

คำนำ

คู่มือการจัดการสารเคมีอันตรายสูง กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid) จัดทำขึ้นตามโครงการจัดทำคู่มือกำกับดูแลสถานประกอบการ (คู่มือด้านความปลอดภัยโรงงาน) : คู่มือเพื่อพัฒนาระบบการจัดการสารเคมีอันตรายสูงที่มีการใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมของปีงบประมาณ 2553 ซึ่งเป็นโครงการต่อเนื่องภายใต้แผนยุทธศาสตร์การจัดการสารเคมีแห่งชาติ ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2550-2554) โดยจัดทำการศึกษากำหนดเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกสารเคมีอันตรายสูงที่มีการผลิตและการนำเข้าไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม จากฐานข้อมูลความเป็นอันตรายของสารเคมีทั้งด้านกายภาพ สุขภาพและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งปริมาณการนำเข้า การกระจายตัวในการใช้สารเคมีอย่างหลากหลาย และการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งควรจะต้องได้รับการควบคุมและติดตามตลอดอายุการใช้งานและจัดทำเป็นคู่มือการจัดการสารเคมีอันตรายสูงแต่ละชนิด

คู่มือการจัดการสารเคมีอันตรายสูง กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid) เล่มนี้ ประกอบด้วยรายละเอียดของข้อมูล ดังนี้

- 1) ข้อมูลเบื้องต้นและตัวอย่างอุบัติเหตุจากกรดซัลฟิวริก
- 2) กระบวนการผลิตและอุตสาหกรรมที่มีการใช้กรดซัลฟิวริก
- 3) สมบัติของกรดซัลฟิวริก
- 4) มาตรฐานภาชนะบรรจุและการตรวจสอบ
- 5) การใช้งานและการจัดเก็บอย่างปลอดภัย
- 6) การขนย้าย การขนถ่าย และการขนส่ง
- 7) การระงับเหตุและการปฐมพยาบาล
- 8) อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัย
- 9) การจัดการของเสีย
- 10) การฝึกอบรมเพื่อการทำงานที่ปลอดภัย
- 11) การบริหารจัดการความปลอดภัยสารเคมีอันตรายสูง
- 12) กฎหมายที่เกี่ยวข้อง
- 13) แบบตรวจสอบโรงงานด้านความปลอดภัยการใช้สารเคมีอันตรายสูง กรดซัลฟิวริก

กรมโรงงานอุตสาหกรรมหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการโรงงานที่มีการผลิต การใช้ การขนส่ง และการจัดการของเสีย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติ ตลอดจนเพื่อประโยชน์ต่อหน่วยงานภาครัฐในการกำกับดูแลการใช้สารเคมีชนิดนี้ให้เกิดความปลอดภัยต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คู่มือการจัดการสารเคมีอันตรายสูง กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid) จัดทำขึ้นตามโครงการจัดทำคู่มือกำกับดูแลสถานประกอบการ (คู่มือด้านความปลอดภัยโรงงาน) : คู่มือเพื่อพัฒนาระบบการจัดการสารเคมีอันตรายสูงที่มีการใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมของปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 ที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมรับผิดชอบภายใต้แผนยุทธศาสตร์การจัดการสารเคมีแห่งชาติ ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2550-2554) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการจัดการสารเคมีอันตรายสูง ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การนำเข้า การใช้ การจัดเก็บ การขนส่ง และการจัดการของเสีย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานเพื่อความปลอดภัยในโรงงาน

การจัดทำคู่มือเล่มนี้ได้รับความร่วมมือจาก บริษัท ท่าไทย จำกัด บริษัท สหไฟศาล อินดัสทรี จำกัด บริษัท ผาแดง อินดัสทรี จำกัด (มหาชน) บริษัท พร้อมมิตรเคมี จำกัด บริษัท แพค เดลต้า จำกัด (มหาชน) และผู้เชี่ยวชาญที่ให้ข้อคิดเห็นในการจัดทำคู่มือ อำนวยความสะดวกในการให้เจ้าหน้าที่ฝึกปฏิบัติในการนำคู่มือไปใช้ตลอดจนให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ เพื่อให้คู่มือนี้มีความสมบูรณ์ครบถ้วน และเกิดประโยชน์สูงสุด กรมโรงงานอุตสาหกรรม จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

กรมโรงงานอุตสาหกรรม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือการจัดการสารเคมีอันตรายสูง กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid) จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการโรงงาน เจ้าหน้าที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมและผู้ที่เกี่ยวข้อง

กรมโรงงานอุตสาหกรรม

ตุลาคม 2553

คณะทำงาน

ที่ปรึกษา

อธิบดีกรมโรงงานอุตสาหกรรม
รองอธิบดีกรมโรงงานอุตสาหกรรม
ผู้อำนวยการสำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย

คณะกรรมการประสานและรับมอบงาน

นางเฮเลน อารมย์ดี	ประธานกรรมการ
นางสาวอิสราภรณ์ วิจิตรจรรยากุล	กรรมการ
นางสาวรัตนา รักษ์ตระกูล	กรรมการ
นายสุทัศน์ มังคละศิริ	กรรมการ
นางสาวปิยะพร เขียรเจริญ	กรรมการ
นางสาวกฤติยา เหมือนใจ	กรรมการและเลขานุการ

คณะผู้เชี่ยวชาญที่ให้ข้อคิดเห็นในการจัดทำคู่มือ

นายมหาบีร์ โกเดอร์	บริษัท ไทยอาซาฮีเคมีภัณฑ์ จำกัด
นายสมชาย วงษ์เพ็ง	บริษัท ผาแดง อินดัสทรี จำกัด (มหาชน)
นายชยวัศ ผาผ่อง	บริษัท แพค เดลต้า จำกัด (มหาชน)
นายสกล จินดาโชคศิริ	บริษัท สหไพศาล อินดัสทรี จำกัด
นายสิทธิชัย สาธุกิจกุล	บริษัท เอสพีพีเทอร์มินัลทรานสปอร์ต จำกัด
นางสาวพัชรินทร์ โมทนีชาติ	บริษัท พร้อมมิตรเคมี จำกัด
นายโรจน์ทรัพย์ หมดวานิช	บริษัท สยามฟลูอิดา จำกัด
นางศิวพร แก้วกระจ่าง	ผู้เชี่ยวชาญอิสระ
นายเอกบุตร อุตมพงศ์	กรมโรงงานอุตสาหกรรม
นายธัญญะ บรรเลงจิต	กรมโรงงานอุตสาหกรรม

คณะผู้จัดทำ : บริษัท เอ็ม ซี ซิลลาบัส จำกัด

นายมงคล พันธุ์โกมล	นายกฤตพัฒน์ จุ้ยเตย
นางสาวปณตพร บุญเปี่ยมศักดิ์	

สารบัญ

	หน้า
กรดซัลฟิวริก (Sulfuric Acid)	1
ตัวอย่างการเกิดอุบัติเหตุ	2
กรณีศึกษา 1 เหตุระเบิดจากการซ่อมรอยรั่วของแท็งก์สำหรับขนส่งกรดซัลฟิวริก	2
กรณีศึกษา 2 ถังเก็บกรดซัลฟิวริก ขนาด 3,000 ตัน แตก เนื่องจากการกัดกร่อน	4
กรณีศึกษา 3 ถังเก็บกรดซัลฟิวริกระเบิดจากการซ่อมทางเดินบนถังเก็บ	7
บทที่ 1 กระบวนการผลิตและอุตสาหกรรมที่มีการใช้กรดซัลฟิวริก	9
1.1 กระบวนการผลิตกรดซัลฟิวริก	9
1.2 อุตสาหกรรมที่มีการใช้กรดซัลฟิวริก	15
บทที่ 2 สมบัติของกรดซัลฟิวริก	25
2.1 สมบัติทางกายภาพ (Physical properties)	25
2.2 สมบัติทางเคมี (Chemical properties)	26
2.3 อันตรายของกรดซัลฟิวริก	27
2.4 การจำแนกความเป็นอันตราย ฉลาก และข้อมูลความปลอดภัยสารเคมี ตามระบบ GHS	28
บทที่ 3 มาตรฐานภาชนะบรรจุและการตรวจสอบ	41
3.1 ถังเก็บ	41
3.2 บรรจุภัณฑ์	50
3.3 แท็งก์ที่ยึดติดกับตัวรถหรือแท็งก์ติดตึง	54
บทที่ 4 การใช้งานและการจัดเก็บอย่างความปลอดภัย	59
4.1 การใช้งานและการจัดเก็บอย่างปลอดภัยสำหรับถังเก็บ	59
4.2 การใช้งานและการจัดเก็บอย่างปลอดภัยสำหรับบรรจุภัณฑ์	64
4.3 การใช้งานอย่างปลอดภัยสำหรับแท็งก์ติดตึง	65
บทที่ 5 การขนถ่าย ขนถ่ายและการขนส่ง	67
5.1 การขนถ่าย	67
5.2 การขนถ่าย	68
5.3 การขนส่ง	80

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 6 การระงับเหตุและการปฐมพยาบาล	85
6.1 การระงับเหตุฉุกเฉิน	85
6.2 การปฐมพยาบาล	94
บทที่ 7 อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัย	95
7.1 อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลกรณีปกติ	95
7.2 อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน	98
7.3 การเตรียมอุปกรณ์ระงับเหตุเบื้องต้น	100
7.4 อุปกรณ์ความปลอดภัยในสถานที่ทำงาน	101
บทที่ 8 การจัดการของเสีย	105
8.1 ของเสียจากกระบวนการผลิตกรดซัลฟิวริก	105
8.2 ของเสียจากภาชนะบรรจุที่ปนเปื้อนกรดซัลฟิวริก	107
8.3 กรดซัลฟิวริกที่เป็นของเสีย	107
บทที่ 9 การฝึกอบรมเพื่อการทำงานที่ปลอดภัย	115
9.1 หลักสูตรการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยทั่วไป	115
9.2 หลักสูตรการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยสำหรับการผลิต	116
9.3 หลักสูตรการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยสำหรับการใช้งาน	116
9.4 หลักสูตรการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยสำหรับการขนส่ง	117
บทที่ 10 การบริหารจัดการความปลอดภัยสารเคมีอันตรายสูง	119
10.1 การใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมและได้มาตรฐาน	119
10.2 การสร้างความตระหนัก	119
10.3 การตรวจสอบด้านความปลอดภัยของสารเคมีอันตรายสูง	120
10.4 การประเมินความเสี่ยงจากการใช้และการปฏิบัติงานกับสารเคมีอันตรายสูง	120
10.5 การจัดการเกี่ยวกับการระงับเหตุฉุกเฉิน	124
บทที่ 11 กฎหมายที่เกี่ยวข้อง	125
บทที่ 12 แบบตรวจสอบโรงงานด้านความปลอดภัยการใช้สารเคมีอันตรายสูง	129
กรดซัลฟิวริก	

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
อักษรย่อและคำอธิบาย	137
เอกสารอ้างอิง	142
เว็บไซต์	144
ภาคผนวก ก ตารางการจัดเก็บสารเคมี	145
ภาคผนวก ข สมบัติของกรดซัลฟิวริก	148
ภาคผนวก ค การพิจารณาหาจุดวัดความหนาของถังเก็บกรดซัลฟิวริก	150
ภาคผนวก ง แนวทางการเลือกวัสดุที่เหมาะสมเพื่อใช้งานกับกรดซัลฟิวริก	154
ภาคผนวก จ แสดงรูปแบบของปูนขาว (Type of lime)	156
ภาคผนวก ฉ แสดงผลของค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่อการตกตะกอนของโลหะต่าง ๆ	157
ภาคผนวก ช แสดง Neutralization characteristics of different alkalis	158
ภาคผนวก ซ ระดับการป้องกันของชุดปฏิบัติงานสารเคมี	159

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	สมบัติทางกายภาพของกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้นเท่ากับ 98% โดยน้ำหนัก	25
3-1	อัตราการไหลของอากาศที่เข้าและออกจากถังเก็บ เนื่องจากผลของการเปลี่ยนแปลงความร้อนที่เกิดจากการเติมกรดเข้าหรือขนถ่ายกรดออกจากถังเก็บ	45
3-2	ตัวอย่างการคำนวณขนาดช่องระบายอากาศของถังเก็บกรดซัลฟิวริก	45
3-3	ข้อกำหนดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุกรดซัลฟิวริก	51
3-4	ความหมายของเครื่องหมายสหประชาชาติของบรรจุภัณฑ์ชนิดถังหลายเหลี่ยม	52
3-5	ความหมายของเครื่องหมายสหประชาชาติและสัญลักษณ์ที่ติดกับบรรจุภัณฑ์ชนิด IBCs	53
3-6	รหัสแท่งกึ่งและรหัสความเป็นอันตรายในการขนส่งกรดซัลฟิวริก	55
3-7	ความหมายของรหัสแท่งกึ่งที่ใช้บรรจุกรดซัลฟิวริก	55
3-8	ส่วนประกอบสำคัญสำหรับรถขนส่งกรดซัลฟิวริก	56
4-1	ความหนาต่ำสุดที่ยอมให้สำหรับแท่งกึ่งติดตั้งสามารถใช้งานได้	66
5-1	เปรียบเทียบลักษณะการเลือกใช้ท่อเหล็กหล่อ/เหล็กเหนียว และอัลลอยด์ในการขนถ่ายกรดซัลฟิวริก	69
5-2	ตัวอย่างการเลือกใช้วัสดุทำท่อขนถ่ายกรดซัลฟิวริกที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และอุณหภูมิสูงสุดที่ยอมให้ใช้งานได้	70
6-1	แสดงหมายเลขในการระบุเหตุฉุกเฉิน (ERG) ของกรดซัลฟิวริก	86
6-2	แนวทางการระบุเหตุฉุกเฉินกรดซัลฟิวริกตาม Guide no. 137 (UN 1830)	87
6-3	แนวทางการระบุเหตุฉุกเฉินกรดซัลฟิวริกตาม Guide no. 157 (UN 2796)	89
7-1	วัสดุที่ใช้ทำชุดป้องกันกรดซัลฟิวริกที่เหมาะสม	96
7-2	อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลที่ใช้งานทั่วไปสำหรับกรดซัลฟิวริก	97
7-3	ข้อแนะนำในการเลือกใช้อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจชนิดดูดซับก๊าซและไอระเหยของกรดซัลฟิวริก	99
7-4	ตัวอย่างวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ เพื่อระบุเหตุเบื้องต้น	100
7-5	ตัวอย่างอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยในสถานที่ทำงาน	101
8-1	การจัดการของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตกรดซัลฟิวริก	106
8-2	การจัดการของเสียจากภาชนะที่ปนเปื้อนกรดซัลฟิวริก	107
8-3	การเลือกใช้ต่างเพื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่างในการบำบัดกรดซัลฟิวริก	109
10-1	การจัดระดับโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ	121
10-2	การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อบุคคล	121
10-3	การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อชุมชน	121

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
10-4	การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	122
10-5	การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อทรัพย์สิน	122
10-6	การจัดระดับความเสี่ยงอันตราย	122

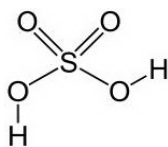
สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1-1	กระบวนการผลิตกรดซัลฟิวริกจากการเผากำมะถัน การแยกโลหะจากแร่ และการฟื้นฟูสภาพกรดซัลฟิวริกที่ใช้งานแล้ว	9
1-2	ความสัมพันธ์ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับอุณหภูมิในเตาเผา	10
1-3	ค่าอุณหภูมิก๊าซเข้า-ออกชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาและอุณหภูมิที่สมดุลของการเปลี่ยนรูปก๊าซ	12
1-4	ตัวอย่างรูปแบบตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในกระบวนการผลิตกรดซัลฟิวริก	13
1-5	สัดส่วนการใช้กรดซัลฟิวริกในอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ ของประเทศไทย	15
1-6	อุตสาหกรรมต่อเนื่องและการใช้ประโยชน์จากกรดซัลฟิวริก	16
1-7	ตัวอย่างกระบวนการผลิตคาโปแลคตัม	17
1-8	ตัวอย่างกระบวนการผลิตเส้นใยวิสโคสเรยอน	18
1-9	ตัวอย่างกระบวนการผลิตสารส้มจากอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์	19
1-10	ตัวอย่างกระบวนการผลิตผงชูรสจากแป้งมันสำปะหลัง	21
1-11	ตัวอย่างกระบวนการผลิตกรดแลคติก	22
1-12	ตัวอย่างกระบวนการผลิตกรดซิตริก	23
2-1	กราฟแสดงค่าความถ่วงจำเพาะของกรดซัลฟิวริกที่แปรผันตามความเข้มข้นที่อุณหภูมิคงที่ 15.6 °C	26
2-2	การสลายตัวของกรดซัลฟิวริก ณ ที่อุณหภูมิและที่ปริมาณออกซิเจนค่าต่าง ๆ	27
3-1	ตัวอย่างถังเก็บกรดซัลฟิวริก	42
3-2	รูปแบบท่อเติมกรดซัลฟิวริกเข้าถังเก็บในกรณีที่ท่อเติมห่างจากผนังน้อยกว่า 2.44 เมตร และปลายท่อเติมห่างจากพื้นถังน้อยกว่า 0.914 เมตร	43
3-3	รายละเอียดของอุปกรณ์ดักความชื้นก่อนเข้าถังเก็บกรดซัลฟิวริก	46
3-4	อุปกรณ์ดักความชื้นและท่อหายใจของถังเก็บกรดซัลฟิวริกแบบที่ 1 และ 2 ตามลำดับ	47
3-5	ฐานรากแบบแผ่นคอนกรีตเสริมเหล็ก	47
3-6	ฐานรากแบบคานรับน้ำหนักชนิดเหล็กตัวไอและค้ำยันด้วยคอนกรีต	48
3-7	ฐานรากแบบผนังวงแหวนคอนกรีต	48
3-8	เครื่องมือวัดความหนาด้วยคลื่นเสียงชนิดอัลตราโซนิก	49
3-9	เครื่องหมายแสดงเดือน ปี และกะที่ผลิตบรรจุภัณฑ์ชนิดถังทรงหลายเหลี่ยม	51
3-10	เครื่องหมายสหประชาชาติของบรรจุภัณฑ์ชนิดถังทรงหลายเหลี่ยมที่ใช้บรรจุกรดซัลฟิวริก	52
3-11	บรรจุภัณฑ์ชนิด IBCs ที่ใช้บรรจุกรดซัลฟิวริก	53
3-12	รถขนส่งกรดซัลฟิวริกชนิดแท็งก์ที่ยึดติดกับตัวรถหรือแท็งก์ติดตึ๊ง ตามรหัส L4BN	55

