิต

C = ปริมาณความจุไฟฟ้า

และสามารถหากระแสไฟฟ้าการเคลื่อนย้ายของอิเล็กตรอน (Electron) จากพื้นผิวหนึ่งไปยังอีกพื้นผิวหนึ่งเมื่อสารเคมีมีการเคลื่อนย้ายผ่านท่อต่างๆ ซึ่งเป็นโลหะหรือแก้วซึ่งเรียกว่า Streaming Current โดยพิจารณาจากสมการต่อไปนี้

$$I_s = \left[\frac{10 \times 10^{-6} \text{ amp}}{(m/s)^2 (m)^2} \right] (ud)^2 \left[1 - \exp\left(-\frac{L}{u\tau}\right) \right] \quad (3)$$

โดยที่

u = ความเร็ว

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นท่อ

L = ความยาวของเส้นท่อ

τ = Liquid Relaxation Time

และ Relaxation Time (τ) คือ เวลาที่ประจุเกิดการสลายไปซึ่งสามารถพิจารณาได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\tau = \frac{\epsilon_r \epsilon_0}{\gamma_C} \quad (4)$$

โดยที่

ϵ_r = Relative dielectric constant

ϵ_0 = Permittivity constant = $8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{coulomb}^2}{\text{Nm}^2} = 8.85 \times 10^{-14} \frac{\text{s}}{\text{ohmcm}}$

γ_C = Specific conductivity

ตารางที่ 3 Properties for Electrostatic Calculation

Material	Specific conductivity (mho/cm)	Dielectric constant
Liquid		
Benzene	$7.6 \times 10^{-8} \text{ to } < 1 \times 10^{-18}$	2.3
Toluene	$< 1 \times 10^{-14}$	2.4
Xylene	$< 1 \times 10^{-15}$	2.4
Heptane	$< 1 \times 10^{-18}$	2.0
Hexane	$< 1 \times 10^{-18}$	1.9
Methanol	4.4×10^{-7}	33.7
Ethanol	1.5×10^{-7}	25.7
Isopropanol	3.5×10^{-6}	25.0
Water	5.5×10^{-6}	80.4

ที่มา: Crowl and Louvar (2002)

ตารางที่ 4 Capacitance of Various Objects

Object	Capacitance (C) (Farad)
Small scoop, Beer can, Tools	5×10^{-12}
Buckets, Small drum	20×10^{-12}
50-100 gallon containers	100×10^{-12}
Person	200×10^{-12}
Automobile	500×10^{-12}
Tank Truck	1000×10^{-12}

ที่มา: Crowl and Louvar (2002)

สามารถคำนวณหาค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าสถิตและความต้านทานของการบีบสารเคมีไปตามเส้นท่อโดยพิจารณาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$V = I_s R \quad (5)$$

$$R = \left(\frac{1}{\gamma_c} \right) \left(\frac{L}{A} \right) \quad (6)$$

โดยที่

V = แรงเคลื่อนทางไฟฟ้าสถิต

R = ความต้านทาน

A = พื้นที่ของสายส่ง

5. การประเมินความเสี่ยง

การชี้บ่งอันตราย (Hazard Identification) หมายถึง กระบวนการในการค้นหาอันตรายที่มีอยู่และอธิบายลักษณะเฉพาะของอันตรายนั้น โดยใช้เทคนิคต่างๆ ดังนี้

5.1 Hazard and Operability Studies (HAZOP)

HAZOP หรือ Hazard and Operability Study เป็นเทคนิคที่พัฒนาขึ้นโดยอุตสาหกรรมเคมีเพื่อชี้บ่งอันตรายและประเมินความปลอดภัยของกระบวนการภายในโรงงานและอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมควบคู่กับปัญหาของกระบวนการผลิตซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการผลิต การทำ HAZOP ต้องใช้ข้อมูลรายละเอียดของการออกแบบ วิธี HAZOP ส่วนใหญ่ใช้ทำกันระหว่างหรือหลังการออกแบบ ระหว่างการทำ HAZOP ต้องประกอบไปด้วยผู้มีความรู้จากหลายสาขาที่จำเป็นมาระดมสมองอย่างเป็นขั้นตอนในการชี้บ่งและวิเคราะห์อันตรายและปัญหาของการปฏิบัติการที่เกิดจากการเปลี่ยนไปจากที่ออกแบบหรือค่าที่กำหนดไว้ในกระบวนการ เทคนิคนี้เริ่มจากการใช้คำ

มาตรฐานสั้นๆ (Guide words) มาประกอบกับค่าควบคุมของกระบวนการ (Process Parameter) ก็จะได้ ความเบี่ยงเบน (Deviation) ที่ต้องมาทำการวิเคราะห์

วิธี HAZOP เป็นวิธีที่ต้องใช้เวลาและความตั้งใจสูงแต่วิธีการนี้ก็ช่วยให้มั่นใจว่าได้พิจารณาทุกโอกาสที่กระบวนการสามารถเบี่ยงเบนได้ ข้อมูลที่ใช้ต้องเป็นข้อมูลออกแบบที่ทันสมัย เช่น P&IDs (Process and Instrument Diagrams) โดยพิจารณาแบ่งเป็นหน่วยสั้น ๆ (Node)

ตารางที่ 5 HAZOP Guide Words

HAZOP Guide Word	ความบกพร่องหรือผิดปกติในการทำงาน (Operating Deviation)
ไม่ (None)	- ไม่มีการไหล (No Flow) - ไหลย้อนกลับ (Reverse Flow) - ไม่เกิดปฏิกิริยา (No Reaction)
มากกว่า (More)	- อัตราการไหลเพิ่มขึ้น (Increase Flow) - ความดันเพิ่มขึ้น (Increase Pressure) - อุณหภูมิเพิ่มขึ้น (Increase Temperature) - อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น (Increase Reaction Rate) - ระดับเพิ่ม (Increase Level) - pH เพิ่มขึ้น - ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น - ส่วนผสมเพิ่มขึ้น
น้อยกว่า (Less)	- อัตราการไหลลดลง (Reduced Flow) - ความดันลดลง (Reduced Pressure) - อุณหภูมิลดลง (Reduced Temperature) - อัตราการเกิดปฏิกิริยาลดลง (Reduced Reaction Rate) - ระดับลดลง (Less Level) - pH ลดลง - ความเข้มข้นลดลง - ส่วนผสมลดลง

ตารางที่ 5 (ต่อ)

HAZOP Guide Word	ความบกพร่องหรือผิดปกติในการทำงาน (Operating Deviation)
ปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง (Part of, as well as)	- การเปลี่ยนแปลงส่วนผสมของวัตถุดิบ (Change of Ratio of Material Present) - การเปลี่ยนวัตถุดิบ (Different Material Present) - การเดินเครื่องจักร (Start Up) - การหยุดเครื่องจักร (Shut Down) - การปล่อยสารเคมี, ความดัน ฯลฯ (Relief) - การใช้เครื่องมือ (Instrumentation) - การเก็บตัวอย่าง (Sampling) - ความบกพร่องของระบบน้ำ, ไฟฟ้า, เป็นต้น (Utility Failure) - การซ่อมบำรุง (Maintenance) - ไฟฟ้าสถิต (Static Electricity)

ที่มา: วศิน และคณะ (ม.ป.ป.)

5.2 What If ...Analysis

What ... If Analysis เป็นกระบวนการศึกษา วิเคราะห์และทบทวนเพื่อชี้บ่งอันตรายในการดำเนินงานต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม โดยการใช้คำถาม “จะเกิดอะไรขึ้นถ้า” และ ทำการวิเคราะห์หาคำตอบในคำถามเหล่านั้น เพื่อชี้บ่งอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในการดำเนินงานในโรงงาน

ขั้นตอนการศึกษา วิเคราะห์และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อชี้บ่งอันตรายด้วยวิธี What ... If Analysis ให้ปฏิบัติดังนี้

1. ทำการศึกษาวิเคราะห์และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อชี้บ่งอันตรายด้วยรูปแบบคำถาม What... If

2. กำหนดขอบเขตของการศึกษา วิเคราะห์และทบทวนเพื่อชี้บ่งอันตรายโดยครอบคลุมทั้งในกรณีเกิดเพลิงไหม้ ระเบิด สารเคมีหรือวัตถุอันตรายรั่วไหล

3. ระบุขอบเขตแหล่งกำเนิดอันตรายและพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ และผู้ที่ได้รับผลกระทบ ขอบเขตของแหล่งกำเนิดอันตรายในกระบวนการอาจเป็น สารเคมีหรือวัตถุอันตรายเครื่องจักร อุปกรณ์ หน่วยของกระบวนการ พื้นที่การปฏิบัติงาน ระบบสาธารณูปโภค หรือชุมชนใกล้เคียง เป็นต้น

4. เตรียมข้อมูลรายละเอียดในหัวข้อต่าง ๆ ซึ่งจะต้องทบทวนเอกสารพื้นฐานที่สำคัญเพื่อใช้ในการตั้งคำถาม ซึ่งกำหนดสมมติฐานหรือความคาดเคลื่อนจากช่วงเวลาที่มีการดำเนินงานปกติ และผิดปกติและเกิดเหตุฉุกเฉินขึ้น รวมทั้งกรณีที่กระบวนการผลิตผิดไปจากปกติต้องเข้าสำรวจพื้นที่ทำงานที่อันตรายเพื่อที่จะเข้าใจสภาพโดยทั่วไป และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในพื้นที่จริงเพื่อประสิทธิภาพในการประเมินความเสี่ยง

5. จัดทำคำถามให้เป็นระบบและทบทวนคำถามต่าง ๆ สำหรับรูปแบบการตั้งคำถามให้พิจารณาในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

ความล้มเหลวของเครื่องจักรอุปกรณ์

สภาพกระบวนการที่ผิดปกติ

ความล้มเหลวของอุปกรณ์

ความล้มเหลวของสาธารณูปโภคที่เกี่ยวข้อง

ความผิดพลาดของพนักงานที่ทำงาน

การทำงานไม่เป็นไปตามขั้นตอน

อุบัติเหตุในสถานที่ทำงานที่เกี่ยวข้อง อุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษา

ผลกระทบจากรถยก หรืออุบัติเหตุระหว่างการขนส่ง

5.3 Check lists

เป็นวิธีที่ใช้ในการชี้บ่งอันตรายโดยการนำแบบตรวจไปใช้ในการตรวจสอบการดำเนินงาน ในกระบวนการเพื่อค้นหาอันตราย แบบตรวจประกอบด้วยหัวข้อคำถามที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานต่างๆเพื่อตรวจสอบว่าได้ปฏิบัติตามมาตรฐานการออกแบบ มาตรการการปฏิบัติงาน หรือกฎหมาย เพื่อนำผลจากการตรวจสอบมาทำการชี้บ่งอันตราย

เทคนิคนี้เริ่มจากการจัดทำแบบตรวจสอบที่เรียกว่า Check list โดยกำหนดหัวข้อเรื่องที่จะตรวจสอบโดยพิจารณาจากขั้นตอนการปฏิบัติ ข้อกฎหมายที่เกี่ยวข้อง มาตรฐานความปลอดภัย อุปกรณ์ วัตถุดิบ จากนั้นจัดเป็นแบบ Check list ผลที่ได้ออกมาเป็น “Yes” “No” “N/A (Not Applicable)” และ “N/I (Need more Information)”

Checklist โดยทั่วไปอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ General Check list และ Specific Check list

General Check list หมายถึง แบบตรวจสอบที่ใช้ทั่วไป เป็นมาตรฐานทั่วไป ไม่เฉพาะเจาะจง เช่น แบบตรวจสอบตามกฎหมาย มาตรฐานผู้ผลิต มาตรฐานจากบริษัทแม่ เป็นต้น

Specific Check list หมายถึง การออกแบบตรวจสอบที่ใช้ขึ้นเอง หลังจากการออกแบบแล้ว ต้องส่งแบบตรวจความถูกต้องและความสมบูรณ์ของแบบตรวจอีกครั้งโดยผู้ที่มีประสบการณ์ เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าแบบตรวจนั้นครอบคลุมประเด็นปัญหาความปลอดภัยที่เป็นอยู่

ผลจากการตรวจสอบโดย Check list สามารถนำไปเข้าสู่การประชุมฝ่ายบริหารได้ทันที เพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการป้องกันและแก้ไขอันตรายที่ตรวจพบได้โดยตรงและนำผลการตรวจสอบมาชี้บ่งอันตรายเพื่อหาแนวโน้มนองของอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากพื้นที่การทำงาน เครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์และกิจกรรมต่าง ๆ

5.4 Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)

เทคนิค FMEA เป็นเทคนิคการวิเคราะห์จากความล้มเหลวที่พบได้บ่อย ๆ ของอุปกรณ์หรือระบบซึ่งพัฒนาขึ้นจากอุตสาหกรรมอากาศยานที่ต้องการพิจารณาความล้มเหลวที่เกิดจากอุปกรณ์แต่ละตัว และประเมินผลที่เกิดจากความผิดพลาดนั้น ความล้มเหลวของเครื่องมือเป็นได้ทั้งจุดเริ่มต้นและเหตุการณ์ที่ส่งผลทำให้เกิดอุบัติเหตุ ตัวอย่างเช่น อุปกรณ์ควบคุมแรงดันล้มเหลวเป็นจุดเริ่มต้นของอุบัติเหตุ วาล์วนิรภัยที่ล้มเหลวเป็นเหตุที่ส่งผลทำให้ถังบรรจุพัง

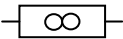
FMEA มักจะคิดจากอุปกรณ์ตัวเดียว ที่ความล้มเหลวของมันส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ และใช้ไม่ได้ผลกับการวิเคราะห์อุปกรณ์ที่มีผลเกี่ยวเนื่องกัน ความผิดพลาดของคนใช้ไม่ได้ผลนักในการใช้ FMEA แต่ผลจากการปฏิบัติการผิดพลาด ที่มาจากคนก็แสดงอยู่ใน FMEA ได้เช่นกัน เช่น พนักงานผิดพลาดป้อนข้อมูลสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้

FMEA ใช้กันมากในช่วงระหว่างและหลังการออกแบบ FMEA ต้องการรายละเอียดของข้อมูลการออกแบบ และใช้เวลาในการชี้แจงความผิดพลาดที่พบบ่อยของเครื่องมือและวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้น ข้อมูลที่ต้องการต้องถูกต้องและทันสมัย เช่น P&IDs (Process and Instrument Diagram)

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ความล้มเหลวของอุปกรณ์ด้วยเทคนิค FMEA

Equipment Item	Failure Mode
Control valve 	Fails to closed position
	Fails to open position
	Leaks through when closed
	Small leak to environment
Pump 	Stop when running
	Fails to stop when intended
	Cannot start when intended
	Starts when not intended
	Can not deliver desired pressure

ตารางที่ 6 (ต่อ)

Equipment Item	Failure Mode
Transmitter 	Give erroneously high reading Give erroneously low reading
Heat Exchanger 	Leaks from process to service side Process leaks to atmosphere Heat exchange surfaces fouled

ที่มา: วีระ (2547)

5.5 Fault Tree Analysis (FTA)

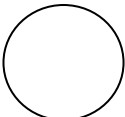
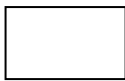
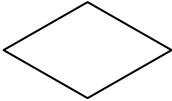
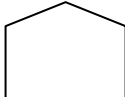
Fault Tree เป็นการเขียนโครงร่าง ในการแสดงความสัมพันธ์ของความผิดพลาด ส่วนบนสุด (Top event) เป็นความผิดพลาดที่สนใจ ส่วนล่างใช้ Boolean logic คือ And gate และ Or gate และเป็นเทคนิคการสืบย้อนรอยที่เน้นถึงอุบัติเหตุหรืออุบัติเหตุร้ายแรงที่เกิดขึ้นหรือคาดว่าจะเกิดขึ้นเพื่อนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดเหตุ ซึ่งเป็นเทคนิคในการคิดย้อนกลับที่อาศัยหลักการทางตรรกวิทยาในการใช้หลักการเหตุและผล โดยเริ่มวิเคราะห์จากอุบัติเหตุหรืออุบัติเหตุร้ายแรงที่เกิดขึ้นหรือคาดว่าจะเกิดขึ้น เพื่อพิจารณาหาเหตุการณ์แรกที่เกิดขึ้นก่อนแล้วนำมาแจกแจงขั้นตอนการเกิดเหตุการณ์แรกว่ามาจากเหตุการณ์ย่อยอะไรได้บ้าง และเหตุการณ์ย่อยเหล่านั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร การสิ้นสุดการวิเคราะห์เมื่อพบว่าสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์ย่อยเป็นผลเนื่องจากความบกพร่องของเครื่องจักรอุปกรณ์ หรือความผิดพลาดจากการปฏิบัติงาน

1. เลือกเหตุการณ์จำลองที่จะเกิดขึ้นได้เป็นเหตุการณ์เริ่มต้น (Top Event)
2. พิจารณาโอกาสเกิดปัญหาดังกล่าว ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากเหตุการณ์ย่อยเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่งเท่านั้น จะใช้สัญลักษณ์ “หรือ (Or)”
3. กรณีเกิดจากเหตุการณ์ย่อยหลายเหตุการณ์พร้อมกัน ถึงจะเกิดเหตุจำลองจะใช้สัญลักษณ์ “และ (And)”

4. ในระดับเหตุการณ์ย่อยดังกล่าว ก็อาจเกิดเหตุการณ์ย่อยไปอีกซึ่งมีโอกาสเกิดขึ้นได้จากแต่ละเหตุการณ์หรือเหตุการณ์ย่อยหลายเหตุการณ์พร้อมกันก็จะใช้สัญลักษณ์ “และ (And), หรือ (Or)” แล้วแต่กรณี

5. ท้ายที่สุดเมื่อแตกเหตุการณ์ย่อยเช่นนี้ลงไปอีกก็จะพบว่าสุดท้ายของเหตุการณ์ย่อยระดับล่างสุดจะเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นปกติทั่วไป, เหตุการณ์ที่วิเคราะห์ต่อไม่ได้ อาจเนื่องจากไม่ทราบ, เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจากภายนอก เช่น จากธรรมชาติ ไฟรื่อง ไฟผ่า

ตารางที่ 7 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยเทคนิค FTA

สัญลักษณ์	ชื่อ	ความหมาย
	And Gate : สาเหตุหลายสาเหตุ	เหตุการณ์จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากสาเหตุของเหตุการณ์ย่อยทุกตัว
	Or Gate : สาเหตุใดสาเหตุหนึ่ง	เหตุการณ์จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งของสาเหตุย่อย
	Basic Event : เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยปกติ	เหตุการณ์ย่อยที่เกิดขึ้นได้ตามปกติ ซึ่งหมายถึงสาเหตุที่เห็นได้ชัดเจนโดยไม่ต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุต่อไป ถือเป็นสาเหตุแรกของการเกิดอุบัติเหตุ
	Fault Tree Analysis : เหตุการณ์ย่อย	เหตุการณ์ย่อยที่ส่งผลให้เกิดเหตุการณ์ต่อเนื่องจนเป็นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุ
	Undeveloped Event : เหตุการณ์ที่วิเคราะห์ต่อไม่ได้	เหตุการณ์ย่อยที่ไม่ต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุต่อไป เนื่องจากไม่มีข้อมูลสนับสนุน
	External Event : เหตุการณ์ภายนอก	เหตุการณ์ภายนอกหรือปัจจัยภายนอกที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ต่างๆ

ที่มา: Crowl and Louvar (2002)

5.6 Event Tree Analysis (ETA)

เป็นเทคนิคการชี้บ่งอันตรายเพื่อวิเคราะห์และประเมินหาผลกระทบซึ่งจะเกิดขึ้นต่อเนื่องเมื่อเกิดเหตุการณ์แรกขึ้น ซึ่งเป็นการคิดเพื่อคาดการณ์ล่วงหน้าเพื่อวิเคราะห์หาผลสืบเนื่องที่จะเกิดขึ้นเมื่อเครื่องจักรอุปกรณ์เสียหายหรือคนทำงานผิดพลาด เพื่อให้ทราบสาเหตุว่าเกิดขึ้นได้อย่างไรและมีโอกาสที่จะเกิดมากน้อยเพียงใด รวมทั้งเป็นการตรวจสอบว่าระบบความปลอดภัยที่มีอยู่มีปัญหาหรือไม่อย่างไร เป็นการประเมินอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์ผิดพลาด หรือ กระบวนการผิดพลาด

ขั้นตอนการทามี 6 ขั้นตอนคือ

1. ชี้บ่งเหตุการณ์ตั้งต้นที่สนใจ
2. ชี้อุปกรณ์ที่มีหน้าที่ด้านความปลอดภัย
3. สร้าง Event Tree
4. อธิบายผลจากอุบัติเหตุ
5. พิจารณาวិธีลดผล
6. จัดทำรายงาน

ความเสี่ยง (Risk) หมายถึง ผลลัพธ์ของความน่าจะเป็นอันตรายและผลจากอันตรายนั้น

การประเมินความเสี่ยง (Risk assessment) หมายถึง กระบวนการในการประเมินระดับความเสี่ยงของแหล่งอันตรายเพื่อพิจารณาถึงความสำคัญและกำหนดว่าความเสี่ยงใด เป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้ หรือยอมรับไม่ได้โดยเกณฑ์และวิธีในการประเมินความเสี่ยงได้กำหนดไว้ดังนี้

โอกาสที่จะเกิดอันตราย (Probability of occurrence) ให้พิจารณาให้คะแนนจากหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

1. จำนวนคนที่สัมผัส ให้พิจารณาถึงจำนวนคนที่ปฏิบัติในงานนั้นๆ หรือที่อยู่ในพื้นที่นั้นๆ รวมถึงผู้อยู่ในบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงานให้นำมาพิจารณาด้วย โดยมีการพิจารณาโอกาสที่จะเกิดอันตรายดังนี้

- ให้คะแนนเท่ากับ 1 เมื่อจำนวนคนที่ปฏิบัติงาน/ ประจำอยู่บริเวณนั้นไม่เกิน 5 คน
- ให้คะแนนเท่ากับ 2 เมื่อจำนวนคนที่ปฏิบัติงาน/ ประจำอยู่บริเวณนั้นตั้งแต่ 6-10 คนขึ้นไป
- ให้คะแนนเท่ากับ 3 เมื่อจำนวนคนที่ปฏิบัติงาน/ ประจำอยู่บริเวณนั้นมากกว่า 10 คน

น้ำหนักของจำนวนคนที่สัมผัสที่มีโอกาสจะเกิดอันตรายเท่ากับ 3

2. ความถี่และระยะเวลาที่สัมผัส ให้พิจารณาถึงความถี่ที่ผู้ปฏิบัติงานเข้าไปสัมผัสกับงานที่ปฏิบัติตามพื้นที่นั้นๆ ต่อช่วงเวลา ทุกวัน ทุกสัปดาห์ หรือทุกเดือน โดยมีการพิจารณาโอกาสที่จะเกิดอันตรายดังนี้

- ให้คะแนนเท่ากับ 1 เมื่อความถี่และระยะเวลาที่สัมผัสน้อยกว่า 10 ชั่วโมง/สัปดาห์/ คน
- ให้คะแนนเท่ากับ 2 เมื่อความถี่และระยะเวลาที่สัมผัสตั้งแต่ 10-30 ชั่วโมง/สัปดาห์/ คน
- ให้คะแนนเท่ากับ 3 เมื่อความถี่และระยะเวลาที่สัมผัสมากกว่า 30 ชั่วโมง/สัปดาห์/ คน

น้ำหนักของจำนวนคนที่สัมผัสที่มีโอกาสจะเกิดอันตรายเท่ากับ 3

3. การตรวจวัดสภาพแวดล้อมในการทำงาน ให้พิจารณาถึงการทำให้มีการตรวจวัดสภาพแวดล้อมตามสภาพความเสี่ยงหรือตามที่กฎหมายกำหนด เพื่อเป็นการเฝ้าระวังอันตรายจากสภาพแวดล้อมในการทำงานโดยมีการพิจารณาโอกาสที่จะเกิดอันตรายดังนี้

- ให้คะแนนเท่ากับ 1 เมื่อมีการตรวจวัดและเป็นไปตามมาตรฐานที่กฎหมายกำหนด
- ให้คะแนนเท่ากับ 2 เมื่อมีการตรวจวัดแต่ค่าเกินกว่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนด
- ให้คะแนนเท่ากับ 3 เมื่อไม่มีการตรวจวัด

น้ำหนักของจำนวนคนที่สัมผัสที่มีโอกาสจะเกิดอันตรายเท่ากับ 3

4. ขั้นตอน/ วิธีการปฏิบัติงาน/ ภาวะเสี่ยงด้านความปลอดภัย หมายถึง กิจกรรมหรือการปฏิบัติงานที่นำมาพิจารณานั้นมีขั้นตอน/ วิธีการปฏิบัติงาน/ ภาวะเสี่ยงด้านความปลอดภัยเป็นลายลักษณ์อักษรและมีความเหมาะสมกับความเสี่ยงโดยมีการพิจารณาโอกาสที่จะเกิดอันตรายดังนี้

- ให้คะแนนเท่ากับ 1 เมื่อมีขั้นตอน/ วิธีการปฏิบัติงาน/ ภาวะเสี่ยงด้านความปลอดภัยเป็นลายลักษณ์อักษร และมีความเหมาะสมกับความเสี่ยง
- ให้คะแนนเท่ากับ 2 เมื่อมีขั้นตอน/ วิธีการปฏิบัติงาน/ ภาวะเสี่ยงด้านความปลอดภัยเป็นลายลักษณ์อักษร แต่ไม่มีความเหมาะสมกับความเสี่ยง
- ให้คะแนนเท่ากับ 3 เมื่อไม่มีขั้นตอน/ วิธีการปฏิบัติงาน/ ภาวะเสี่ยงด้านความปลอดภัยเป็นลายลักษณ์อักษร

น้ำหนักของจำนวนคนที่สัมผัสที่มีโอกาสจะเกิดอันตรายเท่ากับ 3

5. การฝึกอบรมขั้นตอน/ วิธีการปฏิบัติงาน/ ภาวะเบี่ยงด้านความปลอดภัย หมายถึง กิจกรรมหรือการปฏิบัติที่นำมาพิจารณานั้นมีการกำหนดความต้องการในการฝึกอบรม และนำไปดำเนินการฝึกอบรมหรือไม่ โดยมีการพิจารณาโอกาสที่จะเกิดอันตรายดังนี้

- ให้คะแนนเท่ากับ 1 เมื่อมีการกำหนดความต้องการในการฝึกอบรมและมีการฝึกอบรม
- ให้คะแนนเท่ากับ 2 เมื่อมีการกำหนดความต้องการในการฝึกอบรมแต่ไม่มีการฝึกอบรม หรือมีการฝึกอบรมแต่ไม่มีการกำหนดความต้องการในการฝึกอบรม
- ให้คะแนนเท่ากับ 3 เมื่อไม่มีการกำหนดความต้องการในการฝึกอบรมและไม่มี การฝึกอบรม

น้ำหนักของจำนวนคนที่สัมผัสที่มีโอกาสจะเกิดอันตรายเท่ากับ 3

6. การควบคุมการปฏิบัติตามขั้นตอน/ วิธีการปฏิบัติงาน/ ภาวะเบี่ยงด้านความปลอดภัย อย่างต่อเนื่องให้พิจารณาถึงการดำเนินการควบคุมการปฏิบัติตามขั้นตอน/ วิธีการปฏิบัติงาน/ ภาวะเบี่ยงด้านความปลอดภัยที่มีการบันทึกผลการตรวจอย่างต่อเนื่อง โดยมีการพิจารณาโอกาสที่จะเกิดอันตรายดังนี้

- ให้คะแนนเท่ากับ 1 เมื่อมีการควบคุมอย่างต่อเนื่อง
- ให้คะแนนเท่ากับ 2 เมื่อมีการควบคุมแต่ไม่ต่อเนื่อง
- ให้คะแนนเท่ากับ 3 เมื่อไม่มีการควบคุม

น้ำหนักของจำนวนคนที่สัมผัสที่มีโอกาสจะเกิดอันตรายเท่ากับ 2

7. อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ให้พิจารณาถึงอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่ใช้งาน มีความเหมาะสมตามลักษณะงานที่ปฏิบัติ และมีเพียงพอหรือไม่ โดยมีการพิจารณาโอกาสที่จะเกิดอันตรายดังนี้

- ให้คะแนนเท่ากับ 1 เมื่อมีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลอย่างเหมาะสมและเพียงพอ
- ให้คะแนนเท่ากับ 2 เมื่อมีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลอย่างเหมาะสม แต่ไม่เพียงพอ
- ให้คะแนนเท่ากับ 3 เมื่อไม่มี หรือมีแต่ไม่เหมาะสม

น้ำหนักของจำนวนคนที่สัมผัสที่มีโอกาสจะเกิดอันตรายเท่ากับ 2

8. เครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ อุปกรณ์ความปลอดภัย ให้พิจารณาถึงเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ที่ใช้ ว่ามีระบบป้องกันอันตรายที่เหมาะสม และเพียงพอกับลักษณะอันตรายหรือไม่ โดยมีการพิจารณาโอกาสที่จะเกิดอันตรายดังนี้

- ให้คะแนนเท่ากับ 1 เมื่อมีอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยอย่างเหมาะสมและเพียงพอ
- ให้คะแนนเท่ากับ 2 เมื่อมีอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยอย่างเหมาะสม แต่ไม่เพียงพอ
- ให้คะแนนเท่ากับ 3 เมื่อไม่มี หรือมีแต่ไม่เหมาะสม

น้ำหนักของจำนวนคนที่สัมผัสที่มีโอกาสจะเกิดอันตรายเท่ากับ 3

9. การตรวจสอบ/ บำรุงรักษา อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร ให้พิจารณาถึงการวางแผนการตรวจสอบ/ บำรุงรักษาอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร และมีการบันทึกผล โดยมีการพิจารณาโอกาสที่จะเกิดอันตรายดังนี้

- ให้คะแนนเท่ากับ 1 เมื่อมีการตรวจสอบ/บำรุงรักษาและมีการบันทึกผลอย่างต่อเนื่อง
- ให้คะแนนเท่ากับ 2 เมื่อมีการตรวจสอบ/บำรุงรักษาแต่ไม่มีการบันทึกผล หรือมีการบันทึกผลแต่ไม่ต่อเนื่อง
- ให้คะแนนเท่ากับ 3 เมื่อไม่มีการตรวจสอบ/บำรุงรักษา

น้ำหนักของจำนวนคนที่สัมผัสที่มีโอกาสจะเกิดอันตรายเท่ากับ 3

10. การเตือนอันตราย ให้พิจารณาถึงการเตือนอันตรายในงานที่ปฏิบัติ หรือพื้นที่ที่มีความเสี่ยงอย่างเหมาะสมถูกต้อง เช่น มีการติดตั้งป้ายความปลอดภัยต่างๆ มีระบบสัญญาณเตือน เป็นต้น โดยมีการพิจารณาโอกาสที่จะเกิดอันตรายดังนี้

- ให้คะแนนเท่ากับ 1 เมื่อมีการเตือนอันตรายอย่างเหมาะสมกับลักษณะอันตราย
- ให้คะแนนเท่ากับ 2 เมื่อมีการเตือนอันตรายแต่ไม่เหมาะสมกับลักษณะอันตราย
- ให้คะแนนเท่ากับ 3 เมื่อไม่มีการเตือนอันตราย

น้ำหนักของจำนวนคนที่สัมผัสที่มีโอกาสจะเกิดอันตรายเท่ากับ 2

การกรอกคะแนนให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ให้คะแนนตามหลักเกณฑ์การพิจารณาโอกาสเกิดอันตรายจากข้อ 1-10 ข้อใดที่พิจารณาแล้วไม่เกี่ยวข้องไม่ต้องให้คะแนนและให้ใส่ “0” แทน
- 2.ให้นำคะแนนที่กรอกในแต่ละข้อคูณกับน้ำหนักของเกณฑ์พิจารณาในแต่ละข้อ
3. นำผลคูณที่ได้ตั้งแต่เกณฑ์ข้อที่ 1-10 มารวมกัน

4. คำนวณ %โอกาสเกิดอันตราย จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\% \text{ โอกาสเกิดอันตราย} = \frac{\text{ผลรวมของ (คะแนนที่ได้} \times \text{น้ำหนักในแต่ละข้อ)} \times 100}{\text{ผลรวมของ (คะแนนเต็ม} \times \text{น้ำหนักในแต่ละข้อ)}}$$

หมายเหตุ: ผลรวมของ (คะแนนเต็ม $\times$ น้ำหนักในแต่ละข้อ) = 81

แบ่งระดับของโอกาสเกิดอันตราย (Probability of occurrence) ได้เป็น 3 ระดับได้แก่

โอกาสเกิดอันตรายมาก	%โอกาสเกิดอันตรายจะอยู่ในช่วง	77.79-100%
โอกาสเกิดอันตรายปานกลาง	%โอกาสเกิดอันตรายจะอยู่ในช่วง	55.56-77.78%
โอกาสเกิดอันตรายน้อย	%โอกาสเกิดอันตรายจะอยู่ในช่วง	33.33-55.55%

ระบุระดับความรุนแรงของอันตราย โดยพิจารณาจากความสูญเสียของผลกระทบที่เกิดขึ้นกับคน หรือ ทรัพย์สินหรือทั้งสองอย่างรวมกัน รวมถึงอาจจะมีผลกระทบต่อกระบวนการผลิต โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

ตารางที่ 8 ระดับความรุนแรงของการเกิดอันตราย

ระดับความรุนแรง	ใครหรืออะไรที่จะได้รับอันตราย	รายละเอียดในการพิจารณา
มาก	คน	การบาดเจ็บ เจ็บป่วยในระดับรุนแรง เช่น การสูญเสียอวัยวะ กระดูกแตก/หักรุนแรง แผลไฟไหม้ระดับ 3 สูญเสียการได้ยินถาวร ตาบอด แผลถูกไหม้แทงหรือมีขนาดเล็กถึงกระดูก เส้นเลือดแดงใหญ่หรือเส้นเอ็นขนาดใหญ่ สมองได้รับการกระทบกระเทือนอย่างรุนแรง การบาดเจ็บหลายๆ ส่วนของร่างกาย พิการหรือเสียชีวิต รวมทั้งสิ่งที่มีผลกระทบต่อชุมชนและสาธารณชนที่ต้องใช้เวลาในการแก้ไขมากกว่า 1 เดือน

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ระดับความรุนแรง	ใครหรืออะไรที่จะได้รับอันตราย	รายละเอียดในการพิจารณา
	ทรัพย์สิน	ทรัพย์สินเสียหายมูลค่ามากกว่า 100,000 บาท หรือหยุดงานตั้งแต่ 3 วันขึ้นไป
ปานกลาง	คน	การบาดเจ็บ เจ็บป่วยในระดับปานกลาง เช่น บาดแผลถูกทิ่มแทงหรือถูกขีดถึงเนื้อเยื่อ แผลไฟไหม้ระดับ 2 กระดูกร้าว สูญเสียการได้ยินชั่วคราว โรคผิวหนังอักเสบจากสารเคมี อวัยวะต่างๆ มีอาการชา เกร็ง รวมทั้งมีผลกระทบต่อแผนกพื้นที่ข้างเคียงของโรงงานแก้ไขได้ในระยะเวลาไม่เกิน 1 เดือน
	ทรัพย์สิน	ทรัพย์สินเสียหายมูลค่ามากกว่า 5,000 บาท แต่ไม่เกิน 100,000 บาท หรือหยุดงานตั้งแต่ 1 วัน แต่ไม่เกิน 3 วัน
น้อย	คน	การบาดเจ็บ เจ็บป่วยในระดับเล็กน้อย เช่น อาการบวม ฟกช้ำ หือเลือด แผลไฟไหม้ระดับ 1 อาการระคายเคือง อาการแพ้ ผื่นคัน ความรำคาญอันเนื่องมาจากสิ่งรบกวน เช่น เสียงดัง กลิ่น ฯลฯ อันตรายจากความร้อน เช่น เป็นลม การสูญเสียเหงื่อ ฯลฯ อาการข้อเคล็ด ขัดขอก แผลถลอกหรือรอยขีดข่วน อาการกระตุกเนื่องจากถูกไฟฟ้าช็อต อาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ รวมทั้งสิ่งที่มีผลกระทบเฉพาะจุดปฏิบัติงาน
	ทรัพย์สิน	ทรัพย์สินเสียหายมูลค่าไม่เกิน 5,000 บาท สามารถกลับเข้าทำงานได้ภายในเวลา 3 ชั่วโมงนับจากได้รับการปฐมพยาบาล