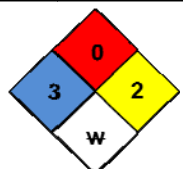
สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4-1	ถังเก็บ แห้งเก็บฟาร์ม และพื้นที่กักเก็บกรดซัลฟิวริก	59
4-2	ตัวอย่างเชือกกันเพื่อใช้กักเก็บกรดซัลฟิวริกที่อาจรั่วไหลจากถังเก็บ	60
4-3	ตัวอย่างเครื่องสูบลดติดตั้งภายในเชือกกันที่ใช้ขนถ่ายกรดซัลฟิวริกจากถังเก็บไปยัง แท้งค์ติดตั้ง	62
4-4	วาล์วที่ติดตั้งกับถังเก็บกรดซัลฟิวริก	62
5-1	การขนถ่ายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 98.5% โดยน้ำหนัก ทางท่อเหล็กหล่อเข้าถังเก็บ ที่อุณหภูมิ 45-50 °C	69
5-2	ความเร็ว (เมตรต่อวินาที) สูงสุดที่ยอมให้มีการขนถ่ายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 93% และ 98.5% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ทางท่อที่ทำจากวัสดุต่างชนิด	71
5-3	ปะเก็นเทฟลอนที่ใช้ระหว่างหน้าแปลนท่อในการขนถ่ายกรดซัลฟิวริก	72
5-4	อุปกรณ์ปิดคลุมหน้าแปลนและการติดตั้ง	72
5-5	การบ่งชี้ท่อที่ใช้ขนถ่ายกรดซัลฟิวริก	73
5-6	เครื่องสูบลดกรดซัลฟิวริกแบบหนีศูนย์กลางชนิดติดตั้งแนวนอนและชนิดจุ่ม	74
5-7	ลักษณะของเกทวาล์ว โกลบวาล์ว และบอลวาล์วตามลำดับ ที่ใช้กับกรดซัลฟิวริก	74
5-8	ส่วนประกอบและวัสดุของเกทวาล์วที่ใช้ขนถ่ายกรดซัลฟิวริก	75
5-9	เครื่องวัดอัตราการไหลกรดซัลฟิวริกแบบต่าง ๆ	75
5-10	สถานีขนถ่ายกรดซัลฟิวริกจากถังเก็บลงสู่แท้งค์ติดตั้ง	76
5-11	การขนถ่ายกรดซัลฟิวริกจากถังเก็บลงสู่แท้งค์ติดตั้ง	77
5-12	การขนถ่ายกรดซัลฟิวริกจากแท้งค์ติดตั้งโดยใช้แรงดันอากาศ	79
5-13	สัญลักษณ์แสดงความเป็นอันตรายกรดซัลฟิวริกและตำแหน่งติดตั้งที่แท้งค์ที่ยึดติดกับตัวรถ	81
5-14	ตัวอย่างแผ่นเครื่องหมายสีส้มแสดงรหัสความเป็นอันตรายและหมายเลขสหประชาชาติ ของกรดซัลฟิวริกความเข้มข้นมากกว่า 51% และความเข้มข้นไม่มากกว่า 51% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ	81
5-15	ตำแหน่งการติดตั้งแผ่นเครื่องหมายสีส้มที่ด้านหน้าตัวรถ ด้านหลัง และด้านข้างทั้งสองด้าน ของแท้งค์ที่ยึดติดกับตัวรถขนส่งกรดซัลฟิวริกความเข้มข้นมากกว่า 51% โดยน้ำหนัก	82
6-1	แสดงสัญลักษณ์กรดซัลฟิวริกในระบบ NFPA 704	86
7-1	มาตรฐานและรายละเอียดติดตั้งฝักบัวฉุกเฉินและที่ล้างตาฉุกเฉิน	103
8-1	ถังปรับสภาพให้เป็นกลาง (Neutralization tank)	110
8-2	ระบบบำบัดกรดเจือจางแบบ Conventional effluent treatment system	111
8-3	การทำให้กรดซัลฟิวริกเจือจางเป็นกรดเข้มข้นแบบ Pot concentration	112

กรดซัลฟิวริก (Sulfuric Acid)

สูตรเคมี	สูตรโครงสร้าง		
H ₂ SO ₄			
ชื่อเรียกอื่น			
กรดกำมะถัน, Dihydrogen sulfate, Dithionic acid, Brown oil, Oil of vitriol, Vitriol brown Oil, Dipping acid, Vitriolic acid, Spirit of alum, Battery fluid acid			
UN Number		ER Guide	พิกัดอัตราศุลกากร
1830 (เมื่อความเข้มข้นมากกว่า 51 % โดยน้ำหนัก)		137	2807.0000.102 (เมื่อความเข้มข้นมากกว่า 50 % โดยน้ำหนัก)
2796 (เมื่อความเข้มข้นไม่มากกว่า 51 % โดยน้ำหนัก)		157	2807.0000.101 (เมื่อความเข้มข้นไม่มากกว่า 50 % โดยน้ำหนัก)
CAS Number 7664-93-9		UN Class 8	
EC Number (EINECS) 231-639-5		Hazchem Code 2R หรือ 2P	
วัตถุอันตราย : ชนิดที่ 3 (เฉพาะที่ความเข้มข้นมากกว่า 50% โดยน้ำหนัก) ตาม พ.ร.บ. วัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 การผลิต การนำเข้า การส่งออก หรือการมีไว้ในครอบครองต้องได้รับใบอนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม แต่ได้รับยกเว้นไม่ต้องขึ้นทะเบียน			

สัญลักษณ์และการชี้บ่งความเป็นอันตราย

ตามข้อกำหนด GHS	รหัสแสดงความเสี่ยง (Risk Phrases)
 อันตราย	R35 เกิดแผลไหม้รุนแรงได้
ตามข้อกำหนด NFPA 704	รหัสแสดงความปลอดภัย (Safety Phrases)
	S1/2 เก็บในสถานที่ปิดสนิท และพ้นจากเด็ก S26 กรณีที่สารเข้าตา ให้ล้างออกทันทีด้วยน้ำปริมาณมาก ๆ และไปพบแพทย์ S30 ห้ามเติมน้ำลงในสารนี้ S45 กรณีเกิดอุบัติเหตุ หรือรู้สึกไม่สบาย ให้พบแพทย์ทันที (นำฉลากของสารไปด้วย)
ตามข้อกำหนด UNTDG	
	

ตัวอย่างการเกิดอุบัติเหตุ

กรดซัลฟิวริกเป็นสารเคมีที่มีประโยชน์ แต่ถ้ายกการผลิต การใช้ การขนส่ง และการจัดเก็บอย่างไม่ถูกต้อง อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิต ทรัพย์สินและสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรง ดังตัวอย่างอุบัติเหตุต่อไปนี้

กรณีศึกษา 1 เหตุระเบิดจากการซ่อมรอยรั่วของแท็งก์ สำหรับขนส่งกรดซัลฟิวริก

วันที่เกิดเหตุ : ปี พ.ศ. 2543

สถานที่เกิดเหตุ : โรงงานผลิตกรดซัลฟิวริก จังหวัดสมุทรสาคร

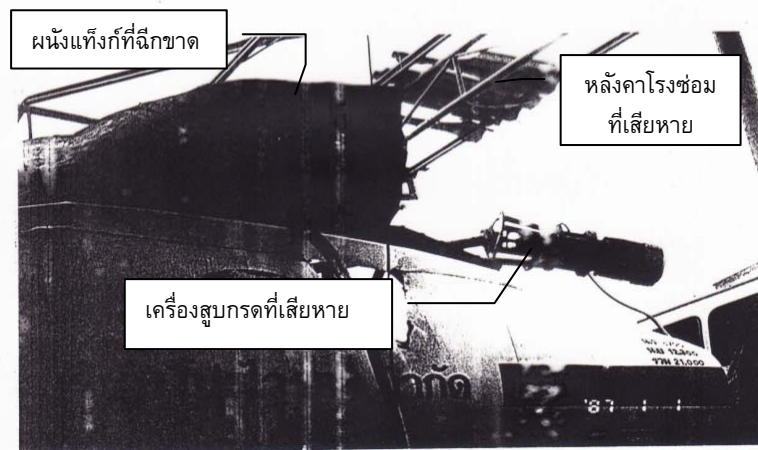
รายงานการเกิดอุบัติเหตุ

ตรวจพบ รอยรั่วด้านบนของแท็งก์รถขนส่งกรดซัลฟิวริกและนำเข้าไปซ่อม โดยจอดรถรอซ่อมประมาณ 1 วัน ซึ่งก่อนวันที่ตรวจพบรอยรั่ว มีฝนตกหนักทำให้มีน้ำเข้าไปในแท็งก์ที่มีกรดซัลฟิวริกเหลืออยู่หลังจากไปส่งลูกค้าแล้ว

ก่อนซ่อมรอยรั่ว ได้เปิดฝาช่องทางเข้า (Manhole) ด้านบน ทั้งด้านหัวและท้ายของแท็งก์ เพื่อระบายอากาศที่มีก๊าซไฮโดรเจนซึ่งเป็นก๊าซไวไฟที่เกิดขึ้นจากการกักตุนผนังของแท็งก์ที่ทำด้วยเหล็กกล้า ประมาณ 2-3 ชั่วโมง โดยใช้วิธีระบายตามธรรมชาติที่ไม่ได้ใช้พัดลมเป่าหรือดูดออก ก๊าซไฮโดรเจนมีสมบัติที่เบากว่าอากาศ (ความหนาแน่นไอสัมพัทธ์ของก๊าซไฮโดรเจน = 0.07 อากาศ = 1) สามารถลอยตัวออกจากแท็งก์ได้ง่าย เมื่อระบายตามระยะเวลาที่กำหนด ก็เริ่มเชื่อมซ่อมรอยรั่ว เมื่อมีประกายไฟแท็งก์ก็ระเบิดทันที

ผลจากการเกิดอุบัติเหตุ

แรงระเบิดทำให้พนักงานซ่อมบำรุง 1 คนที่กำลังเชื่อมรอยรั่วอยู่บนหลังแท็งก์ กระเด็นทะลุผ่านหลังคาโรงซ่อมบำรุงที่สูงประมาณ 3 เมตรจากพื้น และตกลงกระแทกกับพื้น ซึ่งมีระยะห่างจากแท็งก์ที่ซ่อมประมาณ 20 เมตร ได้รับบาดเจ็บสาหัส และไปเสียชีวิตที่โรงพยาบาล ส่วนช่างซ่อมบำรุงอีก 2 คนได้รับบาดเจ็บ หูอื้อชั่วคราวและช้ำภายในเล็กน้อย โดยแพทย์ปฐมพยาบาลและให้กลับได้ ส่วนทรัพย์สินอื่น ๆ ที่เสียหาย คือ แรงระเบิดทำให้ผนังด้านบนแท็งก์ฉีกขาด และเครื่องสูบลม (Acid pump) ที่ติดกับตัวแท็งก์ชำรุดเสียหาย ไม่สามารถนำกลับมาใช้งานได้ หลังคากระเบื้องโรงซ่อมบำรุงแตกและเสียหายขนาดความกว้าง 5 เมตร และยาว 5 เมตร แสดงดังรูปที่ 1

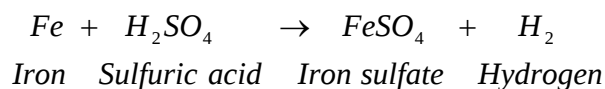


รูปที่ 1 ความเสียหายจากการระเบิดต่อตัวรถ แท็งก์และอาคาร

ข้อมูลจากการสืบค้นหาสาเหตุ

1. การกัดกร่อน ทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนซึ่งเป็นก๊าซไวไฟ

กรดซัลฟิวริกกัดกร่อนแท็งก์ที่ทำด้วยเหล็กกล้า (Carbon Steel) ที่มีธาตุเหล็ก (Fe) เป็นองค์ประกอบ เกิดเป็นเหล็กซัลเฟต (FeSO_4) และ ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ซึ่งเป็นก๊าซไวไฟ ปฏิกริยาดังสมการ



2. มีตัวเร่งให้เกิดการกัดกร่อนและเกิดก๊าซไฮโดรเจนในปริมาณมาก

มีน้ำฝนเข้าไปตามรอยร้าวของแท็งก์ที่มีกรดซัลฟิวริกเข้มข้นอยู่ในแท็งก์ ทำให้กรดเจือจางและเกิดความร้อน (Heat of dilution) ทำให้การกัดกร่อนรุนแรงและเกิดก๊าซไฮโดรเจนในปริมาณที่มากกว่าปกติ

3. มีการสะสมของไฮโดรเจนในแท็งก์

ในวันเกิดเหตุเป็นวันที่ฝนตกตลอดทั้งวัน ท้องฟ้าปิดและเต็มไปด้วยเมฆ ลมหยุดนิ่ง มีลมพัดเพียงเล็กน้อยในบางช่วงเวลา ทำให้การระบายก๊าซไฮโดรเจนออกจากแท็งก์โดยวิธีทางธรรมชาติทำได้ไม่ดี ส่งผลให้ก๊าซไฮโดรเจนสะสมในแท็งก์จนมีค่าเกินขีดจำกัดล่างการระเบิด (Lower explosion limit, LEL) ของก๊าซไฮโดรเจนซึ่งมีค่าเท่ากับ 4% โดยปริมาตร และเมื่อมีประกายไฟจากการซ่อมแซมเกิดขึ้นจึงเกิดระเบิดทันที

มาตรการป้องกัน

ต้องเปลี่ยนระบบการระบายอากาศภายในแท็งก์โดยวิธีทางธรรมชาติ มาเป็นแบบใช้พัดลมดูดหรือเป่าลมไล่ก๊าซไฮโดรเจนออกจากแท็งก์ เพื่อให้แน่ใจว่ามีการระบายก๊าซไฮโดรเจนออกอย่างเพียงพอ และต้องวัดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนเป็นระยะ ๆ เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีก๊าซไฮโดรเจนอยู่ภายในแท็งก์ โดยตัวอย่างเครื่องมือวัด ดังรูปที่ 2 การระบายก๊าซไฮโดรเจนออกจากแท็งก์ ควรใช้วิธีการเป่าลมเข้ามากกว่าดูดลมออก แต่ถ้าใช้วิธีดูดออกควรใช้พัดลมชนิดทนการระเบิด (Explosion proof) กรณีที่ไม่มี

เครื่องวัดก๊าซไฮโดรเจน ต้องล้างแท่งก็ให้สะอาดด้วยน้ำปริมาณมาก ๆ และทำให้แห้งก่อนซ่อมรอยรั่วของแท่งก็



รูปที่ 2 เครื่องมือวัดปริมาณก๊าซไฮโดรเจน

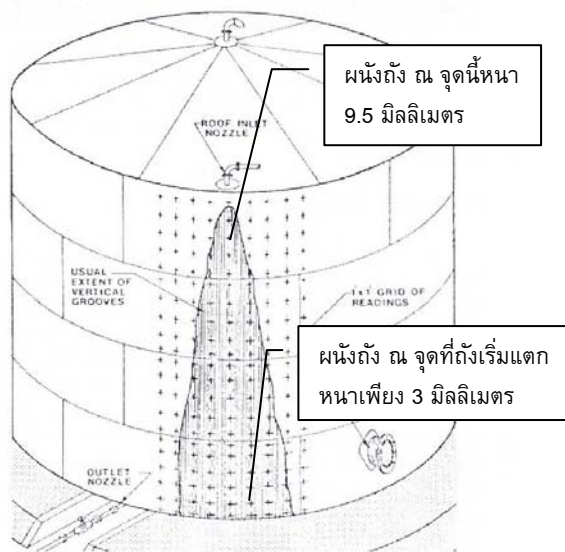
กรณีศึกษา 2 ถังเก็บกรดซัลฟิวริกขนาด 3,000 ตันแตก เนื่องจากการกีดกร่อน

วันที่เกิดเหตุ : วันที่ 16 มิถุนายน พ.ศ. 2518

สถานที่เกิดเหตุ : International Minerals and Chemicals Port Maitland Plant เมือง Dunnville มลรัฐ Ontario ประเทศแคนาดา

รายงานการเกิดอุบัติเหตุ

ถังเก็บกรดซัลฟิวริกขนาด 3,000 ตัน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.55 เมตร สูง 7.92 เมตร ผนังของถังเก็บทำด้วยแผ่นเหล็กกล้าตามมาตรฐาน ASTM เกรด C มีอายุการใช้งาน 14 ปี ความหนาของผนังส่วนล่างเมื่อเริ่มใช้งานเท่ากับ 12.7 มิลลิเมตร ผนังส่วนบนเท่ากับ 9.5 มิลลิเมตรและหลังคาถังเท่ากับ 12.7 มิลลิเมตร) แตกและแยกจากพื้นถัง ทำให้กรดซัลฟิวริกที่บรรจุในถังไหลทะลักออกจากถังเก็บทั้งหมด โดยถังเริ่มแตกที่แผ่นเหล็กของผนังที่ต่อกับพื้นถัง ไปตามแนวตั้งกับผนัง และตามแนวเดียวกับท่อเติมกรดเข้าถังเก็บ (Roof inlet nozzle) โดยตำแหน่งที่แผ่นเหล็กเริ่มแตก มีความหนาของผนังเหลือเพียง 3 มิลลิเมตร (จากเดิม 12.7 มิลลิเมตร) ซึ่งบางมาก ส่วนความหนาของผนังถังตามรอยแตกในแนวตั้งบริเวณรอยต่อระหว่างผนังกับหลังคามีความหนาเท่ากับ 9.5 มิลลิเมตร (ความหนาของถังบริเวณรอยแตกจากด้านล่างไปด้านบนมีความหนาระหว่าง 3-9.5 มิลลิเมตร) แสดงลักษณะการกีดกร่อนของกรดซัลฟิวริกในถังเก็บในที่เกิดเหตุ ดังรูปที่ 3



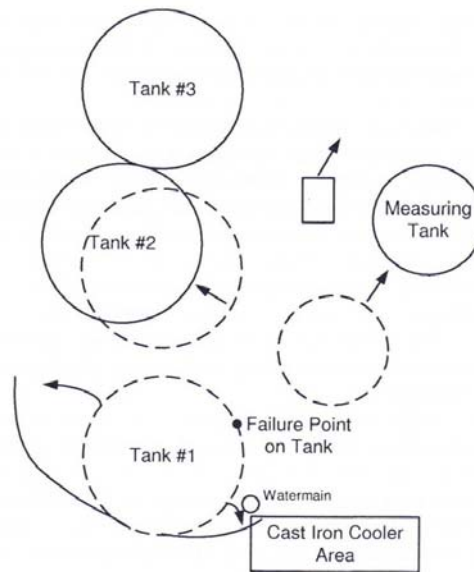
รูปที่ 3 ลักษณะการกัดกร่อนของกรดซัลฟิวริกในถังเก็บที่เกิดเหตุ¹

ผลจากการเกิดอุบัติเหตุ

กรดซัลฟิวริกจำนวน 2,590 ตัน ที่บรรจุในถังเก็บหมายเลขที่ 1 ไหลทะลักออกจากถังเก็บทั้งหมด และไปชนกระแทกถังเปล่าหมายเลข 2 และถังตวง (Measuring tank) ทำให้ถังทั้งสองเคลื่อนออกจากฐาน และถังหมายเลข 2 ชนกระแทกกับถังเปล่าหมายเลขที่ 3 รวมทั้งชนกระแทกกับผนังคอนกรีตที่เป็นเขื่อนกันพังเสียหาย และพัดพาเอาซากปรักหักพังต่าง ๆ ไปไกลกว่า 45.7 เมตร ส่วนถังที่แตกก็ล้มทับท่อน้ำหล่อเย็นที่ทำด้วยเหล็กหล่อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 304.8 มิลลิเมตร แตกหักเสียหายเกือบทั้งหมด แผนผังแสดงตำแหน่งและการเคลื่อนตัวของถัง แสดงดังรูปที่ 4

ผลของเหตุการณ์ดังกล่าวทำให้โรงงานหยุดงาน 5 สัปดาห์ เพื่อทำความสะอาดและติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ส่วนถังใบที่ 1 และ 2 ไม่สามารถนำกลับมาซ่อมหรือใช้งานได้ ส่วนถังใบที่ 3 นำกลับมาซ่อมและใช้งานได้ตามเดิม

¹ www.sulphuric-acid.com

รูปที่ 4 แผนผังแสดงตำแหน่งและการเคลื่อนตัวของถัง¹

ข้อมูลจากการสืบค้นหาสาเหตุ

สาเหตุเกิดจากการติดตั้งท่อเติมกรดเข้าถึงเก็บอยู่ห่างจากผนังเพียง 1 ฟุต ซึ่งน้อยเกินไป ทำให้กรดที่เติมเข้าถึง ไหลไปที่ผนังและทำลายฟิล์มของซัลเฟตที่ใช้เป็นเกราะป้องกันการกัดกร่อนหลุดออกจากผนัง ส่งผลให้ผนังในส่วนนี้ถูกกัดกร่อนเร็วกว่าผนังในส่วนอื่น ๆ โดยมีการกัดกร่อนเป็นรูปตัว V และหลังจากเกิดเหตุ มีการตรวจสอบถึงหมายเลข 2 และ 3 พบว่า รูปแบบการกัดกร่อนเหมือนกับถังหมายเลข 1 ที่เกิดเหตุ

มาตรการป้องกัน

- 1) ให้ตรวจสอบความหนาของถังอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง
- 2) ท่อเติมกรดเข้าถึงเก็บ ต้องอยู่ในตำแหน่งใกล้ศูนย์กลางของหลังคาถังเท่าที่เป็นไปได้ เพื่อลดการกัดกร่อนผนัง ตำแหน่งที่ติดตั้งควรอยู่ห่างผนังอย่างน้อย 2.44 เมตร และยื่นลงไปในถังอย่างน้อย 150 มิลลิเมตร เพื่อไม่ให้กรดไหลไปตามผนังและหลังคาถัง ถ้าไม่สามารถติดตั้งในระยะที่กำหนดข้างต้น จะต้องใช้แบบท่อจุ่ม (Dip pipe) โดยระยะติดตั้งควรห่างจากผนังอย่างน้อย 1.8 เมตร และมีระยะห่างของท่อกับพื้นถังในระยะประมาณ 0.914 เมตร รวมทั้งติดตั้งแผ่นป้องกันการปะทะ (Protective impingement plate) ที่พื้นถัง ในบริเวณที่มีการปล่อยกรดออกจากท่อเติม เพื่อป้องกันการกัดกร่อนพื้นถังจากการปะทะของกรดที่เติมเข้าถึง และท่อจุ่มจะต้องออกแบบให้มีการป้องกันการเกิดกาลักน้ำ (Syphon break) หรือใช้ท่อจุ่มที่ปลายท่อปิดและเจาะรูด้านข้างท่อในทิศทางที่กรดไหลเข้ากลางถังเก็บ (ภาพแสดงดังรูปที่ 3-2 ในบทที่ 3)

¹ www.sulphuric-acid.com

กรณีศึกษา 3 ถังเก็บกรดซัลฟิวริกระเบิด จากการซ่อมทางเดินบนถังเก็บ

วันที่เกิดเหตุ : วันที่ 17 กรกฎาคม พ.ศ. 2540

สถานที่เกิดเหตุ : โรงกลั่นน้ำมัน เมือง Motiva มลรัฐ Delaware ประเทศสหรัฐอเมริกา

รายงานการเกิดอุบัติเหตุ

ถังเก็บกรดซัลฟิวริกที่ใช้งานแล้ว (Spent sulfuric acid) เกิดระเบิดเมื่อมีประกายไฟจากการซ่อมทางเดินบนถังเก็บ ทำให้ไอระเหยไวไฟที่อยู่ในถังเก็บกรดซัลฟิวริกที่ใช้งานแล้วติดไฟและระเบิด มีผลทำให้ตัวถังแตกและแยกจากพื้นถัง และทำให้กรดซัลฟิวริกที่ใช้งานแล้วรั่วไหลไปยังพื้นที่โดยรอบและทำให้ถังข้างเคียงเสียหาย แสดงดังรูปที่ 5

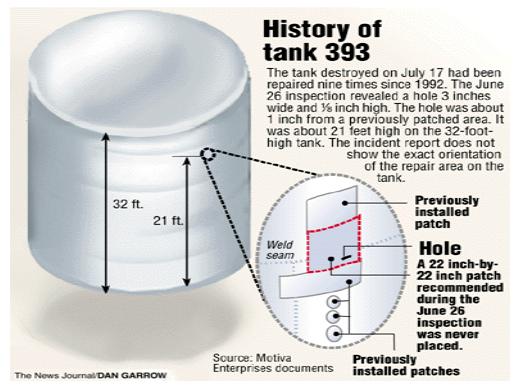


รูปที่ 5 ความเสียหายจากการระเบิด¹

ถังที่เกิดเหตุเป็นถังหมายเลข 393 ตั้งอยู่ในเขื่อนกันเดียวกันกับถังอื่น ๆ รวมทั้งหมด 6 ใบ สร้างขึ้นในปี พ.ศ. 2522 มีขนาดความจุปริมาตรโบละ 1,571 m³ ทำด้วยเหล็กกล้า (Carbon steel) ออกแบบเพื่อบรรจุกรดซัลฟิวริก แต่ภายหลังเปลี่ยนมาบรรจุกรดซัลฟิวริกที่ใช้งานแล้ว และติดตั้งระบบก๊าซเฉื่อยเพิ่มเติม (ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) เพื่อป้องกันสารไวไฟไม่ให้ระเหยออกจากถังเก็บและป้องกันประกายไฟจากภายนอก (Flame arrestor)

ก่อนเกิดเหตุถังได้ผ่านการซ่อมมาทั้งหมด 9 ครั้ง และผู้ตรวจสอบได้พบผนังถังมีรอยร้าวขนาดความกว้าง 7.62 เซนติเมตร สูง 0.32 เซนติเมตร ห่างจากรอยปะเดิมประมาณ 2.54 เซนติเมตร ซึ่งรอยปะเดิมจะอยู่ที่ระดับความสูง 6.40 เมตรจากพื้นถัง (ความสูงของถัง 9.75 เมตร) แสดงดังรูปที่ 6 โดยผู้ตรวจสอบได้แนะนำให้ใช้แผ่นเหล็กขนาด 55.88 x 55.88 เมตร ซ่อมเชื่อมปิดรอยร้าวและให้มีการตรวจสอบภายในอย่างละเอียด แต่ไม่มีการดำเนินการแต่อย่างใด

¹ www.sulphuric-acid.com

รูปที่ 6 แสดงตำแหน่งรอยรั่วถังเก็บ¹

ผลจากการเกิดอุบัติเหตุ

มีผู้บาดเจ็บ 8 คน เข้ารักษาตัวที่โรงพยาบาลจากอาการบาดเจ็บทั่วไปและระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ โดยมี 2 คน ต้องพักรักษาตัวที่โรงพยาบาล ส่วนคนอื่น ๆ ให้กลับบ้านได้

ถังเก็บเสียหายจากการระเบิด ทำให้รอยต่อระหว่างตัวถังและพื้นถังแยกออกจากกัน และไม่สามารถซ่อมให้กลับมาใช้งานได้อีก

ข้อมูลจากการสืบค้นหาสาเหตุ

เกิดจากการใช้งานถึงขีดประเภท สภาพถังที่ชำรุด และมีรอยรั่วที่ผนังจนทำให้ไอระเหยไอน้ำไฟรั่วสู่ภายนอก และเมื่อมีประกายไฟจากการซ่อมเชื่อมทางเดินบนถัง จึงเกิดการระเบิดขึ้น โดยมีปัจจัยสนับสนุนอื่น ๆ ได้แก่

- ขนาดของท่อเติมก๊าซเฉื่อย ซึ่งได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) มีขนาดไม่เพียงพอเหมาะสมกับขนาดของถัง
- ไม่มีการดำเนินการแก้ไข เมื่อตรวจพบรอยรั่วที่ตัวถัง
- ไม่มีการตรวจสอบปริมาณไอระเหยไอน้ำไฟก่อนการทำงาน เพื่อป้องกันการระเบิด
- ขาดระบบการจัดการความปลอดภัย เช่น คู่มือการปฏิบัติงานอย่างปลอดภัย ระบบใบอนุญาตทำงาน เป็นต้น

มาตรการป้องกัน

- ต้องมีการตรวจสอบถึงอย่างเหมาะสมเพียงพอ เช่น ความหนา ระบบป้องกันไอระเหยไอน้ำไฟ เป็นต้น และดำเนินการแก้ไขทันทีเมื่อพบจุดบกพร่อง
- ไม่ควรใช้ถังถึงขีดประเภท นอกเหนือจากการออกแบบ
- ให้มีการตรวจสอบปริมาณไอระเหยไอน้ำไฟก่อนการทำงาน
- จัดทำคู่มือการปฏิบัติงานที่ปลอดภัย
- จัดทำระบบใบอนุญาตทำงาน

¹ www.sulphuric-acid.com

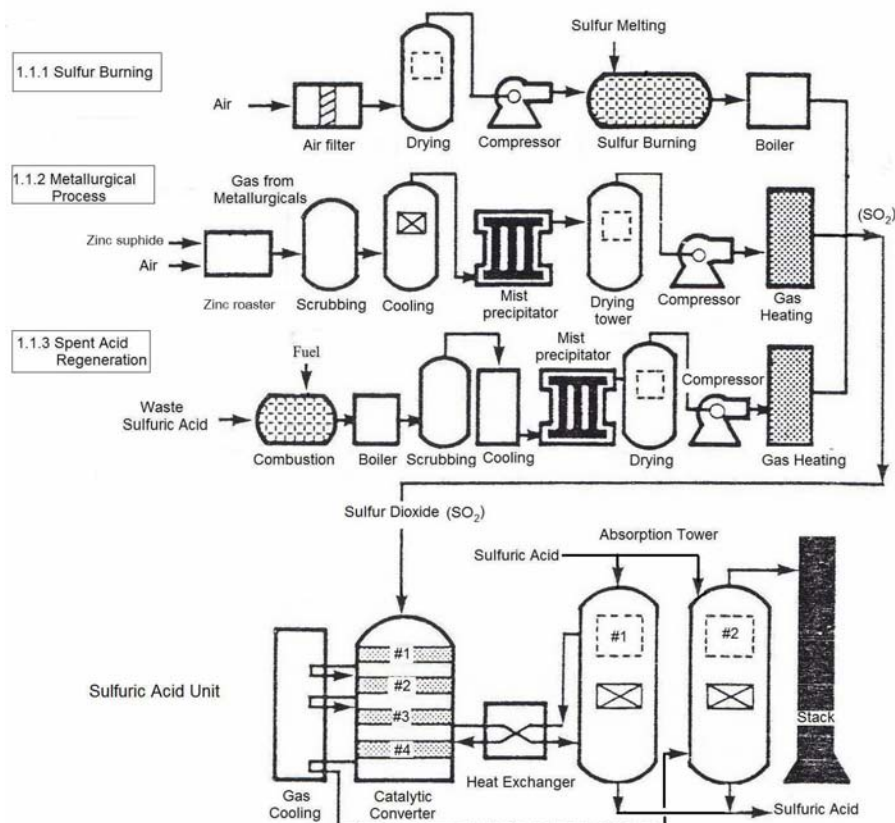
บทที่ 1

กระบวนการผลิตและอุตสาหกรรมที่มีการใช้กรดซัลฟิวริก

กรดซัลฟิวริกเป็นสารเคมีพื้นฐาน ที่มีการใช้อย่างกว้างขวางทั่วโลกประมาณ 180-200 ล้านตันต่อปี¹ ในอุตสาหกรรมการผลิตต่าง ๆ เช่น ปุ๋ย ไทเทเนียม โลหะ แบตเตอรี่ สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ รวมทั้งใช้ในการบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น กรดซัลฟิวริกผลิตจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ละลายน้ำ ซึ่งก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์นี้เป็นผลผลิตจากการออกซิไดซ์ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยกะตะลิสต์ ในประเทศไทยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ส่วนมากได้จากการเผากำมะถันกับออกซิเจนในอากาศ นอกจากนั้นได้จากการบวนการแยกโลหะจากแร่โดยใช้ความร้อน

1.1 กระบวนการผลิตกรดซัลฟิวริก

กระบวนการผลิตกรดซัลฟิวริกโดยทั่วไป จะมีรูปแบบและขั้นตอนหลักที่คล้ายกัน แตกต่างกันเฉพาะในส่วนการเตรียมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่จะนำไปใช้ผลิตในหน่วยกระบวนการผลิตกรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid unit) เท่านั้น การผลิตกรดซัลฟิวริกจากการเผากำมะถัน การแยกโลหะจากแร่ และการฟื้นฟูสภาพกรดซัลฟิวริกที่ใช้งานแล้ว แสดงดังรูปที่ 1-1



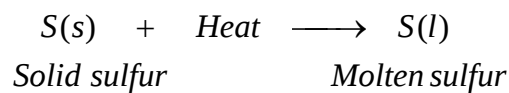
รูปที่ 1-1 กระบวนการผลิตกรดซัลฟิวริกจากการเผากำมะถัน การแยกโลหะจากแร่ และการฟื้นฟูสภาพกรดซัลฟิวริกที่ใช้งานแล้ว

¹ นิตยสาร SULPHUR ฉบับที่ 306 ปี พ.ศ. 2549

1.1.1 การผลิตกรดซัลฟิวริกจากการเผากำมะถัน (Sulfur burning)

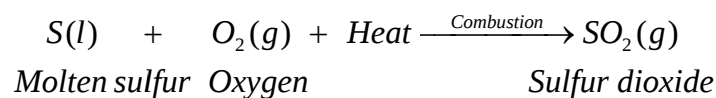
โรงงานผลิตกรดซัลฟิวริกส่วนใหญ่ในประเทศไทย ผลิตจากการเผากำมะถัน โดยมีขั้นตอนดังรูปที่ 1-1 (1.1.1 Sulfur burning) และรายละเอียดดังนี้

- 1) พัดลม (Compressor) ดูดอากาศจากบรรยากาศ ผ่านเครื่องกรองอากาศ (Air filter) เพื่อป้องกันวัสดุขนาดใหญ่เข้าไปในพัดลมและทำให้พัดลมเสียหาย ผ่านเข้าหอทำให้อากาศแห้ง (Drying tower) เพื่อลดความชื้นโดยใช้กรดซัลฟิวริกเป็นสารดูดความชื้น ก่อนเข้าเตาเผา (Sulfur burning หรือ Furnace)
- 2) หลอมกำมะถัน (Sulfur melting) โดยการทำให้กำมะถัน (Sulfur) ในรูปของแข็งเปลี่ยนเป็นของเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 115-120 °C ดังสมการ



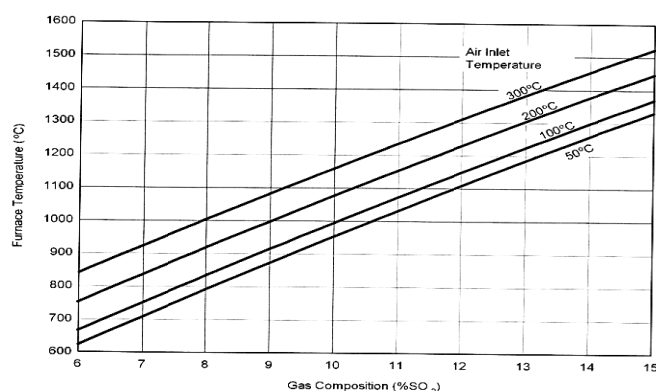
โดยใช้ความร้อนจากไอน้ำอิ่มตัวที่ความดันประมาณ 4-5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (Kg/cm²) และนำไปผ่านเครื่องกรอง (Sulfur filter) เพื่อกำจัดสิ่งสกปรก (Filter cake) ออกไป ก่อนเข้าเตาเผา

- 3) สูดกำมะถันเหลวผ่านหัวฉีด (Spray nozzle) ให้เป็นละอองเข้าไปในเตาเผาที่ร้อน เพื่อเผากับออกซิเจนจากอากาศในข้อ 1) โดยมีปฏิกิริยาการเผา ดังสมการ



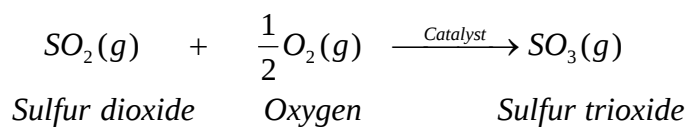
โดยกำมะถันจะติดไฟได้เองที่อุณหภูมิ (Ignition temperature) ประมาณ 248-266 °C ที่ความดันบรรยากาศ

อุณหภูมิภายในเตาเผามีค่าประมาณ 900-1,100 °C ขึ้นกับปริมาณหรือค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ต้องการหรือที่ออกแบบ ซึ่งจะแปรผันตามอุณหภูมิจากการเผากำมะถัน (Furnace temperature) และอุณหภูมิของอากาศที่เข้าเตาเผา (Air inlet temperature) โดยความสัมพันธ์ของความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับอุณหภูมิในเตาเผา แสดงดังรูปที่ 1-2



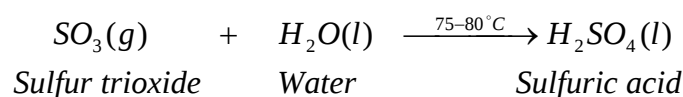
รูปที่ 1-2 ความสัมพันธ์ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับอุณหภูมิในเตาเผา

- 4) ก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ ซึ่งประกอบด้วย ก๊าซไนโตรเจน ก๊าซออกซิเจน และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นส่วนใหญ่ ผ่านเข้าไปในหม้อน้ำ (Boiler) เพื่อลดอุณหภูมิให้ได้ค่าที่เหมาะสม (ประมาณ 420 °C) ก่อนเข้าไปในหอเปลี่ยนรูปก๊าซ (Catalyst converter) ที่มีชั้นตัวเร่งปฏิกิริยา จำนวน 4 ชั้น (บางกระบวนการอาจมี 5 ชั้น ขึ้นอยู่กับการออกแบบ) ในส่วนนี้จะได้น้ำเป็นผลพลอยได้ ซึ่งจะนำไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการหรือขั้นตอนอื่นต่อไป
- 5) ก๊าซที่มีอุณหภูมิเหมาะสม เข้าไปในชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาชั้นที่ 1 (Bed 1 ชั้นบนสุด) ในหอเปลี่ยนรูปก๊าซ เพื่อเปลี่ยนก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ให้เป็นก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO₃) โดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาคายความร้อนสูง (Strong exothermic) และทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ดังสมการ