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2542)

หมายเหตุ:

แผลไฟไหม้ระดับ 1 หมายถึง บาดแผลที่มีการทำลายของเซลล์หนังกำพร้าชั้นผิวนอกเท่านั้น มักเกิดการถูกแดดเผา อาบแดด การถูกน้ำร้อน ใช้น้ำเดือดหรือวัตถุที่ร้อนเพียงเฉียดๆ ไม่

นาน ผิวหนังส่วนที่เป็นบาดแผลจะมีลักษณะแดงบวมเล็กน้อย และปวดแสบปวดร้อน ไม่มีตุ่มพองหรือหนังหลุดลอก

แผลไหม้ระดับที่ 2 หมายถึง บาดแผลที่มีการทำลายของหนังกำพร้าตลอดทั้งชั้น และหนังแท้ส่วนที่อยู่ตื้นๆ หายได้เร็ว และไม่เกิดเป็นแผลเป็น

แผลไหม้ระดับที่ 3 หมายถึง บาดแผลที่มีการทำลายของหนังกำพร้าและหนังแท้ทั้งหมด รวมทั้งต่อมเหงื่อ ขุมขนและเซลล์ประสาท ผิวหนังทั้งชั้นจะหลุดลอกเห็นเป็นเนื้อแดงๆ หรือแดงสลับขาว หรือเป็นเนื้อที่ไหม้เกรียม มักเกิดจากไฟไหม้หรือถูกของร้อนนานๆ หรือไฟฟ้าช็อต

ตารางที่ 9 การตัดสินใจระดับความเสี่ยง (Risk level)

โอกาสเกิดอันตราย	ความรุนแรงของอันตราย		
	มาก	ปานกลาง	น้อย
มาก	ความเสี่ยงที่ไม่อาจยอมรับได้ (1)	ความเสี่ยงสูง (2)	ความเสี่ยงปานกลาง (3)
ปานกลาง	ความเสี่ยงสูง (2)	ความเสี่ยงปานกลาง (3)	ความเสี่ยงยอมรับได้ (4)
น้อย	ความเสี่ยงปานกลาง (3)	ความเสี่ยงยอมรับได้ (4)	ความเสี่ยงเล็กน้อย (5)

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2542)

การจัดทำแผนหรือมาตรการป้องกันอุบัติเหตุโดยให้พิจารณาระดับความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ (1), ความเสี่ยงสูง (2), ส่วนความเสี่ยงปานกลาง (3) ให้ดำเนินการเฝ้าระวังโดยไม่จำเป็นต้องจัดทำแผนงาน

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิตติศักดิ์ (2543) ได้ทำโครงการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม ได้ใช้การประเมินความเสี่ยงของบริษัท ไทยออยล์ จำกัด (มหาชน) และศึกษาตัวอย่างจากเหตุการณ์ไฟไหม้ถังน้ำมันในปี 2542 โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การประเมินบริเวณลานถัง (Tank Farm) และการประเมินบริเวณหน่วยกลั่นน้ำมัน (หน่วยเตาเผา) และศึกษาพัฒนาแนวทางการจัดทำโปรแกรมประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณขึ้นภายในประเทศไทย โดยเสนอให้รวมโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับการกระจายตัวของสารเคมี (Dispersion model) โปรแกรมการติดไฟและการระเบิด (Fire and explosion model) เข้าไว้ด้วยกันเพื่อให้สะดวกต่อการใช้งาน ผลการศึกษาเบื้องต้นเพื่อหาแนวทางพัฒนาโปรแกรมประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณในอุตสาหกรรมปิโตรเลียมพบว่ามีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาโปรแกรม โดยควรจะแยกการประเมินเรื่องการชี้บ่งอันตราย (Hazard Identification) กับการประเมินความรุนแรง (Consequence analysis) ออกจากกัน ซึ่งประเทศไทยจะต้องทำการศึกษาและค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกระจายตัวของสารเคมี (Source Model) การติดไฟและการระเบิด (Fire and Explosion Model) เพิ่มเติมจึงจะช่วยให้สามารถพัฒนาโปรแกรมได้ดียิ่งขึ้น

เกศินี (2550) ได้ทำการศึกษาประเมินความเสี่ยงโดยใช้เทคนิค What...if ของโรงงานผลิตสีน้ำมันแห่งหนึ่งในจังหวัดนครปฐมที่มีการจัดเก็บโทลูอีน แล้ววิเคราะห์ถึงความดันที่เกิดขึ้นเนื่องจากการระเบิดรวมถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยสถานที่จัดเก็บเป็นแบบเปิดโล่งล้อมรอบโดยอาคารโรงงานและชุมชน มีจำนวนถังเล็ก ซึ่งแต่ละถังบรรจุสาร 180 ลิตร จำนวน 500 ถัง (ปริมาตรโทลูอีน รวมคือ 90,000 ลิตร) วางซ้อนกัน 3 ชั้น จากการประเมินความเสี่ยงพบว่ามี 4 ขั้นตอนในบริเวณจัดเก็บที่อยู่ในระดับความเสี่ยงสูงที่อาจก่อให้เกิดการระเบิดได้แก่ (1) ขณะย้ายถังโทลูอีน จากระเบิดรถบรรทุกบริเวณจัดเก็บและพนักงานขับรถขนส่งฝาฝืนกฎความปลอดภัย (2) ขณะลงถังโทลูอีน บนลงยางรองที่ละถัง และถังตกกระแทกพื้น (3) ขณะยกถังขึ้นจัดเก็บถังโทลูอีน หลุดออกจากตัวหนีบที่ใช้หนีบถัง ทำให้ถังตกกระแทกลงบนพื้นอย่างแรงและ (4) ขณะถ่ายเทโทลูอีน จากถังบรรจุเข้าสู่ถังผลิตโดยไม่ต่อสายดิน ในการวิเคราะห์ผลกระทบเนื่องจากการระเบิดได้สมมติสถานะที่ร้ายแรงโดยให้โทลูอีน ในพื้นที่จัดเก็บทั้ง 90,000 ลิตร อยู่ในถังเก็บสารขนาดใหญ่ 1 ถัง ที่มีสมบัติเดียวกับถังขนาดเล็กข้างต้น และทั้งนี้ จะเกิดการระเบิดในคราวเดียว จากการคำนวณค่าความดันที่ตกกระทบต่อสิ่งที่น่าสนใจโดยเทียบกับค่าแรงระเบิดของ TNT ที่ระยะต่างๆจากจุดเกิดเหตุ พบว่าในระยะ 50 เมตรสามารถทำให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของสิ่งแวดล้อม โครงสร้าง

คอนกรีตเสริมเหล็ก โครงสร้างอาคารต่างๆ ทั้งภายในโรงงานของสถานที่เกิดระเบิดเอง โรงงานข้างเคียง และอาคารชุมชนที่อยู่โดยรอบอย่างรุนแรง ในระยะตั้งแต่ 3,500 เมตรขึ้นไปเป็นระยะปลอดภัย ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องจัดทำแผนการดำเนินการเพื่อลดความเสี่ยงในขั้นตอนการจัดเก็บการลงถังโหลอื่น การเข้มงวดตรวจตราเรื่องการป้องกันไฟฟ้าสถิต นอกจากนี้ทางโรงงานควรลดปริมาณการจัดเก็บหรือปรับปรุงโครงสร้างของพื้นที่การจัดเก็บที่มีความแข็งแรงสามารถทนความดันเพื่อลดความเสียหายต่อพื้นที่ข้างเคียง

Wei (2005) อันตรายของการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีมีความสำคัญอย่างมากสำหรับหลายโรงงานที่มีการผลิต การจัดเก็บ และการจัดการเกี่ยวกับสารเคมีที่ไม่ถูกต้อง รวมถึงการควบคุมในการเกิดปฏิกิริยา มีอุบัติเหตุจำนวนมากที่มีสาเหตุมาจากปฏิกิริยาเคมีที่ก่อให้เกิดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน จากการรายงานของ Chemical Safety and Hazard Investigation Board (CSB) รายงานว่า มีอุบัติเหตุ 167 ครั้งที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีจากปี 2523 – 2544 ซึ่งร้อยละ 35 ของอุบัติเหตุมีสาเหตุมาจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและความดันจนไม่สามารถควบคุมได้ในการเกิดปฏิกิริยา (Runaway Reaction) เช่น อุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับสาร Hydroxylamine และ Hydroxylamine nitrate ความเสถียรภาพของอุณหภูมิของสาร Hydroxylamine ถูกศึกษาและพัฒนาเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Runaway Reaction) ให้เกิดขึ้นมาได้อีก ดังนั้น Macroscopic Runaway Reaction Behavior ของ Hydroxylamine ถูกวิเคราะห์โดยการ ใช้ RSST (Reactive System Screening Tool) และ APTAC (Automatic Pressure Tracking Colorimeter) การคำนวณปฏิกิริยาเคมีถูกใช้เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการประเมินและพยากรณ์ในการเกิดปฏิกิริยาเคมี

Cuchi et al. (1999) ได้ทำการวิเคราะห์อุบัติเหตุประเภทการติดไฟ และระเบิดที่เกิดขึ้นในอดีตจำนวน 9,655 ครั้ง พบว่ามีอยู่ 738 ครั้ง (ประมาณ 8 %) ที่เกิดอุบัติเหตุจากการทำงานขณะบรรจุสารไวไฟเข้าสู่ถังหรือนำสารไวไฟออกจากถังจนหมดถัง (Filling or Emptying) และเมื่อศึกษาอุบัติเหตุ 738 ครั้งพบว่าเกิดจากการรั่วไหล (Release) ออกจากระบบ คิดเป็น 39.7% หรือ 293 ครั้ง (เป็นสาเหตุหลัก) และเกิดจากการระเบิด (Explosion) คิดเป็น 30% หรือ 192 ครั้ง โดยในทั้ง 192 ครั้งนี้พบว่าไม่สามารถหาสาเหตุของการระเบิดได้ถึง 149 ครั้ง (หรือคิดเป็น 77.6%) ดังนั้น ผู้ศึกษาวิจัยผลักดันให้ป้องกันอุบัติเหตุเนื่องจากการทำงานในลักษณะดังกล่าวให้มีการควบคุมปริมาณไอของสารไวไฟอยู่นอกเหนือจากช่วงของการติดไฟ (Flammability Range) ของสารไวไฟนั้น กล่าวคือต่ำกว่าค่า LFL (Lower Flammability Limit) หรือสูงกว่าค่า UFL (Upper Flammability

Limit) โดยใช้เทคนิคนำก๊าซเฉื่อย (Inert gas) เป็นสิ่งที่ช่วยในการควบคุมสัดส่วนของเชื้อเพลิงกับอากาศให้เหมาะสม ซึ่งสามารถทำได้โดยใส่ก๊าซเฉื่อยให้กับระบบก่อนจนทำให้สัดส่วนของก๊าซเฉื่อยต่อปริมาณก๊าซไวไฟมีค่ามากกว่าช่วงของการติดไฟ แล้วจึงทำการลดปริมาณก๊าซไวไฟลง โดยเพิ่มก๊าซเฉื่อยให้กับระบบเพื่อให้มีสัดส่วนของก๊าซเฉื่อยต่อปริมาณก๊าซไวไฟอยู่นอช่วงของการติดไฟตลอดเวลา และเมื่อปริมาณก๊าซไวไฟลดลงจนเพียงพอแล้วจึงใส่อากาศลงในระบบอีกครั้ง เพื่อให้สามารถเข้าทำงานได้อย่างปลอดภัยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดพกพา รุ่น Aspire 3683NWXM Acer Intel Celeron Processor 430 1.73 GHz หน่วยความจำของระบบเท่ากับ 512 MB และหน่วยเก็บข้อมูลเท่ากับ 80 GB

2. โปรแกรมที่ใช้

2.1 โปรแกรม Microsoft office 2003 ใช้ในการจัดทำเอกสาร

3. แบบตรวจความปลอดภัย (Check list) สำหรับขั้นตอนการถ่ายสารเคมีจากรถขนส่งสารเคมีไปสู่ถังจัดเก็บในกระบวนการผลิตน้ำยาวานิช

วิธีการ

1. ศึกษากระบวนการทำงานทั้งหมดภายใน บริษัทพานาโซนิค อิเล็กทรอนิกส์ (อยุธยา) จำกัด โดยศึกษาจากแบบชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณตามระบบการจัดการทางด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย (OHSAS 18001)

2. จากการตรวจสอบแบบชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณของโรงงานพบว่าไม่มีระบบการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงในกระบวนการผลิตน้ำยาวานิช

3. เลือกศึกษากระบวนการทำงานผลิตน้ำยาวานิชเพื่อชี้บ่งงานอันตรายและประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ

4. แบ่งขั้นตอนการทำงานการผลิตน้ำยาวานิชเป็น 4 ขั้นตอนหลักดังนี้

4.1 กระบวนการถ่ายสารเคมีจากรถขนส่งสารเคมี (ISO Tank Container Truck, Lorry Truck) ไปสู่ถังจัดเก็บสารเคมี (Storage Tank) โดยใช้แบบตรวจความปลอดภัย (Check list) มาทำการชี้ป้งงานอันตราย

4.2 กระบวนการปั้มสารเคมีจากถังจัดเก็บเข้าสู่ถังสารเคมี (WB1, WB2) โดยใช้เทคนิค HAZOP มาทำการชี้ป้งงานอันตราย

4.3 กระบวนการนำสารจากถังสารเคมี (WB1, WB2) เข้าสู่ถังปฏิกรณ์เพื่อทำปฏิกิริยาทางเคมีโดยใช้เทคนิค HAZOP มาทำการชี้ป้งงานอันตราย

4.4 กระบวนการปั้มสารที่ได้จากการทำปฏิกิริยาทางเคมี (Varnish Liquid) เข้าสู่ถังจัดเก็บน้ำยาวานิชโดยใช้เทคนิค HAZOP มาทำการชี้ป้งงานอันตราย

5. ดำเนินการชี้ป้งงานอันตรายโดยใช้เทคนิค Check list และ HAZOP ให้ครบทุกกิจกรรม

6. ประเมินโอกาสการเกิดอันตรายของทุกขั้นตอนการผลิตน้ำยาวานิชโดยพิจารณาให้คะแนนจากหลักเกณฑ์โอกาสที่จะเกิดอันตราย (Probability of Occurrence) ทั้ง 10 ข้อ โดยให้นำคะแนนแต่ละข้อที่ประเมินได้คูณกับน้ำหนักของการเกิดอันตรายแต่ละข้อ

7. นำคะแนนโอกาสการเกิดอันตรายที่คูณด้วยน้ำหนักของการเกิดอันตรายแต่ละข้อมารวมกัน

8. คำนวณร้อยละโอกาสเกิดอันตรายโดยใช้สูตรดังนี้

$$\% \text{โอกาสเกิดอันตราย} = \frac{\text{ผลรวมของ (คะแนนที่ได้} \times \text{น้ำหนักแต่ละข้อ)} \times 100}{\text{ผลรวมของ (คะแนนเต็ม} \times \text{น้ำหนักแต่ละข้อ)}}$$

9. จากนั้นนำร้อยละโอกาสเกิดอันตรายมาแบ่งเป็นระดับโอกาสเกิดอันตรายได้เป็น 3 ระดับดังนี้

- | | |
|-----------------------------|---|
| 9.1 โอกาสเกิดอันตรายมาก | โอกาสเกิดอันตรายอยู่ในช่วง 77.79 – 100% |
| 9.2 โอกาสเกิดอันตรายปานกลาง | โอกาสเกิดอันตรายอยู่ในช่วง 55.56 – 77.78% |
| 9.3 โอกาสเกิดอันตรายน้อย | โอกาสเกิดอันตรายอยู่ในช่วง 33.33 – 55.55% |

10. เมื่อประเมินระดับโอกาสการเกิดอันตรายเสร็จสมบูรณ์ให้ดำเนินการประเมินระดับความรุนแรงของการเกิดอันตรายซึ่งอาจมีผลกระทบต่อชีวิต สุขภาพอนามัย ชุมชน และทรัพย์สินของโรงงานให้ครบทุกกิจกรรมโดยพิจารณาจากตารางที่ 8 ระดับความรุนแรงของการเกิดอันตราย

11. ดำเนินการประเมินความเสี่ยงของทุกกิจกรรมโดยพิจารณาจากตารางที่ 9 การตัดสินใจระดับความเสี่ยง

12. จากการตัดสินใจระดับความเสี่ยงให้นำระดับความเสี่ยงที่อยู่ในระดับที่ไม่อาจยอมรับได้ (1) และความเสี่ยงสูง (2) มาดำเนินการจัดทำแผนป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุก

13. จากการชี้แจงงานอันตรายพบว่ามีกิจกรรมการถ่ายสารเคมี (ฟอร์มัลดีไฮด์, ฟีนอล, เมทิลแอลกอฮอล์) และการปั๊มสารไตรเอทิลอะมีนเข้าสู่ถังจัดเก็บมีการชี้แจงงานอันตรายจากการเกิดไฟฟ้าสถิต ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตของสารเคมีเพิ่มเติมเพื่อประเมินการก่ออันตรายจากการเกิดไฟฟ้าสถิตของสารเคมีแต่ละชนิด

14. เลือกสารเมทิลแอลกอฮอล์และไตรเอทิลอะมีนมาคิดค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตเนื่องจากเป็นสารเคมีไวไฟ จุกวบไฟต่ำ

15. คิดค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตที่ตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีดเนื่องจากเป็นจุดที่มีความเสี่ยงอันตรายที่จะเกิดการลุกไหม้หรือระเบิดได้ถ้าขาดการต่อเชื่อมทางไฟฟ้า

16. เริ่มจากการคำนวณหาค่าความต้านทานทางไฟฟ้าโดยใช้สูตรที่ (5)

17. จากนั้นคำนวณหาค่า Relaxation Time โดยใช้สูตรที่ (4)

18. คำนวณหาค่า Streaming Current โดยใช้สูตรที่ (3)
19. คำนวณหาค่าแรงเคลื่อนทางไฟฟ้าสถิตโดยใช้สูตรที่ (5)
20. คำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตโดยใช้สูตรที่ (2)
21. นำค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าที่ยอมรับได้ดังตารางภาคผนวกที่ 11
22. เมื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตกับค่าที่ยอมรับได้ดังตารางภาคผนวกที่ 11 แล้วพบว่ามีความเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้แสดงว่ามีความเสี่ยงที่จะเกิดการลุกไหม้หรือระเบิดได้
23. นำขั้นตอนที่คำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตที่พบว่ามีความเสี่ยงที่จะเกิดการลุกไหม้หรือระเบิดมาดำเนินการจัดทำแผนป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุก

ผลและวิจารณ์

ผล

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณเพื่อหามาตรการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกซึ่งผลของการศึกษาสามารถพิจารณาได้ดังต่อไปนี้

ผลการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ

จากการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณโดยใช้เทคนิค Check list และ HAZOP ตามที่ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก. และภาคผนวก ง. พบว่าเหตุการณ์ที่มีความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ และความเสี่ยงสูง มีจำนวนทั้งสิ้น 17 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 ไม่พบการติดตั้ง Flame arrester ที่ถังจัดเก็บเมทิลแอลกอฮอล์

กรณีที่ 2 สายดินชำรุด (Grounding), ไม่พบการต่อฝาก (Bonding) หรือพนักงานสัมผัสสายดิน

กรณีที่ 3 เครื่องวัดระดับสารเคมีภายในถังเสียหรือไม่ทำงาน

กรณีที่ 4 ไม่มีการตรวจสอบการซึม, รั่วไหลของถังจัดเก็บสารเคมี

กรณีที่ 5 ไม่พบการติดตั้งระบบแจ้งเตือนสารเคมีรั่วไหล

กรณีที่ 6 สักวาล์วควบคุม (CV01, CV02, CV03, CV04) ปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งเปิด

กรณีที่ 7 ในขณะที่ปฏิบัติงานมีการปั๊มสารเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล, ฟอรัลดีไฮด์ และไตรเอทิลอะมีน ออกจากถังจัดเก็บสู่วาล์วควบคุม (CV01, CV02, CV03, CV04) ปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งปิด

กรณีที่ 8 ในขณะที่ปั้มทำงานมีการปั้มสารเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล, ฟอรั่มดีไฮด์ และ ไตรเอทิลอะมีน ออกจากถังจัดเก็บ ระบบความดันลมสั่งวาล์วควบคุม (CV01, CV02, CV03, CV04) เปิดแต่ระบบความดันลมล้มเหลวสั่งวาล์วควบคุมปิด

กรณีที่ 9 พนักงานลืมเปิดวาล์ว “G04”

กรณีที่ 10 สั่งวาล์วควบคุม (CV08) เปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งปิด

กรณีที่ 11 คอยล์เย็นอุดตัน

กรณีที่ 12 ระบบบริการน้ำหล่อเย็นเกิดความล้มเหลว

กรณีที่ 13 ระบบความดันลมสั่งวาล์วควบคุม (CV08) เปิดแต่ระบบความดันลมล้มเหลวสั่งวาล์วควบคุมปิด

กรณีที่ 14 ระบบน้ำหล่อเย็นเกิดความล้มเหลวเนื่องจากการไหลย้อนกลับของน้ำหล่อเย็น

กรณีที่ 15 มอเตอร์ของใบกวนไม่สามารถทำงานได้ตามปกติหรือระบบไฟฟ้าของใบกวนเกิดความล้มเหลว

กรณีที่ 16 สั่งวาล์วควบคุม (CV11) ปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งเปิด

กรณีที่ 17 ระบบความดันลมสั่งวาล์วควบคุม (CV11) เปิด แต่ระบบความดันลมล้มเหลวสั่งวาล์วควบคุมปิด

ผลของการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าสถิต

จากการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตพบว่าขั้นตอนปั้มเมทิลแอลกอฮอล์จากรถขนส่งสารเคมีขนาด 14,000 ลิตร ไปสู่ถังจัดเก็บขนาด 100,000 ลิตร โดยคิดค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตที่ตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีดพบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตที่คำนวณได้เท่ากับ 0.968 มิลลิจูล

โดยเปรียบเทียบกับค่าที่ยอมรับได้คือ 0.1 มิลลิจูล พบว่าค่าที่คำนวณได้นั้นมีค่าเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ ดังนั้นจึงมีความเสี่ยงอันตรายที่จะเกิดการลุกไหม้หรือระเบิดเกิดขึ้นได้

และจากการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตขึ้นตอนปั๊มไตรเอทิลเอมีนจาก TEA Drum ขนาด 200 ลิตร ไปสู่ถังจัดเก็บ (TEA Tank) ขนาด 1,000 ลิตร โดยคิดค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตที่ตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีดพบว่า ค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตที่คำนวณได้คือ 1.59×10^{-11} มิลลิจูล โดยเปรียบเทียบกับค่าที่ยอมรับได้คือ 0.1 มิลลิจูล พบว่าค่าที่คำนวณได้นั้นมีค่าไม่เกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ ดังนั้นจึงไม่มีความเสี่ยงอันตรายที่จะเกิดการลุกไหม้หรือระเบิดเกิดขึ้นได้

มาตรการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุก

กรณีที่ 1 ไม่พบการติดตั้ง Flame arrester ที่ถังจัดเก็บเมทิลแอลกอฮอล์ มีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยการติดตั้ง Flame arrester ที่ถังจัดเก็บสารเมทิลแอลกอฮอล์และจัดให้มีการตรวจสอบ Flame arrester

กรณีที่ 2 สายดินชำรุด (Grounding), ไม่พบการต่อฝาก (Bonding) หรือพนักงานสัมผัสต่อสายดิน มีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยการติดตั้ง Limit switch ที่ม้วนของสายดินเพื่อป้องกันการสัมผัสสายดินของพนักงานโดยใช้หลักการคือปกติถ้าไม่ได้มีการต่อสายดิน Limit switch จะไม่เปิดให้กระแสไฟฟ้าไหลมอเตอร์จะไม่ทำงาน (Normal Open) แต่ถ้ามีการต่อสายดิน Limit switch จะมีกระแสไฟฟ้าไหลมอเตอร์ทำงาน (Normal Close) อีกทั้งยังมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกในเรื่องของการจัดทำแบบตรวจสอบสภาพทั่วไปของสายดินและจุดต่อฝาก

กรณีที่ 3 เครื่องวัดระดับสารเคมีภายในถังเสียหรือไม่ทำงาน มีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยทำการซ่อมบำรุงเครื่องวัดระดับสารเคมีภายในถัง

กรณีที่ 4 ไม่มีการตรวจสอบการซึม, รั่วไหลของถังจัดเก็บสารเคมี มีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยจัดทำแบบตรวจสอบสภาพทั่วไปของถังจัดเก็บสารเคมี

กรณีที่ 5 ไม่พบการติดตั้งระบบแจ้งเตือนสารเคมีรั่วไหล มีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุก โดยติดตั้งระบบแจ้งเตือนสารเคมีรั่วไหลที่ถังจัดเก็บสารเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล และฟอร์มัลดีไฮด์ เพื่อเตือนให้พนักงานได้ทราบ

กรณีที่ 6 สั่งวาล์วควบคุม (CV01, CV02, CV03, CV04) ปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งเปิดมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยติดตั้งตัววัดระดับสารเคมีภายในถังสารเคมี (WB1 และ WB2) และกำหนดค่า (Set Point) เพื่อไปสั่งให้วาล์วปิด อีกทั้งยังมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยการติดตั้งระบบวัดคูล์มนิรภัย เช่น Emergency Shut Down Valve เมื่อวาล์วควบคุมเกิดความบกพร่อง

กรณีที่ 7 ในขณะที่ปฏิบัติงานมีการปั๊มสารเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล, ฟอร์มัลดีไฮด์ และไตรเอทิลอะมีน ออกจากถังจัดเก็บสั่งวาล์วควบคุม (CV01, CV02, CV03, CV04) ปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งเปิด มีแนวทางการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยการติดตั้งระบบวัดคูล์มนิรภัย เช่น Emergency Shut Down Valve เมื่อวาล์วควบคุมเกิดความบกพร่อง

กรณีที่ 8 ในขณะที่ปฏิบัติงานมีการปั๊มสารเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล, ฟอร์มัลดีไฮด์ และไตรเอทิลอะมีน ออกจากถังจัดเก็บ ระบบความดันลมสั่งวาล์วควบคุม (CV01, CV02, CV03, CV04) ปิดแต่ระบบความดันลมล้มเหลวสั่งวาล์วควบคุมปิดมีแนวทางการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยการติดตั้งระบบวัดคูล์มนิรภัย เช่น Emergency Shut Down Valve เมื่อวาล์วควบคุมเกิดความบกพร่อง

กรณีที่ 9 พนักงานลืมเปิดวาล์ว “G04” มีแนวทางการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยจัดทำป้ายเตือน “เปิดวาล์ว (G04) ก่อนปั๊มสารไตรเอทิลอะมีน” ติดไว้หน้างาน

กรณีที่ 10 สั่งวาล์วควบคุม (CV08) ปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งปิดมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยติดตั้งอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิและกำหนดค่า (Set Point) อุณหภูมิไว้ที่ 120 องศาเซลเซียส จากนั้นจะส่งสัญญาณไปยังวาล์วนิรภัย (Shut Down Valve) เปิดให้น้ำหล่อเย็นเข้าสู่ถังปฏิกรณ์เพื่อระบายความร้อนออกพร้อมกันนั้นระบบประมวลผลจะส่งสัญญาณไปยังวาล์วนิรภัยอีก 1 ตัว เพื่อปิดไม่ให้ไอน้ำร้อนเข้ามายังถังปฏิกรณ์และส่งสัญญาณเตือน

ให้พนักงานได้ทราบ อีกทั้งยังมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยจัดให้มีการตรวจสอบจานนิรภัย (Bursting Disc), วาล์วควบคุม, วาล์วนิรภัย เป็นประจำทุกปี

กรณีที่ 11 คอยล์เย็นอุดตันมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยการติดตั้งตัวกรองพร้อมทั้งเพิ่มการตรวจเช็คประจำวันเพื่อป้องกันการอุดตันของคอยล์เย็น

กรณีที่ 12 ระบบบริกเกอร์น้ำหล่อเย็นเกิดความล้มเหลวมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยติดตั้งปั๊มน้ำหล่อเย็น 2 ตัว เพื่อใช้ทดแทนกันในกรณีปั๊มอีกตัวเกิดความบกพร่องรวมถึงเพิ่มการตรวจเช็คประจำวันของปั๊มน้ำหล่อเย็น

กรณีที่ 13 ระบบความดันลมสั่งวาล์วควบคุม (CV08) เปิดแต่ระบบความดันลมล้มเหลวสั่งวาล์วควบคุมปิดมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยติดตั้งอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิและกำหนดค่า (Set Point) อุณหภูมิไว้ที่ 120 องศาเซลเซียส จากนั้นจะส่งสัญญาณไปยังวาล์วนิรภัย (Shut Down Valve) เปิดให้น้ำหล่อเย็นเข้าสู่ถังปฏิกรณ์เพื่อระบายความร้อนออกพร้อมกันนั้นระบบประมวลผลจะส่งสัญญาณไปยังวาล์วนิรภัยอีก 1 ตัว เพื่อปิดไม่ให้ไอน้ำร้อนเข้ามายังถังปฏิกรณ์และส่งสัญญาณเตือนให้พนักงานได้ทราบ อีกทั้งยังมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยจัดให้มีการตรวจสอบแรงดันลมประจำวันก่อนเริ่มการผลิตทุกครั้ง

กรณีที่ 14 ระบบน้ำหล่อเย็นเกิดความล้มเหลวเนื่องจากมีการไหลย้อนกลับของน้ำหล่อเย็นมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยติดตั้งวาล์วกันไหลย้อนกลับ (Check Valve) รวมถึงเพิ่มการตรวจสอบวาล์วกันไหลย้อนกลับ

กรณีที่ 15 มอเตอร์ของใบกวนไม่สามารถทำงานได้ตามปกติหรือระบบไฟฟ้าของใบกวนเกิดความล้มเหลวมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยติดตั้งอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิและกำหนดค่า (Set Point) อุณหภูมิไว้ที่ 120 องศาเซลเซียส จากนั้นจะส่งสัญญาณไปยังวาล์วนิรภัย (Shut Down Valve) เปิดให้น้ำหล่อเย็นเข้าสู่ถังปฏิกรณ์เพื่อระบายความร้อนออกพร้อมกันนั้นระบบประมวลผลจะส่งสัญญาณไปยังวาล์วนิรภัยอีก 1 ตัว เพื่อปิดไม่ให้ไอน้ำร้อนเข้ามายังถังปฏิกรณ์และส่งสัญญาณเตือนให้พนักงานได้ทราบเพื่อสั่งหยุดการทำงานทั้งหมด

กรณีที่ 16 ลังวาล์วควบคุม (CV11) ปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งเปิดมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยติดตั้งตัววัดระดับสารเคมีภายในถังเก็บน้ำยาวานิชและกำหนดค่า (Set Point) ระดับน้ำยาวานิชไว้ที่ 85% เพื่อไปสั่งให้ Emergency Shut Down Valve ปิดเมื่อวาล์วควบคุมเกิดความบกพร่อง

กรณีที่ 17 ระบบความดันลมลังวาล์วควบคุม (CV11) เปิด แต่ระบบความดันลมล้มเหลวลังวาล์วควบคุมปิดมีแนวทางการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยการติดตั้งระบบวัดคูลมน์รัย เช่น Emergency Shut Down Valve เมื่อวาล์วควบคุมเกิดความบกพร่อง

วิจารณ์

การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ

จากการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณในกระบวนการผลิตน้ำยาวานิชพบว่ามี 17 กรณีที่มีความเสี่ยงก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิตของพนักงาน สุขภาพอนามัย ชุมชนสาธารณชน และทรัพย์สินของโรงงานดังนี้

กรณีที่ 1 ไม่พบการติดตั้ง Flame arrester ที่ถังจัดเก็บเมทิลแอลกอฮอล์ เมื่อมีการถ่ายสารเคมีลงสู่ถังจัดเก็บจะก่อให้เกิดไอของสารเมทิลแอลกอฮอล์ออกสู่บรรยากาศซึ่งสารเมทิลแอลกอฮอล์เป็นสารเคมีไวไฟมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดการลุกไหม้หรือระเบิดได้เมื่อเจอกับแหล่งจุดติดไฟ ดังเช่นคำกล่าวของ National Fire Protection Association (2008) ที่กล่าวว่า Flame arrester เป็นอุปกรณ์ความปลอดภัยซึ่งถูกออกแบบไว้เพื่อป้องกันการติดไฟภายในถังจัดเก็บสารเคมีจากแหล่งจุดติดไฟภายนอก

กรณีที่ 2 สายดินชำรุด (Grounding), ไม่พบการต่อฝาก (Bonding) หรือพนักงานสัมผัสสายดิน อันเนื่องมาจากการที่สายดินชำรุด พนักงานสัมผัสสายดินนั้นจะก่อให้เกิดการเชื่อมต่อกันทางไฟฟ้าระหว่างโครงสร้างที่เป็นตัวนำไฟฟ้าลงสู่พื้นดินขาดช่วง เกิดการสะสมของประจุไฟฟ้าสถิตได้บนวัสดุตัวนำมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดการลุกไหม้หรือระเบิด ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของสำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย (2548) ที่กล่าวว่า การถ่ายเทสารไวไฟผ่านท่อทำให้เกิดการสะสมของไฟฟ้าสถิตและเมื่อประจุไฟฟ้าที่สะสมมีมากพอจะเกิดความเสี่ยงที่จะเกิดการสปาร์กของ

ประจุไฟฟ้าไปยังตัวนำไฟฟ้าอื่นได้ซึ่งหากพลังงานของการสปาร์กสูงพอก็อาจส่งผลให้เกิดการลุกติดไฟและเป็นเหตุให้เกิดอัคคีภัยขึ้นได้ถ้าไม่มีการต่อสายดินและสอดคล้องกับงานวิจัยของ เกศินี (2550) ที่กล่าวไว้ว่า ขณะถ่ายเทโทลูอินจากถังบรรจุเข้าสู่ถังผลิตโดยไม่ต่อสายดินมีความเสี่ยงสูงที่อาจก่อให้เกิดการระเบิด นอกจากนี้การไม่พบการต่อฝาก (Bonding) ส่งผลให้ขาดการเชื่อมต่อกันทางไฟฟ้าระหว่างโครงสร้างที่เป็นตัวนำไฟฟ้า 2 ส่วนเข้าด้วยกันทำให้ศักย์ไฟฟ้าของโครงสร้างทั้งสองไม่เท่ากันมีความเสี่ยงที่จะเกิดการลุกไหม้หรือระเบิดได้ ดังเช่นคำกล่าวของ สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย (2548) ที่กล่าวไว้ว่า โครงสร้างที่เป็นตัวนำไฟฟ้า 2 ส่วนถ้าไม่มีการต่อฝากทำให้ไม่สามารถกระจายการสะสมของประจุไฟฟ้าบนโครงสร้างได้จึงมีความเสี่ยงที่จะเกิดการลุกไหม้หรือระเบิดได้

กรณีที่ 3 การที่เครื่องวัดระดับสารเคมีภายในถังเสียหรือไม่ทำงานจะก่อให้เกิดการรั่วไหลออกมายังภายนอกของสารไวไฟหรือมีความเป็นพิษอาจทำให้เกิดการลุกไหม้ เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินหรืออุปกรณ์ต่างๆ หรือเกิดความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมภายนอกได้ดังเช่นคำกล่าวของ ทวิช (2548) ที่กล่าวไว้ว่า การผิดปกติของอุปกรณ์การวัดจะส่งผลทำให้ตัวแปรที่ต้องการควบคุมไม่สามารถควบคุมซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ตัวแปรในกระบวนการเกิดผิดพลาดไปจากค่าที่ต้องการได้ อาจทำให้เกิดการรั่วไหลของสารเคมีออกมายังภายนอก