ก๊าซที่ผ่านเข้าไปในชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ 1 เมื่อทำปฏิกิริยาแล้วจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น (ประมาณ 628 °C) และถ้าปล่อยให้ให้อุณหภูมิมีค่าสูงถึงสมดุล (Equilibrium temperature) ตัวเร่งปฏิกิริยาจะไม่ทำงาน ดังนั้น ต้องลดอุณหภูมิก๊าซ (Gas cooling) ก่อนถึงค่าสมดุล โดยผ่านเข้าไปเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดต่าง ๆ ก่อนเข้าชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาชั้นที่ 2

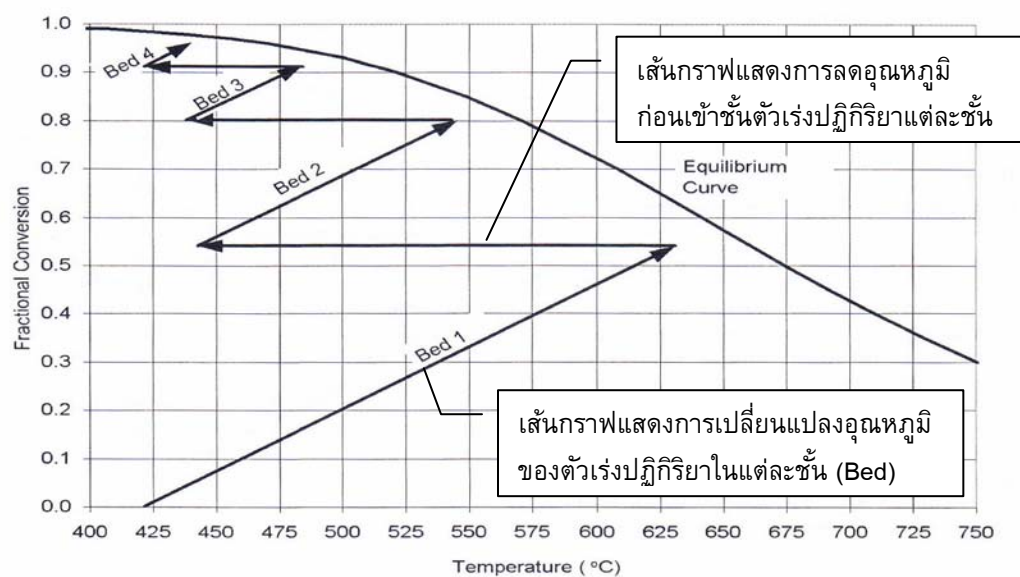
- 6) ก๊าซจากชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ 1 ที่ผ่านการลดอุณหภูมิและมีค่าที่เหมาะสม (ประมาณ 440 °C) ผ่านเข้าในชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ 2 เพื่อเปลี่ยนก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลืออยู่ให้ เป็นก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ ซึ่งผลของการเปลี่ยนรูปจะทำให้ให้อุณหภูมิสูงขึ้น (ประมาณ 545 °C) และต้องลดอุณหภูมิก่อนถึงค่าสมดุล เช่นเดียวกับชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ 1
- 7) ก๊าซที่ลดอุณหภูมิและมีค่าอุณหภูมิที่เหมาะสม (ประมาณ 440 °C) จากชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ 2 เข้าไปในชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาชั้นที่ 3 เพื่อเปลี่ยนรูปก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ยังเหลืออยู่ ซึ่งจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น (ประมาณ 485 °C) จากการเปลี่ยนรูป เช่นเดียวกับชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ 1 และ 2
- 8) ก๊าซที่ผ่านชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาชั้นที่ 3 แล้วไปผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิ ก่อนเข้าหอดูดซับ (ประมาณ 200-250 °C) และผ่านไปยังหอดูดซับ (Absorption tower) เพื่อดูดซับก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันในชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาชั้นที่ 1, 2 และ 3 ด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นประมาณ 98-98.5% โดยน้ำหนัก ดังสมการ



จากสมการก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่ได้ทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริก แต่จะทำปฏิกิริยากับน้ำที่อยู่ในกรดซัลฟิวริกได้เป็นกรดซัลฟิวริกเข้มข้นประมาณ 99% โดยน้ำหนัก โดยคุณสมบัติของกรดซัลฟิวริกก่อนเข้าหอดูดซับที่ค่าประมาณ 75-80 °C

- 9) เติมน้ำเพื่อปรับความเข้มข้นให้เป็น 98-98.5% โดยน้ำหนัก เพื่อนำไปใช้ในการดูดซับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในหอดูดซับที่ 2 ต่อไป
- 10) ก๊าซที่ผ่านหอดูดซับแล้วจากขั้นตอนที่ 8 ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำ (ประมาณ 80 °C) และยังคงมีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ยังไม่เปลี่ยนรูปเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์เหลืออยู่ ไปเพิ่มอุณหภูมิให้มีค่าที่เหมาะสม (ประมาณ 420 °C) โดยผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger) และส่งเข้าไปในชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาชั้นที่ 4
- 11) ก๊าซที่ผ่านเข้าชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ 4 จะเปลี่ยนก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลือให้เป็นก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ และมีอุณหภูมิสูงขึ้น (ประมาณ 430 °C)
- 12) ก๊าซที่ได้ไปลดอุณหภูมิ เข้าหอดูดซับที่ 2 และเติมน้ำเพื่อปรับความเข้มข้น เหมือนดังขั้นตอนที่ 8-9
- 13) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 12 ส่งไปยังถังเก็บ เพื่อรอจำหน่ายหรือส่งลูกค้า ส่วนก๊าซที่เหลือนำไปบำบัด ก่อนปล่อยผ่านปล่อง (Stack) สู่บรรยากาศภายนอก โดยต้องมีคุณภาพอากาศเป็นไปตามกฎหมาย

หมายเหตุ อุณหภูมิที่สมดุลในแต่ละชั้นตัวเร่งปฏิกิริยามีค่าไม่เท่ากัน ขึ้นกับสัดส่วนการเปลี่ยนรูป (Fractional conversion) ของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไปเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ของแต่ละชั้น โดยค่าอุณหภูมิของก๊าซเข้า-ออกชั้นตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst bed) และอุณหภูมิที่สมดุลของการเปลี่ยนรูปก๊าซ แสดงดังรูปที่ 1-3



รูปที่ 1-3 ค่าอุณหภูมิก๊าซเข้า-ออกชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาและอุณหภูมิที่สมดุลของการเปลี่ยนรูปก๊าซ

ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ที่นิยมใช้และใช้กันอย่างแพร่หลายในการผลิตกรดซัลฟิวริก ได้แก่ วาเนเดียมเพนตาออกไซด์ (Vanadium pentoxide) ซีเซียม (Cesium) เป็นต้น โดยมีตัวอย่างรูปแบบตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในกระบวนการผลิตกรดซัลฟิวริก แสดงดังรูปที่ 1-4

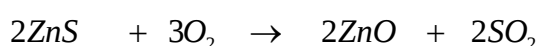


รูปที่ 1-4 ตัวอย่างรูปแบบตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในกระบวนการผลิตกรดซัลฟิวริก

1.1.2 การผลิตกรดซัลฟิวริกจากการแยกโลหะออกจากแร่ (Metallurgical process)

การผลิตกรดซัลฟิวริกโดยวิธีนี้ จะได้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากกระบวนการแยกแร่ด้วยความร้อน (Pyrometallurgical process) โดยการหลอมแร่ (Smelting) หรือย่างแร่ (Roasting) ที่มีซัลไฟด์เป็นองค์ประกอบ เช่น แร่ไพไรต์ (Pyrite, FeS_2) แร่คอปเปอร์ (Copper concentrates, CuFeS_2) แร่ตะกั่ว (Lead ore, PbS) แร่สังกะสี (Zinc ore, ZnS) เป็นต้น ก๊าซที่ได้จากกระบวนการแยกแร่ด้วยความร้อนจะแตกต่างจากก๊าซที่ได้จากการเผากำมะถัน เนื่องจากก๊าซที่ได้จะมีสิ่งเจือปนจำพวกโลหะหนักอยู่มาก เช่น สารหนู ซีลีเนียม ตะกั่ว พรอท ฟลูออไรด์ คลอรีน เป็นต้น ซึ่งมีปริมาณไม่แน่นอนขึ้นกับแหล่งแร่ที่นำมาผลิต จึงต้องผ่านกระบวนการกำจัดก่อนนำไปใช้ผลิตเป็นกรดซัลฟิวริก โดยมีตัวอย่างขั้นตอนการผลิตดังรูปที่ 1-1(1.1.2 Metallurgical process) โดยการย่างแร่สังกะสี (Zinc roaster) และมีรายละเอียด ดังนี้

- 1) เผาหรือย่างแร่สังกะสี หรือซิงค์ซัลไฟด์ (Zinc sulfide) จะได้สังกะสีออกไซด์ (Zinc oxide) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ดังสมการ



Zinc sulfide Oxygen Zinc oxide Sulfur dioxide

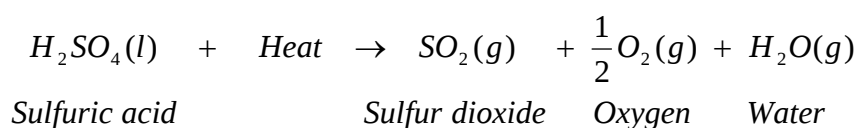
- 2) พัดลมดูดก๊าซจากข้อ 1) ที่ได้จากกระบวนการแยกแร่ด้วยความร้อนซึ่งจะมีสิ่งเจือปน เช่น ผุ่น คลอไรด์ ฟลูออไรด์ ซีลีเนียม พรอท เป็นต้น ผ่านเข้าหอฟอกก๊าซ (Scrubber) เพื่อดักจับสิ่งเจือปนดังกล่าว
- 3) ก๊าซจากหอฟอกก๊าซไปยังหอทำให้ก๊าซเย็น (Gas cooling) เพื่อลดไอน้ำจากก๊าซ โดยอาจใช้ทั้งแบบที่สัมผัสโดยตรงกับสารหล่อเย็น (Direct contact) หรือโดยการผ่านตัวกลาง (Cooling media)
- 4) ก๊าซผ่าน Mist precipitator หรือ Wet electrostatic precipitator เพื่อดักจับละอองไอน้ำกรดของแข็งต่าง ๆ ที่ยังเหลืออยู่ และควบแน่นฟุ้งของโลหะหนัก ได้เป็นก๊าซที่สะอาดพร้อมที่จะนำไปผลิตกรดซัลฟิวริก
- 5) ก๊าซสะอาดที่ได้ ผ่านหอทำให้อากาศแห้ง (Drying tower) เพื่อลดความชื้นในอากาศโดยใช้กรดซัลฟิวริกเป็นสารดูดความชื้น

- 6) ก๊าซจากหอทำให้อากาศแห้ง ผ่านเข้าไปในเครื่องให้ความร้อน (Gas heating) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้มีค่าที่เหมาะสมที่ตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถทำงานได้
- 7) ก๊าซที่ได้จากขั้นตอนที่ 6) ซึ่งเป็นก๊าซที่สะอาด ไม่มีความชื้น และมีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นองค์ประกอบ เข้าไปผลิตเป็นกรดซัลฟิวริก ตามขั้นตอนที่ 5) ถึงขั้นตอนที่ 13) ในข้อ 1.1.1 การผลิตกรดซัลฟิวริกจากการเผากำมะถัน

1.1.3 การผลิตกรดซัลฟิวริกโดยการฟื้นฟูสภาพกรดซัลฟิวริกที่ใช้งานแล้ว (Spent acid regeneration)

การใช้งานกรดซัลฟิวริกไม่ได้ทำให้กรดซัลฟิวริกหมดไป แต่อาจเสื่อมสภาพเนื่องจากสิ่งเจือปน หรือมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น เช่น ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตคาโปรแลคตัม การผลิตไทเทเนียมไดออกไซด์ และการผลิตไนโตรเบนซีน การใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมปิโตรเลียมและการผลิตโพลีเมอร์ การใช้เป็นสารทำความสะอาดผิวชิ้นงานประเภทโลหะ เป็นต้น ซึ่งนำมาฟื้นฟูสภาพเพื่อนำกลับมาใช้งานได้อีก ดังรูปที่ 1-1 (1.1.3 Spent acid regeneration) โดยมีขั้นตอน ดังนี้

- 1) พนกรดซัลฟิวริกที่เสื่อมสภาพจากการใช้งานแล้วหรือมีสิ่งเจือปน (Waste sulfuric acid) ให้เป็นละอองเข้าไปเผา (Combustion) กับน้ำมันเชื้อเพลิงหรือก๊าซธรรมชาติในเตาเผา ที่อุณหภูมิประมาณ 950-1,050 °C เพื่อให้กรดซัลฟิวริกสลายตัวเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ออกซิเจนและน้ำ ดังสมการ

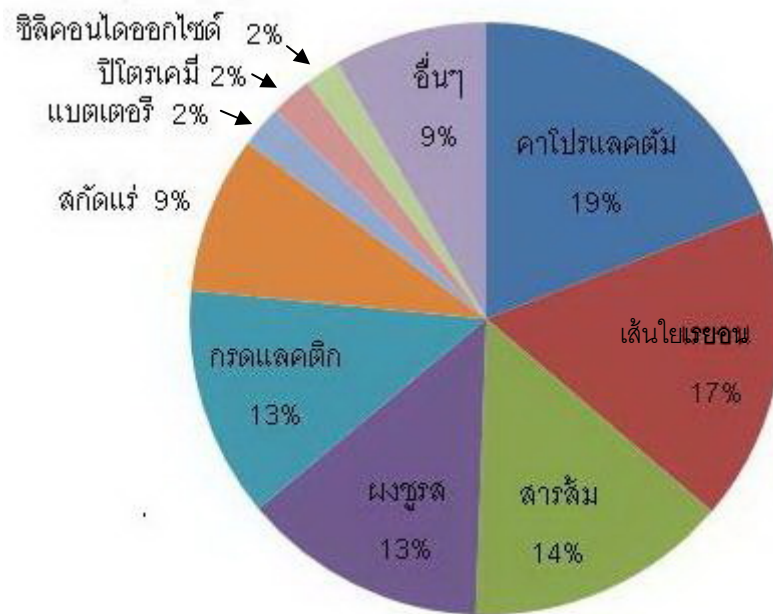


- 2) ก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ ผ่านหม้อน้ำ (Boiler) เพื่อลดอุณหภูมิ โดยได้อไอน้ำเป็นผลพลอยได้สำหรับใช้ในการสนับสนุนกระบวนการผลิตหรือใช้ในกระบวนการอื่น ๆ
- 3) ผ่านก๊าซไปยังหอฟอกก๊าซ (Scrubber) เพื่อแยกเอาสิ่งเจือปนบางส่วนออก และผ่านหอทำให้ก๊าซเย็น (Gas cooling) เพื่อดักจับไอน้ำ โดยอาจใช้ทั้งแบบที่สัมผัสโดยตรงกับสารหล่อเย็น (Direct contact) หรือโดยการผ่านตัวกลาง (Cooling media)
- 4) ก๊าซผ่าน Mist precipitator เพื่อดักจับฝุ่น ควบนแน่นฟุ้งของโลหะหนักและละอองไอกรด ได้เป็นก๊าซที่สะอาดที่พร้อมผลิตเป็นกรดซัลฟิวริก
- 5) ก๊าซสะอาดที่ได้ผ่านหอทำให้อากาศแห้ง (Drying tower) เพื่อลดความชื้นในอากาศโดยใช้กรดซัลฟิวริกเป็นสารดูดความชื้น
- 6) ก๊าซที่ได้จากหอทำให้แห้ง ผ่านเข้าไปในเครื่องให้ความร้อน (Gas heating) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้มีค่าเหมาะสมกับที่ตัวเร่งปฏิกิริยาทำงานได้
- 7) ก๊าซที่ได้จากขั้นตอนที่ 6) ซึ่งเป็นก๊าซสะอาด ไม่มีความชื้น และมีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นองค์ประกอบ เข้าไปผลิตเป็นกรดซัลฟิวริก ตามขั้นตอนที่ 5) ถึงขั้นตอนที่ 13) ในข้อ 1.1.1 การผลิตกรดซัลฟิวริกจากการเผากำมะถัน

1.2 อุตสาหกรรมที่มีการใช้กรดซัลฟิวริก

1.2.1 ปริมาณการใช้กรดซัลฟิวริกในแต่ละประเภทอุตสาหกรรม

กรดซัลฟิวริกที่ใช้ในประเทศไทยมีทั้งจากผลิตภายในประเทศและนำเข้าจากต่างประเทศ โดยมีสัดส่วนการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตต่าง ๆ ได้แก่ คาโปรแลคตัม เส้นใยเรยอน สารส้ม ผงชูรส กรดแลคติก สกัดแร่ แบตเตอรี่ ปิโตรเคมี ซิลิคอนไดออกไซด์ และอื่น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 1-5

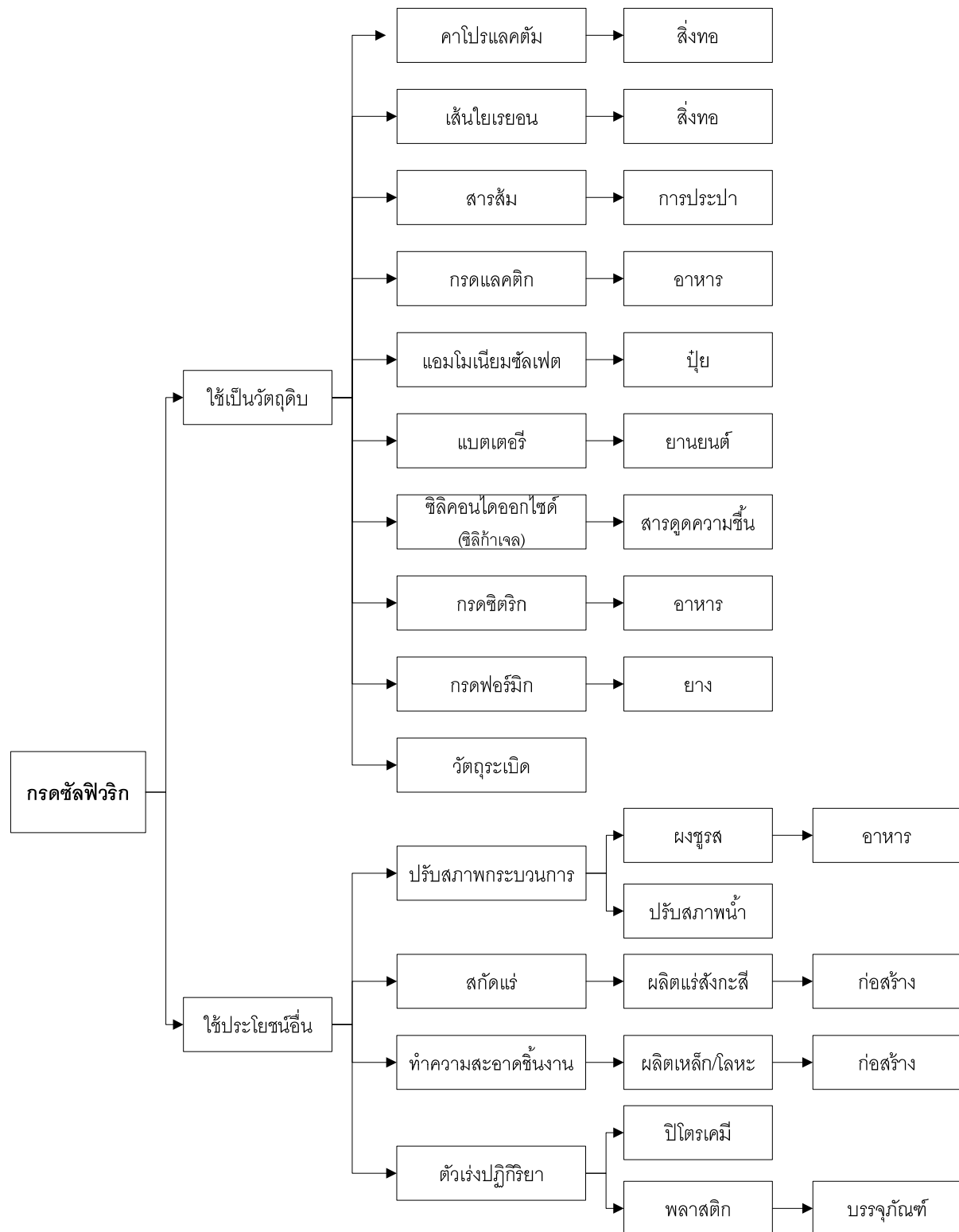


รูปที่ 1-5 สัดส่วนการใช้กรดซัลฟิวริกในอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ ของประเทศไทย ¹

1.2.2 อุตสาหกรรมต่อเนื่องและประโยชน์จากกรดซัลฟิวริก

การนำกรดซัลฟิวริกไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง และการนำไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ เช่น การบำบัดน้ำเสีย การทำความสะอาดผิวโลหะ เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 1-6

¹ จากการสำรวจของทีปรีक्षा ปี 2553



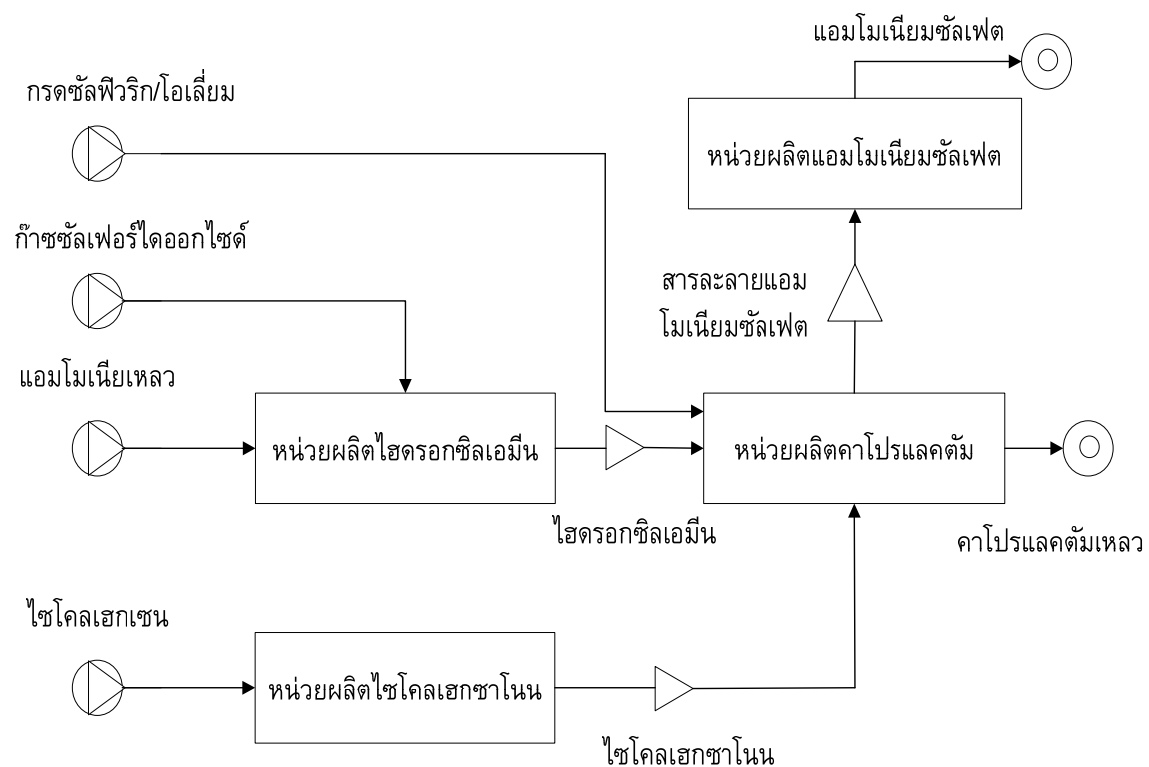
รูปที่ 1-6 อุตสาหกรรมต่อเนื่องและการใช้ประโยชน์จากกรดซัลฟิวริก

1.2.3 ตัวอย่างกระบวนการผลิตที่มีการใช้กรดซัลฟิวริก

1.2.3.1 การผลิตคาโพรแลคตัม (Caprolactam)

คาโพรแลคตัมมีสูตรทางเคมีว่า $C_6H_{11}NO$ เป็นวัตถุดิบในการผลิตไนลอน-6 (Nylon-6) ซึ่งใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมการผลิตสิ่งทอ อุปกรณ์การประมง และพลาสติกในชิ้นส่วนยานยนต์ กระบวนการผลิตคาโพรแลคตัมเป็นกระบวนการโพลีเมอไรเซชันเชิงซ้อน (Complex polymerization process) โดยมีวัตถุดิบหลัก คือ แอมโมเนีย กรดซัลฟิวริกหรือโอเลียม ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และไซโคลเฮกเซน (Cyclohexane) โดยมีตัวอย่างกระบวนการผลิตดังรูปที่ 1-7 ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- 1) แอมโมเนีย ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และอากาศ ทำปฏิกิริยาได้ไฮดรอกซิลเอมีน (Hydroxylamine)
- 2) ไซโคลเฮกเซน ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับอากาศ ได้ไซโคลเฮกซาโนน (Cyclohexanone)
- 3) กรดซัลฟิวริกหรือโอเลียม ไฮดรอกซิลเอมีน และไซโคลเฮกซาโนน ทำปฏิกิริยาได้คาโพรแลคตัม และแอมโมเนียมซัลเฟต ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ร่วม (Co-product) โดยใช้ในอุตสาหกรรมปุ๋ย
- 4) คาโพรแลคตัมถูกเติมด้วยสารเติมแต่ง ได้ไนลอน-6

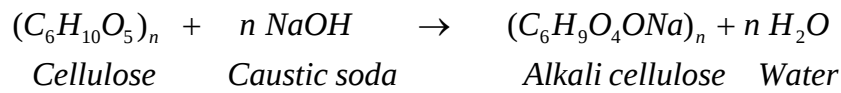


รูปที่ 1-7 ตัวอย่างกระบวนการผลิตคาโพรแลคตัม

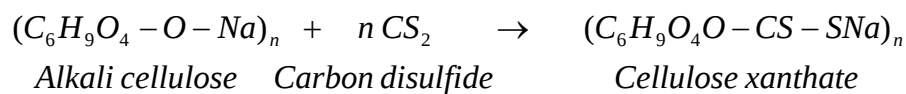
1.2.3.2 การผลิตเส้นใยวิสโคสเรยอน (Viscose rayon)

การผลิตเส้นใยวิสโคสเรยอนประกอบด้วยกระบวนการผลิตหลักที่สำคัญ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการเตรียมวิสโคส และขั้นตอนสปินนิ่ง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

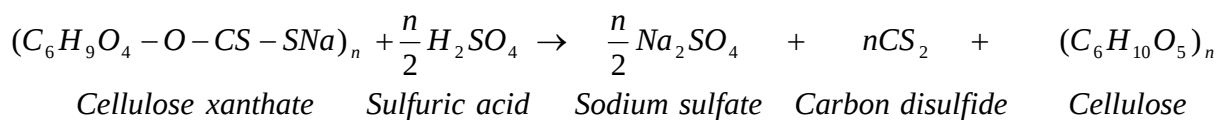
1. การเตรียมวิสโคสโดยนำเยื่อเซลลูโลสซึ่งอยู่ในรูปเยื่อกระดาษ (Dissolving grade wood pulp) มาทอผสมกับโซดาไฟเพื่อทำให้เป็นเยื่อต่าง (Alkali Cellulose) ดังสมการ



2. ปรับสภาพเยื่อต่างที่ได้ให้เหมาะสม และส่งไปทำปฏิกิริยากับสารคาร์บอนไดซัลไฟด์ (CS₂) เพื่อเปลี่ยนเป็นเซลลูโลสแซนเทต (Cellulose xanthate) ดังสมการ

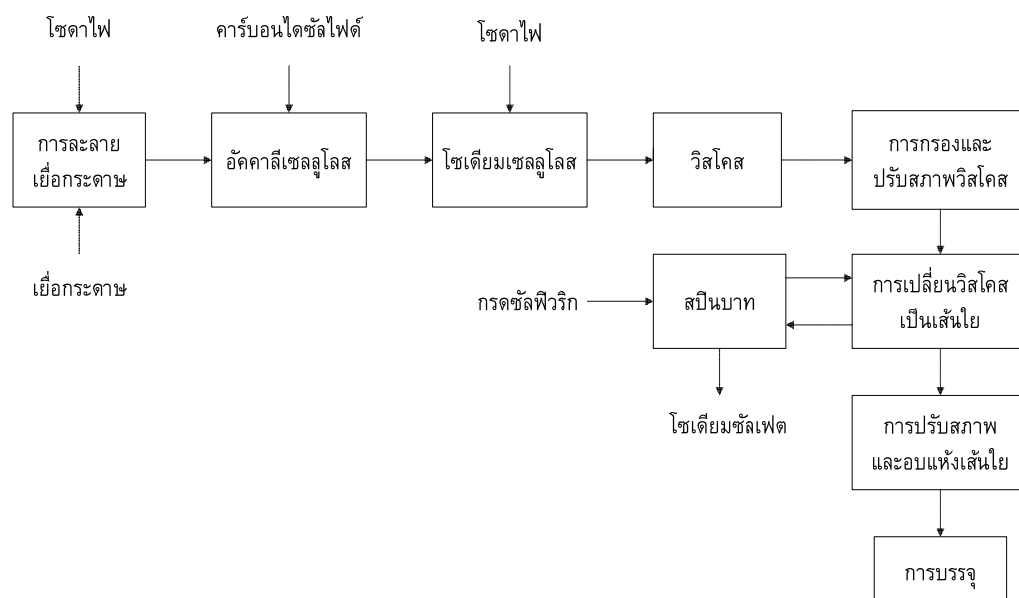


3. ละลายเซลลูโลสแซนเทตด้วยโซดาไฟ ได้เป็นสารละลายที่เรียกว่า วิสโคส (Viscose)
4. ปรับสภาพวิสโคสให้เหมาะสมแล้วสูบเข้าไปยังหัวฉีดเส้นใย (Spinning nozzle) ซึ่งมีรูขนาดเล็กจำนวนมากอยู่ในสารละลายสปินนิ่งบาท ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริกได้เป็นเส้นใยเซลลูโลส โซเดียมซัลเฟตและคาร์บอนไดซัลไฟด์ ซึ่งเรียกขั้นตอนฉีดเส้นใยนี้ว่า สปินนิ่ง (Spinning) ดังสมการ



5. เส้นใยที่ได้จะถูกปรับสภาพ และนำไปบรรจุหีบห่อต่อไป

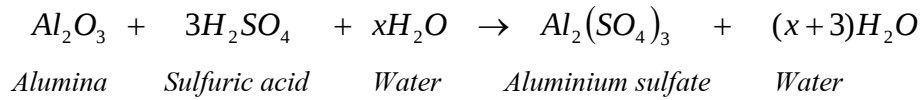
ตัวอย่างกระบวนการผลิตเส้นใยวิสโคสเรยอน แสดงดังรูปที่ 1-8



รูปที่ 1-8 ตัวอย่างกระบวนการผลิตเส้นใยวิสโคสเรยอน

1.2.3.3 การผลิตสารส้มชนิดอะลูมิเนียมซัลเฟต (Aluminium sulfate alum)

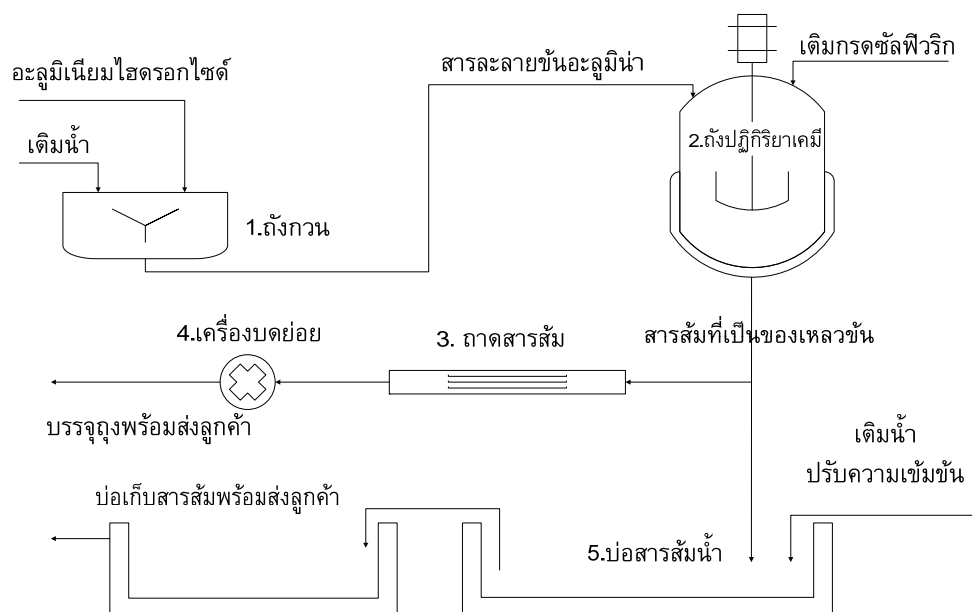
การผลิตอะลูมิเนียมซัลเฟตซึ่งเป็นสารส้มชนิดหนึ่ง ที่นิยมใช้เป็นสารตกตะกอนในการผลิตน้ำประปาและในระบบบำบัดน้ำเสีย ผลิตจากปฏิกิริยาระหว่างกรดซัลฟิวริกและอะลูมินา (Al_2O_3) ในอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ($Al(OH)_3$) ในถังปฏิกิริยาได้เป็นอะลูมิเนียมซัลเฟต ดังสมการ



ผลิตภัณฑ์สารส้มจะอยู่ใน 2 สถานะ คือ ของเหลวและของแข็ง โดยมีกระบวนการผลิต ดังขั้นตอนต่อไปนี้

- ขั้นตอนการผลิตสารส้มชนิดที่เป็นของแข็ง
 1. เตรียมสายละลายชั้น (Slurry) โดยนำอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ผสมกับน้ำในถังกวน
 2. นำสารละลายชั้นไปทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริกในถังปฏิกิริยา ประมาณ 30-45 นาที จะได้สารส้มที่เป็นของเหลวชั้นร้อน ที่มีอุณหภูมิประมาณ 110-120 °C
 3. ปลอ่ยสารส้มจากถังปฏิกิริยาลงถาดหรือลานสารส้ม รอให้ตกผลึกเป็นของแข็งโดยปล่อยให้เย็น
 4. นำไปบดย่อยและบรรจุถุง พร้อมส่งให้ลูกค้า
- ขั้นตอนการผลิตสารส้มชนิดน้ำ
 1. ผลิตตามขั้นตอนที่ 1 และ 2 ของการผลิตสารส้มชนิดที่เป็นของแข็ง
 2. ปลอ่ยสารส้มจากถังปฏิกิริยาลงบ่อสารส้มน้ำ
 3. เติมน้ำปรับความเข้มข้นตามที่ต้องการ
 4. นำไปจัดเก็บในบ่อเก็บสารส้ม พร้อมส่งให้ลูกค้า

ตัวอย่างกระบวนการผลิตสารส้มจากอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ แสดงดังรูปที่ 1-9



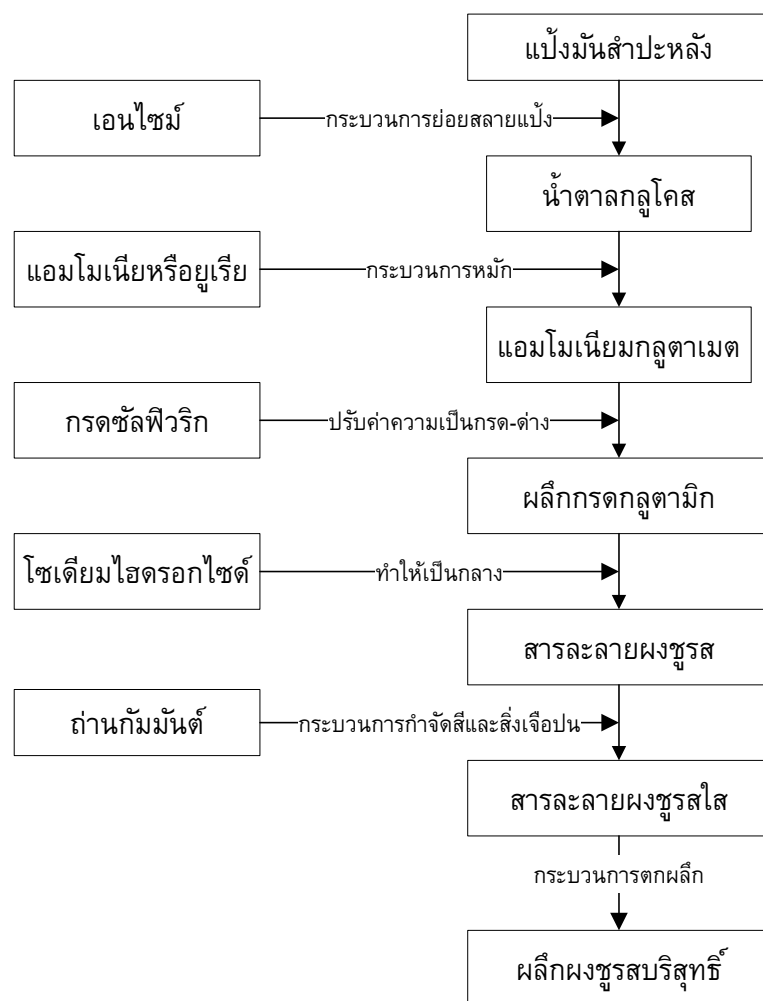
รูปที่ 1-9 ตัวอย่างกระบวนการผลิตสารส้มจากอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์

1.2.3.4 การผลิตผงชูรส

ผงชูรสมีสูตรทางเคมี คือ $C_5H_8NNaO_4$ ผลิตจากกากน้ำตาลหรือแป้งมันสำปะหลัง และใช้กรดซัลฟิวริกเพื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง และตกตะกอนกรดกลูตามิก โดยมีขั้นตอนการผลิต ดังต่อไปนี้