กรณีที่ 4 ไม่มีการตรวจสอบการซึม, รั่วไหลของถังจัดเก็บสารเคมีมีความเป็นไปได้เมื่อเจอแหล่งประกายไฟเกิดเพลิงไหม้หรือระเบิดได้โดยจะพบว่ามีกฎหมายที่เกี่ยวข้องตามความในมาตรา 39(13) แห่งพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2512 เรื่องหน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน ข้อ 48 ซึ่งกล่าวว่า ต้องดูแลรักษามีให้มีการรั่วไหลของวัตถุมีพิษ วัตถุเคมี วัตถุไวไฟ วัตถุระเบิด หรือวัตถุอื่นที่อาจเป็นอันตรายออกมาจากเครื่องจักรหรืออุปกรณ์อื่นใดที่ใช้ในการผลิต บรรจุ แปรสภาพ หรือผสมปรุงแต่ง

กรณีที่ 5 ไม่พบการติดตั้งระบบแจ้งเตือนสารเคมีรั่วไหล อันเนื่องมาจากการไม่ติดตั้งระบบแจ้งเตือนสารเคมีรั่วไหลเมื่อเติมสารเคมีเข้าสู่ถังจัดเก็บมีความเป็นไปได้ที่สารเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล และฟอร์มัลดีไฮด์ เกิดการรั่วไหลล้นออกมายังภายนอก สารเคมีมีความไวไฟหรือมีความเป็นพิษอาจทำให้เกิดการลุกไหม้หรืออาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานที่อยู่บริเวณนั้นเกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินหรืออุปกรณ์ต่างๆ โดยที่พนักงานไม่ทันได้เตรียมตัว ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ ทวิช (2548) ที่กล่าวไว้ว่า ระบบวัดคุณสมบัติเป็นระบบที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการป้องกัน

กระบวนการผลิตจากเหตุการณ์อันตราย เมื่อเกิดความผิดปกติขึ้นกับอุปกรณ์ส่วนประมวลผลจะรับสัญญาณอินพุตมาจากอุปกรณ์การวัดเพื่อมาเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนด (Set Point) จากนั้นจะส่งสัญญาณเอาต์พุตไปปิดและเปิดอุปกรณ์สุดท้าย เช่น วาล์วนิรภัย หรือ ชุดควบคุมมอเตอร์ และแสดงสัญญาณเตือนให้กับพนักงานได้ทราบ

กรณีที่ 6 สั่งวาล์วควบคุม (CV01, CV02, CV03, CV04) ปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งเปิดส่งผลให้สารเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล, ฟอร์มัลดีไฮด์ และไตรเอทิลอะมีน ล้นถังซึ่งสารเคมีมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดการลุกไหม้หรือระเบิดหรือทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานที่อยู่บริเวณนั้นเกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินหรืออุปกรณ์ต่างๆ ดังเช่นคำกล่าวของ ทวิช (2548) ที่กล่าวไว้ว่า อุปกรณ์การควบคุมที่เป็นวาล์วควบคุมจะมีการทำงานอยู่ตลอดเวลามีการเคลื่อนที่ของก้านวาล์วบ่อยครั้งเพื่อปรับตัวแปรกระบวนการให้อยู่ในค่าที่ต้องการซึ่งเมื่อใช้งานไประยะเวลานานๆ อาจทำให้เกิดการสึกหรอหรือเกิดการติดขัดต่อการปิดเปิดหรืออาจปิดเปิดได้ช้าลงหรือเกิดการผิดปกติขึ้นในอุปกรณ์การวัดซึ่งจะส่งผลทำให้ตัวแปรที่ต้องการควบคุมไม่สามารถควบคุมได้หรืออาจเกิดจากการปฏิบัติงานที่ผิดพลาดโดยการใส่ค่า Set Point ที่มากเกินไปหรือทำการสั่งปิดหรือเปิดวาล์วไม่ถูกต้อง เหตุการณ์ต่างๆ เหล่านี้อาจจะเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าตัวแปรในกระบวนการเกิดผิดพลาดไปจากค่าที่ต้องการได้ ถ้าค่าตัวแปรต่างๆ มีค่าเกินกว่าจุดที่อุปกรณ์ต่างๆ ในกระบวนการจะทนได้ อาจทำให้เกิดการรั่วไหลออกมายังภายนอก

กรณีที่ 7 ในขณะที่ปฏิบัติงานมีการปั๊มสารเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล, ฟอร์มัลดีไฮด์ และไตรเอทิลอะมีน ออกจากถังจัดเก็บสั่งวาล์วควบคุม (CV01, CV02, CV03, CV04) ปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งเปิดส่งผลให้เกิดความดันภายในเส้นท่อนี้มีความเป็นไปได้ที่ทำให้ท่อส่งสารเคมีแตกทำให้สารเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล, ฟอร์มัลดีไฮด์ และไตรเอทิลอะมีน รั่วไหลออกมายังภายนอกเจอแหล่งความร้อนหรือประกายไฟเกิดเพลิงไหม้หรือระเบิด ดังเช่นคำกล่าวของ ทวิช (2548) ที่กล่าวไว้ว่า อุปกรณ์การควบคุมที่เป็นวาล์วควบคุมจะมีการทำงานอยู่ตลอดเวลา มีการเคลื่อนที่ของก้านวาล์วบ่อยครั้งเพื่อปรับตัวแปรกระบวนการให้อยู่ในค่าที่ต้องการซึ่งเมื่อใช้งานไประยะเวลานานๆ อาจทำให้เกิดการสึกหรอหรือเกิดการติดขัดต่อการปิดเปิดหรืออาจปิดเปิดได้ช้าลงหรือเกิดการผิดปกติขึ้นในอุปกรณ์การวัดซึ่งจะส่งผลทำให้ตัวแปรที่ต้องการควบคุมไม่สามารถควบคุมได้หรืออาจเกิดจากการปฏิบัติงานที่ผิดพลาดโดยการใส่ค่า Set Point ที่มากเกินไปหรือทำการสั่งปิดหรือเปิดวาล์วไม่ถูกต้อง เหตุการณ์ต่างๆ เหล่านี้อาจทำให้เกิดการรั่วไหลของสารเคมีออกมายังภายนอกเกิดการลุกไหม้ เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินหรืออุปกรณ์ต่างๆ

กรณีที่ 8 ในขณะที่ปฏิบัติงานมีการบีบสารเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล, ฟอรั่มลดีไฮด์ และ ไตรเอทิลอะมีน ออกจากถังจัดเก็บ ระบบความดันลมสั่งวาล์วควบคุม (CV01, CV02, CV03, CV04) เปิดแต่ระบบความดันลมล้มเหลวสั่งวาล์วควบคุมปิดส่งผลให้เกิดความดันภายในเส้นท่อนี้มีความเป็นไปได้ที่ทำให้ท่อส่งสารเคมีแตกทำให้สารเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล, ฟอรั่มลดีไฮด์ และ ไตรเอทิลอะมีนรั่วไหลออกมาภายนอกเจอแหล่งความร้อนหรือประกายไฟเกิดเพลิงไหม้หรือระเบิด ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ ทวิช (2548) ที่กล่าวไว้ว่า อัตราการเกิดสาเหตุที่นำไปสู่เหตุการณ์อันตรายของระบบควบคุมพื้นฐานสามารถพิจารณาได้ 3 ส่วน คือ อุปกรณ์วัดผิดพลาด สาเหตุอาจเกิดขึ้นมาจากอุปกรณ์การวัดไม่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรจากกระบวนการผลิต, ระบบควบคุมไม่ทำงานสาเหตุอาจเกิดขึ้นมาจากอุปกรณ์ส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบควบคุมพื้นฐานไม่ทำงานหรือเกิดความผิดพลาด และวาล์วควบคุมไม่ทำงานสาเหตุอาจเกิดมาจากก้านวาล์วติดหรือฝืดทำให้ไม่สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงได้ทันเวลา

กรณีที่ 9 พนักงานลืมเปิดวาล์ว “G04” ส่งผลให้เกิดความดันภายในเส้นท่อนี้มีความเป็นไปได้ที่ทำให้ท่อส่งสารไตรเอทิลอะมีนแตกทำให้สารไตรเอทิลอะมีนรั่วไหลออกมาภายนอกเจอแหล่งความร้อนหรือประกายไฟเกิดเพลิงไหม้หรือระเบิด ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ H.W. Heinrich อ้างถึงใน วิฑูรย์ และ วีรพงษ์ (2549) ที่กล่าวไว้ว่า สาเหตุของอุบัติเหตุที่มี 3 ประการได้แก่ สาเหตุที่เกิดจากคนมีจำนวนสูงที่สุดคือ 88% ของการเกิดอุบัติเหตุทุกครั้ง เช่น การทำงานที่ไม่ถูกต้อง ความพลั้งเผลอ ความประมาท เป็นต้น, สาเหตุที่เกิดจากความผิดพลาดของเครื่องจักรมีจำนวนเพียง 10% ของการเกิดอุบัติเหตุทุกครั้ง เช่น เครื่องจักรไม่มีเครื่องป้องกัน เครื่องจักรเครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่างๆ ชำรุดบกพร่อง สภาพแวดล้อมในการทำงานไม่ปลอดภัย เป็นต้น และสาเหตุที่เกิดจากดวงชะตามีจำนวนเพียง 2% เป็นสาเหตุที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาตินอกเหนือการควบคุมได้ เช่น พายุ น้ำท่วม ไฟฟ้า เป็นต้น

กรณีที่ 10 สั่งวาล์วควบคุม (CV08) เปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งปิดส่งผลให้ถังปฏิกรณ์ขาดน้ำหล่อเย็นทำให้อุณหภูมิและความดันเพิ่มสูงขึ้นมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Runaway reaction) ดังเช่นคำกล่าวของ ชันทอง (2549) ที่กล่าวไว้ว่า การเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้เกิดขึ้นเนื่องมาจากการขาดการควบคุมอัตราการระบายความร้อนให้เท่ากับอัตราการเกิดความร้อน (Controlled heating / Cooling system) และสอดคล้องกับคำกล่าวของ ทวิช (2548) ที่กล่าวไว้ว่า สาเหตุที่นำไปสู่เหตุการณ์อันตรายของระบบควบคุมพื้นฐานสามารถพิจารณาได้ 3 ส่วนคือ อุปกรณ์วัดผิดพลาดสาเหตุอาจเกิดขึ้นมาจากอุปกรณ์

การวัดไม่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรจากกระบวนการผลิต, ระบบควบคุมไม่ทำงาน สาเหตุอาจเกิดขึ้นมาจากอุปกรณ์ส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบควบคุมนั้นไม่ทำงานหรือเกิดความผิดพลาดและวาล์วควบคุมไม่ทำงานสาเหตุอาจเกิดมาจากก้านวาล์วติดหรือฝืดทำให้ไม่สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงได้ทันเวลา

กรณีที่ 11 คอยล์เย็นอุดตันส่งผลให้อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นทำให้อุณหภูมิและความดันเพิ่มสูงขึ้นมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Runaway reaction) ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Crowl and Louvar (2002) ที่กล่าวไว้ว่า คอยล์เย็นอุดตันทำให้น้ำหล่อเย็นไม่สามารถไประบายความร้อนได้ที่ถึงปฏิกิริยามีความดันเพิ่มสูงขึ้นมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้

กรณีที่ 12 ระบบบริการน้ำหล่อเย็นเกิดความล้มเหลวส่งผลให้อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นทำให้อุณหภูมิและความดันเพิ่มสูงขึ้นมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Runaway reaction) ดังเช่นคำกล่าวของ Crowl and Louvar (2002) ที่กล่าวไว้ว่า ระบบบริการน้ำหล่อเย็นล้มเหลวทำให้ไม่มีการไหลของน้ำหล่อเย็นเข้าสู่ถังปฏิกิริยาซึ่งใช้ในการระบายความร้อนทำให้อุณหภูมิและความดันภายในถังปฏิกิริยาเพิ่มสูงขึ้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้

กรณีที่ 13 ระบบความดันลมสั่งวาล์วควบคุม (CV08) เปิดแต่ระบบความดันลมล้มเหลวสั่งวาล์วควบคุมปิดส่งผลให้อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นทำให้อุณหภูมิและความดันเพิ่มสูงขึ้นมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Runaway reaction) ดังเช่นคำกล่าวของ จันทอง (2549) ที่กล่าวไว้ว่า การเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้เกิดขึ้นเนื่องมาจากการขาดการควบคุมอัตราการระบายความร้อนให้เท่ากับอัตราการเกิดความร้อน (Controlled heating / Cooling system) และสอดคล้องกับคำกล่าวของ ทวิช (2548) ที่กล่าวไว้ว่า สาเหตุที่นำไปสู่เหตุการณ์อันตรายของระบบควบคุมพื้นฐานสามารถพิจารณาได้ 3 ส่วนคือ อุปกรณ์วัดผิดพลาดสาเหตุอาจเกิดขึ้นมาจากอุปกรณ์การวัดไม่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรจากกระบวนการผลิต, ระบบควบคุมไม่ทำงานสาเหตุอาจเกิดจากอุปกรณ์ส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบควบคุมนั้นไม่ทำงานหรือเกิดความผิดพลาดและวาล์วควบคุมไม่ทำงานสาเหตุอาจเกิดมาจากก้านวาล์วติดหรือฝืดทำให้ไม่สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงได้ทันเวลา

กรณีที่ 14 ระบบน้ำหล่อเย็นเกิดความล้มเหลวเนื่องจากการไหลย้อนกลับของน้ำหล่อเย็น มีผลให้ถังปฏิกรณ์ขาดน้ำหล่อเย็นทำให้อุณหภูมิและความดันเพิ่มสูงขึ้นมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Runaway reaction) ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Crowl and Louvar (2002) ที่กล่าวไว้ว่า การเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ส่วนหนึ่งมีสาเหตุมาจากการไหลย้อนกลับของระบบน้ำหล่อเย็นทำให้อุณหภูมิและความดันเพิ่มสูงขึ้น

กรณีที่ 15 มอเตอร์ของใบกวนไม่สามารถทำงานได้ตามปกติหรือระบบไฟฟ้าของใบกวนเกิดความล้มเหลวจะก่อให้เกิดความร้อนเพิ่มสูงขึ้นของสารฟินอลและฟอร์มัลดีไฮด์ที่ทำปฏิกิริยาทางเคมีในถังปฏิกรณ์มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้และเกิดการระเบิดของถังปฏิกรณ์ในที่สุด ดังเช่นคำกล่าวของ ชันทอง (2549) ที่กล่าวไว้ว่า การระบายความร้อนออกขึ้นอยู่กับเกรเดียนต์อุณหภูมิของมลสารปฏิกิริยากับปฏิกรณ์ในกรณีไม่มีการกวนผสมของมลสารปฏิกิริยาที่มีปริมาณมากจะมีเกรเดียนต์อุณหภูมิน้อยการระบายความร้อนจะเกิดขึ้นได้ไม่ดีทำให้มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้

กรณีที่ 16 สั่งวาล์วควบคุม (CV11) ปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งเปิดส่งผลให้น้ำยาวานิชที่ได้จากการทำปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างฟินอล, ฟอร์มัลดีไฮด์, เมทิลแอลกอฮอล์ โดยมีไตรเอทิลอะมีนเป็นสารที่เร่งการเกิดปฏิกิริยาไหลออกจากถังปฏิกรณ์เข้าสู่ถังจัดเก็บน้ำยาวานิชตลอดเวลาซึ่งมีความเป็นไปได้ที่น้ำยาวานิชจะล้นถังออกมาภายนอกเจอแหล่งความร้อนหรือประกายไฟเกิดเพลิงไหม้หรือระเบิดได้ดังเช่นคำกล่าวของ ทวิช (2548) ที่กล่าวไว้ว่า สาเหตุที่นำไปสู่เหตุการณ์อันตรายของระบบควบคุมพื้นฐานสามารถพิจารณาได้ 3 ส่วนคือ อุปกรณ์วัดผิดพลาดสาเหตุอาจเกิดขึ้นมาจากอุปกรณ์การวัดไม่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรจากกระบวนการผลิต, ระบบควบคุมไม่ทำงานสาเหตุอาจเกิดขึ้นมาจากอุปกรณ์ส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบควบคุมนั้นไม่ทำงานหรือเกิดความผิดพลาดและวาล์วควบคุมไม่ทำงานสาเหตุอาจเกิดมาจากก้านวาล์วติดหรือฝืดทำให้ไม่สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงได้ทันเวลา

กรณีที่ 17 ระบบความดันลมสั่งวาล์วควบคุม (CV11) เปิด แต่ระบบความดันลมล้มเหลวสั่งวาล์วควบคุมปิดส่งผลให้เกิดความดันภายในเส้นท่อนี้มีความเป็นไปได้ที่ทำให้ท่อส่งน้ำยาวานิชแตกรั่วไหลออกมาภายนอกเจอแหล่งความร้อนหรือประกายไฟเกิดเพลิงไหม้หรือระเบิด ดังเช่นคำกล่าวของ ทวิช (2548) ที่กล่าวไว้ว่าสาเหตุที่นำไปสู่เหตุการณ์อันตรายของระบบควบคุมพื้นฐานสามารถพิจารณาได้ 3 ส่วนคือ อุปกรณ์วัดผิดพลาดสาเหตุอาจเกิดขึ้นมาจากอุปกรณ์การวัดไม่ตอบสนองต่อ

การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรจากกระบวนการผลิต, ระบบควบคุมไม่ทำงานสาเหตุอาจเกิดขึ้นมาจากอุปกรณ์ส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบควบคุมนั้นไม่ทำงานหรือเกิดความผิดพลาดและวาล์วควบคุมไม่ทำงานสาเหตุอาจเกิดมาจากก้านวาล์วติดหรือฝืดทำให้ไม่สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงได้ทันเวลา

ค่าพลังงานไฟฟ้าสถิต

การคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกสารเมทิลแอลกอฮอล์และสารไตรเอทิลอะมีนสืบเนื่องมาจากสารเมทิลแอลกอฮอล์และไตรเอทิลอะมีนมีจุดวาบไฟต่ำ (เมทิลแอลกอฮอล์จุดวาบไฟเท่ากับ 12.2 องศาเซลเซียส, ไตรเอทิลอะมีนจุดวาบไฟเท่ากับ -8.89 องศาเซลเซียส) ซึ่งเป็นสารเคมีไวไฟมีโอกาสที่จะเกิดการติดไฟและการระเบิดได้ง่ายซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ NFPA 704 (2007) ที่กล่าวไว้ว่าสารเคมีที่มีจุดวาบไฟต่ำกว่า 22 องศาเซลเซียส จัดเป็นสารเคมีที่มีความไวไฟสูง และในกรณีที่ผู้วิจัยไม่ได้นำสารฟีนอลและฟอร์มาลดีไฮด์มาคิดคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตนั้นอันเนื่องมาจากสารฟีนอลและฟอร์มาลดีไฮด์ (ฟีนอลจุดวาบไฟเท่ากับ 79 องศาเซลเซียส, ฟอร์มาลดีไฮด์จุดวาบไฟเท่ากับ 64 องศาเซลเซียส) เป็นสารที่มีความไวไฟน้อยกว่าสารเมทิลแอลกอฮอล์และไตรเอทิลอะมีน

จากการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้คำนวณตามสูตรการคำนวณดังภาคผนวก จ.

กรณีการถ่ายสารเมทิลแอลกอฮอล์จากรถขนส่งสารเคมีเข้าสู่ถังจัดเก็บมีค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตที่ตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีดเท่ากับ 0.968 มิลลิจุล โดยพบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตที่คำนวณได้เกินมาตรฐานคือ 0.1 มิลลิจุล ทั้งนี้เนื่องมาจากความยาวของเส้นท่อส่งสารเมทิลแอลกอฮอล์มีความยาวมาก (40 เมตร) ประกอบกับค่าความนำไฟฟ้าของสารเมทิลแอลกอฮอล์ (Liquid Conductivity) มีค่าการนำไฟฟ้าค่อนข้างสูง (4.4×10^{-7} โอห์มต่อเซนติเมตร) ดังนั้นจึงทำให้เกิดความต้านทานสูงขณะปั๊มสารเคมีเข้าสู่ถังจัดเก็บ (385.45×10^7 โอห์ม) ถึงแม้ว่าค่าการไหลของกระแสไฟฟ้า (Streaming Current) จะมีค่าที่ไม่สูงมากนัก (3.61×10^{-7} แอมแปร์) แต่ก็เพียงพอที่จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้เท่ากับ 1,391.47 โวลต์ อีกทั้งค่าปริมาณความจุไฟฟ้า (Capacitance) ระหว่างสองหน้าแปลนมีค่าเท่ากับ 1000×10^{-12} ฟารัด ดังนั้นค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตที่ตัวเก็บประจุ

ระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีดจึงมีความเสี่ยงอันตรายที่จะเกิดการลุกไหม้ได้เนื่องมาจากเกิดแรงเคลื่อนทางไฟฟ้าและมีปริมาณความจุทางไฟฟ้าที่สูง

กรณีการป้อนสารไตรเอทิลอะมีนจากถังจัดเก็บ (TEA Drum) เข้าสู่ถังจัดเก็บ (TEA Tank) พบว่ามีค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตที่ตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีดเท่ากับ 1.59×10^{-11} มิลลิจูล โดยพบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตที่คำนวณได้ไม่เกินค่ามาตรฐานคือ 0.1 มิลลิจูล ทั้งนี้เนื่องมาจากความยาวของเส้นท่อส่งสารไตรเอทิลอะมีนมีความยาวไม่มาก (4 เมตร) แต่ค่าความนำไฟฟ้าของสารไตรเอทิลอะมีน (Liquid Conductivity) มีค่าการนำไฟฟ้าค่อนข้างสูง (4.7×10^{-5} โอห์มต่อเซนติเมตร) ซึ่งความต้านทานที่เกิดขึ้นขณะป้อนสารไตรเอทิลอะมีนเข้าสู่ถังจัดเก็บจึงมีความต้านทานไม่มาก (163.36×10^5 โอห์ม) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการถ่ายสารเมทิลแอลกอฮอล์จากระบบส่งสารเคมีเข้าสู่ถังจัดเก็บ ประกอบกับค่าการไหลของกระแสไฟฟ้า (Streaming Current) มีค่าที่ไม่สูงที่จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนทางไฟฟ้าในปริมาณที่มากได้ อีกทั้งค่าปริมาณความจุไฟฟ้า (Capacitance) ระหว่างสองหน้าแปลนมีค่าเท่ากับ 20×10^{-12} ฟารัด ดังนั้นค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตที่ตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีดจึงไม่มีความเสี่ยงอันตรายที่จะเกิดการลุกไหม้ได้ เนื่องมาจากเกิดแรงเคลื่อนทางไฟฟ้าและมีปริมาณความจุไฟฟ้าน้อย ดังเช่นคำกล่าวของ Crowl and Louvar (2002) ที่กล่าวไว้ว่า การคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตนั้นต้องพิจารณาค่าปริมาณความจุไฟฟ้า (Capacitance), ประจุไฟฟ้าสถิต และแรงเคลื่อนทางไฟฟ้า ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตที่ตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีดเนื่องจากตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีดเป็นโครงสร้างที่เป็นตัวนำไฟฟ้า 2 ส่วนเข้าด้วยกันโดยใช้ตัวนำไฟฟ้าเพื่อทำการเชื่อมต่อกันทางไฟฟ้าซึ่งขนาดของตัวนำไฟฟ้า, ความแข็งแรงของวัสดุตัวนำและความแนบแน่นของหน้าสัมผัสของจุดต่อเชื่อมมีโอกาสที่จะเกิดการชำรุดทำให้ไม่มีการต่อเนื่องทางไฟฟ้าเกิดการสะสมของประจุไฟฟ้าสถิตมีโอกาสเกิดการลุกไหม้หรือระเบิดได้ ดังเช่นคำกล่าวของ สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย (2548) ที่กล่าวไว้ว่า การเชื่อมต่อกันทางไฟฟ้าระหว่างโครงสร้างที่เป็นตัวนำไฟฟ้า 2 ส่วนเข้าด้วยกันโดยใช้ตัวนำไฟฟ้า ขนาดของตัวนำ, ความแข็งแรงของวัสดุตัวนำ และความแนบแน่นของหน้าสัมผัสของจุดต่อเชื่อมต้องให้ความสำคัญอย่างมากเพราะเป็นการกำจัดความเสี่ยงของการถ่ายเทประจุระหว่างวัตถุ

มาตรการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุก

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดมาตรการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกดังนี้

กรณีที่ 1 ไม่พบการติดตั้ง Flame arrester ที่ถังจัดเก็บเมทิลแอลกอฮอล์มีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยการติดตั้ง Flame arrester ที่ถังจัดเก็บสารเมทิลแอลกอฮอล์ เนื่องมาจากการติดตั้ง Flame arrester สามารถป้องกันการติดไฟหรือการระเบิดภายในถังจัดเก็บสารเคมีจากแหล่งจุดติดไฟภายนอกได้ ดังเช่นคำกล่าวของ NFPA 69 (2008) ที่กล่าวไว้ว่า Flame arrester เป็นอุปกรณ์ความปลอดภัยซึ่งถูกออกแบบไว้เพื่อป้องกันการการติดไฟภายในถังจัดเก็บสารเคมีจากแหล่งจุดติดไฟภายนอกอีกทั้งจัดเก็บหนึ่ง อีกทั้งยังมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกในเรื่องการจัดการให้มีการตรวจสอบ Flame arrester เพราะว่ามีโอกาสที่จะถูกกีดกร่อนโดยไอสารเมทิลแอลกอฮอล์ทำให้เสื่อมสภาพการใช้งานได้ ซึ่งสอดคล้องกับแบบรายงานการสอบสวนอุบัติเหตุของ CSB (2006) ที่รายงานไว้ว่า อุบัติเหตุถังเมทิลแอลกอฮอล์เกิดการระเบิดนั้นมีสาเหตุหลักมาจาก Flame arrester ไม่ได้มีการตรวจสอบตั้งแต่เมื่อปี 1993 ซึ่งวัสดุที่ใช้ทำ Flame arrester เป็นอลูมิเนียมซึ่งไอสารเมทิลแอลกอฮอล์สามารถกัดกร่อนทำให้เสื่อมสภาพการใช้งานประกอบกับไอสารเมทิลแอลกอฮอล์แพร่สู่บรรยากาศเจอแหล่งความร้อนและประกายไฟจากการซ่อมแซมหลังคาถังจัดเก็บสารเมทิลแอลกอฮอล์จึงเกิดการระเบิดขึ้น

กรณีที่ 2 สายดินชำรุด (Grounding), ไม่พบการต่อฝาก (Bonding) หรือพนักงานลืมต่อสายดินมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยการติดตั้ง Limit switch ที่ม้วนของสายดินเพื่อป้องกันการลืมต่อสายดินของพนักงานโดยใช้หลักการคือปกติถ้าไม่ได้มีการต่อสายดิน Limit switch จะไม่เปิดให้กระแสไฟฟ้าไหลมอเตอร์จะไม่ทำงาน (Normal Open) แต่ถ้ามีการต่อสายดิน Limit switch จะมีกระแสไฟฟ้าไหลมอเตอร์ทำงาน (Normal Close) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เกศินี (2550) ที่กล่าวไว้ว่า ขณะถ่ายเทสารทูลูอินจากถังบรรจุเข้าสู่ถังผลิตโดยไม่ต่อสายดินมีความเสี่ยงสูงที่อาจก่อให้เกิดการระเบิด อีกทั้งยังมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกในเรื่องของการจัดทำแบบตรวจสอบสภาพทั่วไปของสายดิน (Grounding) และจุดต่อฝาก (Bonding) เพราะว่าวัสดุตัวนำไฟฟ้าที่ใช้ในการต่อสายดินและต่อฝากนั้นมีโอกาสที่จะเสื่อมสภาพไปตามกาลเวลา หรือหน้าสัมผัสของจุดต่อเชื่อมอาจไม่แนบแน่นทำให้มีความเสี่ยงอันตรายที่จะเกิดการลุกไหม้หรือระเบิดได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เกศินี (2550) ที่กล่าวไว้ว่าการดำเนินการเพื่อลดความเสี่ยงขณะถ่ายเททูลูอินจากถังบรรจุเข้าสู่ถังผลิตโดยไม่พบการต่อสายดินโดยดำเนินการออกแบบฟอร์มการตรวจสอบสภาพ

ของสายดินประจำวันโดยพนักงานผู้ใช้งานเป็นผู้ตรวจสอบเพื่อให้สายดินพร้อมใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดเวลา

กรณีที่ 3 การที่เครื่องวัดระดับสารเคมีภายในถังเสียหรือไม่ทำงานมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยการซ่อมบำรุงเครื่องวัดระดับสารเคมีภายในถัง การที่เครื่องวัดระดับสารเคมีเสียหรือไม่ทำงานนั้นมีความเสี่ยงอันตรายที่สารเคมีเดิมเข้าสู่ถังจัดเก็บอาจล้นเกิดการรั่วไหลออกมาสู่ภายนอกเจอแหล่งความร้อนและประกายไฟเกิดเพลิงไหม้และระเบิดได้ ดังเช่นคำกล่าวของ ทวิช (2548) ที่กล่าวไว้ว่าการผิดปกติของอุปกรณ์การวัดจะส่งผลทำให้ตัวแปรที่ต้องการควบคุมไม่สามารถควบคุมซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ตัวแปรในกระบวนการเกิดผิดพลาดไปจากค่าที่ต้องการได้ อาจทำให้เกิดการรั่วไหลของสารเคมีออกมายังภายนอก

กรณีที่ 4 ไม่มีการตรวจสอบการซึม, รั่วไหลของถังจัดเก็บสารเคมีมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยจัดทำแบบตรวจสอบสภาพทั่วไปของถังจัดเก็บสารเคมี เพราะว่ามีความเป็นไปได้ที่ถังจัดเก็บสารเคมีอาจมีรอยรั่ว รอยซึมของสารเคมีออกจากถังจัดเก็บเนื่องจากถังจัดเก็บสารเคมีมีอายุการใช้งานที่ยาวนานโดยไม่มีการตรวจสอบทำให้เสื่อมสภาพไปตามกาลเวลาซึ่งจะพบว่ามีกฎหมายที่เกี่ยวข้องตามความในมาตรา 39(13) แห่งพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2512 เรื่องหน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน ข้อ 48 ซึ่งกล่าวว่า ต้องดูแลรักษามิให้มีการรั่วไหลของ วัตถุมีพิษ วัตถุเคมี วัตถุไวไฟ วัตถุระเบิด หรือวัตถุอื่นที่อาจเป็นอันตรายออกมาจากเครื่องจักรหรือ อุปกรณ์อื่นใดที่ใช้ในการผลิต บรรจุ แปรสภาพ หรือผสมปรุงแต่ง

กรณีที่ 5 ไม่พบการติดตั้งระบบแจ้งเตือนสารเคมีรั่วไหลมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยติดตั้งระบบแจ้งเตือนสารเคมีรั่วไหลที่ถังจัดเก็บสารเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล และฟอร์มัลดีไฮด์ เพื่อเตือนให้พนักงานได้ทราบโดยจะพบว่ามีกฎหมายที่เกี่ยวข้องตามความในมาตรา 39(13) แห่งพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2512 เรื่องหน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน ข้อ 62 ซึ่งกล่าวไว้ว่าภาชนะที่บรรจุวัตถุมีพิษ วัตถุเคมี วัตถุไวไฟ หรือถึงปฏิกิริยาภายใต้ความดันต้องสร้างให้ได้มาตรฐานและมีอุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่างๆ เช่น ลิ้นนิรภัย (Safety Valve) จานนิรภัย (Bursting Disc) ปลั๊กหลอมละลาย (Fusible Plug) ฯลฯ ครอบถ้ว้นสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย

กรณีที่ 6 สั่งวาล์วควบคุม (CV01, CV02, CV03, CV04) ปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งเปิดมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยติดตั้งตัววัดระดับสารเคมีภายในถังสารเคมี (WB1 และ WB2) และกำหนดค่า (Set Point) เพื่อไปสั่งให้วาล์วควบคุมปิดซึ่งมาตรการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกดังกล่าวทางโรงงานมีการดำเนินการแล้ว เพิ่มเติมแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบความปลอดภัยโดยการติดตั้งระบบวัดคูนินทรีย์ เช่น Emergency Shut Down Valve เมื่อวาล์วควบคุมเกิดความบกพร่อง ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ ทวิช (2548) ที่กล่าวไว้ว่า ระบบวัดคูนินทรีย์จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์การวัดเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ ในกระบวนการผลิตให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อส่งไปยังส่วนประมวลผลเพื่อทำการเปรียบเทียบค่ากับค่าที่กำหนด (Set Point) และจากนั้นจะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์สุดท้ายไปทำการปิดและเปิดอุปกรณ์สุดท้าย เช่น วาล์วนินทรีย์ (Shut Down Valve) หรือชุดควบคุมมอเตอร์ (Motor Control Centre)

กรณีที่ 7 ในขณะที่ปฏิบัติงานมีการบีบสารเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล, ฟอรั่มลดีไฮด์ และ ไตรเอทิลเอมีน ออกจากถังจัดเก็บสั่งวาล์วควบคุม (CV01, CV02, CV03, CV04) ปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งเปิดมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยการติดตั้งระบบวัดคูนินทรีย์ เช่น Emergency Shut Down Valve เมื่อวาล์วควบคุมเกิดความบกพร่องซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ ทวิช (2548) ที่กล่าวไว้ว่า ระบบวัดคูนินทรีย์จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์การวัดเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ ในกระบวนการผลิตให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อส่งไปยังส่วนประมวลผลเพื่อทำการเปรียบเทียบค่ากับค่าที่กำหนด (Set Point) และจากนั้นจะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์สุดท้ายไปทำการปิดและเปิดอุปกรณ์สุดท้าย เช่น วาล์วนินทรีย์ (Shut Down Valve) หรือชุดควบคุมมอเตอร์ (Motor Control Centre)

กรณีที่ 8 ในขณะที่ปฏิบัติงานมีการบีบสารเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล, ฟอรั่มลดีไฮด์ และ ไตรเอทิลเอมีน ออกจากถังจัดเก็บ ระบบความดันลมสั่งวาล์วควบคุม (CV01, CV02, CV03, CV04) ปิดแต่ระบบความดันลมล้มเหลวสั่งวาล์วควบคุมปิดมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยการติดตั้งระบบวัดคูนินทรีย์ เช่น Emergency Shut Down Valve เมื่อวาล์วควบคุมเกิดความบกพร่องซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ ทวิช (2548) ที่กล่าวไว้ว่า ระบบวัดคูนินทรีย์จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์การวัดเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ ในกระบวนการผลิตให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อส่งไปยังส่วนประมวลผลเพื่อทำการเปรียบเทียบค่ากับค่าที่กำหนด (Set Point)

และจากนั้นจะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์สุดท้ายไปทำการปิดและเปิดอุปกรณ์สุดท้าย เช่น วาล์วนิรภัย (Shut Down Valve) หรือชุดควบคุมมอเตอร์ (Motor Control Centre)

กรณีที่ 9 การที่พนักงานลิ้มเปิดวาล์ว “G04” มีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยจัดทำป้ายเตือน “เปิดวาล์ว (G04) ก่อนปั๊มสารไตรเอทิลอะมีน” ติดไว้หน้างานเพื่อเป็นการเตือนอันตรายก่อนเริ่มปฏิบัติงานซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ H.W. Heinrich อ้างอิงใน วิฑูรย์ และ วีรพงษ์ (2549) ที่กล่าวไว้ว่า สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุสูงสุดเกิดจากการกระทำที่ไม่ปลอดภัยของคนสูงถึง 88% เช่น การทำงานที่ไม่ถูกต้อง ความพลั้งเผลอ ความประมาท เป็นต้น