- 1) กระบวนการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลกลูโคส (Liquefaction and saccharification)
โดยใช้เอนไซม์อะไมเลสและอะไมโลกลูโคสซิเดส ย่อยแป้งมันสำปะหลัง (Tapioca starch) ให้เป็นน้ำตาลกลูโคส ที่อุณหภูมิ $60\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 2) กระบวนการหมัก (Fermentation) เปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสเป็นกรดกลูตามิก
โดยเติมเชื้อจุลินทรีย์ลงในสารละลายน้ำตาลกลูโคส (Glucose) และเติมแอมโมเนีย (NH_3) เพื่อเป็นแหล่งไนโตรเจนของเชื้อจุลินทรีย์ ได้เป็นแอมโมเนียมกลูตาเมต
- 3) กระบวนการตกผลึกกรดกลูตามิก (Precipitation)
เมื่อกระบวนการหมักเสร็จสิ้น ในน้ำหมัก (Broth) จะมีสารละลายกรดกลูตามิกอยู่เป็นจำนวนมาก หลังจากนั้นจะปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยกรดซัลฟิวริก เพื่อตกผลึกกรดกลูตามิก
- 4) กระบวนการทำให้เป็นกลาง (Neutralization)
โดยการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ ($NaOH$) เพื่อให้กรดกลูตามิกเป็นโมโนโซเดียมกลูตาเมต (ผงชูรส) ที่สภาวะเป็นกลาง
- 5) กระบวนการกำจัดสีและสิ่งเจือปน (Decolorization)
โดยการผ่านสารละลายไปในถังถ่าน กัมมันต์ (Activated carbon) และตกผลึก (Crystallization) ได้ผลึกโมโนโซเดียมกลูตาเมตบริสุทธิ์
- 6) กระบวนการทำแห้งและแบ่งบรรจุ (Drying and packing)
โดยการเป่าผลึกโมโนโซเดียม กลูตาเมตบริสุทธิ์ด้วยลมร้อน (ที่กรองละอองฝุ่นออกแล้ว) จนกระทั่งผลึกแห้ง แล้วคัดแยกขนาด ตามจุดประสงค์การใช้งานแล้วแบ่งบรรจุ ลงในบรรจุภัณฑ์ตามมาตรฐาน

โดยมีตัวอย่างกระบวนการผลิตผงชูรสจากแป้งมันสำปะหลัง แสดงดังรูปที่ 1-10



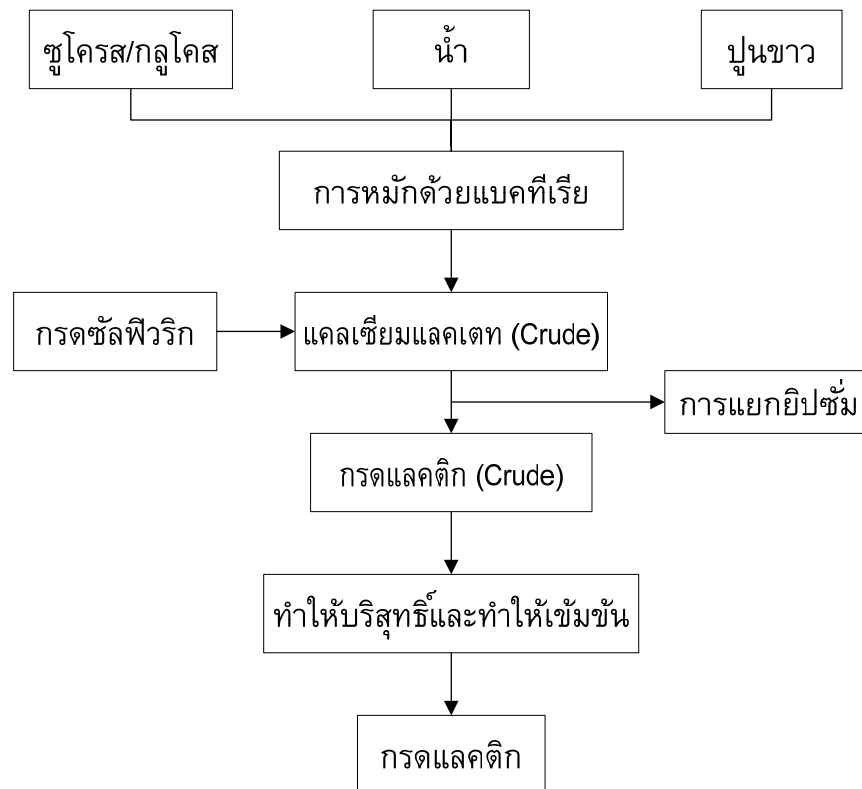
รูปที่ 1-10 ตัวอย่างกระบวนการผลิตผงชูรสจากน้ำมันสําปะหลัง

1.2.3.5 การผลิตกรดแลคติก (Lactic acid)

กรดแลคติก มีสูตรทางเคมี คือ $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CO}_2\text{H}$ เกิดได้เองจากธรรมชาติ สามารถสังเคราะห์หรือผลิตได้โดยการหมัก (Fermentation) คาร์โบไฮเดรต เช่น กลูโคส ซูโครส หรือแลคโตส เป็นต้น โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) ผสมคาร์โบไฮเดรต (กลูโคส ซูโครส หรือแลคโตส) ปูนขาว และน้ำ
- 2) เติมเชื้อแบคทีเรีย *Streptococcus lactic bacteria* และหมักรวมกัน ได้เป็นแคลเซียมแลคเตท (Crude calcium lactate)
- 3) เติมกรดซัลฟิวริกในแคลเซียมแลคเตท เพื่อเปลี่ยนให้เป็นกรดแลคติก (Crude lactic acid) ที่มีขี้ปั้งเจือปนอยู่
- 4) แยกขี้ปั้งออก (Gypsum removal) ให้เหลือเฉพาะกรดแลคติก (Crude lactic acid) เป็นส่วนใหญ่
- 5) นำไปทำให้บริสุทธิ์และทำให้เข้มข้นขึ้นได้เป็นกรดแลคติกบริสุทธิ์

ตัวอย่างกระบวนการผลิตกรดแลคติก แสดงดังรูปที่ 1-11



รูปที่ 1-11 ตัวอย่างกระบวนการผลิตกรดแลคติก

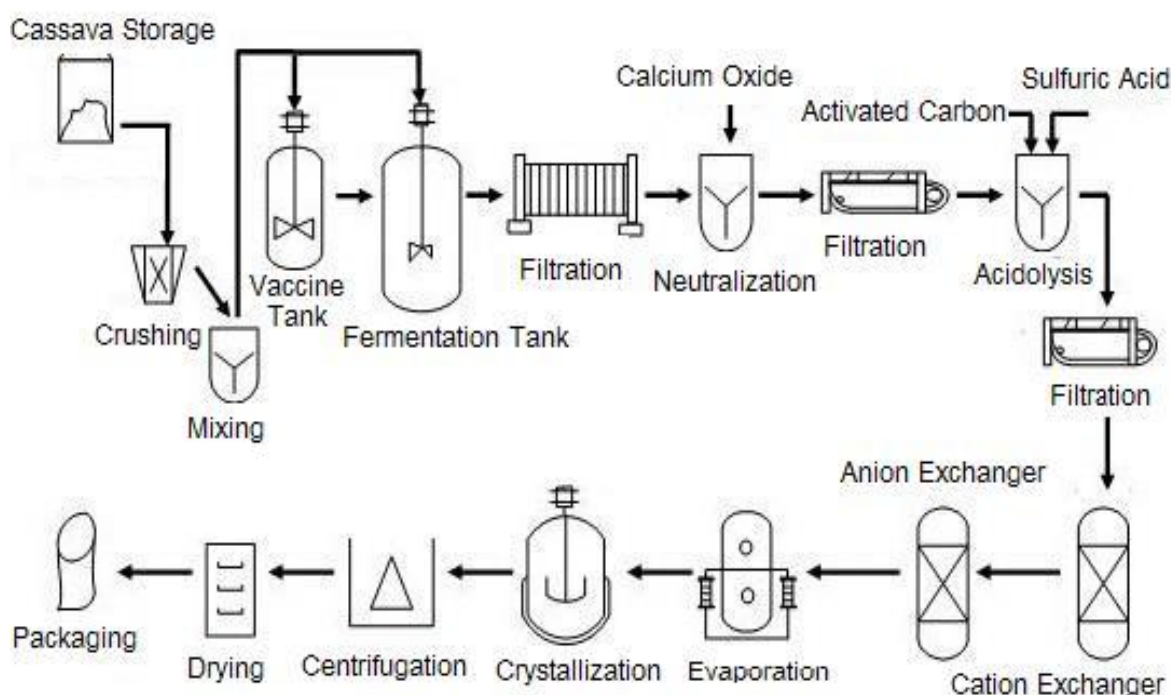
1.2.3.6 การผลิตกรดซิตริก (Citric acid)

การผลิตกรดซิตริกหรือกรดมะนาว จะอยู่ในรูปผลึก Monohydrate มีสูตรทางเคมี ดังนี้ $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$ ซึ่งมีน้ำประกอบอยู่ 1 โมเลกุล เป็นผลึกใส ไม่มีกลิ่น มีรสเปรี้ยว การผลิตจะใช้มันสำปะหลัง เป็นวัตถุดิบ และใช้กรดซัลฟิวริกเพื่อเปลี่ยนแคลเซียมซิเตรทให้กลับมาอยู่ในรูปกรดซิตริก มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) นำมันสำปะหลัง ไปตากแห้งและบดให้ละเอียด (Crushing)
- 2) นำมันสำปะหลังตากแห้งที่บดละเอียดมาผสมและเติมเอนไซม์อะไมเลส เพื่อเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล
- 3) จากนั้นเข้าสู่กระบวนการหมักโดยใช้เชื้อรา *Aspergillus Niger* เปลี่ยนน้ำตาลให้กลายเป็นกรดซิตริกในถังหมัก (Fermentation)
- 4) นำกรดซิตริกที่ได้ไปผ่านกระบวนการกรองและทำให้เป็นกลาง (Neutralization) โดยเติมแคลเซียมออกไซด์ (ปูนขาว) เพื่อเปลี่ยนกรดซิตริกให้อยู่ในรูปแคลเซียมซิเตรท
- 5) จากนั้นนำไปกรอง (Filtration) เอากากออก และเข้าสู่กระบวนการสลายกรด (Acidolysis) โดยเติมผงถ่าน (Activated carbon) และกรดซัลฟิวริก เพื่อเปลี่ยนแคลเซียมซิเตรทให้กลับมาอยู่ในรูปกรดซิตริกเหมือนเดิม

- 6) นำกรดซัลฟิวริกที่ได้ไปกรองอีกครั้งเพื่อแยกแคลเซียมซัลเฟตหรือยิปซัมออก และผ่านเข้ากระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน (Cation-anion exchanger) เพื่อกำจัดไอออนส่วนเกินออกไป
- 7) เข้าสู่กระบวนการเพิ่มความเข้มข้นโดยการเคี่ยวให้ระเหย (Evaporation) และทำให้เกิดเม็ดโดยการตกผลึก (Crystallization)
- 8) หลังจากทำการปั่นแยกเม็ดกรด โดยกระบวนการหมุนเหวี่ยง (Centrifugation)
- 9) อบไล่ความชื้น (Drying) และนำไปบรรจุ (Packaging) สำหรับจำหน่ายต่อไป

โดยมีตัวอย่างกระบวนการผลิตกรดซัลฟิวริก ดังรูปที่ 1-12



รูปที่ 1-12 ตัวอย่างกระบวนการผลิตกรดซัลฟิวริก

บทที่ 2

สมบัติของกรดซัลฟิวริก

กรดซัลฟิวริกที่ใช้ในอุตสาหกรรมจะมีสมบัติทางกายภาพและเคมีที่แตกต่างกัน ขึ้นกับวัตถุประสงค์การนำไปใช้งาน โดยส่วนใหญ่จะกำหนดค่าความเข้มข้นและสิ่งเจือปนเป็นสมบัติหลักในการเลือกใช้ เช่น ใช้ในอุตสาหกรรมแบตเตอรี่จะต้องมีความเข้มข้นที่เหมาะสมและมีค่าเหล็กไม่มาก หรือในกรณีที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารจะต้องมีค่าโลหะหนักไม่มากเกินไป เป็นต้น ทั้งนี้ การเลือกหรือกำหนดสมบัติของกรดซัลฟิวริกก็ขึ้นกับมาตรฐานหรือข้อกำหนดที่ยอมให้มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ ในกรดซัลฟิวริก

2.1 สมบัติทางกายภาพ (Physical properties)

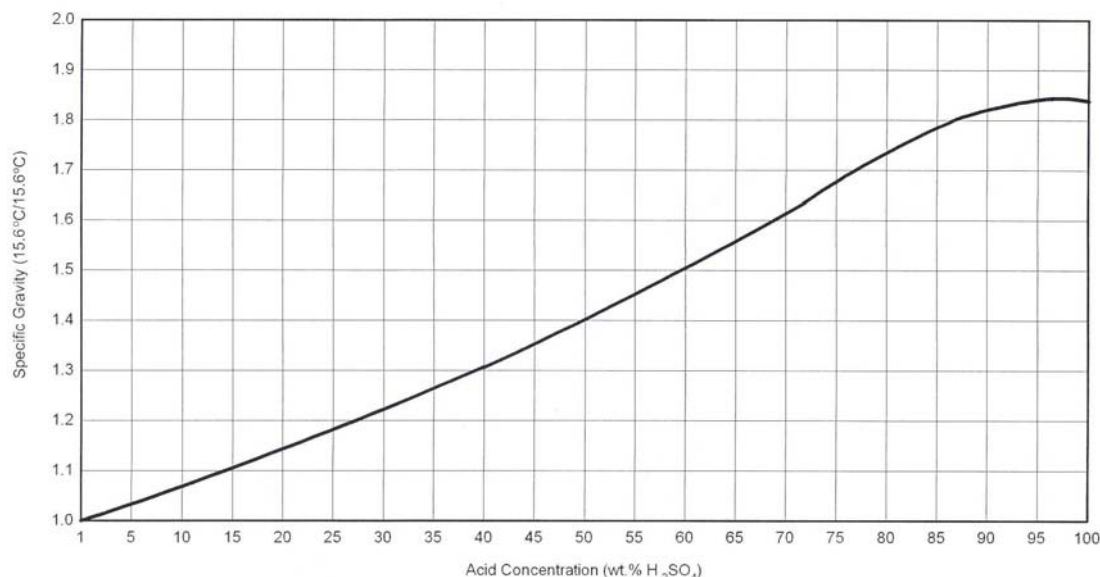
กรดซัลฟิวริกที่ผลิตและใช้งานในประเทศไทย มีสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กรดซัลฟิวริกเข้มข้นสำหรับอุตสาหกรรม กำหนดให้ค่าความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 98% โดยน้ำหนัก และสมบัติทางกายภาพของกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้นเท่ากับ 98% โดยน้ำหนัก แสดงดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 สมบัติทางกายภาพของกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้นเท่ากับ 98% โดยน้ำหนัก

ความเข้มข้นกรดซัลฟิวริก	98% โดยน้ำหนัก
สถานะและสภาพปรากฏ	เป็นของเหลว ลักษณะคล้ายน้ำมัน ไม่มีสีจนถึงสีน้ำตาลอ่อน
กลิ่น	ไม่มีกลิ่น ¹
น้ำหนักโมเลกุล	98.08
จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง	0 °C ที่ความดัน 1 บรรยากาศ
จุดเดือด	315 °C ที่ความดัน 1 บรรยากาศ
ความถ่วงจำเพาะ (น้ำ = 1)	1.836 ที่อุณหภูมิ 20 °C
ความหนาแน่นไอสัมพัทธ์ (อากาศ = 1)	3.4
ความสามารถในการละลายน้ำ	ละลายได้ดีมาก
ความดันไอ	0.001 มิลลิเมตรปรอท ที่อุณหภูมิ 20 °C
แรงตึงผิว	54.53 dynes/cm
ความหนืด	28 cP ที่อุณหภูมิ 25 °C
สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายในน้ำ	$1.97 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{sec}$
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	1 ที่ความเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก

¹ กรดซัลฟิวริกไม่มีกลิ่น แต่อาจได้กลิ่นจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่อยู่ในกรดซัลฟิวริก

สมบัติทางกายภาพของกรดซัลฟิวริกจะขึ้นกับความเข้มข้น อุณหภูมิและความดัน ที่อุณหภูมิคงที่ ค่าความหนาแน่นหรือความถ่วงจำเพาะของกรดซัลฟิวริกที่อุณหภูมิคงที่ค่าใด ๆ จะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นอย่างช้า ๆ และมีค่าสูงสุดที่ความเข้มข้น 98% และความเข้มข้นระหว่าง 98% ถึง 100% จะค่อย ๆ ลดลง ดังกราฟรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 กราฟแสดงค่าความถ่วงจำเพาะของกรดซัลฟิวริกที่แปรผันตามความเข้มข้นที่อุณหภูมิคงที่ 15.6 °C

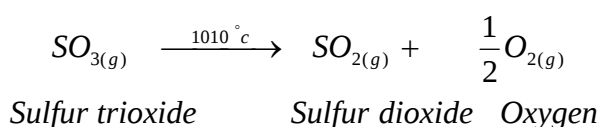
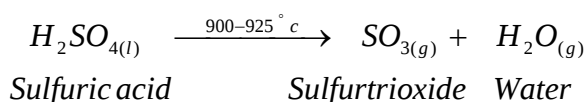
ส่วนสมบัติอื่น ๆ ได้แก่ จุดเยือกแข็ง จุดเดือด ค่าความถ่วงจำเพาะ และค่าความเป็นกรด-ด่าง ดูเพิ่มเติมในภาคผนวก ข สมบัติของกรดซัลฟิวริก

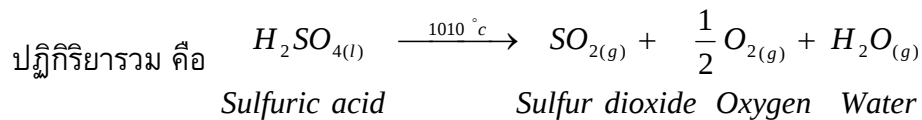
2.2 สมบัติทางเคมี (Chemical properties)

กรดซัลฟิวริกเป็นกรดแก่ (Strong acid) เป็นไอออนซัลเฟต (Sulfate ion) มีสมบัติดูดความชื้น (Hygroscopic) เป็นสารออกซิไดซ์ (Oxidizing agent) ไม่ติดไฟ และเสถียรต่อความร้อน