กรณีที่ 10 สิ่งวาล์วควบคุม (CV08) เปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุมตั้งปิดมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและกำหนดค่า (Set Point) อุณหภูมิไว้ที่ 120 องศาเซลเซียส จากนั้นจะส่งสัญญาณไปยังวาล์วนิรภัย (Shut Down Valve) เปิดให้น้ำหล่อเย็นเข้าสู่ถังปฏิกรณ์เพื่อระบายความร้อนออกพร้อมกันนั้นระบบประมวลผลจะส่งสัญญาณไปยังวาล์วนิรภัยอีกตัวเพื่อปิดไม่ให้ไอน้ำร้อนเข้ามายังถังปฏิกรณ์และส่งเป็นสัญญาณเตือนให้พนักงานได้ทราบซึ่งมาตรการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกดังกล่าวโรงงานมีการดำเนินการแล้ว เพิ่มเติมแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบความปลอดภัยโดยจัดให้มีการตรวจสอบงานนิรภัย, วาล์วควบคุม, วาล์วนิรภัย เป็นประจำทุกปี โดยจะพบว่ามีกฎหมายที่เกี่ยวข้องตามความในมาตรา 39(13) แห่งพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2512 เรื่องหน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานข้อ 62 ที่กล่าวไว้ว่า ภาชนะบรรจุและอุปกรณ์อำนวยความสะดวกที่ผ่านการใช้งานตามระยะเวลาที่มาตรฐานกำหนดต้องจัดให้มีการตรวจทดสอบสภาพความปลอดภัยโดยวิศวกรเครื่องกล

กรณีที่ 11 การที่คอยล์เย็นอุดตันมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยการติดตั้งตัวกรองพร้อมทั้งเพิ่มการตรวจเช็คประจำวันเพื่อป้องกันการอุดตันของคอยล์เย็นซึ่งมาตรการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกดังกล่าวโรงงานมีการดำเนินการแล้ว

กรณีที่ 12 ระบบบริกเกอร์น้ำหล่อเย็นเกิดความล้มเหลวมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยติดตั้งปั๊มน้ำหล่อเย็น 2 ตัวเพื่อใช้ทดแทนกันในกรณีที่ปั๊มอีกตัวเกิดความบกพร่องรวมถึงเพิ่มการตรวจเช็คประจำวันของปั๊มน้ำหล่อเย็นซึ่งมาตรการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกดังกล่าวโรงงานมีการดำเนินการแล้ว

กรณีที่ 13 ระบบความดันลมส่งวาล์วควบคุม (CV08) เปิดแต่ระบบความดันลมล้มเหลวส่งวาล์วควบคุมปิดมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและกำหนดค่า (Set Point) อุณหภูมิไว้ที่ 120 องศาเซลเซียส จากนั้นจะส่งสัญญาณไปยังวาล์วนิรภัย (Shut Down Valve) เปิดให้น้ำหล่อเย็นเข้าสู่ถังปฏิกรณ์เพื่อระบายความร้อนออกพร้อมกันนั้นระบบประมวลผลจะส่งสัญญาณไปยังวาล์วนิรภัยอีกตัวเพื่อปิดไม่ให้ไอน้ำร้อนเข้ามายังถังปฏิกรณ์และส่งเป็นสัญญาณเตือนให้พนักงานได้ทราบรวมถึงเพิ่มการตรวจสอบแรงดันลมประจำวันก่อนเริ่มการผลิตทุกครั้งซึ่งมาตรการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกดังกล่าวโรงงานมีการดำเนินการแล้ว

กรณีที่ 14 ระบบน้ำหล่อเย็นเกิดความล้มเหลวเนื่องจากการไหลย้อนกลับของน้ำหล่อเย็นมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยติดตั้งวาล์วกันไหลย้อนกลับ (Check Valve) รวมถึงเพิ่มการตรวจสอบวาล์วกันไหลย้อนกลับซึ่งมาตรการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกดังกล่าวโรงงานมีการดำเนินการแล้ว

กรณีที่ 15 มอเตอร์ของใบกวนไม่สามารถทำงานได้ตามปกติหรือระบบไฟฟ้าของใบกวนเกิดความล้มเหลวมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและกำหนดค่า (Set Point) อุณหภูมิไว้ที่ 120 องศาเซลเซียส จากนั้นจะส่งสัญญาณไปยังวาล์วนิรภัย (Shut Down Valve) เปิดให้น้ำหล่อเย็นเข้าสู่ถังปฏิกรณ์เพื่อระบายความร้อนออกพร้อมกันนั้นระบบประมวลผลจะส่งสัญญาณไปยังวาล์วนิรภัยอีกตัวเพื่อปิดไม่ให้ไอน้ำร้อนเข้ามายังถังปฏิกรณ์และส่งเป็นสัญญาณเตือนให้พนักงานได้ทราบเพื่อสั่งหยุดการทำงานทั้งหมด ซึ่งมาตรการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกดังกล่าวโรงงานมีการดำเนินการแล้ว เพิ่มเติมแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบความปลอดภัยโดยจัดให้มีการตรวจสอบงานนิรภัย, วาล์วควบคุม, วาล์วนิรภัย เป็นประจำทุกปี โดยจะพบว่ามีความหมายที่เกี่ยวข้องตามความในมาตรา 39(13) แห่งพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2512 เรื่องหน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานข้อ 62 ที่กล่าวไว้ว่า ภาชนะบรรจุและอุปกรณ์อำนวยความสะดวกที่ผ่านการใช้งานตามระยะเวลาที่มาตรฐานกำหนดต้องจัดให้มีการตรวจสอบสภาพความปลอดภัยโดยวิศวกรเครื่องกล

กรณีที่ 16 ส่งวาล์วควบคุม (CV11) ปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุมส่งเปิดมีแนวทางการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยติดตั้งตัววัดระดับสารเคมีภายในถังจัดเก็บน้ำยาวานิชและกำหนดค่า (Set Point) ระดับสารเคมีไว้ที่ 85% เพื่อไปสั่งให้ Emergency Shut Down Valve ปิด เมื่อวาล์วควบคุมเกิดความบกพร่อง ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ ทวิช (2548) ที่กล่าวว่า ระบบวัดคุม

นิรภัยจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์การวัดเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ ในกระบวนการผลิตให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อส่งไปยังส่วนประมวลผลเพื่อทำการเปรียบเทียบค่ากับค่าที่กำหนด (Set Point) และจากนั้นจะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์สุดท้ายไปทำการปิดและเปิดอุปกรณ์สุดท้าย เช่น วาล์วนิรภัย (Shut Down Valve) หรือชุดควบคุมมอเตอร์ (Motor Control Centre)

กรณีที่ 17 ระบบความดันลมสั่งวาล์วควบคุม (CV11) ปิด แต่ระบบความดันลมล้มเหลวสั่งวาล์วควบคุมปิดมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยการติดตั้งระบบวัดคumnิรภัย เช่น Emergency Shut Down Valve เมื่อวาล์วควบคุมเกิดความบกพร่องซึ่งสอดคล้องกับค่ากล่าวของ ทวิช (2548) ที่กล่าวไว้ว่า ระบบวัดคumnิรภัยจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์การวัดเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ ในกระบวนการผลิตให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อส่งไปยังส่วนประมวลผลเพื่อทำการเปรียบเทียบค่ากับค่าที่กำหนด (Set Point) และจากนั้นจะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์สุดท้ายไปทำการปิดและเปิดอุปกรณ์สุดท้าย เช่น วาล์วนิรภัย (Shut Down Valve) หรือชุดควบคุมมอเตอร์ (Motor Control Centre)

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณเพื่อกำหนดมาตรการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกในกระบวนการผลิตน้ำยานิชโดยใช้เทคนิค Check list และ Hazard and Operability Study (HAZOP) รวมถึงการคำนวณพลังงานไฟฟ้าสถิตที่เกิดขึ้นจากการป้อนสารเคมีเข้าสู่ถังจัดเก็บเพื่อประเมินความเสี่ยงอันตรายที่อาจเกิดการลุกไหม้หรือระเบิด จากผลการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณพบว่ามี 17 กรณี ในกระบวนการผลิตน้ำยานิชที่มีความเสี่ยงในระดับที่ยอมรับไม่ได้และที่มีความเสี่ยงสูงที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อชีวิต สุขภาพอนามัย ทรัพย์สิน ชุมชนและสาธารณชน ดังนี้

กรณีที่ 1 ไม่พบการติดตั้ง Flame arrester ที่ถังจัดเก็บเมทิลแอลกอฮอล์

กรณีที่ 2 สายดินชำรุด (Grounding), ไม่พบการต่อฝาก (Bonding) หรือพนักงานสัมผัสสายดิน

กรณีที่ 3 เครื่องวัดระดับสารเคมีภายในถังเสียหรือไม่ทำงาน

กรณีที่ 4 ไม่มีการตรวจสอบการซึม, รั่วไหลของถังจัดเก็บสารเคมี

กรณีที่ 5 ไม่พบการติดตั้งระบบแจ้งเตือนสารเคมีรั่วไหล

กรณีที่ 6 สั่งวาล์วควบคุม (CV01, CV02, CV03, CV04) ปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งเปิด

กรณีที่ 7 ในขณะที่ปฏิบัติงานมีการป้อนสารเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล, ฟอรัลดีไฮด์ และไตรเอทิลอะมีน ออกจากถังจัดเก็บสั่งวาล์วควบคุม (CV01, CV02, CV03, CV04) ปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งปิด

กรณีที่ 8 ในขณะที่ปฏิบัติงานมีการปั๊มสารเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล, ฟอรั่มดีไฮด์ และ ไตรเอทิลอะมีน ออกจากถังจัดเก็บ ระบบความดันลมสั่งวาล์วควบคุม (CV01, CV02, CV03, CV04) เปิดแต่ระบบความดันลมล้มเหลวสั่งวาล์วควบคุมปิด

กรณีที่ 9 พนักงานลืมเปิดวาล์ว “G04”

กรณีที่ 10 สั่งวาล์วควบคุม (CV08) เปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งปิด

กรณีที่ 11 คอยล์เย็นอุดตัน

กรณีที่ 12 ระบบบริการน้ำหล่อเย็นเกิดความล้มเหลว

กรณีที่ 13 ระบบความดันลมสั่งวาล์วควบคุม (CV08) เปิดแต่ระบบความดันลมล้มเหลวสั่งวาล์วควบคุมปิด

กรณีที่ 14 ระบบน้ำหล่อเย็นเกิดความล้มเหลวเนื่องจากการไหลย้อนกลับของน้ำหล่อเย็น

กรณีที่ 15 มอเตอร์ของใบกวนไม่สามารถทำงานได้ตามปกติหรือระบบไฟฟ้าของใบกวนเกิดความล้มเหลว

กรณีที่ 16 สั่งวาล์วควบคุม (CV11) ปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งเปิด

กรณีที่ 17 ระบบความดันลมสั่งวาล์วควบคุม (CV11) เปิด แต่ระบบความดันลมล้มเหลวสั่งวาล์วควบคุมปิด

และเมื่อนำขั้นตอนการปั๊มสารเคมีมาศึกษาเพิ่มเติมโดยการคำนวณพลังงานไฟฟ้าสถิต เพื่อประเมินการเกิดการลุกไหม้หรือระเบิดจากการปั๊มสารเคมีทั้งเมทิลแอลกอฮอล์และ ไตรเอทิลอะมีน พบว่าที่ขั้นตอนปั๊มเมทิลแอลกอฮอล์ที่ตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีดมีค่า 0.968 มิลลิจุล โดยเปรียบเทียบกับค่าที่ยอมรับได้คือ 0.1 มิลลิจุล ดังนั้นจึงมีความเสี่ยงอันตรายที่จะเกิดการลุกไหม้หรือระเบิดได้ที่ตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีด สำหรับขั้นตอนการปั๊ม

ไตรเอทิลอะมีนที่ตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หวั่นิดพบว่ามีความพลังงานไฟฟ้าสถิตเท่ากับ 1.59×10^{-11} มิลลิจูล ดังนั้นที่ตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หวั่นิดจึงไม่มีความเสี่ยงอันตรายที่จะเกิดการลุกไหม้หรือระเบิด

ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องจัดทำแผนป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกในกระบวนการผลิตน้ำยานิช ดังนี้

กรณีที่ 1 ไม่พบการติดตั้ง Flame arrester ที่ถังจัดเก็บเมทิลแอลกอฮอล์ มีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยการติดตั้ง Flame arrester ที่ถังจัดเก็บสารเมทิลแอลกอฮอล์และจัดให้มีการตรวจสอบ Flame arrester

กรณีที่ 2 สายดินชำรุด (Grounding), ไม่พบการต่อฝาก (Bonding) หรือพนักงานสัมผัสสายดิน มีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยการติดตั้ง Limit switch ที่ม้วนของสายดินเพื่อป้องกันการสัมผัสสายดินของพนักงานโดยใช้หลักการคือปกติถ้าไม่ได้มีการต่อสายดิน Limit switch จะไม่เปิดให้กระแสไฟฟ้าไหลมอเตอร์จะไม่ทำงาน (Normal Open) แต่ถ้ามีการต่อสายดิน Limit switch จะมีกระแสไฟฟ้าไหลมอเตอร์ทำงาน (Normal Close) อีกทั้งยังมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกในเรื่องของการจัดทำแบบตรวจสอบสภาพทั่วไปของสายดินและจุดต่อฝาก

กรณีที่ 3 เครื่องวัดระดับสารเคมีภายในถังเสียหรือไม่ทำงาน มีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยทำการซ่อมบำรุงเครื่องวัดระดับสารเคมีภายในถัง

กรณีที่ 4 ไม่มีการตรวจสอบการซึม, รั่วไหลของถังจัดเก็บสารเคมี มีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยจัดทำแบบตรวจสอบสภาพทั่วไปของถังจัดเก็บสารเคมี

กรณีที่ 5 ไม่พบการติดตั้งระบบแจ้งเตือนสารเคมีรั่วไหล มีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยติดตั้งระบบแจ้งเตือนสารเคมีรั่วไหลที่ถังจัดเก็บสารเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล และฟอร์มัลดีไฮด์ เพื่อเตือนให้พนักงานได้ทราบ

กรณีที่ 6 ส้วกั่วควบคุม (CV01, CV02, CV03, CV04) ปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งเปิดมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยติดตั้งตัววัดระดับสารเคมีภายในถังซึ่ง

สารเคมี (WB1 และ WB2) และกำหนดค่า (Set Point) เพื่อไปสั่งให้วาล์วปิด อีกทั้งยังมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยการติดตั้งระบบวัดคัมมิรภัย เช่น Emergency Shut Down Valve เมื่อวาล์วควบคุมเกิดความบกพร่อง

กรณีที่ 7 ในขณะที่ปั๊มทำงานมีการปั๊มสารเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล, ฟอรั่มลดีไฮด์ และ ไตรเอทิลอะมีน ออกจากถังจัดเก็บส่งวาล์วควบคุม (CV01, CV02, CV03, CV04) เปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งปิด มีแนวทางการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยการติดตั้งระบบวัดคัมมิรภัย เช่น Emergency Shut Down Valve เมื่อวาล์วควบคุมเกิดความบกพร่อง

กรณีที่ 8 ในขณะที่ปั๊มทำงานมีการปั๊มสารเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล, ฟอรั่มลดีไฮด์ และ ไตรเอทิลอะมีน ออกจากถังจัดเก็บ ระบบความดันลมส่งวาล์วควบคุม (CV01, CV02, CV03, CV04) เปิดแต่ระบบความดันลมล้มเหลวส่งวาล์วควบคุมปิดมีแนวทางการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยการติดตั้งระบบวัดคัมมิรภัย เช่น Emergency Shut Down Valve เมื่อวาล์วควบคุมเกิดความบกพร่อง

กรณีที่ 9 พนักงานล้มเปิดวาล์ว “G04” มีแนวทางการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยจัดทำป้ายเตือน “เปิดวาล์ว (G04) ก่อนปั๊มสารไตรเอทิลอะมีน” ติดไว้หน้างาน

กรณีที่ 10 ส่งวาล์วควบคุม (CV08) เปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งปิดมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยติดตั้งอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิและกำหนดค่า (Set Point) อุณหภูมิไว้ที่ 120 องศาเซลเซียส จากนั้นจะส่งสัญญาณไปยังวาล์วนิรภัย (Shut Down Valve) เปิดให้น้ำหล่อเย็นเข้าสู่ถังปฏิกรณ์เพื่อระบายความร้อนออกพร้อมกันนั้นระบบประมวลผลจะส่งสัญญาณไปยังวาล์วนิรภัยอีก 1 ตัว เพื่อปิดไม่ให้ไอน้ำร้อนเข้ามายังถังปฏิกรณ์และส่งสัญญาณเตือนให้พนักงานได้ทราบ อีกทั้งยังมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยจัดให้มีการตรวจสอบงานนิรภัย (Bursting Disc), วาล์วควบคุม, วาล์วนิรภัย เป็นประจำทุกปี

กรณีที่ 11 คอยล์เย็นดูดตันมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยการติดตั้งตัวกรองพร้อมทั้งเพิ่มการตรวจเช็คประจำวันเพื่อป้องกันการดูดตันของคอยล์เย็น

กรณีที่ 12 ระบบบริการน้ำหล่อเย็นเกิดความล้มเหลวมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยติดตั้งปั้มน้ำหล่อเย็น 2 ตัว เพื่อใช้ทดแทนกันในกรณีปั้มอีกตัวเกิดความบกพร่องรวมถึงเพิ่มการตรวจเช็คประจำวันของปั้มน้ำหล่อเย็น

กรณีที่ 13 ระบบความดันลมสังวาล์ควบคุม (CV08) เปิดแค่ระบบความดันลมสังวาล์ควบคุมปิดมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยติดตั้งอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิและกำหนดค่า (Set Point) อุณหภูมิไว้ที่ 120 องศาเซลเซียส จากนั้นจะส่งสัญญาณไปยังวาล์วนิรภัย (Shut Down Valve) เปิดให้น้ำหล่อเย็นเข้าสู่ถังปฏิกรณ์เพื่อระบายความร้อนออกพร้อมกันนั้นระบบประมวลผลจะส่งสัญญาณไปยังวาล์วนิรภัยอีก 1 ตัว เพื่อปิดไม่ให้ไอน้ำร้อนเข้ามายังถังปฏิกรณ์และส่งสัญญาณเตือนให้พนักงานได้ทราบ อีกทั้งยังมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยจัดให้มีการตรวจสอบแรงดันลมประจำวันก่อนเริ่มการผลิตทุกครั้ง

กรณีที่ 14 ระบบน้ำหล่อเย็นเกิดความล้มเหลวเนื่องจากการไหลย้อนกลับของน้ำหล่อเย็นมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยติดตั้งวาล์วกันไหลย้อนกลับ (Check Valve) รวมถึงเพิ่มการตรวจสอบวาล์วกันไหลย้อนกลับ

กรณีที่ 15 มอเตอร์ของใบกวนไม่สามารถทำงานได้ตามปกติหรือระบบไฟฟ้าของใบกวนเกิดความล้มเหลวมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยติดตั้งอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิและกำหนดค่า (Set Point) อุณหภูมิไว้ที่ 120 องศาเซลเซียส จากนั้นจะส่งสัญญาณไปยังวาล์วนิรภัย (Shut Down Valve) เปิดให้น้ำหล่อเย็นเข้าสู่ถังปฏิกรณ์เพื่อระบายความร้อนออกพร้อมกันนั้นระบบประมวลผลจะส่งสัญญาณไปยังวาล์วนิรภัยอีก 1 ตัว เพื่อปิดไม่ให้ไอน้ำร้อนเข้ามายังถังปฏิกรณ์และส่งสัญญาณเตือนให้พนักงานได้ทราบเพื่อสั่งหยุดการทำงานทั้งหมด

กรณีที่ 16 สังวาล์ควบคุม (CV11) ปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งเปิดมีแนวทางป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยติดตั้งตัววัดระดับสารเคมีภายในถังเก็บน้ำยาวานิชและกำหนดค่า (Set Point) ระดับน้ำยาวานิชไว้ที่ 85% เพื่อไปสั่ง Emergency Shut Down Valve ปิด เมื่อวาล์วควบคุมเกิดความบกพร่อง

กรณีที่ 17 ระบบความดันลมสั่งวาล์วควบคุม (CV11) เปิด แต่ระบบความดันลมล้มเหลวสั่งวาล์วควบคุมปิดมีแนวทางการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกโดยการติดตั้งระบบควบคุมนิรภัย เช่น Emergency Shut Down Valve เมื่อวาล์วควบคุมเกิดความบกพร่อง

ข้อเสนอแนะ

ต่อโรงงาน

จากการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณแล้วพบว่ามี 17 กรณี ที่มีความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ และมีความเสี่ยงสูง ดังนั้นทางโรงงานควรเร่งพิจารณาเพื่อดำเนินการตามมาตรการที่เสนอเพื่อป้องกันอุบัติเหตุโดยเร่งด่วน

ต่อผู้ทำวิจัยต่อ

1. ควรใช้เทคนิคอื่นๆ เพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการประเมินความเสี่ยง
2. ควรเพิ่มการคิดคำนวณในการแพร่กระจายของสารเคมีในกรณีเกิดการรั่วไหล
3. ควรเพิ่มการคิดคำนวณผลกระทบของการเกิดการระเบิดที่มีผลกระทบต่อชุมชนรอบข้าง

ข้าง

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2544. ศูนย์ข้อมูลอันตรายและเคมีภัณฑ์ เอกสารข้อมูลความปลอดภัย
เคมีภัณฑ์. ม.ป.ท.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2548. คู่มือการตรวจสอบ ติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าในพื้นที่ที่มีไอ
ระเหยของสารไวไฟ. ม.ป.ท.

กระทรวงมหาดไทย. 2534. ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง การป้องกันและระงับอัคคีภัยใน
สถานประกอบการเพื่อความปลอดภัยในการทำงานสำหรับลูกจ้าง พ.ศ. 2534.
กระทรวงมหาดไทย, กรุงเทพฯ.

_____. 2535. กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุม
อาคาร พ.ศ. 2522. กระทรวงมหาดไทย, กรุงเทพฯ.

_____. 2535. ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการ
เกี่ยวกับการขนส่ง เก็บรักษา เคลื่อนย้ายและกำจัดหีบห่อ ภาชนะบรรจุหรือวัสดุห่อหุ้ม
สารเคมีอันตราย พ.ศ. 2535. กระทรวงมหาดไทย, กรุงเทพฯ.

_____. 2548. กฎกระทรวงกำหนดเงื่อนไขในการใช้การเก็บรักษา และการมีไว้ในครอบครอง ซึ่ง
สิ่งทำให้เกิดอัคคีภัยได้ง่ายและกิจการอันอาจทำให้เกิดอัคคีภัยได้ง่ายและการจัดให้มี
บุคคลและสิ่งจำเป็นในการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ. 2548. กระทรวงมหาดไทย,
กรุงเทพฯ.

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2530. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 24 (พ.ศ. 2530) ออกตาม
ความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2512 เรื่อง หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการ
โรงงาน. กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

กิตติศักดิ์ อินทรวิชญ์. 2543. การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม. ปรินญา
นิพนธ์ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เกศินี เจริญสุข. 2550. การประเมินความเสี่ยงด้วยเทคนิค What if และวิเคราะห์ผลกระทบกรณีเกิด
การระเบิดของสารโพลีเอทิลีนในถังที่จัดเก็บแบบเปิดโล่ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จันทอง สุนทรภา. 2549. ความปลอดภัยในกระบวนการเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แห่ง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ทวิช ชูเมือง. 2548. ระบบควบคุมนิรภัยในอุตสาหกรรมกระบวนการผลิต. สำนักพิมพ์ เอช.เอ็น.กรุ๊ป,
กรุงเทพฯ.

วศิน มหัตถินันดรกุล, สุรัช วิวัจนสินทร์ และโสภณ สาริมา. ม.ป.ป. การป้องกันและการประเมิน
ความเสี่ยง. ม.ป.ท.

วิฑูรย์ สิมะโชคดี และ วีรพงษ์ เกลิมจิระรัตน์. 2549. วิศวกรรมและการบริหารความปลอดภัยใน
โรงงาน. พิมพ์ครั้งที่ 21. สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.

วีระ ช่อสุวรรณ. 2547. การประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัย. ม.ป.ท.

สำนักงานประกันสังคม. 2550. สถิติการประสบอันตรายเนื่องจากการทำงาน ปี 2545-2550. สถิติ
การประสบอันตรายเนื่องจากการทำงาน. แหล่งที่มา: <http://www.sso.go.th>, 1 กรกฎาคม
2551.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2542. มาตรฐานระบบการจัดการอาชีวอนามัยและ
ความปลอดภัย. มอก.18001-2542.

สำนักงานเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2550. รายงานสถิติอุบัติเหตุปี
2545-2550. แหล่งที่มา: <http://www2.diw.go.th/safety>, 1 สิงหาคม 2550.

Campbell, A.N., and S.Y. Lam. 1972. **The Dissociation Constants and Conductivities of Mono-, Di- and Triethylamine in Aqueous Solution.** n.p.

Cuchi, E.P., J.A. Vilchez and J. Casal. 1999. **Fire and explosion hazards during filling/emptying of the tank.** Loss Prevention in the Process Industries12. Available source: <http://www.elsevier.com/locate/jlp>, July 1, 2008.

Crowl, A. and F.Louvar. 2002. **Chemical Process Safety.** 2nd ed. Prentice Hall, Inc., United States of America.

Department of Labour. 1990. **Guidelines for the control of Static Electricity in Industry.** Published by the Occupational Safety and Health Service, Wellington New Zealand.

Enio Kumpinsky. 1995. **pH Effects on Phenol-Formaldehyde Runaway Reaction.** n.p.

Environmental Protection Agency. 1999. **How to Prevent Runaway Reaction.** n.p.

Kemp Company. n.d. **Environmental Safety Products.** n.p.

NFPA 704. 2007. **Standard System for the Identification of the Hazard of Materials for Emergency Response.** 2007 Edition, National Fire Protection Association.

NFPA 69. 2008. **Standard on Explosion Prevention Systems.** 2008 Edition, National Fire Protection Association.

Tamura, M. and M.Kobayashi. n.d. **Poison Gas Leakage from Chemical Plant in Bhopal, India.** n.p.

U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board. 2006. **Bethune Point Wastewater**

Treatment Plant. Completed investigation. Available Source: <http://www.csb.gov>, March 13, 2007.

———. 2007. **Barton Solvents Static Spark Ignites Explosion Inside Flammable Liquid**

Storage Tank. Completed investigation. Available Source: <http://www.csb.gov>, June 26, 2008.

———. 2008. **Static Spark Ignites Flammable Liquid during Portable Tank Filling**

Operation. Completed investigation. Available Source: <http://www.csb.gov>, September 18, 2008.

Wei, C. 2005. **Thermal Runaway Reaction Hazard and Decomposition Mechanism of the**

Hydroxylamine. Graduate Studies, Texas University.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

บัญชีรายการเทคนิคการประเมินความเสี่ยง

บัญชีรายการเทคนิคการประเมินความเสี่ยง

ตารางผนวกที่ ก1 บัญชีรายการเทคนิคการประเมินความเสี่ยง

กระบวนการ	เทคนิค	เหตุผล
1. กระบวนการถ่ายสารเคมี จากรถขนส่งสารเคมี (ISO Tank Container Truck, Lorry Truck) ไปสู่ถังจัดเก็บ สารเคมี (Storage Tank)	Check list	เนื่องจากกระบวนการถ่ายสารเคมีจากรถขนส่งสารเคมี ไปสู่ถังจัดเก็บสารเคมีเป็นกระบวนการที่มีความ เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานต่างๆ หลากหลายและ สามารถใช้แบบตรวจสอบความปลอดภัย (Check list) ตรวจสอบมาตรฐานความปลอดภัยได้ครบถ้วนทุก กระบวนการ อาทิเช่น ตรวจสอบที่เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบ สภาพทั่วไป, ตรวจสอบที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักร อุปกรณ์ ถังเก็บเมทิลแอลกอฮอล์, ฟอรั่มลดีไฮด์ และฟินอล, ตรวจสอบระบบท่อและระบบหัวจ่ายสารเคมี, ตรวจสอบระบบปั๊มและมอเตอร์, ตรวจสอบการ ป้องกันและระดับอัคคีภัย, ตรวจสอบวิธีปฏิบัติงาน, ตรวจสอบบำรุงรักษาถัง อุปกรณ์ และตรวจสอบข้อมูล เครื่องจักร อุปกรณ์ รถขนส่งสารเคมี ดังนั้นทางผู้วิจัย จึงใช้เทคนิค Check list มาใช้ในการชี้บ่งอันตรายใน ขั้นตอนถ่ายสารเคมีจากรถขนส่งสารเคมีไปสู่ถังจัดเก็บ ซึ่งสามารถวิเคราะห์อันตรายได้ครบถ้วนทุก กระบวนการ
2. กระบวนการปั๊มสารเคมี จากถังจัดเก็บเข้าสู่ถัง สารเคมี(WB1 และ WB2)	HAZOP	เนื่องจากเป็นกระบวนการการวิเคราะห์สิ่งที่ผิดปกติ หรือเบี่ยงเบนของคุณสมบัติ ปริมาณหรือกิจกรรมที่ เกิดขึ้นในกระบวนการเปรียบเทียบกับค่าที่ออกแบบไว้ และ HAZOP สามารถใช้ได้กับทุกขั้นตอนของการ
3. กระบวนการนำสารจาก ถังส่งสารเคมี (WB1 และ WB2)เข้าสู่ถังปฏิกรณ์เพื่อทำ ปฏิกิริยาทางเคมี		สร้างโรงงานใหม่หรือมีการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงใน โรงงานที่เดินเครื่องใช้แล้วโดยมีจุดประสงค์ในแต่ละ ขั้นตอนดังนี้

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

กระบวนการ	เทคนิค	เหตุผล
4. กระบวนการป้อนสารที่ได้จากการทำปฏิกิริยาทางเคมี (Varnish Liquid) เข้าสู่ถังจัดเก็บน้ำยารานิช		- เมื่อเริ่มดำเนินการโครงการในช่วงของการออกแบบเพื่อระบุนมาตรการทางด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดลอม ทบทวนการออกแบบการไหลของของไหลในกระบวนการ ทบทวนการออกแบบระบบท่อและเครื่องมือวัด - ใช้ตรวจสอบระบบหรือกระบวนการในกรณีที่เกิดเหตุการณ์เกือบเกิดอุบัติเหตุ หรือเกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง หรือเมื่อตรวจพบว่ามีแนวโน้มที่จะเกิดความไม่ปลอดภัยในระบบหรือกระบวนการจากผลของการตรวจประเมินด้านความปลอดภัย ดังนั้นทางผู้วิเคราะห์จึงเลือกใช้เทคนิค HAZOP เพื่อทบทวนการออกแบบการไหลของของไหล, ทบทวนการออกแบบระบบท่อและเครื่องมือวัด และใช้ตรวจสอบระบบหรือกระบวนการที่เกิดเหตุการณ์เกือบเกิดอุบัติเหตุตลอดจนไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

ภาคผนวก ข

การคิดคะแนนโอกาสการเกิดอันตราย

ตารางผนวกที่ ข1 การคิดคะแนนโอกาสการเกิดอันตราย

เหตุการณ์	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	ข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%	ระดับ
		น้ำหนัก	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	โอกาส	โอกาส
1. เมทริลแอลกอฮอล์, ฟีนอล และ ฟอรั่มลดีไฮด์ มีคุณสมบัติที่ทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน	- ขณะทำการต่อสายส่งสารเคมีหรือถอดสายส่งสารเคมี สารเคมีสัมผัสโดนมือเกิดอาการระคายเคือง กัดกร่อน	3	9	0	3	6	4	2	0	0	2	53.70	น้อย	
	- การหายใจเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคือง ตา จมูก ลำคอ และทางเดินหายใจ กดระบบประสาทส่วนกลางทำให้ปวดศีรษะง่วงนอน (เมทริลแอลกอฮอล์)	3	9	9	3	6	4	2	0	0	2	60.32	ปานกลาง	
	- การสัมผัสถูกผิวหนัง ไอระเหยของเหลวของสารนี้ จะทำให้เกิดการสูญเสียชั้นไขมันของผิวหนัง ทำให้ผิวหนังแห้ง แดง และเกิดผื่นแดง (เมทริลแอลกอฮอล์)	3	9	0	3	6	4	2	0	0	2	53.70	น้อย	
	- การกลืนหรือกินเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคือง เยื่อเมือกของปาก และลำคอ เกิดอาการไอ ท้องร่วง ปวดท้อง ปวดศีรษะ และง่วงซึม (เมทริลแอลกอฮอล์)	3	9	0	3	6	4	2	0	0	2	53.70	น้อย	
	- การสัมผัสถูกตาจะก่อให้เกิดการระคายเคืองและทำให้เยื่อเมือกตาอักเสบ เกิดตาแดง และสายตาวูบวามัว (เมทริลแอลกอฮอล์)	3	9	0	3	6	4	2	0	0	2	53.70	น้อย	
	- เมื่อหายใจเข้าไปก่อให้เกิดการระคายเคืองของเยื่อเมือก, ไอ และหายใจลำบาก (ฟีนอล)	3	9	9	3	6	4	2	0	0	2	60.32	ปานกลาง	
	- เมื่อสัมผัสผิวหนังแปลไหม้ ระว่างอันตรายจากการซึมผ่านผิวหนัง (ฟีนอล)	3	9	0	3	6	4	2	0	0	2	53.70	น้อย	

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

เหตุการณ์	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	ข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%	ระดับ
		น้ำหนัก	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2		
	- เมื่อเข้าตาแสบร้อน อาจทำให้ตาบอด (ฟินอล)		3	9	0	3	6	4	2	0	0	2	53.70	น้อย
	- เมื่อกลิ้งกินเข้าไปก่อให้เกิดระคายเคืองต่อเยื่อในปาก หลอดลม หลอดอาหารและระบบลำไส้ (ฟินอล)		3	9	0	3	6	4	2	0	0	2	53.70	น้อย
	- การหายใจก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อเมือกของระบบทางเดินหายใจ ทำให้เป็นโรคหอบหืด (ฟอร์มัลดีไฮด์)		3	9	9	3	6	4	2	0	0	2	60.32	ปานกลาง
	- การกลืนกินสารนี้มีความเป็นพิษเมื่อกลิ้งกิน ถ้ากลืนกินฟอร์มัลดีไฮด์ประมาณ 10 – 20 มิลลิลิตรในผู้ใหญ่ทำให้เสียชีวิตได้ (ฟอร์มัลดีไฮด์)		3	9	0	3	6	4	2	0	0	2	53.70	น้อย
	- การสัมผัสโดนผิวหนังถ้าได้รับการสัมผัสโดยตรงเกิดการระคายเคืองอย่างรุนแรง รับสัมผัสเป็นระยะเวลานานเกิดการไหม้ของผิวหนัง (ฟอร์มัลดีไฮด์)		3	9	0	3	6	4	2	0	0	2	53.70	น้อย
	- การสัมผัสโดนตาก่อให้เกิดเกิดการระคายเคืองตา (ฟอร์มัลดีไฮด์)		3	9	0	3	6	4	2	0	0	2	53.70	น้อย
2. เมทิลแอลกอฮอล์เป็นสารไวไฟ, ฟอร์มัลดีไฮด์และฟินอล	- หากเกิดการรั่วไหลและไปสัมผัสกับแหล่งความร้อนอาจก่อให้เกิดเพลิงไหม้หรือระเบิดได้		3	9	0	3	3	2	0	0	0	2	45.83	น้อย
ไวไฟปานกลาง	- หากเกิดการรั่วไหลและไปสัมผัสกับแหล่งความร้อนอาจก่อให้เกิดเพลิงไหม้หรือระเบิดส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน		3	9	0	3	3	2	0	0	0	2	45.83	น้อย