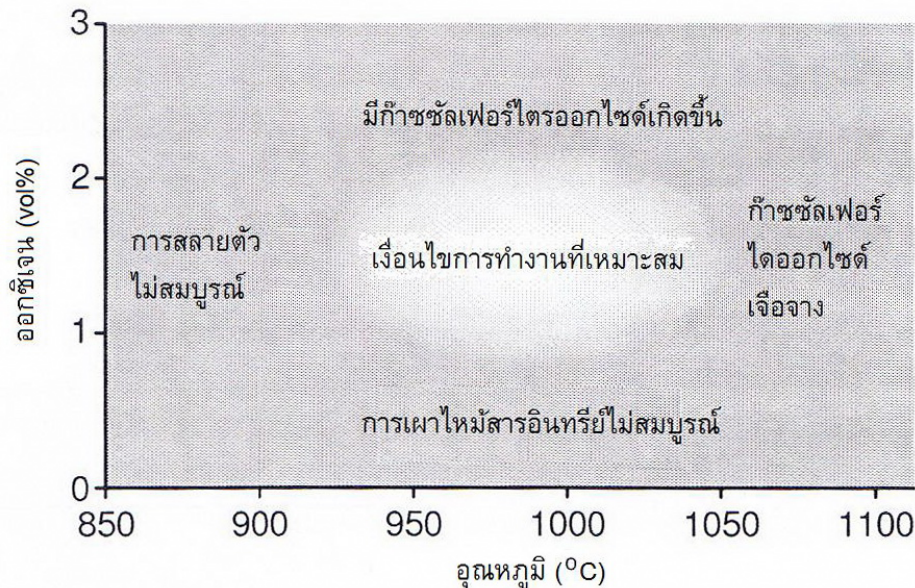
กรดซัลฟิวริกเจือจาง (Diluted sulfuric acid) จะทำปฏิกิริยารุนแรงกับโลหะต่าง ๆ เกิดเป็นก๊าซไฮโดรเจน โลหะซัลเฟตและไบซัลเฟต และทำปฏิกิริยากับต่างได้เป็นเกลือเช่นเดียวกับกรดชนิดอื่น ๆ

ปฏิกิริยาของกรดซัลฟิวริกกับสารประกอบอินทรีย์ (Organic compound) เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน และที่อุณหภูมิสูงประมาณ 900-925 °C จะสลายตัวให้ก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์และน้ำ เมื่อให้ความร้อนเพิ่มขึ้นจนถึงอุณหภูมิประมาณ 1,010 °C ก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์จะสลายตัวให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซออกซิเจนทั้งหมด ดังสมการ





โดยเงื่อนไขของปฏิกิริยาขึ้นกับอุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ การสลายตัวของกรดซัลฟิวริก ณ ที่อุณหภูมิและที่ปริมาณออกซิเจนต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 การสลายตัวของกรดซัลฟิวริก ณ ที่อุณหภูมิและที่ปริมาณออกซิเจนค่าต่าง ๆ

วัสดุที่เข้ากันไม่ได้กับกรดซัลฟิวริก เช่น ด่าง สารอินทรีย์ โลหะที่เป็นผงละเอียด ความชื้นหรือน้ำ คาร์ไบด์ คลอเรต ไฮไดรด์ เอไซด์ ฟลูออไรด์ ฟิเกรท ไนเตรต ซิงค์ไฮไดรด์ อัลคิลเฮไลด์ เปอร์แมงกาเนต ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เพอคลอเรต ไนโตรมีเทน ฟอสฟอรัส ไทไตรโซโคลเพนตะไดอิน โซโคลเพนทาโนน ไนโตรเอริลเอมีน ฟอสฟอรัส(III)ออกไซด์ เบนซีน เป็นต้น

2.3 อันตรายของกรดซัลฟิวริก

กรดซัลฟิวริกสลายตัวที่อุณหภูมิสูงให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เป็นก๊าซพิษ กรดซัลฟิวริกเป็นสารเคมีอันตรายที่ทำให้เกิดปฏิกิริยารุนแรง สัมผัสกับสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์บางชนิดอาจติดไฟหรือระเบิดได้ และถ้าสัมผัสกับโลหะจะเกิดก๊าซไฮโดรเจนที่ไวไฟ รวมถึงทำปฏิกิริยารุนแรงกับน้ำ

กรดซัลฟิวริกเป็นสารที่มีความเป็นพิษ ถ้าหายใจ กินหรือกลืนเข้าไปจะเป็นอันตรายมาก เป็นสารกัดกร่อนต่อดวงตา ผิวหนัง ระบบทางเดินหายใจ ทำให้ตาบอด เป็นแผลเป็น และทำลายเนื้อเยื่อปอด ละอองไอกรดซัลฟิวริกซึ่งเป็นกรดของสารอนินทรีย์ เป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็ง (Carcinogenic)

ข้อควรระวัง

ห้ามเติมหรือเทน้ำลงในกรดซัลฟิวริกเข้มข้นโดยเด็ดขาด

2.4 การจำแนกประเภทความเป็นอันตราย จลภาค และข้อมูลความปลอดภัยสารเคมี ตามระบบ GHS (Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals)

การจำแนกประเภทความเป็นอันตรายและฉลากสารเคมีตามระบบ GHS เป็นระบบที่ใช้จำแนกและสื่อสารความเป็นอันตรายให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วโลก ประกอบด้วย การใช้สัญลักษณ์ คำสัญลักษณ์ ข้อมูลแสดงความเป็นอันตราย และข้อควรระวัง

2.4.1. การจำแนกประเภทความเป็นอันตรายของกรดซัลฟิวริกไม่หนอยกว่า 98% โดยน้ำหนัก ตามระบบ GHS

การจำแนกประเภท	กลุ่มที่	สัญลักษณ์	คำสัญลักษณ์	ข้อความแสดงความเป็นอันตราย	หมายเหตุ	ข้อมูลอ้างอิง
ความเป็นอันตรายทางกายภาพ						
1. วัตถุระเบิด	ไม่จำแนก	-	-	-	ไม่เป็นวัตถุระเบิด	GHS definition
2. ก๊าซไวไฟ	ไม่จำแนก	-	-	-	เป็นของเหลว	GHS definition
3. ละอองลอยไวไฟ	ไม่จำแนก	-	-	-	ไม่เป็นสารระเหย	GHS definition
4. ก๊าซออกซิไดซ์	ไม่จำแนก	-	-	-	เป็นของเหลว	GHS definition
5. ก๊าซกัดกร่อน	ไม่จำแนก	-	-	-	เป็นของเหลว	GHS definition
6. ของเหลวไวไฟ	ไม่จำแนก	-	-	-	ไม่เป็นสารไวไฟ	GHS definition
7. ของแข็งไวไฟ	ไม่จำแนก	-	-	-	เป็นของเหลว	GHS definition
8. สารเดี่ยวและสารผสมที่ทำปฏิกิริยาได้เอง	ไม่จำแนก	-	-	-	ไม่เกิดปฏิกิริยาได้เอง	GHS definition

การจำแนกประเภท	กลุ่มที่	สัญลักษณ์	คำสัญลักษณ์	ข้อความแสดง ความเป็นอันตราย	หมายเหตุ	ข้อมูลอ้างอิง
9. ของเหลวที่ลุกติดไฟได้เองในอากาศ	ไม่จำแนก	-	-	-	ไม่ลุกติดไฟได้เองในอากาศ	GHS definition
10. ของแข็งที่ลุกติดไฟได้เองในอากาศ	ไม่จำแนก	-	-	-	เป็นของเหลว	GHS definition
11. สารเดี่ยวและสารผสมที่เกิดความร้อนได้เอง	ไม่จำแนก	-	-	-	ไม่เกิดความร้อนได้เอง	GHS definition
12. สารเดี่ยวและสารผสมที่สัมผัสแล้วไวไฟ	ไม่จำแนก	-	-	-	ไม่มีส่วนประกอบที่สัมผัสแล้วไวไฟ	GHS definition
13. ของเหลวออกซิไดซ์	ไม่สามารถจำแนก	-	-	-	ไม่มีข้อมูลการทดลอง	GHS definition
14. ของแข็งออกซิไดซ์	ไม่จำแนก	-	-	-	เป็นของเหลว	GHS definition
15. สารเปอร์ออกไซด์อินทรีย์	ไม่จำแนก	-	-	-	ไม่เป็สารอินทรีย์	GHS definition
16. สารกัดกร่อนโลหะ	ไม่จำแนก	-	-	-	ไม่เข้าข่ายตามเกณฑ์การทดสอบ อัตราการกัดกร่อนโลหะ 6.25 มิลลิเมตรต่อปี	GHS definition
ความเป็นอันตรายต่อสุขภาพ						
1. ความเป็นพิษเฉียบพลัน ทางปาก	กลุ่ม 5	ไม่มีรูปสัญลักษณ์	ระวัง	อาจเป็นอันตรายเมื่อกลืนกิน	LD ₅₀ = 2,140 mg/kg ทดลองกับหนู (rat)	Prayon Rupel S.A. OECD Guidelines 401
ทางผิวหนัง	ไม่สามารถจำแนก	-	-	-	ไม่มีข้อมูลการทดลอง	-
ทางการหายใจ	กลุ่ม 2		อันตราย	เป็นอันตรายถึงตายได้เมื่อหายใจเข้าไป (ละออง)	LC ₅₀ =0.375 mg/l ทดลองกับหนู (rat) เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง	OECD SIDS

การจำแนกประเภท	กลุ่มที่	สัญลักษณ์	คำสัญลักษณ์	ข้อความแสดง ความเป็นอันตราย	หมายเหตุ	ข้อมูลอ้างอิง
2. การกักตุนและการระคายเคืองต่อผิวหนัง	กลุ่ม 1		อันตราย	ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรง	pH = 1 ที่ความเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก	Patty F, Industrial Hygiene and Toxicology
3. การทำลายดวงตาอย่างรุนแรงและการระคายเคืองต่อดวงตา	กลุ่ม 1		อันตราย	ทำลายดวงตาอย่างรุนแรง	มีรายงานผลการกระทบต่อดวงตาอย่างรุนแรงในคน	Patty F, Industrial Hygiene and Toxicology
4. การทำให้ไวต่อการกระตุ้นอาการแพ้ต่อระบบทางเดินหายใจ	ไม่สามารถจำแนก	-	-	-	ไม่มีข้อมูลการทดลอง	-
5. การทำให้ไวต่อการกระตุ้นอาการแพ้ต่อผิวหนัง	ไม่สามารถจำแนก	-	-	-	ไม่มีข้อมูลการทดลอง	-
6. การก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ของเซลล์สืบพันธุ์	ไม่สามารถจำแนก	-	-	-	ไม่มีข้อมูลการทดลอง	-
7. การก่อมะเร็ง	กลุ่ม 1		อันตราย	อาจก่อให้เกิดมะเร็ง (การหายใจ)	พบหลักฐานการก่อมะเร็ง	OECD, IARC, NTP, ACGIH
8. ความเป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์	ไม่สามารถจำแนก	-	-	-	ไม่มีข้อมูลการทดลอง	-
9. ความเป็นพิษต่อระบบอวัยวะเป้าหมาย โดยเฉพาะจะงอกจากการสัมผัสครั้งเดียว	กลุ่ม 1		อันตราย	ทำอันตรายต่ออวัยวะ (ระบบทางเดินหายใจ)	มีอาการหายใจลำบากและทำลายปอด	Merck Index ACGIH
10. ความเป็นพิษต่อระบบอวัยวะเป้าหมาย โดยเฉพาะจะงอกจากการสัมผัสซ้ำ	กลุ่ม 1		อันตราย	ทำอันตรายต่ออวัยวะ (ระบบทางเดินหายใจ)	มีอาการหายใจลำบากและทำลายปอด	Merck Index ACGIH
11. ความเป็นอันตรายจากการสลาย	ไม่สามารถจำแนก	-	-	-	ไม่มีข้อมูลการทดลอง	-

การจำแนกประเภท	กลุ่มที่	สัญลักษณ์	คำสัญลักษณ์	ข้อความแสดง ความเป็นอันตราย	หมายเหตุ	ข้อมูลอ้างอิง
ความเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม						
1. ความเป็นพิษเฉียบพลันต่อสิ่งแวดล้อมในน้ำ	กลุ่ม 3	-	-	เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ	LC ₅₀ =16-28 mg/l ทดลองกับปลา Blue Gill ระยะเวลา 96 ชั่วโมง	Environment Canada, US coast guard
2. ความเป็นพิษเรื้อรังต่อสิ่งแวดล้อมในน้ำ	ไม่สามารถ จำแนก	-	-	-	ไม่มีข้อมูลในการพิจารณา	-
3. ความเป็นอันตรายต่อชั้นบรรยากาศ โอโซน	ไม่จำแนก	-	-	-	ไม่เป็นสารในรายชื่อของพีซี สารมอนทรีออล	GHS definition

ไม่จำแนก หมายถึง พิจารณาจากข้อมูลที่มีพบว่า ไม่เข้าข่ายความเป็นอันตรายตามเกณฑ์

ไม่สามารถจำแนก หมายถึง ไม่มีข้อมูลเพียงพอในการพิจารณา

2.4.2. ตัวอย่างฉลากกรดซัลฟิวริก ตามระบบ GHS

ฉลากตามระบบ GHS ประกอบด้วย การใช้รูปสัญลักษณ์ คำสัญญาณ ข้อความแสดงความเป็นอันตราย และข้อควรระวัง รวมทั้งระบุบริษัทที่จัดจำหน่าย

ตัวอย่างฉลากกรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid) เข้มข้นไม่น้อยกว่า 98% โดยน้ำหนัก ตามระบบ GHS

กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid) CAS Number 7664-93-9 UN 1830	การบ่งชี้สาร
	รูปสัญลักษณ์
อันตราย	คำสัญญาณ
ความเป็นอันตราย - อาจเป็นอันตรายเมื่อกลืนกิน - เป็นอันตรายถึงตายได้ เมื่อหายใจเข้าไป (ละออง) - ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรง และทำลายดวงตาอย่างรุนแรง - อาจก่อให้เกิดมะเร็ง (การหายใจ) - ทำอันตรายต่ออวัยวะ (ระบบทางเดินหายใจ) - เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ	ข้อความแสดงความเป็นอันตราย
ข้อควรระวัง - ห้ามใช้งานหากยังไม่อ่านหรือเข้าใจข้อควรระวังด้านความปลอดภัย - บรรจุในภาชนะที่เหมาะสม - ห้ามหายใจละอองไอของสารเข้าไป - สวมชุดและอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล - กรดซัลฟิวริกเมื่อกักต้อนโลหะจะให้ก๊าซไฮโดรเจนที่เป็นก๊าซไวไฟ - เก็บให้ห่างจากสารที่เข้ากันไม่ได้	ข้อความแสดงข้อควรระวัง
การปฐมพยาบาล - ถ้าสูดดมเข้าไปให้ย้ายผู้ป่วยไปที่ที่มีอากาศบริสุทธิ์ ถ้าไม่หายใจ ให้การช่วยหายใจ ถ้าหายใจลำบากให้ออกซิเจน แล้วรีบนำส่งแพทย์ - กรณีถูกผิวหนัง ให้ถอดเสื้อผ้าที่เปื้อนสาร ล้างออกด้วยน้ำไหลผ่านปริมาณมาก เป็นเวลาอย่างน้อย 15 นาที และถ้ามีการสัมผัสผิวหนังเป็นบริเวณกว้าง เมื่อใช้น้ำไหลผ่านปริมาณมากแล้ว ให้ห่มด้วยผ้าเพื่อให้ความอบอุ่น แล้วรีบนำส่งแพทย์ - กรณีเข้าตา ให้ล้างด้วยน้ำไหลผ่านปริมาณมาก ๆ เป็นเวลาอย่างน้อย 15 นาที จนแน่ใจว่าได้ล้างตาอย่างเพียงพอ โดยใช้นิ้วมือแยกเปลือกตาออกจากกันระหว่างล้าง แล้วรีบนำส่งแพทย์ - เมื่อกลืนกินเข้าไป กรณีผู้ป่วยมีสติอยู่ ให้ใช้น้ำบ้วนปาก แล้วรีบนำส่งแพทย์ทันที ห้ามทำให้อาเจียน	ข้อมูลการปฐมพยาบาล
รายละเอียดผู้จำหน่าย - บริษัท ซัลฟิวริก จำกัด เลขที่ 1 ถนนพระราม 6 เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400 - โทรศัพท์ 02 xxx xxxx โทรสาร 02 xxx xxxx	รายละเอียดผู้จำหน่าย
หมายเลขโทรศัพท์ฉุกเฉิน xxxx	โทรศัพท์ฉุกเฉิน

2.4.3. ข้อมูลความปลอดภัยของกรดซัลฟิวริก (Safety data sheet - SDS)

ข้อมูลความปลอดภัยเป็นข้อมูลเกี่ยวกับสารเคมี ประกอบด้วยข้อมูลความเป็นอันตราย มาตรการการกักกันเพื่อหลีกเลี่ยงอันตราย เพื่อสื่อสารให้ผู้ที่เกี่ยวข้องได้ทราบถึง อันตราย วิธีการควบคุม วิธีการป้องกัน และวิธีการลดความเป็นอันตราย จัดทำตามระบบ GHS โดยมีองค์ประกอบดังรายละเอียดในตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างข้อมูลความปลอดภัยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นไม่น้อยกว่า 98% โดยน้ำหนัก

1. การบ่งชี้สารเดี่ยวหรือสารผสม และผู้ผลิต (Identification of the substance or mixture and of the supplier)	
1.1 ตัวบ่งชี้ผลิตภัณฑ์ตามระบบ GHS (GHS product identifier)	
- ชื่อผลิตภัณฑ์	กรดซัลฟิวริกเข้มข้นไม่น้อยกว่า 98% โดยน้ำหนัก
- ชื่อทางเคมี	กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid)
- ชื่อเรียกอื่น	กรดกำมะถัน Dihydrogen sulfate, Dithionic acid, Brown oil, Oil of vitriol, Vitriol brown Oil, Dipping acid, Vitriolic acid, Spirit of alum
- สูตรเคมี	H ₂ SO ₄
- น้ำหนักโมเลกุล	98.08
- CAS number	7664-93-9
1.2 ข้อแนะนำและข้อจำกัดต่าง ๆ ในการใช้	
กรดซัลฟิวริกเป็นกรดที่ละลายน้ำได้ดี สามารถนำไปใช้ในการผลิต เช่น สารส้ม ผงชูรส คาโปรแลคตัม เส้นใยวิสโคสเรยอน กรดแลคติก กรดซิตริก เป็นต้น และยังนำไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ เช่น การสกัดแร่ ตัวเร่งปฏิกิริยา สารดูดความชื้น เป็นต้น หลีกเลี่ยงอย่าให้น้ำเข้าภาชนะที่บรรจุกรดซัลฟิวริก หลีกเลี่ยงการจัดเก็บร่วมกับสารหรือวัสดุที่เข้ากันไม่ได้ เช่น ด่าง สารอินทรีย์ โลหะที่เป็นผงละเอียด ความชื้น คาร์ไบด์ คลอไรด์ ไฮไดรด์ เอไซด์ ฟลูออไรด์ ฟิเกรท ไนเตรต ซิงค์ไฮไดรด์ อัลคิลเฮไลด์ เปอร์แมงกาเนต ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เพอคลอเรต ไนโตรมีเทน ฟอสฟอรัส ไทไตรโซโคลเพนตะไดอิน โซโคลเพนทาโนน ไนโตรเอริลเอมีน ฟอสฟอรัส(III)ออกไซด์ เบนซีน เป็นต้น สารเคมีอันตรายที่เกิดจากการสลายตัวเนื่องจากความร้อน ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดรออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เป็นพิษ	
1.3 รายละเอียดผู้ผลิต (ข้อมูลสมมติ)	
ชื่อบริษัท-ที่อยู่ xxxxxxxxxx โทรศัพท์ 02 xxx xxxx โทรสาร 02 xxx xxxx	
1.4 หมายเลขโทรศัพท์ฉุกเฉิน xxxx	