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

เหตุการณ์	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	ข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%	ระดับ
		น้ำหนัก	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	โอกาส	โอกาส
	- หากเกิดการรั่วไหลและไปสัมผัสกับแหล่งความร้อนอาจก่อให้เกิดเพลิงไหม้หรือระเบิดเกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 17.1 x 10 ⁶ บาท		3	9	0	3	3	2	0	0	0	2	45.83	น้อย
3. เชื้อนรองรับการรั่วไหลของสารเคมีไม่สามารถรองรับการรั่วไหลของสารเคมีได้ทั้งหมด	- ถ้าเกิดการรั่วไหลของสารเคมีไปสัมผัสโดนเปลวไฟหรือแหล่งติดไฟก่อให้เกิดเพลิงไหม้		3	9	0	0	0	0	0	0	0	2	58.33	น้อย
	- พนักงานปฏิบัติงานอยู่บริเวณใกล้เคียงทำให้รับสัมผัสสารเคมีเข้าสู่ร่างกายเกิดอาการระคายเคือง เป็นลม หมดสติ		3	9	0	0	0	0	0	0	0	2	58.33	น้อย
	- มีเชื้อนรองรับการรั่วไหลของสารเคมีแต่ไม่สามารถรองรับได้ส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน		3	9	0	0	0	0	0	0	0	2	58.33	น้อย
	- ถ้าเกิดการรั่วไหลของสารเคมีไปสัมผัสโดนเปลวไฟหรือแหล่งติดไฟก่อให้เกิดเพลิงไหม้ทำให้ทรัพย์สินโรงงานเสียหายมูลค่า 17.1 x 10 ⁶ บาท		3	9	0	0	0	0	0	0	0	2	58.33	น้อย
4. ไม่พบการติดตั้ง Flame Arrester ที่ถังจัดเก็บเมทิลแอลกอฮอล์	- เมื่อถ่ายสารเคมีเข้าสู่ถังจัดเก็บไอเมทิลแอลกอฮอล์ออกสู่บรรยากาศเจอแหล่งความร้อนหรือประกายไฟเกิดเพลิงไหม้หรือระเบิดภายในถังจัดเก็บได้		3	9	0	0	0	0	0	6	9	2	69.05	ปานกลาง
	- เมื่อถ่ายสารเคมีเข้าสู่ถังจัดเก็บไอเมทิลแอลกอฮอล์ออกสู่บรรยากาศเจอแหล่งความร้อนหรือประกายไฟเกิดเพลิงไหม้หรือระเบิดพนักงานสูดดมสารเคมีเกิดการระคายเคือง เป็นลม หมดสติ		3	9	0	0	0	0	2	6	9	2	64.58	ปานกลาง

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

เหตุการณ์	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	ข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%	ระดับ
		น้ำหนัก	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	โอกาส	โอกาส
	-เมื่อถ่ายสารเคมีเข้าสู่ถังจัดเก็บไอเมทริลแอลกอฮอล์ออกสู่อากาศ เจอแหล่งความร้อนหรือประกายไฟเกิดเพลิงไหม้หรือระเบิดส่งผล กระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน		3	9	0	0	0	0	0	6	9	2	69.05	ปานกลาง
	-เมื่อถ่ายสารเคมีเข้าสู่ถังจัดเก็บไอเมทริลแอลกอฮอล์ออกสู่อากาศ เจอแหล่งความร้อนหรือประกายไฟเกิดเพลิงไหม้หรือระเบิดก่อให้เกิด ความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 17.1 x 10 ⁶ บาท		3	9	0	0	0	0	0	6	9	2	69.05	ปานกลาง
5. สายดินอยู่ในสภาพชำรุด, พนักงานลืมต่อสายดิน	- เกิดไฟฟ้าสถิตขณะส่งสารเคมีเข้าสู่ถังจัดเก็บเกิดไฟไหม้ ระเบิด		3	9	0	3	9	6	0	6	9	6	77.27	ปานกลาง
	- เกิดไฟฟ้าสถิตขณะส่งสารเคมีเข้าสู่ถังจัดเก็บเกิดไฟไหม้ ระเบิดส่งผล กระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน		3	9	0	3	9	6	0	6	9	6	77.27	ปานกลาง
	- เกิดไฟฟ้าสถิตขณะส่งสารเคมีเข้าสู่ถังจัดเก็บเกิดไฟไหม้ ระเบิด ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 17.1 x 10 ⁶ บาท		3	9	0	3	9	6	0	6	9	6	77.27	ปานกลาง
6. เครื่องวัดระดับสารเคมี ภายในถังเสียหรือไม่ทำงาน	- กรณีการเติมสารเคมีจากรถขนส่งสารเคมีเข้าสู่ถังจัดเก็บเครื่องวัด ระดับสารเคมีภายในถังเกิดความล้มเหลวทำให้สารเคมีล้นถังไปสัมผัส โดนแหล่งติดไฟเกิดไฟไหม้หรือระเบิดได้		3	9	0	0	0	0	0	6	9	2	69.05	ปานกลาง

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

เหตุการณ์	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	ข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%	ระดับ
		น้ำหนัก	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	โอกาส	โอกาส
	- กรณีการเดินสารเคมีจากรถขนส่งสารเคมีเข้าสู่ถังจัดเก็บเครื่องวัดระดับสารเคมีภายในถังเกิดความล้มเหลวทำให้สารเคมีล้นถึงพนักงานสูดดมเกิดอาการระคายเคือง เป็นลม หหมดสติ		3	9	0	0	0	0	0	6	9	2	69.05	ปานกลาง
	- เกิดการล้นถังของสารเคมีส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน		3	9	0	0	0	0	0	6	9	2	69.05	ปานกลาง
	- เกิดการล้นถังของสารเคมีสัมผัสแหล่งติดไฟก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 17.1×10^6 บาท		3	9	0	0	0	0	0	6	9	2	69.05	ปานกลาง
7. ไม่มีการตรวจสอบการซึม, รั่วไหลของถังจัดเก็บสารเคมี	- ถ้าเกิดการซึม, รั่วไหลของถังจัดเก็บสารเคมีสัมผัสโดนแหล่งติดไฟทำให้เกิดเพลิงไหม้และระเบิดได้		3	9	0	9	6	9	2	0	9	2	68.05	ปานกลาง
	- กรณีมีการซึม การรั่วไหลของสารเคมีจากถังจัดเก็บ พนักงานสูดดมเกิดอาการระคายเคือง เป็นลม หหมดสติ		3	9	0	9	6	9	2	0	9	2	68.05	ปานกลาง
	- ถ้าเกิดการรั่วไหลของถังจัดเก็บสารเคมีสัมผัสโดนแหล่งติดไฟทำให้เกิดเพลิงไหม้และระเบิดส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน		3	9	0	9	6	9	2	0	9	2	68.05	ปานกลาง
	- ถ้าเกิดการรั่วไหลของถังจัดเก็บสารเคมีสัมผัสโดนแหล่งติดไฟทำให้เกิดเพลิงไหม้และระเบิดทำลายทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 17.1×10^6 บาท		3	9	0	9	6	9	2	0	9	2	68.05	ปานกลาง

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

เหตุการณ์	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	ข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%	ระดับ
		น้ำหนัก	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	โอกาส	โอกาส
8. ไม่พบการติดตั้งระบบแจ้งเตือนสารเคมีรั่วไหล	- ถ้าเกิดสารเคมีรั่วไหลเจอแหล่งความร้อน ประกายไฟ เกิดเพลิงไหม้ระเบิด	3	9	0	0	0	0	0	0	6	9	6	78.57	มาก
	- ถ้าเกิดสารเคมีรั่วไหลพนักงานสูดดมก่อให้เกิดการระคายเคือง เป็นลมหมดสติ	3	9	0	0	0	0	0	0	6	9	6	78.57	มาก
	- ถ้าเกิดสารเคมีรั่วไหลเจอแหล่งความร้อน ประกายไฟ เกิดเพลิงไหม้ระเบิด ส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน	3	9	0	0	0	0	0	0	6	9	6	78.57	มาก
	- ถ้าเกิดสารเคมีรั่วไหลเจอแหล่งความร้อน ประกายไฟ เกิดเพลิงไหม้ระเบิด ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงาน 17.1×10^6 บาท	3	9	0	0	0	0	0	0	6	9	6	78.57	มาก
9. สั่งวาล์วควบคุม (CV01, CV02, CV03, CV04) ปิด แต่วาล์วควบคุมล้มเหลวสั่งเปิด (More flow)	- มีสารเคมีไหลเข้าสู่ถัง (WB1 และ WB2) เพิ่มมากขึ้นจนล้นเจอแหล่งติดไฟเกิดเพลิงไหม้ระเบิด	3	9	0	6	6	2	0	9	9	0	0	73.33	ปานกลาง
	- มีสารเคมีไหลเข้าสู่ถัง (WB1 และ WB2) เพิ่มมากขึ้นจนล้นพนักงานสูดดมไอระเหยสารเคมีเกิดอาการระคายเคือง เป็นลมหมดสติ	3	9	0	6	6	2	0	9	9	0	0	73.33	ปานกลาง
	- มีสารเคมีไหลเข้าสู่ถัง (WB1 และ WB2) เพิ่มมากขึ้นจนล้นเจอแหล่งติดไฟเกิดเพลิงไหม้ระเบิดส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน	3	9	0	6	6	2	0	9	9	0	0	73.33	ปานกลาง

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

เหตุการณ์	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	ข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%	ระดับ
		น้ำหนัก	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	โอกาส	โอกาส
	- มีสารเคมีไหลเข้าสู่เครื่องชั่ง (WB1 และ WB2) เพิ่มมากขึ้นจนล้นเจอแหล่งติดไฟเกิดเพลิงไหม้ ระเบิดก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 83.7 x 10 ⁶ บาท		3	9	0	6	6	2	0	9	9	0	73.33	ปานกลาง
10. ในขณะที่ปฏิบัติงานสั่งวาล์วควบคุม (CV01,CV02,CV03,CV04) เปิดแล้ววาล์วควบคุมล้นเหลวตั้งปิด (No flow)	- มีความเป็นไปได้ทำให้เกิดแรงดันเพิ่มขึ้นท่อแตกเจอแหล่งติดไฟเพลิงไหม้ ระเบิด		3	9	0	6	6	2	0	9	9	0	73.33	ปานกลาง
	- มีความเป็นไปได้ทำให้เกิดแรงดันเพิ่มขึ้นท่อแตกเจอแหล่งติดไฟเพลิงไหม้ ระเบิดส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน		3	9	0	6	6	2	0	9	9	0	73.33	ปานกลาง
	- มีความเป็นไปได้ทำให้เกิดแรงดันเพิ่มขึ้นท่อแตกเจอแหล่งติดไฟเพลิงไหม้ ระเบิดก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 17.1 x 10 ⁶ บาท		3	9	0	6	6	2	0	9	9	0	73.33	ปานกลาง
11. ในขณะที่ปฏิบัติงานระบบความดันลมสั่งวาล์วควบคุม (CV01,CV02,CV03,CV04) เปิดแต่ระบบความดันลมล้นเหลวสั่งวาล์วควบคุมปิด (No flow)	- มีความเป็นไปได้ทำให้เกิดแรงดันเพิ่มขึ้นท่อแตกเจอแหล่งติดไฟเพลิงไหม้ ระเบิด		3	9	0	6	6	2	0	9	3	0	63.33	ปานกลาง
	- มีความเป็นไปได้ทำให้เกิดแรงดันเพิ่มขึ้นท่อแตกเจอแหล่งติดไฟเพลิงไหม้ ระเบิดส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน		3	9	0	6	6	2	0	9	3	0	62.12	ปานกลาง
	- มีความเป็นไปได้ทำให้เกิดแรงดันเพิ่มขึ้นท่อแตกเจอแหล่งติดไฟเพลิงไหม้ ระเบิดก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 17.1 x 10 ⁶ บาท		3	9	0	6	6	2	0	9	3	0	62.12	ปานกลาง

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

เหตุการณ์	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	ข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%	ระดับ
		น้ำหนัก	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	โอกาส	โอกาส
12. มีแหล่งก่อให้เกิดประกายไฟใกล้ถังจัดเก็บฟินอล, พอร์มัลดีไฮด์, เมทิลแอลกอฮอล์ และไตรเอทิลอะมีน (More temperature)	- เกิดไฟไหม้หรือระเบิด - เกิดไฟไหม้หรือระเบิดส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงโรงงาน - เกิดไฟไหม้หรือระเบิดก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงาน		3	9	0	3	3	2	2	0	0	2	44.44	น้อย
	มูลค่า 100.7 x 10 ⁶ บาท		3	9	0	3	3	2	2	0	0	2	44.44	น้อย
13. พนักงานลืมเปิดวาล์ว “G04” (No flow)	- บั้มทำงานเมื่อพนักงานลืมเปิดวาล์ว “G04” เกิดแรงดันเพิ่มสูงท่ออาจแตกได้ เจอแหล่งติดไฟเกิดเพลิงไหม้ ระเบิด - บั้มทำงานเมื่อพนักงานลืมเปิดวาล์ว “G04” เกิดแรงดันเพิ่มสูงท่ออาจแตกได้ เจอแหล่งติดไฟเกิดเพลิงไหม้ ระเบิด ส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงโรงงาน - บั้มทำงานเมื่อพนักงานลืมเปิดวาล์ว “G04” เกิดแรงดันเพิ่มสูงท่ออาจแตกได้ เจอแหล่งติดไฟเกิดเพลิงไหม้ ระเบิด ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงาน		3	9	0	3	9	4	2	6	9	2	65.28	ปานกลาง
	มูลค่า 83.7 x 10 ⁶ บาท		3	9	0	3	9	4	2	6	9	2	65.28	ปานกลาง
14. บั้ม “P07” รั่ว (More flow)	- ไตรเอทิลอะมีนรั่วออกมาที่พื้นเจอแหล่งติดไฟเกิดเพลิงไหม้ระเบิดได้ - ไตรเอทิลอะมีนรั่วออกมาที่พื้นพนักงานสูดดมเกิดอาการระคายเคืองเป็นลมหมดสติ		3	9	0	0	0	0	2	0	3	0	51.51	น้อย
			3	9	9	0	0	0	2	0	3	0	61.90	ปานกลาง

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

เหตุการณ์	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	ข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%	ระดับ
		น้ำหนัก	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	โอกาส	โอกาส
	- ไตรเอทิลอะมีนรั่วออกมาที่พื้นเจอแหล่งติดไฟเกิดเพลิงไหม้ ระเบิด ได้ส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน		3	9	9	0	0	0	2	0	3	0	61.90	ปานกลาง
	- ไตรเอทิลอะมีนรั่วออกมาที่พื้นเจอแหล่งติดไฟเกิดเพลิงไหม้ ระเบิด ได้ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 83.7×10^6 บาท		3	9	0	0	0	0	2	0	3	0	51.51	น้อย
15. สายดินชำรุด (Part of)	- เกิดไฟฟ้าสถิตเอกสารไตรเอทิลอะมีนที่รั่วเกิดเพลิงไหม้ ระเบิด		3	9	0	3	9	6	0	6	9	2	71.21	ปานกลาง
	- เกิดไฟฟ้าสถิตเอกสารไตรเอทิลอะมีนที่รั่วเกิดเพลิงไหม้ ระเบิด ส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน		3	9	0	3	9	6	0	6	9	2	71.21	ปานกลาง
	- เกิดไฟฟ้าสถิตเอกสารไตรเอทิลอะมีน ที่รั่วเกิดเพลิงไหม้ ระเบิด ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 83.7×10^6 บาท		3	9	0	3	9	6	0	6	9	2	71.21	ปานกลาง
16. มีแหล่งก่อให้เกิดประกายไฟใกล้ถังไตรเอทิลอะมีน (More temperature)	- เกิดไฟไหม้หรือระเบิด		3	9	0	3	3	2	2	0	0	2	44.44	น้อย
	- เกิดไฟไหม้หรือระเบิดส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน		3	9	0	3	3	2	2	0	0	2	44.44	น้อย
	- เกิดไฟไหม้หรือระเบิดก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 83.7×10^6 บาท		3	9	0	3	3	2	2	0	0	2	44.44	น้อย

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

เหตุการณ์	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	ข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%	ระดับ
		น้ำหนัก	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	โอกาส	โอกาส
17. ตั้งวาล์วควบคุม(CV08)	- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็น อาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้	3	9	0	6	9	4	0	3	6	2	63.64	ปานกลาง	
เปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวตั้งปิด	- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็น อาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้เกิด การระเบิดสารเคมีฟุ้งกระจายพนักงานรับสัมผัสเกิดอาการระคายเคือง เป็นลม หหมดสติ	3	9	0	6	9	4	2	3	6	2	61.11	ปานกลาง	
(No flow)	- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็น อาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ ส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน	3	9	0	6	9	4	0	3	6	2	63.64	ปานกลาง	
	- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็น อาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้เกิด ความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 83.7 x 10 ⁶ บาท	3	9	0	6	9	4	0	3	6	2	63.64	ปานกลาง	
18. คอยล์เย็นอุดตัน	- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้	3	9	0	6	9	4	0	3	3	2	59.09	ปานกลาง	
(No flow)	- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็น อาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ เกิดการระเบิดสารเคมีฟุ้งกระจายพนักงานรับสัมผัสเกิดอาการระคาย เคือง เป็นลม หหมดสติ	3	9	0	6	9	4	2	3	3	2	56.94	ปานกลาง	
	- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็น อาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ ส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน	3	9	0	6	9	4	2	3	3	2	56.94	ปานกลาง	
	- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็น อาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า83.7 x 10 ⁶ บาท	3	9	0	6	9	4	0	3	3	2	59.09	ปานกลาง	

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

เหตุการณ์	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	ข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%	ระดับ
		น้ำหนัก	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	โอกาส	โอกาส
19. ระบบบริการน้ำหล่อเย็น เกิดความล้มเหลว (No flow)	- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้	3	9	0	6	9	4	0	3	3	2	59.09	ปานกลาง	
	- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็น อาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้เกิด การระเบิดสารเคมีฟุ้งกระจายพนักงานรับสัมผัสเกิดอาการระคายเคือง เป็นลม หมดสติ	3	9	0	6	9	4	2	3	3	2	56.94	ปานกลาง	
	- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้	3	9	0	6	9	4	0	3	3	2	59.09	ปานกลาง	
	ส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน													
	- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้	3	9	0	6	9	4	0	3	3	2	59.09	ปานกลาง	
	ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงาน 83.7 x 10 ⁶ บาท													
20. ระบบความดันลมสั่งวาล์ว ควบคุม (CV08) เปิดแต่ระบบ ความดันลมล้มเหลวสั่งวาล์ว ควบคุมปิด (No flow)	- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้	3	9	0	6	9	4	0	3	3	2	59.09	ปานกลาง	
	- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็น อาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ เกิดการระเบิดสารเคมีฟุ้งกระจายพนักงานรับสัมผัสเกิดอาการระคาย เคือง เป็นลม หมดสติ	3	9	0	6	9	4	2	3	3	2	56.94	ปานกลาง	
	- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้	3	9	0	6	9	4	0	3	3	2	59.09	ปานกลาง	
	ส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน													
	- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้	3	9	0	6	9	4	0	3	3	2	59.09	ปานกลาง	
	ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงาน 83.7 x 10 ⁶ บาท													

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

เหตุการณ์	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	ข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%	ระดับ
		น้ำหนัก	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	โอกาส	โอกาส
21. ระบบน้ำหล่อเย็นเกิดความล้มเหลวเนื่องจากการไหลย้อนกลับ (Reverse flow)	- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้	3	9	0	6	9	4	0	3	3	2	59.09	ปานกลาง	
	- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ เกิดการระเบิดสารเคมีฟุ้งกระจายพนักงานรับสัมผัสเกิดอาการระคายเคืองเป็นลม หหมดสติ	3	9	0	6	9	4	2	3	3	2	56.94	ปานกลาง	
	- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ ส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน	3	9	0	6	9	4	0	3	3	2	59.09	ปานกลาง	
	- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า83.7 x 10 ⁶ บาท	3	9	0	6	9	4	0	3	3	2	59.09	ปานกลาง	
22. พนักงานเกิดความบกพร่อง (Part of)	- อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้	3	9	0	3	3	4	0	3	3	2	45.45	น้อย	
	- อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้เกิดการระเบิดสารเคมีฟุ้งกระจายพนักงานรับสัมผัสเกิดอาการระคายเคือง เป็นลม หหมดสติ	3	9	0	3	3	4	2	3	3	2	44.44	น้อย	
	- อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน	3	9	0	3	3	4	0	3	3	2	45.45	น้อย	
	- อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 83.7 x 10 ⁶ บาท	3	9	0	3	3	4	0	3	3	2	45.45	น้อย	

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

เหตุการณ์	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	ข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%	ระดับ
		น้ำหนัก	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	โอกาส	โอกาส
23. มอเตอร์ของใบกวนไม่สามารถทำงานได้ตามปกติหรือระบบไฟฟ้าของใบกวนเกิดความล้มเหลว (No agitation)	- ไม่มีการกวนผสมของสารเป็นไปได้ที่จะเกิดการสะสมของสารทำให้การระบายความร้อนเกิดขึ้นได้ไม่ดีมีโอกาสดเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้	3	9	0	6	9	4	0	3	3	2	59.09	ปานกลาง	
	- ไม่มีการกวนผสมของสารเป็นไปได้ที่จะเกิดการสะสมของสารทำให้การระบายความร้อนเกิดขึ้นได้ไม่ดีมีโอกาสดเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ เกิดการระเบิดสารเคมีฟุ้งกระจายพนักงานรับสัมผัสเกิดอาการระคายเคือง เป็นลม หหมดสติ	3	9	0	6	9	4	2	3	3	2	56.94	ปานกลาง	
	- ไม่มีการกวนผสมของสารเป็นไปได้ที่จะเกิดการสะสมของสารทำให้การระบายความร้อนเกิดขึ้นได้ไม่ดีมีโอกาสดเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ ส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน	3	9	0	6	9	4	0	3	3	2	59.09	ปานกลาง	
	- ไม่มีการกวนผสมของสารเป็นไปได้ที่จะเกิดการสะสมของสารทำให้การระบายความร้อนเกิดขึ้นได้ไม่ดีมีโอกาสดเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 83.7 x 10 ⁶ บาท	3	9	0	6	9	4	0	3	3	2	59.09	ปานกลาง	

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

เหตุการณ์	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	ข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%	ระดับ
		น้ำหนัก	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	โอกาส	โอกาส
24. การตรวจเช็คค่า pH	- มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้		3	3	3	6	9	2	2	3	3	2	44.44	น้อย
ระหว่างการทำปฏิกิริยาพบว่า	- มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ เกิดระเบิด		3	3	3	6	9	2	2	3	3	2	44.44	น้อย
น้อยกว่า 2 (Low pH)	สารเคมีฟุ้งกระจายพนักงานรับสัมผัสเกิดอาการระคายเคือง เป็นลม													
และการตรวจเช็คค่า pH	หมดสติ													
ระหว่างการทำปฏิกิริยาพบว่า	- มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ ส่งผล		3	3	3	6	9	2	2	3	3	2	44.44	น้อย
มากกว่า 7 (High pH)	กระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน													
	- มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ ก่อให้เกิด		3	3	3	6	9	2	2	3	3	2	44.44	น้อย
	ความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 83.7 x 10 ⁶ บาท													
25. สั่งวาล์วควบคุม (CV11)	- น้ำยาวานิชไหลเข้าสู่ถังเก็บน้ำยาวานิชมากจนล้นถึงเก็บเจอแหล่ง		3	9	0	6	6	2	0	9	9	0	73.33	ปานกลาง
ปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวสั่ง	ความร้อน ประกายไฟ เกิดเพลิงไหม้ ระเบิด													
เปิด (More flow)	- น้ำยาวานิชไหลเข้าสู่ถังเก็บน้ำยาวานิชมากจนล้นถึงพนักงานสูดดม		3	9	0	6	6	2	0	9	9	0	73.33	ปานกลาง
	เกิดอาการระคายเคือง เป็นลม หมดสติ													
	- น้ำยาวานิชไหลเข้าสู่ถังเก็บน้ำยาวานิชมากจนล้นถึงเก็บเจอแหล่ง		3	9	0	6	6	2	0	9	9	0	73.33	ปานกลาง
	ความร้อน ประกายไฟ เกิดเพลิงไหม้ ระเบิดส่งผลกระทบต่อแผนก													
	หรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน													

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

เหตุการณ์	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	ข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%	ระดับ
		น้ำหนัก	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	โอกาส	โอกาส
	- น้ำยาวานิชไหลเข้าสู่ถังเก็บน้ำยาวานิชมากจนล้นถังเก็บเจอแหล่งความร้อน ประกายไฟ เกิดเพลิงไหม้ ระเบิดก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 83.7 x 10 ⁶ บาท		3	9	0	6	6	2	0	9	9	0	73.33	ปานกลาง
26. ระบบความดันลมสั่งวาล์วควบคุม (CV11) เปิดแต่ระบบความดันลมล้นเหลวสั่งวาล์วควบคุมปิด (No flow)	- ในขณะที่ปั๊มทำงานระบบความดันลม เกิดล้นเหลวทำให้วาล์วปิดเกิดแรงดันเพิ่มขึ้นในเส้นท่ออาจทำให้ท่อแตกน้ำยาวานิชรั่วไหลเจอแหล่งติดไฟเกิดเพลิงไหม้ ระเบิด		3	9	0	6	6	2	0	9	3	0	63.33	ปานกลาง
	- ในขณะที่ปั๊มทำงานระบบความดันลม เกิดล้นเหลวทำให้วาล์วปิดเกิดแรงดันเพิ่มขึ้นในเส้นท่ออาจทำให้ท่อแตกน้ำยาวานิชรั่วไหลเจอแหล่งติดไฟเกิดเพลิงไหม้ ระเบิดส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน		3	9	0	6	6	2	0	9	3	0	63.33	ปานกลาง
	- ในขณะที่ปั๊มทำงานระบบความดันลม เกิดล้นเหลวทำให้วาล์วปิดเกิดแรงดันเพิ่มขึ้นในเส้นท่ออาจทำให้ท่อแตกน้ำยาวานิชรั่วไหลเจอแหล่งติดไฟเกิดเพลิงไหม้ ระเบิด ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 83.7 x 10 ⁶ บาท		3	9	0	6	6	2	0	9	3	0	63.33	ปานกลาง

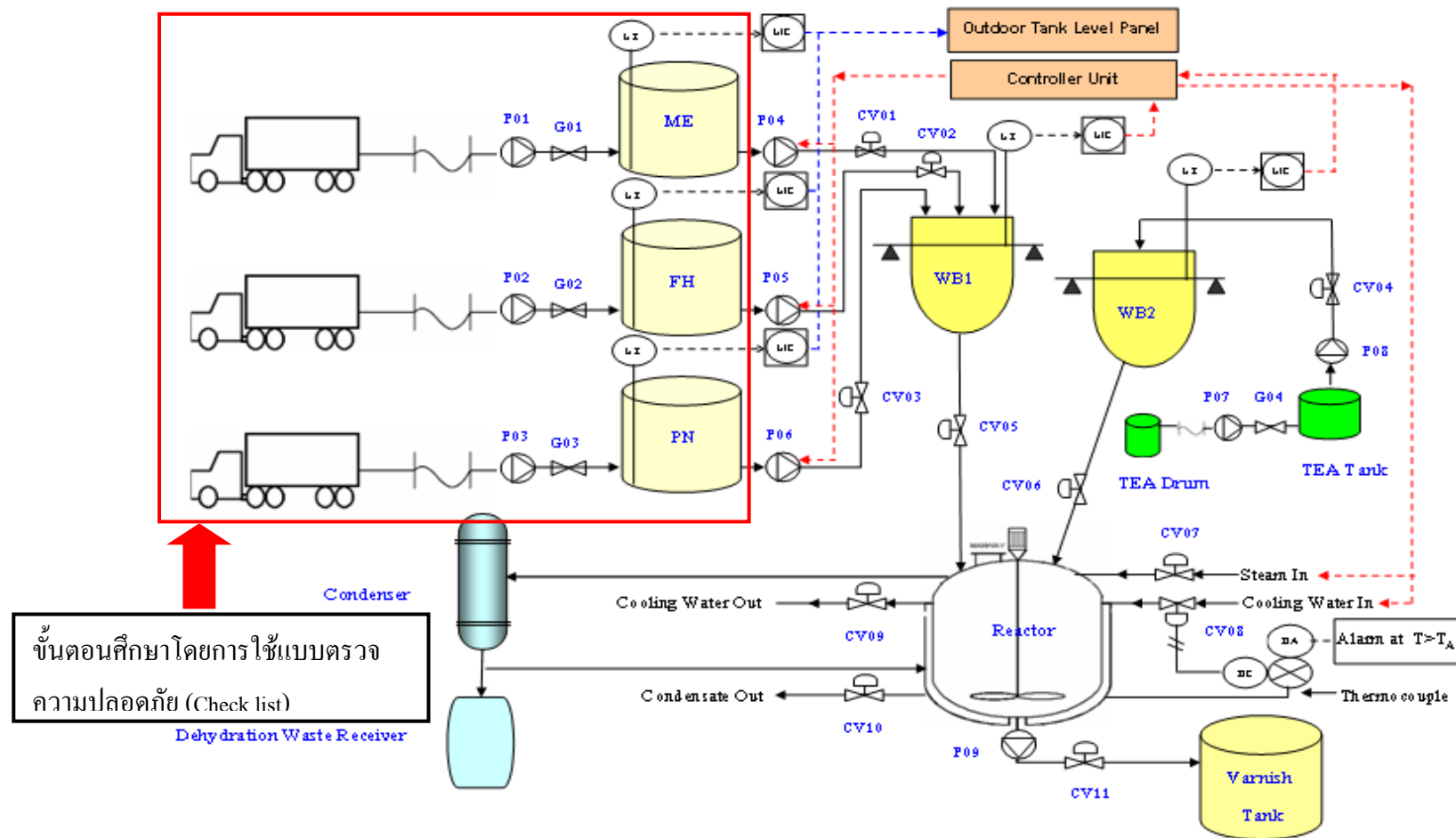
ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

เหตุการณ์	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	ข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%	ระดับ
		น้ำหนัก	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	โอกาส	โอกาส
27. ปุ่ม “P09” รั่ว (Part of)	- น้ำยาวานิชรั่วออกมาที่พื้นเจอแหล่งติดไฟเกิดเพลิงไหม้ ระเบิดได้	3	9	0	0	0	0	0	2	0	3	0	51.51	น้อย
	- น้ำยาวานิชรั่วออกมาที่พื้นพนักงานสูดดมเกิดอาการระคายเคือง เป็น ลม หมดสติ	3	9	0	0	0	0	0	2	0	3	0	51.51	น้อย
	- น้ำยาวานิชรั่วออกมาที่พื้นเจอแหล่งติดไฟเกิดเพลิงไหม้ ระเบิดได้ ส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน	3	9	0	0	0	0	0	2	0	3	0	51.51	น้อย
	- น้ำยาวานิชรั่วออกมาที่พื้นเจอแหล่งติดไฟเกิดเพลิงไหม้ ระเบิดได้ ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของ โรงงานมูลค่า 83.7 x 10 ⁶ บาท	3	9	0	0	0	0	0	2	0	3	0	51.51	น้อย
28. มีแหล่งก่อให้เกิดประกาย ไฟใกล้ถังน้ำยาวานิช (More temperature)	- เกิดไฟไหม้หรือระเบิด	3	9	0	3	3	2	2	0	0	0	2	44.44	น้อย
	- เกิดไฟไหม้หรือระเบิดส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของ โรงงาน	3	9	0	3	3	2	2	0	0	0	2	44.44	น้อย
	- เกิดไฟไหม้หรือระเบิดก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของ โรงงานมูลค่า 83.7 x 10 ⁶ บาท	3	9	0	3	3	2	2	0	0	0	2	44.44	น้อย

ภาคผนวก ค

รายงานการประเมินความเสี่ยงโดยใช้เทคนิคแบบตรวจสอบความปลอดภัย (Check list)

แผนภาพกระบวนการการผลิตน้ำยาวานิช (Varnish)



ภาพผนวกที่ ๑๑ ขั้นตอนการศึกษาโดยใช้แบบตรวจความปลอดภัย (Check list)

แบบตรวจความปลอดภัย (Check list)

กระบวนการบรรจุสารเคมีจากรถขนส่งสารเคมี (ISO Tank Container Truck, Lorry Truck)
ไปสู่ถังจัดเก็บสารเคมี (Storage tank)

ตารางผนวกที่ ค1 คำถามแบบตรวจสอบความปลอดภัย (Check list)

ข้อ	คำถาม	ผลการตรวจสอบ			บันทึกผลที่สำคัญ
		Yes	No	N/A	
ก. รายการตรวจสอบที่เกี่ยวข้องกับวัตถุอันตรายทั่วไป					
1	สารเคมีนี้มีคุณสมบัติที่ทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน	✓			
2	เป็นสารไวไฟ	✓			
3	มีข้อมูลด้านความปลอดภัยในการใช้งาน (MSDS)	✓			
4	พื้นที่รอบถังเก็บไม่มีหญ้าขึ้นรกหรือขยะที่เป็นเชื้อเพลิง	✓			
5	มีป้ายเตือนความปลอดภัยตามที่กฎหมายกำหนด	✓			
	9.1 ห้ามสูบบุหรี่				
	9.2 ห้ามทำให้เกิดเปลวไฟหรือประกายไฟ				
	9.3 ห้ามบุคคลภายนอกเข้า				
6	มีเขื่อนรองรับการรั่วไหลรอบถังเก็บสารเคมี		✓		เขื่อนไม่สามารถรองรับสารเคมีได้
7	มีเสาถนนอยู่ในสภาพแข็งแรงครบถ้วน	ทาสี	✓		
	ขาว-แดงชัดเจน				

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

ข้อ	คำถาม	ผลการตรวจสอบ			บันทึกผลที่สำคัญ
		Yes	No	N/A	
ข. รายการตรวจสอบที่เกี่ยวกับอุปกรณ์ / ถังเก็บเมทริล					
แอลกอฮอล์, พอร์มัลดีไฮด์ และฟีนอล					
1	ถังเก็บสารเคมี				
1.1	มีลิ้นปิด-เปิดสำหรับท่อหรืออุปกรณ์ที่ต่อเข้ากับถัง	✓			
1.2	ฐานของถังเก็บสารเคมีทำด้วยวัสดุทนไฟที่สามารถทนความร้อนและป้องกันการซึมสู่พื้นดิน	✓			
2	มีการติดตั้งอุปกรณ์ครบถ้วนหรือไม่				
2.1	เครื่องวัดความดัน	✓			
2.2	เครื่องวัดระดับสารเคมีภายในถัง	✓			
2.3	อุปกรณ์กลนิรภัยแบบระบาย (Safety Valve)	✓			
2.4	Flame Arrester		✓		เฉพาะถังเมทิลแอลกอฮอล์
2.5	ฝาครอบหรือโครงกำบังอุปกรณ์ตามข้อ 2.1, 2.2 และ 2.3	✓			
3	มีการติดตั้งลิ้นปิด-เปิดก่อนต่อกับอุปกรณ์หรือไม่	✓			
4	มีการติดตั้งสายดินของถังครบ และมีสภาพยึดแน่นและมีความต้านทานการไหลของกระแสต่ำ		✓		สายดินชำรุด พนักงานลืมต่อสายดิน
5	มีการติดตั้งระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่า	✓			
6	การบรรจุสารเคมีลงในถังเก็บไม่เกินร้อยละ 85 ของความจุของถัง	✓			

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

ข้อ	คำถาม	ผลการตรวจสอบ			บันทึกผลที่สำคัญ
		Yes	No	N/A	
7	เครื่องวัดอุณหภูมิของสารเคมีทำงานตามปกติ	✓			
8	อุปกรณ์วัดระดับของสารเคมีเหลวทำงานตามปกติ		✓		อุปกรณ์วัดระดับสารเคมีเสีย
9	อุปกรณ์วัดความดันของสารเคมีทำงานตามปกติมีการสอบเทียบมาตรฐาน	✓			
10	ถึงมีการตรวจสอบการซึม การรั่วไหล		✓		
ค. ระบบท่อและระบบหัวจ่ายสารเคมี					
1	วัสดุที่ใช้เหมาะสมกับชนิดของสารเคมี	✓			
2	ท่อสารเคมีมีการทาสีกันสนิมหรือใช้วัสดุป้องกันการผุกร่อน	✓			
3	ระบบหัวจ่ายสารเคมีเป็นชนิดที่ถอดออกแล้วมีสารเคมีค้างและรั่วที่หัวจ่ายสารเคมีน้อยที่สุด	✓			
4	วาล์วที่ใช้ในระบบท่อทุกตัวอยู่ในสภาพดีพร้อมใช้งาน	✓			
5	มีการตรวจสอบการรั่วไหลตามตัววาล์วอยู่เสมอ	✓			
6	ระบบท่อไม่มีสนิมกัดกร่อน	✓			
7	ท่อทางเดินสารเคมีมีวาล์วกันไหลย้อนกลับ	✓			

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

ข้อ	คำถาม	ผลการตรวจสอบ			บันทึกผลที่สำคัญ
		Yes	No	N/A	
ง. ปั๊มและมอเตอร์					
1	มีการติดตั้งปั๊มที่ใช้กับสารเคมีโดยเฉพาะ	✓			
2	ลิ้นเปิด-ปิดของปั๊มติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่สามารถเข้าไปปิด-เปิดได้สะดวก	✓			
3	มอเตอร์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุมที่ใช้ในบริเวณพื้นที่อันตรายได้ติดตั้งให้เป็นไปตามมาตรฐาน	✓			
4	สายไฟฟ้ามีการร้อยท่อและยึดแน่น	✓			
5	สวิตช์ที่ใช้ในการควบคุมเป็นแบบป้องกันการระเบิด	✓			
จ. การป้องกันและระงับอัคคีภัย					
1	หัวรับน้ำดับเพลิงที่ติดตั้งภายนอกอาคารเป็นชนิดข้อต่อสวมเร็วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 65 มิลลิเมตร	✓			
2	มีเครื่องสูบน้ำดับเพลิงและสายฉีดน้ำดับเพลิงยาวไม่เกิน 30 เมตร สามารถนำไปใช้ดับเพลิงในพื้นที่ทั้งหมด	✓			
3	สามารถส่งจ่ายน้ำสำรองได้เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 30 นาที	✓			
4	หัวต่อสายน้ำดับเพลิงพร้อมใช้งานและอยู่ในตำแหน่งที่หยิบใช้งาน	✓			
5	สายน้ำดับเพลิงอยู่ในตู้พร้อมใช้งาน	✓			
6	มีการตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ดับเพลิงตามระยะเวลาที่กำหนด	✓			

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

ข้อ	คำถาม	ผลการตรวจสอบ			บันทึกผลที่สำคัญ
		Yes	No	N/A	
7	มีการติดตั้งระบบแจ้งเตือนสารเคมีรั่วไหล เช่น Over flow, Flow Control System ไว้ตามบริเวณที่ตั้งถังเก็บและจ่ายสารเคมี		✓		
8	มีการตรวจสอบระบบแจ้งเตือนสารเคมีรั่วทำงานตามปกติ ตามเวลาที่กำหนด			✓	
9	มีถังดับเพลิงติดตั้งไว้ครบตามจำนวนที่กำหนด	✓			
12	มีการตรวจสอบสภาพเครื่องดับเพลิงอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง	✓			
จ. รายการตรวจสอบวิธีการปฏิบัติงาน					
1	ขั้นตอนการปฏิบัติงานในการขนถ่ายสารเคมีจากรถขนส่งสารเคมีผู้ถึงจัดเก็บสารเคมีเป็นลายลักษณ์อักษร	✓			
2	พนักงานได้ผ่านการฝึกอบรมในการขนถ่ายและจัดเก็บสารเคมี	✓			
3	มีการสอนงาน ฝึกอบรม วิธีการรับสารเคมี	✓			
4	พนักงานสวมอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลครบถ้วน	✓			
5	พนักงานผ่านการฝึกอบรมเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย	✓			
6	มีการกำหนดวิธีการควบคุมการทำงานที่อาจก่อให้เกิดประกายไฟหรือความร้อน (Hot Work Permit)	✓			
8	มีการต่อสายดินกันไฟฟ้าสถิตเวลาขนถ่ายสารเคมีในท่อ	✓			

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

ข้อ	คำถาม	ผลการตรวจสอบ			บันทึกผลที่สำคัญ
		Yes	No	N/A	
ข. รายการตรวจสอบข้อมูลเครื่องจักร อุปกรณ์					
รถบรรทุกสารเคมี					
1	รถบรรทุกสารเคมีได้รับการตรวจสอบและอนุญาตตามกฎหมาย	✓			
2	สภาพดีและไม่มีการรั่วซึม	✓			
3	รถบรรทุกสารเคมีได้รับการออกแบบเพื่อป้องกันการเฉี่ยวชนหรือกระแทก	✓			
4	มีการตรวจสอบความพร้อมของรถก่อนเข้าทำการจ่ายสารเคมี	✓			

- ที่มา: (1) กฎกระทรวงกำหนดเงื่อนไขในการใช้การเก็บรักษาและการมีไว้ในครอบครอง ซึ่งสิ่งทำให้เกิดอัคคีภัยได้ง่ายและกิจการอันอาจทำให้เกิดอัคคีภัยได้ง่ายและการจัดให้มีบุคคลและสิ่งจำเป็นในการป้องกันและระงับอัคคีภัย (2548)
- (2) กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535) ออกตามความพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (2522)
- (3) กรมโรงงานอุตสาหกรรม คู่มือการตรวจสอบติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าในพื้นที่ที่มีไอระเหยของสารไวไฟ (2548)
- (4) ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการเกี่ยวกับการขนส่ง เก็บรักษา เคลื่อนย้ายและกำจัดหีบห่อ ภาชนะบรรจุหรือวัสดุห่อหุ้มสารเคมีอันตราย (2535)
- (5) ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง การป้องกันและระงับอัคคีภัยในสถานประกอบการ เพื่อความปลอดภัยในการทำงานสำหรับลูกจ้าง (2534)
- (6) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 24 ออกตามความพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2512 เรื่อง หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน (2530)
- (7) ศูนย์ข้อมูลอันตรายและเคมีภัณฑ์ (2544)

ผลการศึกษาวิเคราะห์และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี Check list

กิจกรรม: กระบวนการถ่ายสารเคมีจากรถขนส่งสารเคมี (ISO Tank Container Truck, Lorry Truck) ไปสู่ถังจัดเก็บสารเคมี

โรงงาน: พานาโซนิค อิเล็กทริก เวิร์คส์ (อยุธยา) จำกัด

ภาพผนวกที่ ค1

วันที่ทำการศึกษา 6 ตุลาคม 2551

ตารางผนวกที่ ค2 การประเมินความเสี่ยงจากเทคนิคแบบตรวจความปลอดภัย (Check list)

ผลจากการทำ Check list	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. เมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล และฟอร์มัลดีไฮด์ มีคุณสมบัติที่ทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน	- ขณะทำการต่อสายส่งสารเคมีหรือถอดสายส่งสารเคมี สารเคมีสัมผัสโดนมือ เกิดอาการระคายเคือง กัดกร่อน	- สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลขณะปฏิบัติงาน เช่น ชุดป้องกันสารเคมี หน้ากากป้องกันสารเคมี ถุงมือป้องกันสารเคมี	-	น้อย	น้อย	น้อย	5
	- การหายใจเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคือง ตา จมูก ลำคอ และทางเดินหายใจ กดรบบประสาทส่วนกลางทำให้ปวดศีรษะง่วงนอน	- มีขั้นตอนการปฏิบัติงานในการถ่ายสารเคมีจากรถขนส่งสารเคมีสู่ถังจัดเก็บ - กำหนดให้สวมใส่ PPE		ปานกลาง	น้อย	ยอมรับได้	4

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

ผลจากการทำ Check list	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุม อันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความ รุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความ เสี่ยง
	- การสัมผัสผิวหนัง ไอระเหย ของเหลวของสารนี้ จะทำให้เกิดการ สูญเสียชั้นไขมันของผิวหนัง ทำให้ ผิวหนังแห้ง แตก และเกิดผื่นแดง			น้อย	น้อย	น้อย	5
	- การกลืนหรือกินเข้าไปจะก่อให้เกิดการ ระคายเคือง เชื้อเมือกของปากและลำคอ เกิดอาการไอ ท้องร่วง ปวดท้อง ปวด ศีรษะ และง่วงซึม			น้อย	น้อย	น้อย	5
	- การสัมผัสดวงตาจะก่อให้เกิดการระคาย เคืองและทำให้เชื้อเมือกตาอักเสบ เกิดตา แดง และสายตาสั้น			น้อย	น้อย	น้อย	5
ฟีนอล	- เมื่อหายใจเข้าไปก่อให้เกิดการระคาย เคืองของเชื้อเมือก, ไอ และหายใจลำบาก	- มีขั้นตอนการปฏิบัติงานใน การถ่ายสารเคมีจากรถขนส่ง สารเคมีสู่ถังจัดเก็บ - กำหนดให้สวมใส่ PPE	-	ปาน กลาง	น้อย	ยอมรับ ได้	4

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

ผลจากการทำ Check list	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุม อันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความ รุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับ ความ เสี่ยง
	- เมื่อสัมผัสผิวหนังแผ่นไหม้ ระวัง อันตรายจากการซึมผ่านผิวหนัง			น้อย	ปาน กลาง	ยอมรับ ได้	4
	- เมื่อเข้าตาแสงร้อน อาจทำให้ตา บอด			น้อย	มาก	ปาน กลาง	3
	- เมื่อกลืนกินเข้าไปก่อให้เกิดระคาย เคืองต่อเยื่อในปาก หลอดลม หลอดอาหารและระบบลำไส้			น้อย	น้อย	น้อย	5
	ฟอร์มัลดีไฮด์ - การหายใจก่อให้เกิดการระคายเคือง ต่อเยื่อเมือกของระบบทางเดินหายใจ ทำให้เป็นโรคหอบหืด	- มีขั้นตอนการปฏิบัติงานในการ ถ่ายสารเคมีจากรถขนส่งสารเคมี ผู้จัดเก็บ - กำหนดให้สวมใส่ PPE	-	ปาน กลาง	น้อย	ยอมรับ ได้	4

ตารางผนวกที่ ๑๒ (ต่อ)

ผลจากการทำ Check list	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและ ควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความ รุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับ ความ เสี่ยง
	- การกลืนกินสารนี้มีความเป็นพิษ เมื่อกลืนกิน ถ้ากลืนกินพอร์มัลดีไฮด์ ประมาณ 10 – 20 มิลลิลิตรในผู้ใหญ่ ทำให้เสียชีวิตได้			น้อย	มาก	ปาน กลาง	3
	- การสัมผัสโดนผิวหนังถ้าได้รับการ สัมผัสโดยตรงเกิดการระคายเคือง อย่างรุนแรง รับสัมผัสเป็นระยะ เวลานานเกิดการไหม้ของผิวหนัง			น้อย	ปาน กลาง	ยอมรับ ได้	4
	- การสัมผัสโดนตาก่อให้เกิดเกิดการ ระคายเคืองตา			น้อย	น้อย	น้อย	5
2. เมทิลแอลกอฮอล์ เป็นสารไวไฟ, พอร์มัล ดีไฮด์และฟินอลไวไฟ ปานกลาง	- หากเกิดการรั่วไหลและไปสัมผัส กับแหล่งความร้อนอาจก่อให้เกิด เพลิงไหม้หรือระเบิดได้	- มีเขื่อนรองรับการรั่วไหล - มีอุปกรณ์ดับเพลิง	- ให้มีการตรวจสอบบำรุงรักษา อุปกรณ์ตามกำหนดเวลา .- ควรมีการติดตั้งระบบระงับ อัคคีภัย	น้อย	มาก	ปาน กลาง	3

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

ผลจากการทำ Check list	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุม อันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความ รุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับ ความ เสี่ยง
	- หากเกิดการรั่วไหลและไปสัมผัสกับ แหล่งความร้อนอาจก่อให้เกิดเพลิงไหม้ หรือระเบิดส่งผลกระทบต่อแผนกหรือ พื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน			น้อย	ปาน กลาง	ยอมรับ ได้	4
	- หากเกิดการรั่วไหลและไปสัมผัสกับ แหล่งความร้อนอาจก่อให้เกิดเพลิงไหม้ หรือระเบิดเกิดความเสียหายต่อทรัพย์สิน ของโรงงานมูลค่า 17.1 x 10 ⁶ บาท			น้อย	มาก	ปาน กลาง	3
3. เชื้อนรองรับการ รั่วไหลของสารเคมีไม่ สามารถรองรับการ รั่วไหลของสารเคมีได้ ทั้งหมด	- ถ้าเกิดการรั่วไหลของสารเคมีไปสัมผัส โดนเปลวไฟหรือแหล่งติดไฟก่อให้เกิด เพลิงไหม้	-	- เชื้อนต้องรองรับการ รั่วไหลของสารเคมีได้ ทั้งหมด	น้อย	มาก	ปาน กลาง	3
	- พนักงานปฏิบัติงานอยู่บริเวณใกล้เคียง ทำให้รับสัมผัสสารเคมีเข้าสู่ร่างกายเกิด อาการระคายเคือง เป็นลม หมดสติ			น้อย	น้อย	น้อย	5

ตารางผนวกที่ ๑๒ (ต่อ)

ผลจากการทำ Check list	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุม อันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความ รุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความ เสี่ยง
	- มีเขื่อนรองรับการรั่วไหลของ สารเคมีแต่ไม่สามารถรองรับได้ ส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ ข้างเคียงของโรงงาน			น้อย	ปาน กลาง	ยอมรับ ได้	4
	- ถ้าเกิดการรั่วไหลของสารเคมีไป สัมผัสโดนเปลวไฟหรือแหล่งติดไฟ ก่อให้เกิดเพลิงไหม้เกิดความเสียหาย ต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 17.1 x 10 ⁶ บาท			น้อย	มาก	ปาน กลาง	3
4. ไม่พบการติดตั้ง Flame arrester ที่ถัง จัดเก็บเมทิล แอลกอฮอล์	- เมื่อถ่ายสารเคมีเข้าสู่ถังจัดเก็บไอ สารเมทิลแอลกอฮอล์ออกสู่ บรรยากาศเจอแหล่งความร้อนหรือ ประกายไฟเกิดเพลิงไหม้หรือระเบิด ภายในถังจัดเก็บ	-	-	ปาน กลาง	มาก	สูง	2

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

ผลจากการทำ Check list	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุม อันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความ รุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความ เสี่ยง
	- เมื่อถ่ายสารเคมีเข้าสู่ถังจัดเก็บไอสาร เมทิลแอลกอฮอล์ออกสู่บรรยากาศ แหล่งความร้อนหรือประกายไฟเกิดเพลิง ไหม้หรือระเบิดพนักงานสูดดมสารเคมี เกิดการระคายเคือง เป็นลม หมดสติ			ปาน กลาง	น้อย	ยอมรับ ได้	4
	- เมื่อถ่ายสารเคมีเข้าสู่ถังจัดเก็บไอสาร เมทิลแอลกอฮอล์ออกสู่บรรยากาศ แหล่งความร้อนหรือประกายไฟเกิดเพลิง ไหม้หรือระเบิดได้ส่งผลกระทบต่อ แผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน			ปาน กลาง	ปาน กลาง	ปาน กลาง	3
	- เมื่อถ่ายสารเคมีเข้าสู่ถังจัดเก็บไอสาร เมทิลแอลกอฮอล์ออกสู่บรรยากาศ แหล่งความร้อนหรือประกายไฟเกิดเพลิง ไหม้หรือระเบิดก่อให้เกิดความเสียหาย ต่อทรัพย์สินของโรงงาน มูลค่า 17.1 x 10 ⁶ บาท			ปาน กลาง	มาก	สูง	2

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

ผลจากการทำ Check list	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุม อันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
5. สายดินอยู่ในสภาพชำรุด, พนักงานสัมผัสต่อสายดิน	- เกิดไฟฟ้าสถิตขณะส่งสารเคมีเข้าสู่ถัง	-	- ควรมีการตรวจสอบระบบสายดินทุกวัน	ปานกลาง	มาก	สูง	2
	จัดเก็บเกิดไฟไหม้ ระเบิด			ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	3
	- เกิดไฟฟ้าสถิตขณะส่งสารเคมีเข้าสู่ถัง			ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	3
	จัดเก็บเกิดไฟไหม้ ระเบิดส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน			ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	3
	- เกิดไฟฟ้าสถิตขณะส่งสารเคมีเข้าสู่ถัง			ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	3
	จัดเก็บเกิดไฟไหม้ ระเบิดก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 17.1 x 10 ⁶ บาท			ปานกลาง	มาก	สูง	2
6. เครื่องวัดระดับสารเคมีภายในถังเสียหรือไม่ทำงาน	- กรณีการเติมสารเคมีจากรถขนส่งสารเคมีเข้าสู่ถังจัดเก็บเครื่องวัดระดับสารเคมีภายในถังเกิดความล้มเหลวทำให้สารเคมีล้นถังไปสัมผัสโดนแหล่งติดไฟเกิดไฟไหม้หรือระเบิดได้	- มีเครื่องวัดระดับสารเคมีภายในถัง	-	ปานกลาง	มาก	สูง	2

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

ผลจากการทำ Check list	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุม อันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความ รุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับ ความ เสี่ยง
	- กรณีการเติมสารเคมีจากระบบส่ง สารเคมีเข้าสู่ถังจัดเก็บเครื่องวัด ระดับสารเคมีภายในถังเกิดความ ล้นเหลวทำให้สารเคมีล้นถัง พนักงานสูดดมเกิดอาการระคาย เคือง เป็นลม หมดสติ			ปาน กลาง	น้อย	ยอมรับ ได้	4
	- เกิดการล้นถังของสารเคมีส่ง ผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ ข้างเคียงของโรงงาน			ปาน กลาง	ปาน กลาง	ปาน กลาง	3
	- เกิดการล้นถังของสารเคมีสัมผัส แหล่งติดไฟก่อให้เกิดความเสียหาย ต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 17.1 x 10 ⁶ บาท			ปาน กลาง	มาก	สูง	2

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

ผลจากการทำ Check list	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุม อันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความ รุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับ ความ เสี่ยง
7. ไม่มีการตรวจสอบ การซึม,รั่วไหลของถัง จัดเก็บสารเคมี	- ถ้าเกิดการซึม,รั่วไหลของถังจัดเก็บ สารเคมีสัมผัสโดนแหล่งคิดไฟทำให้เกิด เพลิงไหม้และระเบิดได้	-	- ควรมีการตรวจสอบการ ซึมหรือรั่วของสารเคมีจาก ถังจัดเก็บ	ปาน กลาง	มาก	สูง	2
	- กรณีมีการซึม การรั่วไหลของสารเคมี จากถังจัดเก็บ พนักงานสูดดมเกิดการ ระคาย เป็นลม หมดสติ			ปาน กลาง	น้อย	ยอมรับ ได้	4
	- ถ้าเกิดการรั่วไหลของถังจัดเก็บ สารเคมีสัมผัสโดนแหล่งคิดไฟทำให้เกิด เพลิงไหม้และระเบิดส่งผลกระทบต่อ แผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน			ปาน กลาง	ปาน กลาง	ปาน กลาง	3
	- ถ้าเกิดการรั่วไหลของถังจัดเก็บ สารเคมีสัมผัสโดนแหล่งคิดไฟทำให้เกิด เพลิงไหม้และระเบิดทำลายทรัพย์สิน ของโรงงานมูลค่า 17.1 x 10 ⁶ บาท			ปาน กลาง	มาก	สูง	2

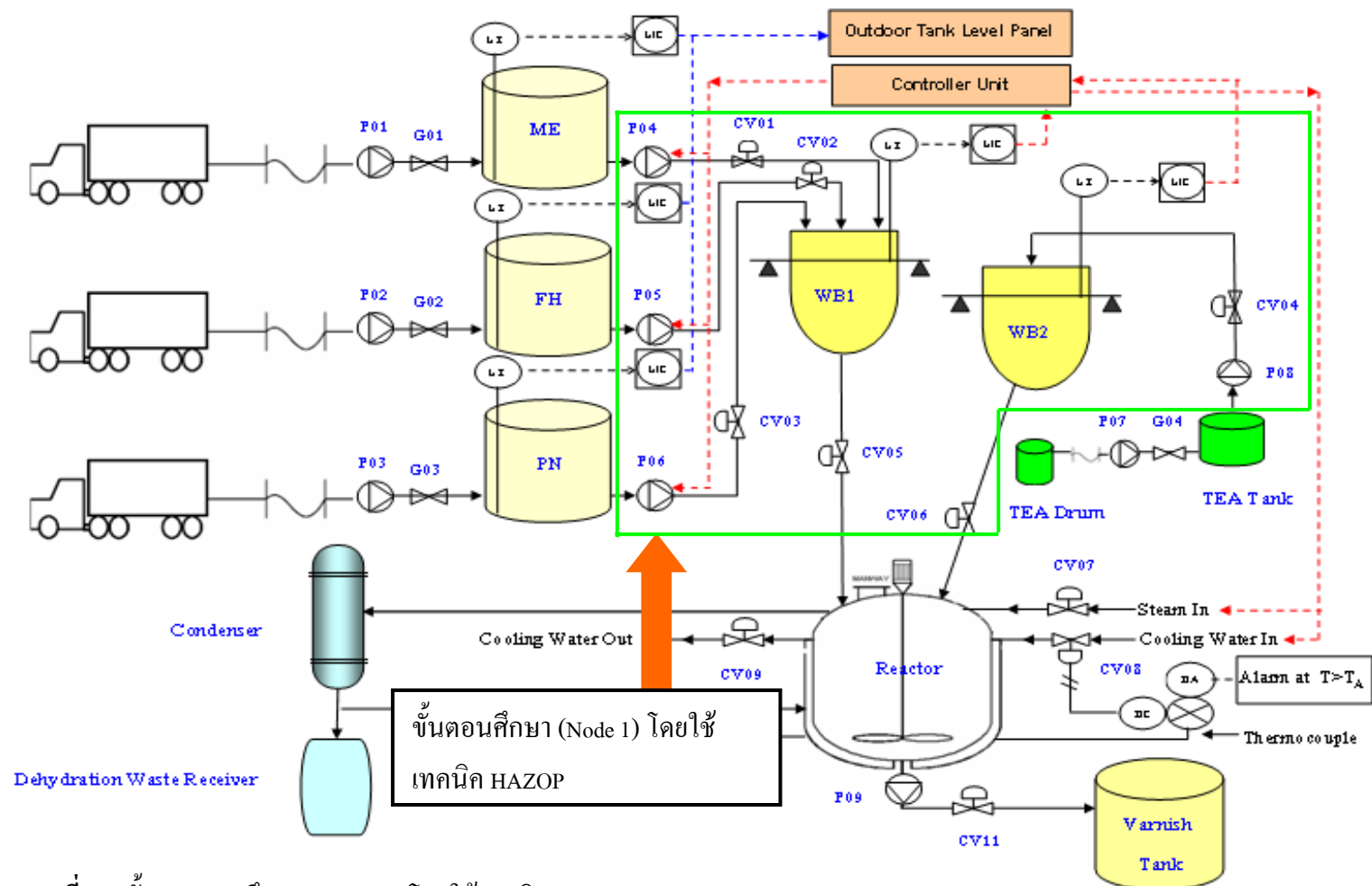
ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

ผลจากการทำ Check list	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและ ควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความ รุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับ ความ เสี่ยง
8. ไม่พบการติดตั้ง ระบบแจ้งเตือนสารเคมี รั่วไหล	- ถ้าเกิดสารเคมีรั่วไหลเจอแหล่งความร้อน ประกายไฟ เกิดเพลิงไหม้ ระเบิด	-	-	มาก	มาก	ยอมรับ ไม่ได้	1
	- ถ้าเกิดสารเคมีรั่วไหลพนักงานสูดดม ก่อให้เกิดการระคายเคือง เป็นลม หมด สติ			มาก	น้อย	ปาน กลาง	3
	- ถ้าเกิดสารเคมีรั่วไหลเจอแหล่งความร้อน ประกายไฟ เกิดเพลิงไหม้ ระเบิด ส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ ข้างเคียงของโรงงาน			มาก	ปาน กลาง	สูง	2
	- ถ้าเกิดสารเคมีรั่วไหลเจอแหล่งความร้อน ประกายไฟ เกิดเพลิงไหม้ ระเบิด ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สิน ของโรงงานมูลค่า 17.1 x 10 ⁶ บาท			มาก	มาก	ยอมรับ ไม่ได้	1

ภาคผนวก ง

รายงานการประเมินความเสี่ยงโดยใช้เทคนิคHazard and Operability Studies: HAZOP

แผนภาพกระบวนการการผลิตน้ำยาวานิช (Varnish)



ภาพผนวกที่ ๑1 ขั้นตอนการศึกษา (Node 1) โดยใช้เทคนิค HAZOP

การศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการขี้งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP

หน่วย: Node 1 รายละเอียด: กระบวนการปั๊มสารฟีนอล, ฟอร์มัลดีไฮด์ และเมทิลแอลกอฮอล์จากถังเก็บสารเคมีขนาด 100,000 ลิตรเข้าสู่ถังซั่งสารเคมี (WB1) และปั๊มสารไตรเอทิลอะมีนจากถังเก็บสารเคมีขนาด 1,000 ลิตร เข้าสู่ถังซั่งสารเคมี (WB2)

ภาพผนวกที่ ง1

ผู้วิเคราะห์: นายอรุณ เกตุสาคร

วันที่ทำการศึกษา: 1-31 ตุลาคม 2551

ตารางผนวกที่ ง1 การประเมินความเสี่ยงจากเทคนิค HAZOP (Node 1)

ส่วน เบี่ยงเบน	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่ตามมา	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
More flow	- สั่งวาล์วควบคุม (CV01,CV02,CV03,CV04) ปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลว ทำให้วาล์วควบคุมสั่งเปิด	- มีสารเคมีไหลเข้าสู่เครื่องซั่ง (WB1 และ WB2) เพิ่มมากขึ้นจนล้นเจอแหล่งติดไฟเกิดเพลิงไหม้ ระเบิด - มีสารเคมีไหลเข้าสู่เครื่องซั่ง (WB1 และ WB2) เพิ่มมากขึ้นจนล้นพนักงานสูดดมไอระเหย สารเคมีเกิดอาการระคายเคือง เป็นลม หหมดสติ	- ติดตั้งระบบวัดคุมนิริภัย	ปานกลาง	มาก	สูง	2

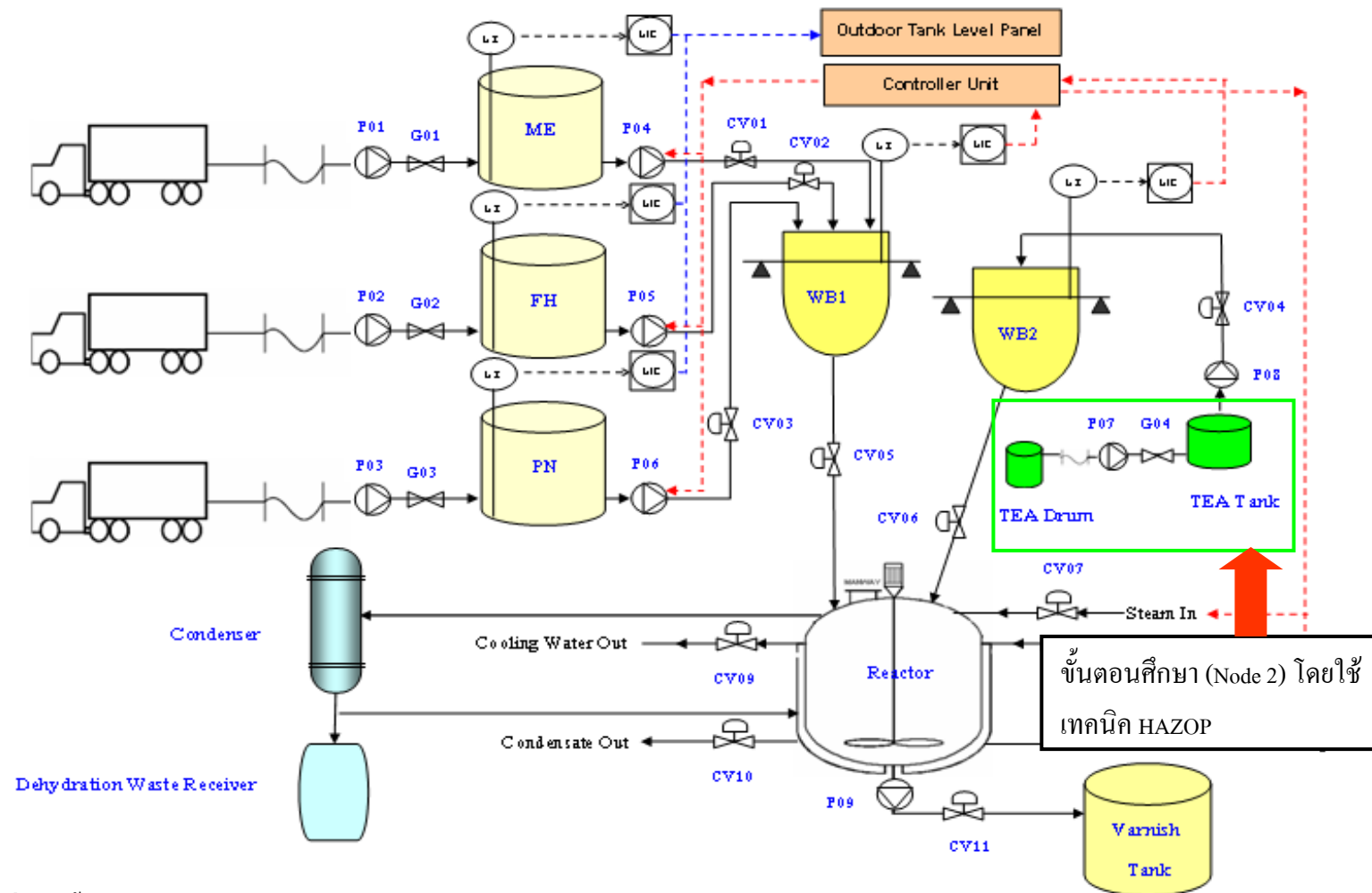
ตารางผนวกที่ ง1 (ต่อ)

ส่วน เบี่ยงเบน	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่ตามมา	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความ รุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความ เสี่ยง
No flow	- ส่องวาล์วควบคุม (CV01,CV02,CV03,CV04) เปิดแล้ววาล์วควบคุมล้มเหลว ทำให้วาล์วควบคุมสั่งปิด	- มีสารเคมีไหลเข้าสู่เครื่องขัง (WB1 และ WB2) เพิ่มขึ้นจนล้นเจอแหล่งติดไฟเกิดเพลิงไหม้ ระเบิด ส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน	-	ปาน กลาง	ปาน กลาง	ปาน กลาง	3
		- มีสารเคมีไหลเข้าสู่เครื่องขัง (WB1 และ WB2) เพิ่มขึ้นจนล้นเจอแหล่งติดไฟเกิดเพลิงไหม้ ระเบิด ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 83.7 x 10 ⁶ บาท	-	ปาน กลาง	มาก	สูง	2
		- มีความเป็นไปได้ทำให้เกิดแรงดันเพิ่มขึ้นท่อแตกเจอ แหล่งติดไฟเพลิงไหม้ ระเบิด	-	ปาน กลาง	มาก	สูง	2
		- มีความเป็นไปได้ทำให้เกิดแรงดันเพิ่มขึ้นท่อแตกเจอ แหล่งติดไฟเพลิงไหม้ ระเบิดส่งผลกระทบต่อแผนก หรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน	-	ปาน กลาง	ปาน กลาง	ปาน กลาง	3
No flow	- ส่องวาล์วควบคุม (CV01,CV02,CV03,CV04) เปิดแล้ววาล์วควบคุมล้มเหลว ทำให้วาล์วควบคุมสั่งปิด	- มีความเป็นไปได้ทำให้เกิดแรงดันเพิ่มขึ้นท่อแตกเจอ แหล่งติดไฟเพลิงไหม้ ระเบิดก่อให้เกิดความเสียหาย ต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 17.1 x 10 ⁶ บาท	-	ปาน กลาง	มาก	สูง	2
		- มีความเป็นไปได้ทำให้เกิดแรงดันเพิ่มขึ้นท่อแตกเจอ แหล่งติดไฟเพลิงไหม้ ระเบิด	-	ปาน กลาง	มาก	สูง	2

ตารางผนวกที่ ง1 (ต่อ)

ส่วน เบี่ยงเบน	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่ตามมา	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความ รุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความ เสี่ยง
No flow	- ระบบความดันลมตั้งวาล์วควบคุม (CV01,CV02,CV03,CV04) เปิดแต่วาล์วควบคุมลัมเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งปิด	- มีความเป็นไปได้ทำให้เกิดแรงดันเพิ่มขึ้นท่อแตก เจอแหล่งคิดไฟเพลิงไหม้ ระเบิด	-	ปานกลาง	มาก	สูง	2
		- มีความเป็นไปได้ทำให้เกิดแรงดันเพิ่มขึ้นท่อแตก เจอแหล่งคิดไฟเพลิงไหม้ ระเบิดส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน		ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	3
		- มีความเป็นไปได้ทำให้เกิดแรงดันเพิ่มขึ้นท่อแตก เจอแหล่งคิดไฟเพลิงไหม้ ระเบิดก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 17.1×10^6 บาท		ปานกลาง	มาก	สูง	2
More temp.	- มีแหล่งก่อให้เกิดประกายไฟใกล้ถังจัดเก็บฟินอล, พอร์มัลดีไฮด์, เมทิลแอลกอฮอล์ และ ไตรเอทิลอะมีน	- เกิดไฟไหม้หรือระเบิด	- มีระบบใบอนุญาตการทำงานเกี่ยวกับความร้อน และประกายไฟ - ออกกฎห้ามสูบบุหรี่ในพื้นที่อันตราย	น้อย	มาก	ปานกลาง	3
		- เกิดไฟไหม้หรือระเบิดส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน		น้อย	ปานกลาง	ยอมรับได้	4
		- เกิดไฟไหม้หรือระเบิดก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 100×10^6 บาท		น้อย	มาก	ปานกลาง	3

แผนภาพกระบวนการการผลิตน้ำยาวานิช (Varnish)



ภาพผนวกที่ ง2 ขั้นตอนการศึกษา (Node 2) โดยใช้เทคนิค HAZOP

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP

หน่วย: Node 2 รายละเอียด: กระบวนการป้อนสารเคมีจาก TEA Drum ขนาด 200 ลิตร ไปสู่ถังจัดเก็บสารเคมี (TEA Tank) ขนาด 1,000 ลิตร เพื่อใช้ในการเร่งปฏิกิริยาระหว่าง ฟีนอล กับ ฟอรั่มัลดีไฮด์ในถังปฏิกรณ์

ภาพผนวกที่ ๓2 ผู้วิเคราะห์: นายอารุณ เกตุสาคร วันที่ทำการศึกษา: 1-31 ตุลาคม 2551

ตารางผนวกที่ ๓2 การประเมินความเสี่ยงจากเทคนิค HAZOP (Node 2)

ส่วน เบี่ยงเบน	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่ตามมา	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
No Flow	- พนักงานลืมเปิดวาล์ว “G04”	- ป้อนทำงานเมื่อพนักงานลืมเปิดวาล์ว “G04” เกิดแรงดันเพิ่มสูงท่ออาจแตกได้ เจอแหล่งติดไฟเกิดเพลิงไหม้ ระเบิด	-	ปานกลาง	มาก	สูง	2
		- ป้อนทำงานเมื่อพนักงานลืมเปิดวาล์ว “G04” เกิดแรงดันเพิ่มสูงท่ออาจแตกได้ เจอแหล่งติดไฟเกิดเพลิงไหม้ ระเบิด ส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน		ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	3

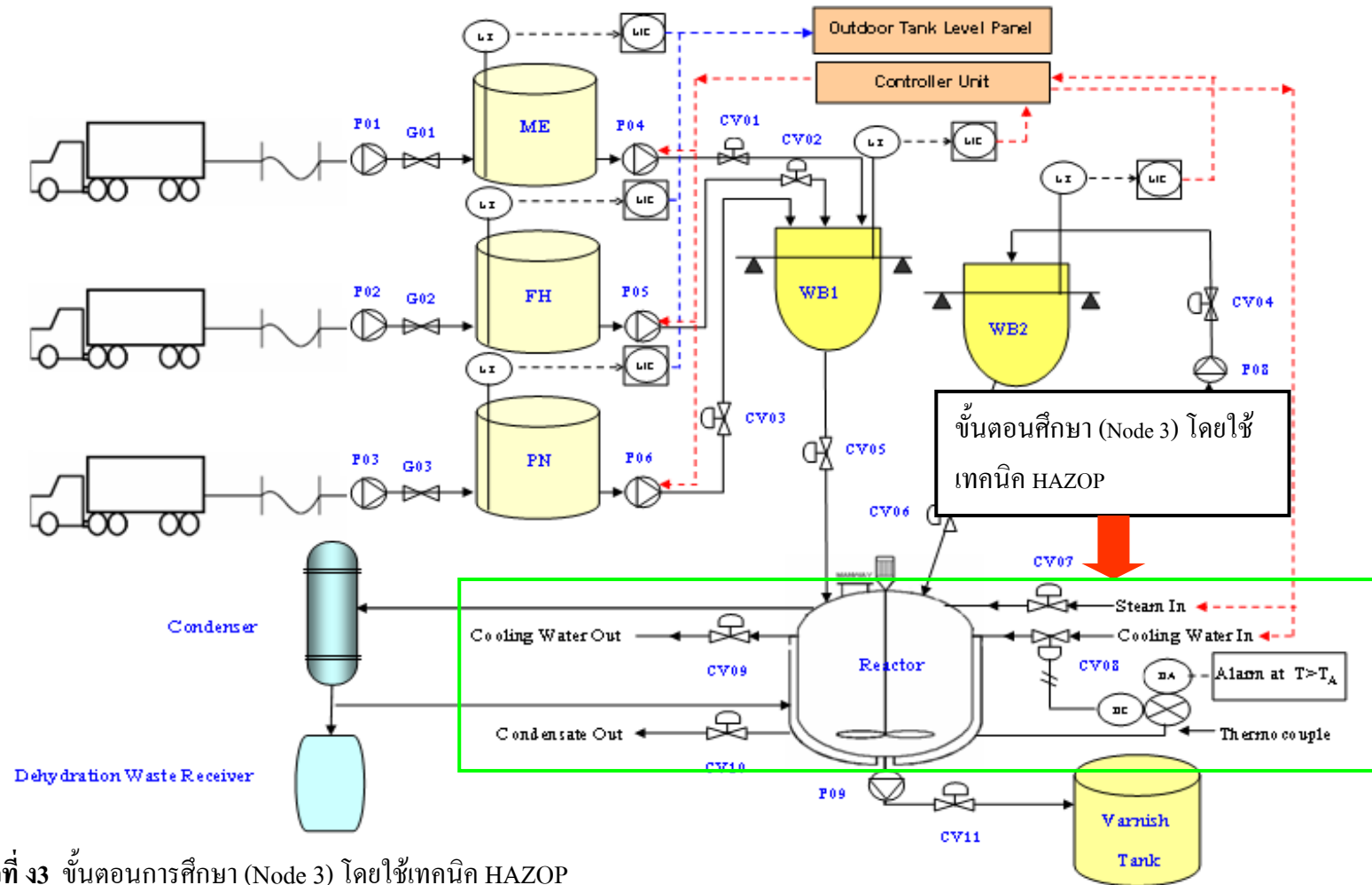
ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ส่วน เบี่ยงเบน	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่ตามมา	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความ รุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความ เสี่ยง
		- ปุ่มทำงานเมื่อพนักงานลืมเปิดวาล์ว “G04” เกิดแรงดันเพิ่มสูงที่อาจแตกได้ เจอแหล่งติดไฟเกิดเพลิงไหม้ ระเบิด ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 83.7 x 10 ⁶ บาท		ปานกลาง	มาก	สูง	2
Part of	- ปุ่ม “P07” รั่ว	- ไตรเอทิลอะมีนรั่วออกมาที่พื้นเจอแหล่งติดไฟเกิดเพลิงไหม้ ระเบิดได้	- จัดให้มีระบบการตรวจสอบบำรุงเชิงป้องกัน	น้อย	มาก	ปานกลาง	3
		- ไตรเอทิลอะมีนรั่วออกมาที่พื้นพนักงานสูดดมเกิดอาการระคายเคือง เป็นลม หมดสติ	และตรวจสอบประจำวัน	ปานกลาง	น้อย	ยอมรับได้	4
		- ไตรเอทิลอะมีนรั่วออกมาที่พื้นเจอแหล่งติดไฟเกิดเพลิงไหม้ ระเบิดได้ส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน		ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	3
		- ไตรเอทิลอะมีนรั่วออกมาที่พื้นเจอแหล่งติดไฟเกิดเพลิงไหม้ ระเบิดได้ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 83.7 x 10 ⁶ บาท		น้อย	มาก	ปานกลาง	3

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ส่วน เบี่ยงเบน	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่ตามมา	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความ รุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความ เสี่ยง
Part of	- สายดินชำรุด	- เกิดไฟฟ้าสถิตเจอสารไดรเอทิลอะมีนที่รั่ว เกิดเพลิงไหม้ ระเบิด	- จัดให้มีการตรวจสอบ ระบบสายดินก่อนปั๊มสาร	ปาน กลาง	มาก	สูง	2
		- เกิดไฟฟ้าสถิตเจอสารไดรเอทิลอะมีนที่รั่ว เกิดเพลิงไหม้ ระเบิดส่งผลกระทบต่อแผนกหรือ พื้นที่ข้างเคียง โรงงาน	- ไดรเอทิลอะมีนทุกครั้ง	ปาน กลาง	ปาน กลาง	ปาน กลาง	3
		- เกิดไฟฟ้าสถิตเจอสารไดรเอทิลอะมีนที่รั่ว เกิดเพลิงไหม้ ระเบิดก่อเกิดความเสียหายต่อ ทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 83.7 x 10 ⁶ บาท		ปาน กลาง	มาก	สูง	2
More temp.	- มีแหล่งก่อให้เกิดประกายไฟ ใกล้ถังไดรเอทิลอะมีน	- เกิดไฟไหม้หรือระเบิด	- ออกกฎหมายสูบบุหรี่บริเวณ พื้นที่อันตราย	น้อย	มาก	ปาน กลาง	3
		- เกิดไฟไหม้หรือระเบิดส่งผลกระทบต่อแผนก หรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน	- จัดทำระบบการขออนุญาต การทำงานที่เกี่ยวกับความ	น้อย	ปาน กลาง	ยอมรับ ได้	4
		- เกิดไฟไหม้ ระเบิดเกิดความเสียหายต่อ ทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 83.7 x 10 ⁶ บาท	- ร้อนและประกายไฟ	น้อย	มาก	ปาน กลาง	3

แผนภาพกระบวนการการผลิตน้ำยาวานิช (Varnish)



ภาพผนวกที่ 33 ขั้นตอนการศึกษา (Node 3) โดยใช้เทคนิค HAZOP

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP

หน่วย: Node 3

รายละเอียด: กระบวนการทำปฏิกิริยาระหว่างฟีนอล กับ ฟอर्मัลดีไฮด์ในถังปฏิกรณ์

ภาพผนวกที่ ง3

ผู้วิเคราะห์: นายอารุญ เกตุสาคร

วันที่ทำการศึกษา: 1-31 ตุลาคม 2551

ตารางผนวกที่ ง3 การประเมินความเสี่ยงจากเทคนิค HAZOP (Node 3)

ส่วน เบี่ยงเบน	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่ตามมา	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความ รุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความ เสี่ยง
No flow	- ตั้งวาล์วควบคุม (CV08) เปิด แต่วาล์วควบคุมล้มเหลวทำให้ วาล์วควบคุมปิด	- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็น อาจเกิดปฏิกิริยาที่ ไม่สามารถควบคุมได้	-	ปาน กลาง	มาก	สูง	2
		- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็น อาจเกิดปฏิกิริยาที่ ไม่สามารถควบคุมได้เกิดการระเบิดสารเคมีฟุ้ง		ปาน กลาง	น้อย	ยอมรับ ได้	4
		กระจายพนักงานรับสัมผัสเกิดอาการระคาย เคือง เป็นลม หมดสติ					
		- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็น อาจเกิดปฏิกิริยาที่ ไม่สามารถควบคุมได้ส่งผลกระทบต่อแผนก		ปาน กลาง	ปาน กลาง	ปาน กลาง	3
		หรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน					

ตารางผนวกที่ 33 (ต่อ)

ส่วน เบี่ยงเบน	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่ตามมา	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความ รุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความ เสี่ยง
		- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็น อาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 83.7×10^6 บาท		ปาน กลาง	มาก	สูง	2
No flow	- คอยล์เย็นอุดตัน	- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้	-	ปาน กลาง	มาก	สูง	2
		- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็น อาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้เกิดการระเบิดสารเคมีฟุ้งกระจายพนักงานรับสัมผัสเกิดอาการระคายเคือง เป็นลม หมดสติ		ปาน กลาง	น้อย	ยอมรับ ได้	4
		- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็น อาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน		ปาน กลาง	ปาน กลาง	ปาน กลาง	3
		- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็น อาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ก่ให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 83.7×10^6 บาท		ปาน กลาง	มาก	สูง	2

ตารางผนวกที่ 33 (ต่อ)

ส่วน เบี่ยงเบน	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่ตามมา	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความ รุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความ เสี่ยง
No flow	- ระบบบริการน้ำหล่อเย็นเกิด ความล้มเหลว	- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้	-	ปาน กลาง	มาก	สูง	2
		- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็น อาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้เกิดการระเบิดสารเคมีฟุ้งกระจายพนักงานรับสัมผัสเกิดอาการระคายเคือง เป็นลม หมดสติ		ปาน กลาง	น้อย	ยอมรับ ได้	4
		- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน		ปาน กลาง	ปาน กลาง	ปาน กลาง	3
		- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงาน 83.7×10^6 บาท		ปาน กลาง	มาก	สูง	2
No flow	- ระบบความดันลมสั่งวาล์ว ควบคุม (CV08) เปิดแต่วาล์ว ควบคุมล้มเหลวทำให้วาล์ว ควบคุมสั่งปิด	- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้	-	ปาน กลาง	มาก	สูง	2

ตารางผนวกที่ 33 (ต่อ)

ส่วน เบี่ยงเบน	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่ตามมา	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความ รุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความ เสี่ยง
		- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็น อาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้เกิดการระเบิดสารเคมีฟุ้งกระจายพนักงานรับสัมผัสเกิดอาการระคายเคือง เป็นลม หมดสติ		ปาน กลาง	น้อย	ยอมรับ ได้	4
		- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน		ปาน กลาง	ปาน กลาง	ปาน กลาง	3
		- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงาน 83.7×10^6 บาท		ปาน กลาง	มาก	สูง	2
Reverse flow	- ระบบน้ำหล่อเย็นเกิดความล้มเหลวเนื่องจากการไหลย้อนกลับ	- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้	-	ปาน กลาง	มาก	สูง	2
		- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้เกิดการระเบิดสารเคมีฟุ้งกระจายพนักงานรับสัมผัสเกิดอาการระคายเคือง เป็นลม หมดสติ		ปาน กลาง	น้อย	ยอมรับ ได้	4

ตารางผนวกที่ 33 (ต่อ)

ส่วน เบี่ยงเบน	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่ตามมา	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความ รุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความ เสี่ยง
		- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน		ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	3
		- สูญเสียระบบน้ำหล่อเย็นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 83.7×10^6 บาท		ปานกลาง	มาก	สูง	2
	Part of	- อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้		น้อย	มาก	ปานกลาง	3
		- อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้เกิดการระเบิดสารเคมีฟุ้งกระจายพนักงานรับสัมผัสเกิดอาการระคายเคือง เป็นลม หมดสติ		น้อย	น้อย	น้อย	5
		- อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน		น้อย	ปานกลาง	ยอมรับได้	4

ตารางผนวกที่ 33 (ต่อ)

ส่วน เบี่ยงเบน	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่ตามมา	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความ รุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความ เสี่ยง
		- อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นอาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 83.7×10^6 บาท		น้อย	มาก	ปานกลาง	3
No agitation	- มอเตอร์ของใบกวนไม่สามารถทำงานได้ตามปกติหรือระบบไฟฟ้าของใบกวนเกิดความล้มเหลว	- ไม่มีการกวนผสมของสารเป็นไปได้ที่จะเกิดการสะสมของสารทำให้การระบายความร้อนเกิดขึ้นได้ไม่มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้	-	ปานกลาง	มาก	สูง	2
		- ไม่มีการกวนผสมของสารเป็นไปได้ที่จะเกิดการสะสมของสารทำให้การระบายความร้อนเกิดขึ้นได้ไม่มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้เกิดการระเบิดสารเคมีฟุ้งกระจายพนักงานรับสัมผัสเกิดอาการระคายเคือง เป็นลม หมดสติ		ปานกลาง	น้อย	ยอมรับได้	4

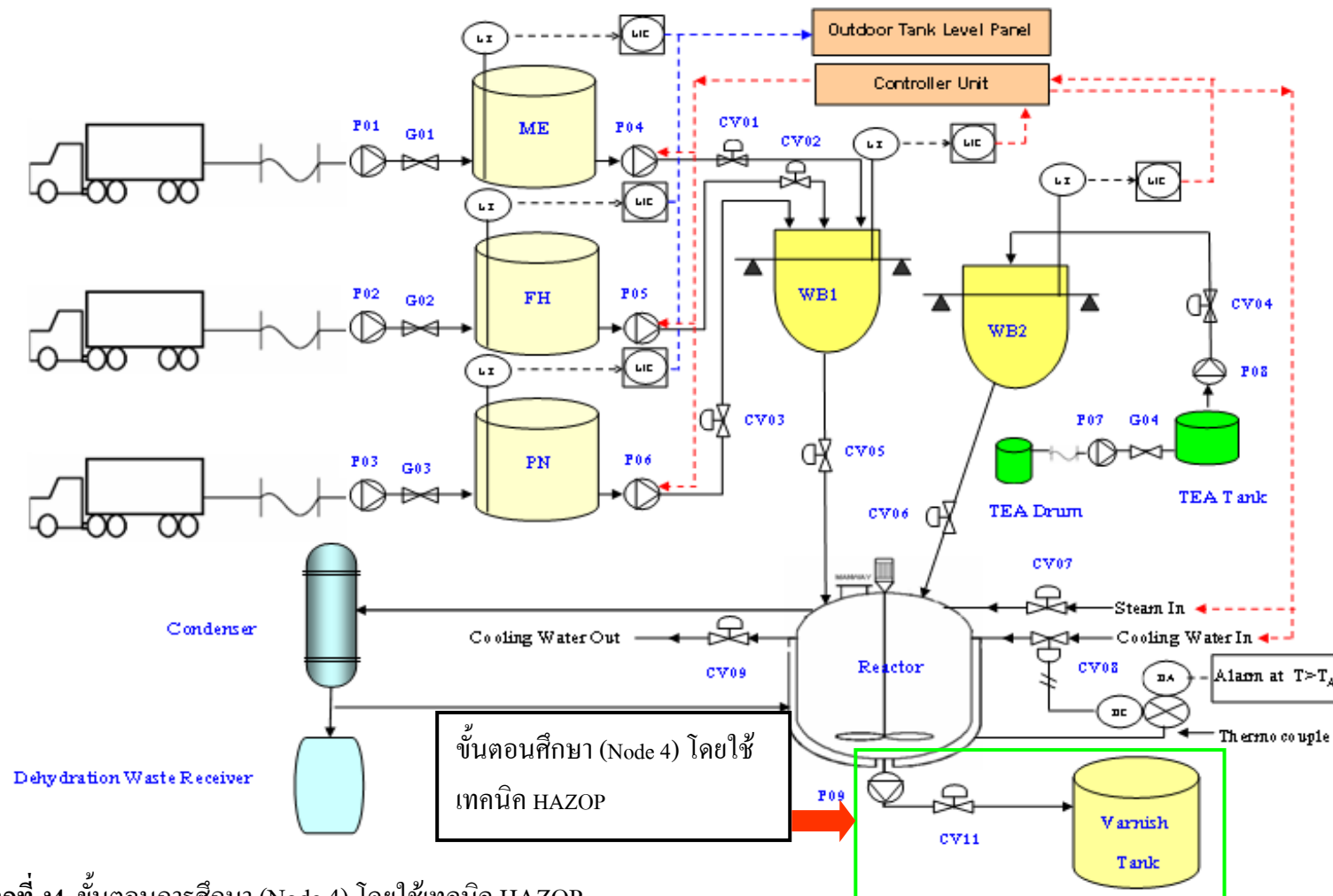
ตารางผนวกที่ 33 (ต่อ)

ส่วน เบี่ยงเบน	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่ตามมา	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความ รุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความ เสี่ยง
		- ไม่มีการกวนผสมของสารเป็นไปได้อาจเกิด การสะสมของสารทำให้การระบายความร้อน เกิดขึ้นได้ไม่ดีมีโอกาสดังกล่าวเกิดขึ้นที่ไม่ สามารถควบคุมได้ส่งผลกระทบต่อแผนกหรือ พื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน		ปาน	ปาน	ปาน	3
				กลาง	กลาง	กลาง	
		- ไม่มีการกวนผสมของสารเป็นไปได้อาจเกิด การสะสมของสารทำให้การระบายความร้อน เกิดขึ้นได้ไม่ดีมีโอกาสดังกล่าวเกิดขึ้นที่ไม่ สามารถควบคุมได้ก่อให้เกิดความเสียหายต่อ ทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 83.7 x 10 ⁶ บาท		ปาน	มาก	สูง	2
				กลาง			
Low pH	- การตรวจเช็คค่า pH ระหว่าง การทำปฏิกิริยาพบว่า < 2	- มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดปฏิกิริยาที่ไม่ สามารถควบคุมได้	- ควรตรวจเช็คค่าของ pH เป็น ระยะ	น้อย	มาก	ปาน กลาง	3
High pH	- การตรวจเช็คค่า pH ระหว่าง การทำปฏิกิริยาพบว่า > 7						

ตารางผนวกที่ 33 (ต่อ)

ส่วน เบี่ยงเบน	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่ตามมา	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความ รุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความ เสี่ยง
		- มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้เกิดระเบิดสารเคมีฟุ้งกระจายพนักงานรับสัมผัสเกิดอาการระคายเคือง เป็นลม หมดสติ		น้อย	น้อย	น้อย	5
		- มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน		น้อย	ปาน กลาง	ยอมรับ ได้	4
		- มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 83.7 x 10 ⁶ บาท		น้อย	มาก	ปาน กลาง	3

แผนภาพกระบวนการการผลิตน้ำยาวานิช (Varnish)



ภาพผนวกที่ 34 ขั้นตอนการศึกษา (Node 4) โดยใช้เทคนิค HAZOP

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการปรับปรุงอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP

หน่วย: Node 4 รายละเอียด: การส่งถ่ายผลิตภัณฑ์จากถังปฏิกรณ์สู่ถังจัดเก็บน้ำยาวานิช

ภาพผนวกที่ ง4 ผู้วิเคราะห์: นายอารุญ เกตุสาคร วันที่ทำการศึกษา: 1-31 ตุลาคม 2551

ตารางผนวกที่ ง4 การประเมินความเสี่ยงจากเทคนิค HAZOP (Node 4)

ส่วน เบี่ยงเบน	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่ตามมา	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความ รุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความ เสี่ยง
More flow	- ตั้งวาล์วควบคุม (CV11) ปิดแต่วาล์วควบคุม ล้นเหลวทำให้วาล์วควบคุม สั่งเปิด	- น้ำยาวานิชไหลเข้าสู่ถังเก็บน้ำยาวานิชมากจนล้นถัง เก็บเจอแหล่งความร้อน ประกายไฟ เกิดเพลิงไหม้ ระเบิด - น้ำยาวานิชไหลเข้าสู่ถังเก็บน้ำยาวานิชมากจนล้นถัง พนักงานสูดดมเกิดอาการระคายเคือง เป็นลม หหมดสติ - น้ำยาวานิชไหลเข้าสู่ถังเก็บน้ำยาวานิชมากจนล้นถัง เก็บเจอแหล่งความร้อน ประกายไฟ เกิดเพลิงไหม้ ระเบิดส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของ โรงงาน	-	ปาน กลาง	มาก	สูง	2

ตารางผนวกที่ ๓4 (ต่อ)

ส่วน เบี่ยงเบน	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่ตามมา	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความ รุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความ เสี่ยง
		- น้ำยาวานิชไหลเข้าสู่ถังเก็บน้ำยาวานิชมากจนล้น ถังเก็บเจอแหล่งความร้อน ประกายไฟ เกิดเพลิงไหม้ ระเบิดก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของ โรงงานมูลค่า 83.7 x 10 ⁶ บาท		ปาน กลาง	มาก	สูง	2
No flow	- ระบบความดันลมสั่งวาล์ว ควบคุม (CV11) เปิดแต่ ระบบความดันลมล้มเหลว ทำให้วาล์วควบคุมสั่งปิด	- ในขณะที่ปั๊มทำงานระบบความดันลมเกิดล้มเหลว ทำให้วาล์วปิดเกิดแรงดันเพิ่มขึ้นในเส้นท่ออาจทำให้ ท่อแตกน้ำยาวานิชรั่วไหลเจอแหล่งติดไฟเกิดเพลิง ไหม้ ระเบิด	-	ปาน กลาง	มาก	สูง	2
		- ในขณะที่ปั๊มทำงานระบบความดันลมเกิดล้มเหลว ทำให้วาล์วปิดเกิดแรงดันเพิ่มขึ้นในเส้นท่ออาจทำให้ ท่อแตกน้ำยาวานิชรั่วไหลเจอแหล่งติดไฟเกิดเพลิง ไหม้ ระเบิดส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ ข้างเคียงของโรงงาน		ปาน กลาง	ปาน กลาง	ปาน กลาง	3

ตารางผนวกที่ ๓4 (ต่อ)

ส่วน เบี่ยงเบน	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่ตามมา	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความ รุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความ เสี่ยง
		- ในขณะที่ปั๊มทำงานระบบความดันลม เกิด ลัมเหลวทำให้วาล์วปิดเกิดแรงดันเพิ่มขึ้นในเส้น ท่ออาจทำให้ท่อแตกน้ำยาวานิชรั่วไหลเจอแหล่ง ดินไฟเกิดเพลิงไหม้ ระเบิด ก่อให้เกิดความ เสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 83.7×10^6 บาท		ปาน กลาง	มาก	สูง	2
Part of	- ปั๊ม “P09” รั่ว	- น้ำยาวานิชรั่วออกมาที่พื้นเจอแหล่งดินไฟเกิด เพลิงไหม้ ระเบิดได้	-	น้อย	มาก	ปาน กลาง	3
		- น้ำยาวานิชรั่วออกมาที่พื้นพนักงานสูดดมเกิด อาการระคายเคือง เป็นลม หมดสติ		น้อย	น้อย	น้อย	5
		- น้ำยาวานิชรั่วออกมาที่พื้นเจอแหล่งดินไฟเกิด เพลิงไหม้ ระเบิดได้ส่งผลกระทบต่อแผนกหรือ พื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน		น้อย	ปาน กลาง	ยอมรับ ได้	4
		- น้ำยาวานิชรั่วออกมาที่พื้นเจอแหล่งดินไฟเกิด เพลิงไหม้ ระเบิดได้ก่อให้เกิดความเสียหายต่อ ทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 83.7×10^6 บาท		น้อย	มาก	ปาน กลาง	3

ตารางผนวกที่ ๓4 (ต่อ)

ส่วน เบี่ยงเบน	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่ตามมา	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความ รุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความ เสี่ยง
More temp.	- มีแหล่งก่อให้เกิดประกายไฟใกล้ถังน้ำยาวานิช	- เกิดไฟไหม้หรือระเบิด	- ออกกฏห้ามสูบบุหรี่บริเวณพื้นที่อันตราย	น้อย	มาก	ปานกลาง	3
		- เกิดไฟไหม้หรือระเบิดส่งผลกระทบต่อแผนกหรือพื้นที่ข้างเคียงของโรงงาน		น้อย	ปานกลาง	ยอมรับได้	4
		- เกิดไฟไหม้หรือระเบิดก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของโรงงานมูลค่า 83.7 x 10 ⁶ บาท		น้อย	มาก	ปานกลาง	3

ภาคผนวก จ

บัญชีรายการความเสี่ยงอันตรายและมาตรการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุก

บัญชีรายการความเสี่ยงอันตราย

ตารางผนวกที่ จ1 บัญชีรายการความเสี่ยงอันตราย

ลำดับ	กิจกรรม/อุปกรณ์	ระดับความเสี่ยง
1	ไม่พบการติดตั้ง Flame arrester ที่ถังจัดเก็บสารเมทิลแอลกอฮอล์	2
2	สายดินชำรุด (Grounding), ไม่พบการต่อฝาก (Bonding) หรือพนักงานลืมต่อสายดิน	2
3	เครื่องวัดระดับสารเคมีภายในถังเสียหรือไม่ทำงาน	2
4	ไม่มีการตรวจสอบการซึม, รั่วไหลของถังจัดเก็บสารเคมี	2
5	ไม่พบการติดตั้งระบบแจ้งเตือนสารเคมีรั่วไหล	1
6	สั้ววาล์วควบคุม (CV01, CV02, CV03, CV04) ปิดแต่วาล์วควบคุมล้นเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งเปิด	2
7	ในขณะที่ปฏิบัติงานมีการปั๊มสารเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล, ฟอรั้มัลดีไฮด์ และไตรเอทิลอะมีน ออกจากถังจัดเก็บสั้ววาล์วควบคุม (CV01, CV02, CV03, CV04) เปิดแต่วาล์วควบคุมล้นเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งปิด	2
8	ในขณะที่ปฏิบัติงานมีการปั๊มสารเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล, ฟอรั้มัลดีไฮด์ และไตรเอทิลอะมีน ออกจากถังจัดเก็บ ระบบความดันลมสั้ววาล์วควบคุม (CV01, CV02, CV03, CV04) เปิดแต่ระบบความดันลมล้นเหลวสั้ววาล์วควบคุมปิด	2
9	พนักงานลืมเปิดวาล์ว “G04”	2
10	สั้ววาล์วควบคุม (CV08) เปิดแต่วาล์วควบคุมล้นเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งปิด	2
11	คอยล์เย็นอุดตัน	2
12	ระบบบริการนำหล่อเย็นเกิดความล้มเหลว	2
13	ระบบความดันลมสั้ววาล์วควบคุม (CV08) เปิดแต่ระบบความดันลมล้นเหลวสั้ววาล์วควบคุมปิด	2
14	ระบบนำหล่อเย็นเกิดความล้มเหลวเนื่องจากมีการไหลย้อนกลับของน้ำหล่อเย็น	2

ตารางผนวกที่ จ1 (ต่อ)

ลำดับ	กิจกรรม/อุปกรณ์	ระดับความเสี่ยง
15	มอเตอร์ของใบกวนไม่สามารถทำงานได้ตามปกติหรือระบบไฟฟ้าของใบกวนเกิดความล้มเหลว	2
16	สั้ววาล์วควบคุม (CV11) ปิดแต่วาล์วควบคุมล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุมสั่งเปิด	2
17	ระบบความดันลมสั่งวาล์วควบคุม (CV11) เปิด แต่ระบบความดันลมล้มเหลวสั่งวาล์วควบคุมปิด	2

มาตรการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุก

วัตถุประสงค์: เพื่อบำรุงมาตรการลดความเสี่ยงเชิงรุกในกระบวนการผลิตน้ำยาวานิช เป้าหมาย: ไม่เกิดอุบัติเหตุ อุบัติภัยในกระบวนการผลิตน้ำยาวานิช

ตารางผนวกที่ จ2 มาตรการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุก

ลำดับที่	มาตรการ/กิจกรรม/การดำเนินงานลดความเสี่ยงเชิงรุก	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาดำเนินการ	ผู้ตรวจติดตาม
1	ติดตั้ง Flame arrester ที่ถังจัดเก็บสารเมทิลแอลกอฮอล์และจัดให้มีการตรวจสอบ Flame arrester	แผนกวิศวกรรม	1/04/2552 – 1/06/2552	ผู้จัดการแผนก
2	การติดตั้ง Limit switch ที่ม้วนของสายดินเพื่อป้องกันการลื่นต่อสายดินของพนักงานโดยใช้หลักการคือปกติถ้าไม่ได้มีการต่อสายดิน Limit switch จะไม่เปิดให้กระแสไฟฟ้าไหลมอเตอร์จะไม่ทำงาน (Normal Open) แต่ถ้ามีการต่อสายดิน Limit switch จะมีกระแสไฟฟ้าไหลมอเตอร์ทำงาน (Normal Close) และจัดทำแบบตรวจสอบสภาพทั่วไปของสายดินและจุดต่อฝาก	แผนกวิศวกรรม	1/04/2552 – 1/06/2552	ผู้จัดการแผนก
3	ซ่อมบำรุงเครื่องวัดระดับสารเคมีภายในถัง	แผนกวิศวกรรม	1/04/2552 – 1/06/2552	ผู้จัดการแผนก
4	จัดทำแบบตรวจสอบสภาพทั่วไปของถังจัดเก็บสารเคมี	แผนกคลังวัตถุดิบ	1/04/2552	ผู้จัดการแผนก
5	ติดตั้งระบบแจ้งเตือนสารเคมีรั่วไหลที่ถังจัดเก็บสารเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล และฟอร์มัลดีไฮด์ เพื่อเตือนให้พนักงานได้ทราบ	แผนกวิศวกรรม	1/04/2552 – 1/06/2552	ผู้จัดการแผนก
6	ติดตั้งตัววัดระดับสารเคมีภายในถังซังสารเคมี (WB1 และ WB2) และกำหนดค่า (Set Point) เพื่อไปสั่งให้วาล์วปิด และติดตั้งระบบวัดคูลมุนิรภัย เช่น Emergency Shut Down Valve เมื่อวาล์วควบคุมเกิดความบกพร่อง	แผนกวิศวกรรม	1/04/2552 – 1/06/2552	ผู้จัดการแผนก

ตารางผนวกที่ จ2 (ต่อ)

ลำดับ ที่	มาตรการ/กิจกรรม/การดำเนินงานลดความเสี่ยงเชิงรุก	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาดำเนินการ	ผู้ตรวจติดตาม
7	ติดตั้งระบบวัดคูลมน์นิรภัย เช่น Emergency Shut Down Valve เมื่อวาล์วควบคุมเกิดความบกพร่อง	แผนกวิศวกรรม	1/04/2552 – 1/06/2552	ผู้จัดการแผนก
8	ติดตั้งระบบวัดคูลมน์นิรภัย เช่น Emergency Shut Down Valve เมื่อวาล์วควบคุมเกิดความบกพร่อง	แผนกวิศวกรรม	1/04/2552 – 1/06/2552	ผู้จัดการแผนก
9	จัดทำป้ายเตือน “เปิดวาล์ว (G04) ก่อนปั๊มสารไดรเอทิลอะมีน” ติดไว้หน้างาน	แผนกผลิต	1/04/2552	ผู้จัดการแผนก
10	ติดตั้งอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิและกำหนดค่า (Set Point) อุณหภูมิไว้ที่ 120 องศาเซลเซียส จากนั้นจะส่งสัญญาณไปยังวาล์วนิรภัย (Shut Down Valve) เปิดให้น้ำหล่อเย็นเข้าสู่ถังปฏิกรณ์เพื่อระบายความร้อนออกพร้อมกันนั้นระบบประมวลผลจะส่งสัญญาณไปยังวาล์วนิรภัยอีก 1 ตัว เพื่อปิดไม่ให้ไอน้ำร้อนเข้ามายังถังปฏิกรณ์และส่งสัญญาณเตือนให้พนักงานได้ทราบ รวมถึงจัดให้มีการตรวจสอบงานนิรภัย (Bursting Disc), วาล์วควบคุม, วาล์วนิรภัย เป็นประจำทุกปี	แผนกวิศวกรรม	ทุกปีสำหรับการตรวจสอบงานนิรภัย, วาล์วนิรภัย	ผู้จัดการแผนก
11	ติดตั้งตัวกรองพร้อมทั้งเพิ่มการตรวจเช็คประจำวันเพื่อป้องกันการอุดตันของคอยล์เย็น	แผนกวิศวกรรม	ตรวจเช็คทุกวัน	ผู้จัดการแผนก
12	ติดตั้งปั๊มน้ำหล่อเย็น 2 ตัว เพื่อใช้ทดแทนกัน ในกรณีปั๊มอีกตัวเกิดความบกพร่องรวมถึงเพิ่มการตรวจเช็คประจำวันของปั๊มน้ำหล่อเย็น	แผนกวิศวกรรม	ตรวจเช็คทุกวัน	ผู้จัดการแผนก
13	ติดตั้งอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิและกำหนดค่า (Set Point) อุณหภูมิไว้ที่ 120 องศาเซลเซียส จากนั้นจะส่งสัญญาณไปยังวาล์วนิรภัย (Shut Down Valve) เปิดให้น้ำหล่อเย็นเข้าสู่ถังปฏิกรณ์เพื่อระบายความร้อนออกพร้อมกันนั้นระบบประมวลผลจะส่งสัญญาณไปยังวาล์วนิรภัยอีก 1 ตัว เพื่อปิดไม่ให้ไอน้ำร้อนเข้ามายังถังปฏิกรณ์และส่งสัญญาณเตือนให้พนักงานได้ทราบ และจัดให้มีการตรวจสอบแรงดันลมประจำวันก่อนเริ่มการผลิตทุกครั้ง	แผนกวิศวกรรม	ตรวจเช็คแรงดันลมทุกวัน	ผู้จัดการแผนก

ตารางผนวกที่ จ2 (ต่อ)

ลำดับ ที่	มาตรการ/กิจกรรม/การดำเนินงานลดความเสี่ยงเชิงรุก	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาดำเนินการ	ผู้ตรวจติดตาม
14	ติดตั้งวาล์วกันไหลย้อนกลับ (Check Valve) รวมถึงเพิ่มการตรวจสอบวาล์วกันไหลย้อนกลับ	แผนกวิศวกรรม	ตรวจสอบทุก 1 ปี	ผู้จัดการแผนก
15	ติดตั้งอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิและกำหนดค่า (Set Point) อุณหภูมิไว้ที่ 120 องศาเซลเซียส จากนั้นจะส่งสัญญาณไปยังวาล์วนิรภัย (Shut Down Valve) เปิดให้น้ำหล่อเย็นเข้าสู่ถังปฏิกรณ์เพื่อระบายความร้อนออกพร้อมกันนั้นระบบประมวลผลจะส่งสัญญาณไปยังวาล์วนิรภัยอีก 1 ตัว เพื่อปิดไม่ให้ไอน้ำร้อนเข้ามายังถังปฏิกรณ์และส่งสัญญาณเตือนให้พนักงานได้ทราบเพื่อสั่งหยุดการทำงานทั้งหมด	แผนกวิศวกรรม	-	ผู้จัดการแผนก
16	ติดตั้งตัววัดระดับสารเคมีภายในถังเก็บน้ำยวานิซและกำหนดค่า (Set Point) ระดับน้ำยวานิซไว้ที่ 85% เพื่อไปสั่งให้ Emergency Shut Down Valve ปิดเมื่อวาล์วควบคุมเกิดความบกพร่อง	แผนกวิศวกรรม	1/04/2552 – 1/06/2552	ผู้จัดการแผนก
17	ติดตั้งระบบวัดคูล์มนิรภัย เช่น Emergency Shut Down Valve เมื่อวาล์วควบคุมเกิดความบกพร่อง	แผนกวิศวกรรม	1/04/2552 – 1/06/2552	ผู้จัดการแผนก

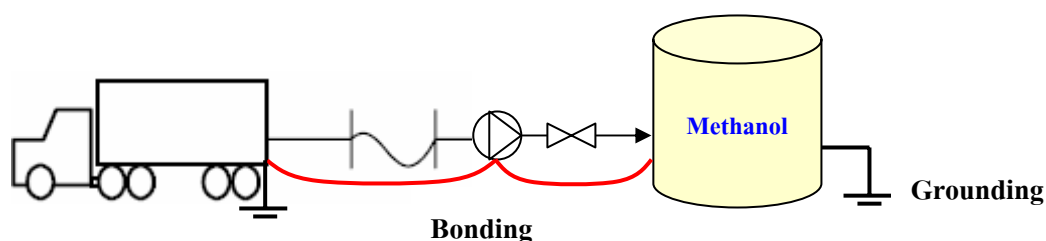
ภาคผนวก จ.

วิธีการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตและวิธีคิดมูลค่าทรัพย์สินเสียหายจากเหตุเพลิงไหม้หรือระเบิด

การคำนวณพลังงานไฟฟ้าสถิตสามารถแบ่งออกได้ 2 กระบวนการดังนี้

1. กระบวนการถ่ายสารเคมีจากรถขนส่งสารเคมีไปสู่ถังจัดเก็บซึ่งมีสารเคมีทั้งหมด 3 สารคือ เมทิลแอลกอฮอล์, โฟร์มาลดีไฮด์และ ฟีนอล ซึ่งจะคำนวณพลังงานของไฟฟ้าสถิตเฉพาะสารที่มีความเสี่ยงสูงสุด (Worst Case) คือ สารเมทิลแอลกอฮอล์เท่านั้น
2. กระบวนการป้อนสารไตรเอทิลอะมีนจาก TEA Drum ไปสู่ถังจัดเก็บ (TEA Tank) เพื่อใช้ในการเร่งปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างฟีนอล กับ โฟร์มาลดีไฮด์ในถังปฏิกรณ์

1. การคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตในกระบวนการถ่ายสารเมทิลแอลกอฮอล์ไปสู่ถังจัดเก็บ



ภาพผนวกที่ ๑1 กระบวนการถ่ายสารเมทิลแอลกอฮอล์จากรถขนส่งสารเคมีไปสู่ถังจัดเก็บ

ข้อมูลทั่วไป

1. การถ่ายสารเมทิลแอลกอฮอล์สู่ถังจัดเก็บด้วยอัตราการไหลเท่ากับ 300 ลิตรต่อ นาที หรือ 80 แกลลอนต่อนาที
2. ความยาวของสายส่ง (Hose Length) : L เท่ากับ 40 เมตร หรือ 131 ฟุต
3. เส้นผ่านศูนย์กลางของสายส่ง (Hose Diameter) : d เท่ากับ 7.6 เซนติเมตร หรือ 3 นิ้ว
4. ค่าความนำไฟฟ้า (สารเมทิลแอลกอฮอล์) : γ_c เท่ากับ 4.4×10^{-7} โอห์มต่อเซนติเมตร

5. Dielectric constant (สารเมทริลแอลกอฮอล์) : ϵ_r เท่ากับ 33.7

6. ϵ_0 คือ Permittivity Constant เท่ากับ $8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{coulomp}^2}{\text{Nm}^2} = 8.85 \times 10^{-14} \frac{\text{s}}{\text{ohmcm}}$

7. ความหนาแน่น (Density) : $0.79 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

8. พื้นที่หน้าตัดของสายส่ง (Hose): $A = \pi r^2 = (3.14)(1.5\text{in})^2 \left(2.54 \frac{\text{cm}}{\text{in}}\right)^2 = 45.58$

ตารางเซนติเมตร

การคำนวณค่าพลังงานสะสมของตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีด

สมมติท่อส่งสารเคมีและตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีดไม่ได้มีการต่อฝากหรือสายดินชำระ ดังนั้นแรงเคลื่อนไฟฟ้าก่อกำเนิดที่ตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีดซึ่งสามารถหาแรงเคลื่อนทางไฟฟ้าได้ดังนี้

$$V = I_s R \quad (1)$$

และความต้านทานทางไฟฟ้า (Resistance: R) สามารถคำนวณได้โดยใช้สูตรดังนี้

$$R = \left(\frac{1}{\gamma_c} \right) \left(\frac{L}{A} \right) \quad (2)$$

การคำนวณคิดจากตัวปั๊มถึงตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีด

$$L = (131 \text{ ft}) \left(12 \frac{\text{in}}{\text{ft}} \right) \left(2.54 \frac{\text{cm}}{\text{in}} \right) = 3,992.88 \text{ เซนติเมตร}$$

แทนค่าในสมการที่ (2)

$$R = \left(\frac{1}{4.4 \times 10^{-7} \text{ mho/cm}} \right) \left(\frac{3,992.88 \text{ cm}}{45.58 \text{ cm}^2} \right)$$

$$R = (4.4 \times 10^7 \text{ ohmcm}) \left(\frac{3,992.88 \text{ cm}}{45.58 \text{ cm}^2} \right) = 385.45 \times 10^7 \text{ โอห์ม}$$

Streaming Current: I_s คือ การไหลของกระแสไฟฟ้าโดยการเคลื่อนย้ายของอิเล็กตรอน (Electron) จากพื้นผิวหนึ่งไปยังอีกพื้นผิวหนึ่งเมื่อสารเคมีมีการเคลื่อนย้ายผ่านท่อต่างๆ ซึ่งเป็นโลหะหรือแก้ว

ความสัมพันธ์ระหว่าง Liquid Streaming Current, เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นท่อ (Pipe diameter), ความยาวของเส้นท่อ (Pipe length), ความเร็วของของไหล (Fluid velocity) และคุณสมบัติของของไหล (Fluid properties) ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$I_s = \left[\frac{10 \times 10^{-6} \text{ amp}}{(m/s)^2 (m)^2} \right] (ud)^2 \left[1 - \exp\left(-\frac{L}{u\tau}\right) \right] \quad (3)$$

โดยที่

I_s คือ Streaming Current (แอมแปร์)

u คือ ความเร็ว (เมตรต่อวินาที)

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นท่อ (เมตร)

L คือ ความยาวของเส้นท่อ (เมตร)

τ คือ Liquid Relaxation Time (วินาที)

ซึ่ง Relaxation Time (τ) คือ เวลาที่ประจุเกิดการสลายไปซึ่งสามารถพิจารณาได้ดังสมการต่อไปนี

$$\tau = \frac{\epsilon_r \epsilon_0}{\gamma_c} \quad (4)$$

แทนค่าในสมการที่ (4)

$$\tau = \frac{(33.7) \left(8.85 \times 10^{-14} \frac{\text{mho} \times \text{s}}{\text{cm}} \right)}{4.4 \times 10^{-7} \text{ mho/cm}}$$

$$\tau = 67.78 \times 10^{-7} \text{ วินาที}$$

Streaming Current จะสามารถหาค่าได้นั้นต้องทราบค่าของความเร็วและเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ ดังนั้นความเร็วในเส้นท่อสามารถหาได้ดังต่อไปนี้

$$u = \left(\frac{80 \text{ gal/min}}{3.14 \text{ in}^2} \right) \left(\frac{1 \text{ ft}^3}{7.48 \text{ gal}} \right) \left(\frac{144 \text{ in}^2}{\text{ft}^2} \right) \left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \right)$$

$$u = 8.17 \frac{\text{ft}}{\text{s}} = 2.49 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

แทนค่าในสมการที่ (3)

$$I_s = \left[\frac{10 \times 10^{-6} \text{ amp}}{(m/s)^2 (m)^2} \right] \left[(2.49) \left(\frac{3}{12 \times 3.28} \right) \right]^2 \left[1 - \exp \left(- \frac{131}{8.17 \times 67.78 \times 10^{-7}} \right) \right]$$

$$I_s = 3.61 \times 10^{-7} \text{ แอมแปร์}$$

การหาค่าพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีด ซึ่งการเกิดประกายไฟระหว่างหน้าแปลนอาจจะเป็นแหล่งที่จุดติดไฟ ดังนั้นแรงเคลื่อนไฟฟ้าสามารถหาได้จากสมการที่ (1) ดังนี้

$$V = (3.61 \times 10^{-7} \text{ amp})(385.45 \times 10^7 \text{ ohm})$$

$$V = 1,391.47 \text{ โวลต์}$$

และสามารถหาปริมาณความจุไฟฟ้าระหว่างสองหน้าแปลนได้ดังตารางที่ 4 ซึ่งจากตัวอย่างการคำนวณสามารถหาปริมาณความจุไฟฟ้าเท่ากับ $1000 \times 10^{-12} \text{ farad} = 1000 \times 10^{-12} \text{ coulomb/volt}$

ค่าพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีดพิจารณาดังสมการต่อไปนี้

$$J = \frac{CV^2}{2} \quad (5)$$

$$J = \frac{1000 \times 10^{-12} (1,391.47)^2}{2} = 0.968 \text{ มิลลิจูล}$$

ดังนั้นสามารถนำค่าพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีดที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบกับค่าที่ยอมรับได้ของพลังงานไฟฟ้าสถิตดังตารางที่ 13

ตารางผนวกที่ ๑1 Accepted Electrostatic Value for Calculation

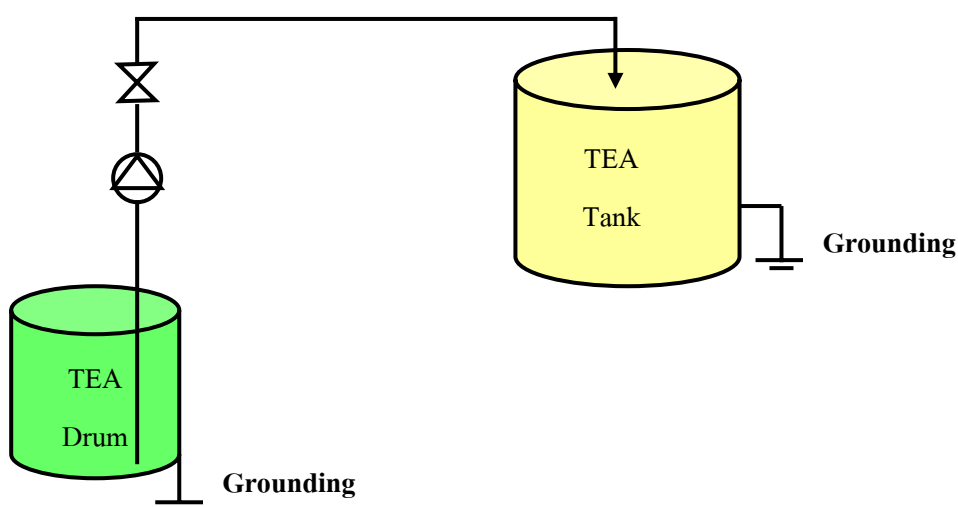
Voltage to produce spark between needle point 1/2 in apart	1400 V
Voltage to produce spark between plates 0.01 mm apart	350 V
Maximum charge density before corona discharge	$2.65 \times 10^{-9} \text{ coulomb/cm}^2$
Maximum ignition energies (mJ)	
Vapor in air	0.1
Mists in air	1.0
Dusts in air	10.0

ตารางผนวกที่ ๑1 (ต่อ)

Approximate capacitances: C (micro-microfarads)	
Human	100 to 400
Automobiles	500
Tank truck (2000 gallon)	1000
Tank (12 ft diameter with insulation)	100,000
Capacitance between two 2-in flange (1/8 –in gap)	20
Contact zeta potentials	0.01 to 0.1 V

ค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตที่ตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีดเท่ากับ 0.968 มิลลิจุล
เปรียบเทียบกับค่าที่ยอมรับได้ของพลังงานไฟฟ้าสถิตคือ 0.1 มิลลิจุล ดังนั้นค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตที่
ตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีดเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้จึงมีความเสี่ยงที่จะเกิดการลุกไหม้
หรือระเบิดได้

2. การคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตใน กระบวนการปั๊มสารไตรเอทิลอะมีนจาก TEA Drum
ไปสู่ถังจัดเก็บ (TEA Tank) เพื่อใช้ในการเร่งปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างฟินอล กับ ฟอर्मัลดีไฮด์ใน
ถังปฏิกรณ์



ภาพผนวกที่ ๑2 กระบวนการปั๊มสารไตรเอทิลอะมีนจาก TEA Drum ไปสู่ถังจัดเก็บ TEA Tank

ข้อมูลทั่วไป

1. การปั๊มสารไตรเอทิลอะมีนลงสู่ถังจัดเก็บด้วยอัตราการไหลเท่ากับ 50 ลิตรต่อนาที หรือ 13 แกลลอนต่อนาที
2. ความยาวของสายส่ง (Hose Length) : L เท่ากับ 4 เมตร หรือ 13 ฟุต
3. เส้นผ่านศูนย์กลางของสายส่ง (Hose Diameter) : d เท่ากับ 3.8 เซนติเมตร หรือ 1.5 นิ้ว
4. ค่าความนำไฟฟ้า (สารไตรเอทิลอะมีน) : γ_C เท่ากับ 4.7×10^{-5} โอห์มต่อเซนติเมตร

ที่มา: Campbell, A.N., and S.Y. Lam. (1972)

5. Dielectric constant (สารไตรเอทิลอะมีน) : ϵ_r เท่ากับ 2.42
6. ϵ_0 คือ Permittivity Constant เท่ากับ $8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{coulomp}^2}{\text{Nm}^2} = 8.85 \times 10^{-14} \frac{\text{s}}{\text{ohmcm}}$
7. ความหนาแน่น (Density) : $0.72 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
8. พื้นที่ หน้าตัดของสายส่ง (Hose): $A = \pi r^2 = (3.14)(0.75\text{in})^2 (2.54 \frac{\text{cm}}{\text{in}})^2 = 11.40$

ตารางเซนติเมตร

วิธีการคำนวณค่าพลังงานสะสมของตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีด

สมมติท่อส่งสารเคมีและตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีดไม่ได้มีการต่อฝากหรือสายดินชำระ ดังนั้นแรงเคลื่อนไฟฟ้าก่อนกำเนิดที่ตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีดซึ่งสามารถหาแรงเคลื่อนทางไฟฟ้าได้ดังสมการที่ (1) และความต้านทานทางไฟฟ้า (Resistance: R) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (2)

$$L = (13 \text{ ft}) \left(12 \frac{\text{in}}{\text{ft}} \right) \left(2.54 \frac{\text{cm}}{\text{in}} \right) = 396.24 \text{ เซนติเมตร}$$

แทนค่าในสมการที่ (2) ในกรณีค่าความนำไฟฟ้า: γ_c เท่ากับ 4.7×10^{-5} โอห์มต่อเซนติเมตร

$$R = \left(\frac{1}{4.7 \times 10^{-5} \text{ mho/cm}} \right) \left(\frac{396.24 \text{ cm}}{11.40 \text{ cm}^2} \right)$$

$$R = (4.7 \times 10^5 \text{ ohmcm}) \left(\frac{396.24 \text{ cm}}{11.40 \text{ cm}^2} \right) = 163.36 \times 10^5 \text{ โอห์ม}$$

Streaming Current จะสามารถหาค่าได้นั้นต้องทราบค่าของความเร็วและเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ ดังนั้นความเร็วในเส้นท่อสามารถหาได้ดังต่อไปนี้

$$u = \left(\frac{13 \text{ gal/min}}{3.14 \text{ in}^2} \right) \left(\frac{1 \text{ ft}^3}{7.48 \text{ gal}} \right) \left(\frac{144 \text{ in}^2}{\text{ft}^2} \right) \left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \right)$$

$$u = 1.33 \frac{\text{ft}}{\text{s}} = 0.41 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

แทนค่าในสมการที่ (4) ในกรณีค่าของ Dielectric constant: ϵ_r เท่ากับ 2.42

$$\tau = \frac{(2.42) \left(8.85 \times 10^{-14} \frac{\text{mho} \times \text{s}}{\text{cm}} \right)}{4.7 \times 10^{-5} \text{ mho/cm}}$$

$$\tau = 4.56 \times 10^{-9} \text{ วินาที}$$

แทนค่าในสมการที่ (3)

$$I_s = \left[\frac{10 \times 10^{-6} \text{ amp}}{(m/s)^2 (m)^2} \right] \left[(0.41) \left(\frac{1.5}{12 \times 3.28} \right) \right]^2 \left[1 - \exp \left(- \frac{13}{1.33 \times 4.56 \times 10^{-9}} \right) \right]$$

$$I_s = 2.44 \times 10^{-9} \text{ แอมแปร์}$$

การหาค่าพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีด ซึ่งการเกิดประกายไฟระหว่างหน้าแปลนอาจจะเป็นแหล่งที่จุดติดไฟ ดังนั้นแรงเคลื่อนไฟฟ้าสามารถหาได้จากสมการที่ (1) ดังนี้

$$V = (2.44 \times 10^{-9} \text{ amp})(163.36 \times 10^5 \text{ ohm})$$

$$V = 398.60 \times 10^{-4} \text{ โวลต์}$$

และสามารถหาปริมาณความจุไฟฟ้าระหว่างสองหน้าแปลนได้ดังตารางที่ 4 ซึ่งจากตัวอย่างการคำนวณสามารถหาปริมาณความจุไฟฟ้าเท่ากับ $20 \times 10^{-12} \text{ farad} = 20 \times 10^{-12} \text{ coulomb/volt}$

ค่าพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีดพิจารณาดังสมการต่อไปนี้

$$J = \frac{20 \times 10^{-12} (398.60 \times 10^{-4})^2}{2} = 1.59 \times 10^{-11} \text{ มิลลิจูล}$$

ค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตที่ตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีดเท่ากับ 1.59×10^{-11} มิลลิจูล เปรียบเทียบกับค่าที่ยอมรับได้ของพลังงานไฟฟ้าสถิตคือ 0.1 มิลลิจูล ดังนั้นค่าพลังงานไฟฟ้าสถิตที่ตัวเก็บประจุระหว่างหน้าแปลนที่หัวฉีดไม่เกินกว่าค่าที่ยอมรับได้จึงไม่มีความเสี่ยงที่จะเกิดการลุกไหม้หรือระเบิดได้

ตารางผนวกที่ ๓2 รายการทรัพย์สินของโรงงาน

ลำดับ	อุปกรณ์/ เครื่องมือ/ วัตถุดิบ	ราคา (บาท)
1	สารไตรเอทิลอะมีน	60 บาทต่อลิตร
2	สารเมทิลแอลกอฮอล์	13 บาทต่อลิตร
3	สารฟอร์มัลดีไฮด์	11 บาทต่อลิตร
4	สารฟีนอล	60 บาทต่อลิตร
5	ระบบการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ถังปฏิกรณ์, ถังจัดเก็บน้ำยาวานิช	83.6×10^6
6	ถังจัดเก็บสารเมทิลแอลกอฮอล์	2.9×10^6
7	ถังจัดเก็บสารฟอร์มัลดีไฮด์	2.9×10^6
8	ถังจัดเก็บสารฟีนอล	2.9×10^6

หมายเหตุ: ข้อมูลอ้างอิงเมื่อปี 2541

ตารางผนวกที่ ๓3 รายละเอียดทรัพย์สินของโรงงานเสียหายจากเหตุการณ์เพลิงไหม้หรือระเบิด

ลำดับ	เหตุการณ์	รายละเอียดความเสียหาย	มูลค่า(บาท)
1	เมทิลแอลกอฮอล์เป็นสารไวไฟ, ฟอร์มัลดีไฮด์และฟีนอลไวไฟปานกลาง	1. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 100,000 ลิตร	1.3×10^6
		2. สารฟีนอลจำนวน 100,000 ลิตร	6×10^6
		3. สารฟอร์มัลดีไฮด์จำนวน 100,000 ลิตร	1.1×10^6
		4. ถังจัดเก็บเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล, ฟอร์มัลดีไฮด์	8.7×10^6
		รวม	17.1×10^6
2	เขื่อนรองรับการรั่วไหลของสารเคมีไม่สามารถรองรับการรั่วไหลของสารเคมีได้ทั้งหมด	1. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 100,000 ลิตร	1.3×10^6
		2. สารฟีนอลจำนวน 100,000 ลิตร	6×10^6
		3. สารฟอร์มัลดีไฮด์จำนวน 100,000 ลิตร	1.1×10^6
		4. ถังจัดเก็บเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล, ฟอร์มัลดีไฮด์	8.7×10^6
		รวม	17.1×10^6

ตารางผนวกที่ ๓3 (ต่อ)

ลำดับ	เหตุการณ์	รายละเอียดความเสียหาย	มูลค่า(บาท)
3	ไม่พบการติดตั้ง Flame arrester ที่ถัง จัดเก็บเมทิล แอลกอฮอล์	1. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 100,000 ลิตร	1.3×10^6
		2. สารฟินอลจำนวน 100,000 ลิตร	6×10^6
		3. สารฟอร์มาลดีไฮด์จำนวน 100,000 ลิตร	1.1×10^6
		4. ถังจัดเก็บเมทิลแอลกอฮอล์, ฟินอล, ฟอร์ มาลดีไฮด์	8.7×10^6
		รวม	17.1×10^6
4	สายดินอยู่ในสภาพ ชำรุด, พนักงานลืมต่อ สายดิน	1. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 100,000 ลิตร	1.3×10^6
		2. สารฟินอลจำนวน 100,000 ลิตร	6×10^6
		3. สารฟอร์มาลดีไฮด์จำนวน 100,000 ลิตร	1.1×10^6
		4. ถังจัดเก็บเมทิลแอลกอฮอล์, ฟินอล, ฟอร์ มาลดีไฮด์	8.7×10^6
		รวม	17.1×10^6
5	เครื่องวัดระดับสารเคมี ภายในถังเสียหรือไม่ ทำงาน	1. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 100,000 ลิตร	1.3×10^6
		2. สารฟินอลจำนวน 100,000 ลิตร	6×10^6
		3. สารฟอร์มาลดีไฮด์จำนวน 100,000 ลิตร	1.1×10^6
		4. ถังจัดเก็บเมทิลแอลกอฮอล์, ฟินอล, ฟอร์ มาลดีไฮด์	8.7×10^6
		รวม	17.1×10^6
6	ไม่มีการตรวจสอบการ ซึม, รั่วไหลของถัง จัดเก็บสารเคมี	1. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 100,000 ลิตร	1.3×10^6
		2. สารฟินอลจำนวน 100,000 ลิตร	6×10^6
		3. สารฟอร์มาลดีไฮด์จำนวน 100,000 ลิตร	1.1×10^6
		4. ถังจัดเก็บเมทิลแอลกอฮอล์, ฟินอล, ฟอร์ มาลดีไฮด์	8.7×10^6
		รวม	17.1×10^6

ตารางผนวกที่ ๓3 (ต่อ)

ลำดับ	เหตุการณ์	รายละเอียดความเสียหาย	มูลค่า(บาท)
7	ไม่พบการติดตั้งระบบแจ้งเตือนสารเคมีรั่วไหล	1. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 100,000 ลิตร	1.3×10^6
		2. สารฟีนอลจำนวน 100,000 ลิตร	6×10^6
		3. สารฟอร์มัลดีไฮด์จำนวน 100,000 ลิตร	1.1×10^6
		4. ถังจัดเก็บเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล, ฟอร์มัลดีไฮด์	8.7×10^6
		รวม	17.1×10^6
8	ส่งวาล์วควบคุม CV01,CV02,CV03,CV04 ปิดแต่วาล์วควบคุม ล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุม ตั้งเปิด	1. สารฟีนอลจำนวน 2,358.50 ลิตร	141,510
		2. สารฟอร์มัลดีไฮด์จำนวน 2,297.80 ลิตร	25,275
		3. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 633 ลิตร	8,229
		4. สารไตรเอทิลอะมีนจำนวน 27.78 ลิตร	1,666
		5. ระบบการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ถังปฏิกรณ์, ถังจัดเก็บน้ำยาวานิช	83.6×10^6
		รวม	83.7×10^6
9	ส่งวาล์วควบคุม CV01,CV02,CV03,CV04 เปิดแต่วาล์วควบคุม ล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุม ตั้งปิด	1. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 100,000 ลิตร	1.3×10^6
		2. สารฟีนอลจำนวน 100,000 ลิตร	6×10^6
		3. สารฟอร์มัลดีไฮด์จำนวน 100,000 ลิตร	1.1×10^6
		4. ถังจัดเก็บเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล, ฟอร์มัลดีไฮด์	8.7×10^6
		รวม	17.1×10^6
10	ระบบความดันลมส่งวาล์วควบคุม CV01,CV02,CV03,CV04 เปิดแต่วาล์วควบคุม ล้มเหลวทำให้วาล์วควบคุม ตั้งปิด	1. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 100,000 ลิตร	1.3×10^6
		2. สารฟีนอลจำนวน 100,000 ลิตร	6×10^6
		3. สารฟอร์มัลดีไฮด์จำนวน 100,000 ลิตร	1.1×10^6
		4. ถังจัดเก็บเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล, ฟอร์มัลดีไฮด์	8.7×10^6
		รวม	17.1×10^6

ตารางผนวกที่ ๓ (ต่อ)

ลำดับ	เหตุการณ์	รายละเอียดความเสียหาย	มูลค่า(บาท)
11	มีแหล่งก่อให้เกิด ประกายไฟใกล้ถัง จัดเก็บฟีนอล,ฟอร์มาลดี ไฮด์,เมทิลแอลกอฮอล์ และไตรเอทิลอะมีน	1. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 100,000 ลิตร 2. สารฟีนอลจำนวน 100,000 ลิตร 3. สารฟอร์มาลดีไฮด์จำนวน 100,000 ลิตร 4. ถังจัดเก็บเมทิลแอลกอฮอล์, ฟีนอล, ฟอร์ มาลดีไฮด์ 5. ระบบการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ถัง ปฏิกรณ์, ถังจัดเก็บน้ำยาวานิช	1.3×10^6 6×10^6 1.1×10^6 8.7×10^6 83.6×10^6
รวม			100.7×10^6
12	พนักงานลืมเปิดวาล์ว “G04”	1. สารฟีนอลจำนวน 2,358.50 ลิตร 2. สารฟอร์มาลดีไฮด์จำนวน 2,297.80 ลิตร 3. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 633 ลิตร 4. สารไตรเอทิลอะมีนจำนวน 27.78 ลิตร 5. ระบบการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ถัง ปฏิกรณ์, ถังจัดเก็บน้ำยาวานิช	141,510 25,275 8,229 1,666 83.6×10^6
รวม			83.7×10^6
13	ปั๊ม “P07” รั่ว	1. สารฟีนอลจำนวน 2,358.50 ลิตร 2. สารฟอร์มาลดีไฮด์จำนวน 2,297.80 ลิตร 3. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 633 ลิตร 4. สารไตรเอทิลอะมีนจำนวน 27.78 ลิตร 5. ระบบการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ถัง ปฏิกรณ์, ถังจัดเก็บน้ำยาวานิช	141,510 25,275 8,229 1,666 83.6×10^6
รวม			83.7×10^6

ตารางผนวกที่ ๓ (ต่อ)

ลำดับ	เหตุการณ์	รายละเอียดความเสียหาย	มูลค่า(บาท)
14	สายดินชำรุด	1. สารฟีนอลจำนวน 2,358.50 ลิตร	141,510
		2. สารฟอร์มัลดีไฮด์จำนวน 2,297.80 ลิตร	25,275
		3. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 633 ลิตร	8,229
		4. สารไตรเอทิลอะมีนจำนวน 27.78 ลิตร	1,666
		5. ระบบการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ถึง	83.6 x 10 ⁶
		ปฏิกรณ์, ถึงจัดเก็บน้ำยารักษา	
รวม			83.7 x 10 ⁶
15	มีแหล่งก่อกำเนิด ประกายไฟใกล้ถังไตร เอทิลเอมีน	1. สารฟีนอลจำนวน 2,358.50 ลิตร	141,510
		2. สารฟอร์มัลดีไฮด์จำนวน 2,297.80 ลิตร	25,275
		3. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 633 ลิตร	8,229
		4. สารไตรเอทิลอะมีนจำนวน 27.78 ลิตร	1,666
		5. ระบบการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ถึง	83.6 x 10 ⁶
		ปฏิกรณ์, ถึงจัดเก็บน้ำยารักษา	
รวม			83.7 x 10 ⁶
16	ถังวาล์วควบคุม (CV08) เปิดแล้ววาล์วควบคุม ล้นเหลวส่งปิด	1. สารฟีนอลจำนวน 2,358.50 ลิตร	141,510
		2. สารฟอร์มัลดีไฮด์จำนวน 2,297.80 ลิตร	25,275
		3. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 633 ลิตร	8,229
		4. สารไตรเอทิลอะมีนจำนวน 27.78 ลิตร	1,666
		5. ระบบการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ถึง	83.6 x 10 ⁶
		ปฏิกรณ์, ถึงจัดเก็บน้ำยารักษา	
รวม			83.7 x 10 ⁶

ตารางผนวกที่ ๓ (ต่อ)

ลำดับ	เหตุการณ์	รายละเอียดความเสียหาย	มูลค่า(บาท)
17	คอยล์เย็นอุดตัน	1. สารฟีนอลจำนวน 2,358.50 ลิตร	141,510
		2. สารฟอร์มาลดีไฮด์จำนวน 2,297.80 ลิตร	25,275
		3. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 633 ลิตร	8,229
		4. สารไตรเอทิลอะมีนจำนวน 27.78 ลิตร	1,666
		5. ระบบการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ถึง	83.6 x 10 ⁶
		ปฏิกรณ์, ถึงจัดเก็บน้ำยาวานิช	
รวม			83.7 x 10 ⁶
18	ระบบบริการนำหล่อเย็น เกิดความล้มเหลว	1. สารฟีนอลจำนวน 2,358.50 ลิตร	141,510
		2. สารฟอร์มาลดีไฮด์จำนวน 2,297.80 ลิตร	25,275
		3. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 633 ลิตร	8,229
		4. สารไตรเอทิลอะมีนจำนวน 27.78 ลิตร	1,666
		5. ระบบการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ถึง	83.6 x 10 ⁶
		ปฏิกรณ์, ถึงจัดเก็บน้ำยาวานิช	
รวม			83.7 x 10 ⁶
19	ระบบความดันลมส่ง วาล์วควบคุม (CV08) เปิดแต่ระบบความดันลม ล้มเหลวส่งวาล์วควบคุม ปิด	1. สารฟีนอลจำนวน 2,358.50 ลิตร	141,510
		2. สารฟอร์มาลดีไฮด์จำนวน 2,297.80 ลิตร	25,275
		3. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 633 ลิตร	8,229
		4. สารไตรเอทิลอะมีนจำนวน 27.78 ลิตร	1,666
		5. ระบบการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ถึง	83.6 x 10 ⁶
		ปฏิกรณ์, ถึงจัดเก็บน้ำยาวานิช	
รวม			83.7 x 10 ⁶

ตารางผนวกที่ ๓ (ต่อ)

ลำดับ	เหตุการณ์	รายละเอียดความเสียหาย	มูลค่า(บาท)
20	ระบบน้ำหล่อเย็นเกิด ความล้มเหลวเนื่องจากมี การไหลย้อนกลับ	1. สารฟีนอลจำนวน 2,358.50 ลิตร	141,510
		2. สารฟอร์มาลดีไฮด์จำนวน 2,297.80 ลิตร	25,275
		3. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 633 ลิตร	8,229
		4. สารไตรเอทิลอะมีนจำนวน 27.78 ลิตร	1,666
		5. ระบบการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ถึง ปฏิกิริยา, ถึงจัดเก็บน้ำยาวานิช	83.6 x 10 ⁶
		รวม	83.7 x 10 ⁶
21	พนักงานเกิดความ บกพร่อง	1. สารฟีนอลจำนวน 2,358.50 ลิตร	141,510
		2. สารฟอร์มาลดีไฮด์จำนวน 2,297.80 ลิตร	25,275
		3. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 633 ลิตร	8,229
		4. สารไตรเอทิลอะมีนจำนวน 27.78 ลิตร	1,666
		5. ระบบการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ถึง ปฏิกิริยา, ถึงจัดเก็บน้ำยาวานิช	83.6 x 10 ⁶
		รวม	83.7 x 10 ⁶
22	มอเตอร์ของใบกวนไม่ สามารถทำงานได้ ตามปกติหรือระบบไฟฟ้า ของใบกวนเกิดความ ล้มเหลว	1. สารฟีนอลจำนวน 2,358.50 ลิตร	141,510
		2. สารฟอร์มาลดีไฮด์จำนวน 2,297.80 ลิตร	25,275
		3. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 633 ลิตร	8,229
		4. สารไตรเอทิลอะมีนจำนวน 27.78 ลิตร	1,666
		5. ระบบการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ถึง ปฏิกิริยา, ถึงจัดเก็บน้ำยาวานิช	83.6 x 10 ⁶
		รวม	83.7 x 10 ⁶

ตารางผนวกที่ ๓ (ต่อ)

ลำดับ	เหตุการณ์	รายละเอียดความเสียหาย	มูลค่า(บาท)
23	- การตรวจเช็คค่า pH	1. สารฟีนอลจำนวน 2,358.50 ลิตร	141,510
	ระหว่างการทำปฏิกิริยา	2. สารฟอร์มาลดีไฮด์จำนวน 2,297.80 ลิตร	25,275
	พบว่า < 2	3. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 633 ลิตร	8,229
	- การตรวจเช็คค่า pH	4. สารไตรเอทิลอะมีนจำนวน 27.78 ลิตร	1,666
	ระหว่างการทำปฏิกิริยา	5. ระบบการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ถึง	83.6 x 10 ⁶
	พบว่า > 7	ปฏิกรณ์, ถึงจัดเก็บน้ำยาวานิช	
รวม			83.7 x 10 ⁶
24	สั่งวาล์วควบคุม (CV11)	1. สารฟีนอลจำนวน 2,358.50 ลิตร	141,510
	ปิดแต่วาล์วควบคุม	2. สารฟอร์มาลดีไฮด์จำนวน 2,297.80 ลิตร	25,275
	ล้มเหลวทำให้วาล์ว	3. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 633 ลิตร	8,229
	ควบคุมสั่งเปิด	4. สารไตรเอทิลอะมีนจำนวน 27.78 ลิตร	1,666
		5. ระบบการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ถึง	83.6 x 10 ⁶
		ปฏิกรณ์, ถึงจัดเก็บน้ำยาวานิช	
รวม			83.7 x 10 ⁶
25	ระบบความดันลมสั่ง	1. สารฟีนอลจำนวน 2,358.50 ลิตร	141,510
	วาล์วควบคุม (CV11)	2. สารฟอร์มาลดีไฮด์จำนวน 2,297.80 ลิตร	25,275
	เปิดแต่ระบบความดันลม	3. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 633 ลิตร	8,229
	ล้มเหลวทำให้วาล์ว	4. สารไตรเอทิลอะมีนจำนวน 27.78 ลิตร	1,666
	ควบคุมสั่งปิด	5. ระบบการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ถึง	83.6 x 10 ⁶
		ปฏิกรณ์, ถึงจัดเก็บน้ำยาวานิช	
รวม			83.7 x 10 ⁶

ตารางผนวกที่ ๓ (ต่อ)

ลำดับ	เหตุการณ์	รายละเอียดความเสียหาย	มูลค่า(บาท)
26	ปั๊ม “P09” รั่ว	1. สารฟีนอลจำนวน 2,358.50 ลิตร 2. สารฟอร์มาลดีไฮด์จำนวน 2,297.80 ลิตร 3. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 633 ลิตร 4. สารไตรเอทิลอะมีนจำนวน 27.78 ลิตร 5. ระบบการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ถัง ปฏิกรณ์, ถังจัดเก็บน้ำยาวานิช	141,510 25,275 8,229 1,666 83.6 x 10 ⁶
รวม			83.7 x 10 ⁶
27	มีแหล่งก่อให้เกิดประกายไฟใกล้ถังน้ำยาวานิช	1. สารฟีนอลจำนวน 2,358.50 ลิตร 2. สารฟอร์มาลดีไฮด์จำนวน 2,297.80 ลิตร 3. สารเมทิลแอลกอฮอล์จำนวน 633 ลิตร 4. สารไตรเอทิลอะมีนจำนวน 27.78 ลิตร 5. ระบบการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ถัง ปฏิกรณ์, ถังจัดเก็บน้ำยาวานิช	141,510 25,275 8,229 1,666 83.6 x 10 ⁶
รวม			83.7 x 10 ⁶

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล

นายอารุณ เกตุสาคร

วัน เดือน ปี ที่เกิด

วันที่ 18 เมษายน 2525

สถานที่เกิด

อุทัยธานี

ประวัติการศึกษา

วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและ
ความปลอดภัย