2. การบ่งชี้ความเป็นอันตราย (Hazards identification)

2.1 จำแนกประเภทตามระบบ GHS

ความเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

ความเป็นพิษเฉียบพลัน

ทางปาก

กลุ่มที่ 5 - ระวัง

ทางการหายใจ

กลุ่มที่ 2 - อันตราย

การกัดกร่อน/ระคายเคืองต่อผิวหนัง

กลุ่มที่ 1 - อันตราย

การทำลาย/ระคายเคืองต่อดวงตา

กลุ่มที่ 1 - อันตราย

การก่อมะเร็ง

กลุ่มที่ 1 - อันตราย

ความเป็นพิษต่อระบบอวัยวะเป้าหมายอย่าง

กลุ่มที่ 1 - อันตราย

เฉพาะเจาะจงจากการสัมผัสครั้งเดียว

ความเป็นพิษต่อระบบอวัยวะเป้าหมายอย่าง

กลุ่มที่ 1 - อันตราย

เฉพาะเจาะจงจากการสัมผัสซ้ำ

ความเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

ความเป็นพิษเฉียบพลันต่อสิ่งแวดล้อมในน้ำ

กลุ่มที่ 3 -

2.2 องค์ประกอบฉลากตามระบบ GHS รวมถึงข้อควรระวัง (Precautionary statement)



อันตราย

ข้อความเป็นอันตราย

- อาจเป็นอันตรายเมื่อกลืนกิน
- เป็นอันตรายถึงตายได้ เมื่อหายใจเข้าไป (ละออง)
- ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรง และทำลายดวงตาอย่างรุนแรง
- อาจก่อให้เกิดมะเร็ง (การหายใจ)
- ทำอันตรายต่ออวัยวะ (ทางเดินหายใจ)
- เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ

ข้อควรระวัง

- ห้ามใช้งานหากยังไม่อ่านหรือเข้าใจข้อควรระวังด้านความปลอดภัย
- บรรจุในภาชนะที่เหมาะสม
- ห้ามหายใจละอองไอของสารเข้าไป
- สวมชุดและอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล

2. การบ่งชี้ความเป็นอันตราย (Hazards identification) (ต่อ)

- กรดซัลฟิวริกเมื่อเกิดกร่อนโลหะจะให้ก๊าซไฮโดรเจนที่เป็นก๊าซไวไฟ
- เก็บให้ห่างจากสารที่เข้ากันไม่ได้

รหัสแสดงความเสี่ยง (Risk Phrases)

R35 เกิดแผลไหม้รุนแรงได้

รหัสแสดงความปลอดภัย (Safety Phrases)

S1/2 เก็บในสถานที่ปิดสนิท และพ้นจากเด็ก

S26 กรณีที่สารเข้าตา ให้ล้างออกทันทีด้วยน้ำปริมาณมาก ๆ และไปพบแพทย์

S30 ห้ามเติมน้ำลงในสารนี้

S45 กรณีเกิดอุบัติเหตุหรือรู้สึกไม่สบายให้ไปพบแพทย์ทันที (นำฉลากของสารไปด้วย)

3. องค์ประกอบและข้อมูลเกี่ยวกับส่วนผสม (Composition/information on ingredients)**3.1 ชื่อทางเคมี (Chemical name) และความเข้มข้น**

กรดซัลฟิวริก ความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 98% โดยน้ำหนัก

3.2 ชื่อสามัญ (Common name) และชื่อเรียกอื่น (Synonym)

ชื่อสามัญ : กรดซัลฟิวริก

ชื่อเรียกอื่น : กรดกำมะถัน Dihydrogen sulfate, Oil of vitriol, Vitriol brown oil, Vitriolic acid, Dithionous acid, Spirit of alum, Dripping acid

ส่วนประกอบสำคัญ

องค์ประกอบ	CAS number	% โดยน้ำหนัก
กรดซัลฟิวริก	7664-93-9	ไม่น้อยกว่า 98%
น้ำ		น้อยกว่า 2%

3.3 การบ่งชี้ด้วยวิธีอื่น ๆ

หมายเลข CAS 7664-93-9

หมายเลขสหประชาชาติ (UN number) 1830

หมายเลข EC (EINECS) 231-639-5

4. มาตรการปฐมพยาบาล (First aid measures)

การหายใจเข้าไป	ให้ย้ายผู้ป่วยไปที่ที่มีอากาศบริสุทธิ์ ถ้าหายใจลำบากให้ออกซิเจน ถ้าหยุดหายใจให้ผายปอด
การสัมผัสผิวหนัง	กรณีที่ถูกผิวหนังให้ถอดเสื้อผ้าที่เปื้อนสาร ล้างออกด้วยน้ำ

4. มาตรการปฐมพยาบาล (First aid measures) (ต่อ)

การสัมผัสดวงตา	ไหลผ่านปริมาณมาก เป็นเวลาอย่างน้อย 15 นาที และถ้ามีการสัมผัสผิวหนังเป็นบริเวณกว้าง เมื่อใช้น้ำไหลผ่านปริมาณมากแล้ว ให้ห่มด้วยผ้าเพื่อให้ความอบอุ่น แล้วรีบนำส่งแพทย์ทันที ในกรณีที่เข้าตาให้ล้างด้วยน้ำไหลผ่านปริมาณมาก ๆ เป็นเวลาอย่างน้อย 15 นาที หากใส่คอนแทกเลนส์อยู่ ให้ถอดออกหากทำได้โดยปลอดภัย และล้างทำความสะอาดต่อไป ต้องแน่ใจว่าได้ล้างตาอย่างเพียงพอ โดยใช้นิ้วมือแยกเปลือกตาออกจากกันระหว่างล้าง แล้วรีบนำส่งแพทย์ทันที
การกินหรือกลืนเข้าไป	กรณีผู้ป่วยมีสติอยู่ ให้ใช้น้ำบ้วนปาก แล้วรีบนำส่งแพทย์ทันที ห้ามทำให้อาเจียน

5. มาตรการผจญเพลิง (Fire-fighting measures)

- 5.1 สารดับเพลิงที่ห้ามใช้และสารดับเพลิงที่เหมาะสม
ไม่ควรใช้น้ำดับไฟโดยตรง (ห้ามฉีดเป็นลำ) ให้ใช้น้ำฉีดเป็นฝอย หรือใช้คาร์บอนไดออกไซด์หรือผงเคมีแห้งในการดับเพลิง ไม่ควรฉีดน้ำเข้าไปในภาชนะที่บรรจุกรดซัลฟิวริก และให้หล่อเย็นภาชนะบรรจุโดยใช้น้ำในปริมาณมากจนแน่ใจว่าไฟดับสนิทแล้ว
- 5.2 ความเป็นอันตรายเฉพาะที่เกิดขึ้นจากการดซัลฟิวริก
สลายตัวเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งเป็นก๊าซพิษ เมื่อได้รับความร้อน
- 5.3 อุปกรณ์ป้องกันพิเศษและข้อควรระวังสำหรับนักผจญเพลิง
กรณีเกิดไฟไหม้และกรณีเกิดการหกรั่วไหลที่มีการสัมผัสโดยตรง ชุดผจญเพลิงไม่สามารถป้องกันอันตรายจากการดซัลฟิวริกได้

6. มาตรการจัดการเมื่อมีการหกรั่วไหลของสาร (Accident release measures)

- 6.1 ข้อควรระวังส่วนบุคคล อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัย และขั้นตอนปฏิบัติงานฉุกเฉิน
- ข้อควรระวังส่วนบุคคล
- ห้ามสูดดมไอระเหย ละอองไอ และไม่ควรสัมผัสกับสาร
- อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัย
- สวมชุดป้องกันสารเคมี แวนครอบตาสารเคมี ที่ครอบหน้า หมวกนิรภัยพร้อมกระบังหน้า ถุงมือกันสารเคมี และรองเท้านิรภัย
- ขั้นตอนปฏิบัติงานฉุกเฉิน
- สวมอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลที่เหมาะสมต่อการกักต่อนกรดซัลฟิวริกในขณะเกิดเหตุฉุกเฉิน และถ้าไม่ทราบความเข้มข้นของสาร ให้สวมอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจชนิดถึงบรรจุอากาศแบบพกพา (SCBA)

6. มาตรการจัดการเมื่อมีการหกรั่วไหลของสาร (Accident release measures) (ต่อ)

- กั้นบริเวณเพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ได้รับอันตราย
- ควบคุมหรือจำกัดบริเวณที่สารหกรั่วไหล
- อพยพคนออกจากบริเวณที่เกิดเหตุไปในทิศทางเหนือลม
- ทำให้เป็นกลางโดยใช้สารเคมีประเภทต่าง เช่น ปูนขาว หินปูน เป็นต้น และนำไปบำบัดหรือฝังกลบตามกฎหมาย หรือพิจารณาการนำสารเคมีกลับมาใช้ใหม่ (ถ้าทำได้)
- ฟื้นฟูสภาพและตรวจติดตามสิ่งแวดล้อม

6.2 ข้อควรระวังทางสิ่งแวดล้อม

- กั้นบริเวณเพื่อป้องกันไม่ให้แพร่กระจายสู่ดิน น้ำ หรือสิ่งแวดล้อม

6.3 วิธีการและวัสดุ สำหรับกักเก็บและทำความสะอาด (Cleaning up)

- กักเก็บกรดซัลฟิวริกที่หกรั่วไหล หรือสารเคมีที่บำบัดแล้วในภาชนะที่ปิดมิดชิด และวัสดุของภาชนะต้องทนต่อการกัดกร่อนของกรดซัลฟิวริกหรือสารเคมีที่ได้จากการบำบัด

7. การขนถ่าย เคลื่อนย้าย ใช้งาน และเก็บรักษา (Handling and storage)

- เก็บในภาชนะบรรจุที่ปิดมิดชิด ป้องกันการเสียหายทางกายภาพ
- เก็บในบริเวณที่เย็น แห้ง และมีการระบายอากาศเพียงพอ เก็บห่างจากความร้อน ความชื้น และสารที่เข้ากันไม่ได้
- ให้สวมชุดป้องกันสารเคมี ที่ครอบหน้า แวนครอบตากันสารเคมี รองเท้านิรภัย และถุงมือกันสารเคมีชนิดที่ทนต่อการกัดกร่อนของกรดซัลฟิวริก
- ให้ทำการล้างมือทุกครั้งที่มีการสัมผัสกรดซัลฟิวริก

8. การควบคุมการสัมผัสและการป้องกันส่วนบุคคล (Exposure controls / personal protection)**8.1 ค่าที่ยอมรับในการสัมผัสกับกรดซัลฟิวริกของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ**

IDLH : 15 mg/m³ (NIOSH, 1997)

TLV-TWA : 1 mg/m³ (ACGIH, 1991)

TLV-STEL : 3 mg/m³ (ACGIH, 1991)

PEL-TWA : 1 mg/m³ (OSHA, 1998)

ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) พ.ศ. 2520

TLV-TWA ความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงานปกติ 1 mg/m³

8. การควบคุมการรับสัมผัสและการป้องกันส่วนบุคคล (Exposure controls / personal protection) (ต่อ)

8.2 การควบคุมทางวิศวกรรมและมาตรการป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสม

- การทำงานที่เกี่ยวข้องกับกรดซัลฟิวริก ควรพิจารณาให้มีการทำงานในระบบปิดเป็นลำดับแรก
- ในขณะที่ปฏิบัติงานปกติให้สวมอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล เช่น ชุดป้องกันสารเคมี อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ หมวกนิรภัยพร้อมกระบังหน้า แวนครอบตากันสารเคมี รองเท้ากันสารเคมี และถุงมือกันกรดซัลฟิวริก และจัดให้มีวิธีการระบายอากาศที่เหมาะสม โดยเฉพาะการทำงานในระบบเปิด

9. สมบัติทางกายภาพและทางเคมี (Physical and chemical properties)

ความเข้มข้นกรดซัลฟิวริก	ไม่น้อยกว่า 98% โดยน้ำหนัก
สถานะและสภาพปรากฏ	เป็นของเหลว ลักษณะคล้ายน้ำมัน ไม่มีสีจนถึงสีน้ำตาลอ่อน
กลิ่น	ไม่มีกลิ่น
น้ำหนักโมเลกุล	98.08
จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง	0 °C ที่ความดัน 1 บรรยากาศ
จุดเดือด	315 °C ที่ความดัน 1 บรรยากาศ
ความถ่วงจำเพาะ (น้ำ =1)	1.836 ที่อุณหภูมิ 20 °C
ความหนาแน่นไอสัมพัทธ์ (อากาศ = 1)	3.4
ความสามารถในการละลายน้ำ	ละลายได้ดีมาก
ความดันไอ	0.001 มิลลิเมตรปรอท ที่อุณหภูมิ 20 °C
แรงตึงผิว	54.53 dynes/cm
ความหนืด	28 cP ที่อุณหภูมิ 25 °C
สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายในน้ำ	$1.97 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{sec}$
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	1 ที่ความเข้มข้น 1 % โดยน้ำหนัก

10. ความเสถียรและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and reactivity)

10.1 วัสดุที่เข้ากันไม่ได้

ต่าง สารอินทรีย์ โลหะที่เป็นผงละเอียด ความชื้นหรือน้ำ คาร์ไบด์ คลอเรต ไฮยาไนด์ เอไซด์ ฟลูออไรด์ ฟิเกรท ไนเตรต ซิงค์ไฮไดรด์ อคคาลิไฮไลต์ เปอร์แมงกาเนต ไฮโดรเจน เปอร์ออกไซด์ เพอคลอเรต ไนโตรมีเทน ฟอสฟอรัส ไทไตรโซโคลเพนเตไดอิน โซโคลเพนทาโนน ไนโตรเฮริลเอมีน ฟอสฟอรัส(III)ออกไซด์ เบนซีน เป็นต้น

10. ความเสถียรและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and reactivity) (ต่อ)**10.2** ความเป็นอันตรายที่เกิดจากการสลายตัวของผลิตภัณฑ์

การสลายตัวเนื่องจากความร้อนเป็นก๊าซอันตราย ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และ
ก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์

11. ข้อมูลด้านพิษวิทยา (Toxicological information)**11.1** ข้อมูลเกี่ยวกับทางสัมผัส อาการที่ปรากฏ และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น

- อาจเป็นอันตรายเมื่อกลืนกิน
- เป็นอันตรายถึงตายได้ ถ้าหายใจเข้าไป (ละออง)
- ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรง และทำลายดวงตาอย่างรุนแรง
- อาจก่อให้เกิดมะเร็ง (การหายใจ)
- ทำอันตรายต่ออวัยวะ (ระบบทางเดินหายใจ)
- เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ

11.2 ค่าความเป็นพิษ

- ความเป็นพิษเฉียบพลันทางปาก
ค่า LD₅₀ เท่ากับ 2,140 mg/kg ทดลองกับหนู (rat)
- ความเป็นพิษเฉียบพลันทางการหายใจ
ค่า LC₅₀ เท่ากับ 0.375 mg/l ทดลองกับหนู (rat) เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง

12) ข้อมูลด้านนิเวศวิทยา (Ecological information)

- ความเป็นพิษเฉียบพลันต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ
ค่า LC₅₀ เท่ากับ 16-28 mg/l ทดลองกับปลา Blue Gill ระยะเวลา 96 ชั่วโมง

13) ข้อพิจารณาในการกำจัด (Disposal consideration)

- ห้ามทิ้งลงสู่แหล่งน้ำหรือดิน เนื่องจากสารนี้เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง
- ของเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีสมบัติเป็นกรดต้องปรับสภาพให้เป็นกลางด้วยด่าง เช่น ปูนขาว หินปูน เป็นต้น และนำกากของเสียที่ได้ไปฝังกลบตามกฎหมาย

14) ข้อมูลการขนส่ง (Transport information)

ชื่อในการขนส่ง	:	กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid) มากกว่า 50% โดยน้ำหนัก
หมายเลขสหประชาชาติ (UN number)	:	1830
ประเภทความเป็นอันตรายสำหรับการขนส่ง	:	ประเภทที่ 8
กลุ่มการบรรจุ	:	กลุ่ม II
มาตรฐานรหัสแท่งที่ติดติดกับตัวรถ	:	L4BN

15) ข้อมูลด้านกฎข้อบังคับ (Regulatory information)

- พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 เป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 3 การผลิต การนำเข้า การส่งออก หรือการมีไว้ในครอบครองต้องได้รับใบอนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม แต่ได้รับยกเว้นไม่ต้องขึ้นทะเบียน
- ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การขนส่งวัตถุอันตรายทางบก พ.ศ. 2546
- ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) พ.ศ. 2520
- ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตราย พ.ศ. 2534
- ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่อง คู่มือการเก็บรักษาสารเคมีและวัตถุอันตราย พ.ศ. 2550

16) ข้อมูลอื่น ๆ รวมทั้งข้อมูลการจัดทำและการปรับปรุงแก้ไขเอกสารข้อมูลความปลอดภัย (Other Information)

เอกสารอ้างอิง	:	xxx
วันที่จัดทำ	:	ตุลาคม 2553
ปรับปรุงครั้งที่	:	xxx

บทที่ 3

มาตรฐานภาชนะบรรจุและการตรวจสอบ

การจัดเก็บกรดซัลฟิวริกต้องจัดเก็บในภาชนะบรรจุที่มีมาตรฐาน มีการตรวจสอบทั้งก่อน ขณะ ใช้งาน และหลังใช้งานแล้ว โดยรูปแบบของภาชนะบรรจุที่นิยมใช้ในประเทศไทยตามวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ดังนี้

1. ถังเก็บ (Storage tank) ใช้เก็บกรณีที่มีการจัดเก็บปริมาณมาก ๆ
2. บรรจุภัณฑ์ขนาดเล็กและใหญ่ ได้แก่ ถังรูปทรงหลายเหลี่ยม (Jerricans) และบรรจุภัณฑ์ชนิด Intermediate bulk container (IBCs) ใช้เพื่อขนส่งหรือเคลื่อนย้ายในปริมาณไม่มาก
3. แท็งก์ที่ยึดติดกับตัวรถหรือแท็งก์ติดตัง (Fixed tank) ใช้เพื่อขนส่งทางถนนในปริมาณมาก โดยมีรายละเอียดของมาตรฐานและการตรวจสอบ ดังต่อไปนี้

3.1 ถังเก็บ

ปัจจุบัน ข้อกำหนดหรือมาตรฐานสำหรับการออกแบบถังเก็บ ไม่เพียงพอสำหรับการออกแบบถังเก็บกรดซัลฟิวริก ซึ่งต้องกำหนดค่าเผื่อการกัดกร่อนที่ยอมรับได้ และยังไม่มียกข้อกำหนดในการออกแบบและสร้างถังเก็บกรดซัลฟิวริกโดยเฉพาะ ดังนั้น จึงใช้ข้อกำหนดจากมาตรฐานหรือกฎระเบียบต่าง ๆ ที่มีอยู่มาปรับใช้ได้แก่

API standard 650 ข้อกำหนดการออกแบบถังเก็บน้ำมันขนาดใหญ่ (Welded steel tanks for oil storage)

API standard 620 ข้อกำหนดการสร้างถังเก็บขนาดใหญ่ที่ทำงานภายใต้แรงดันต่ำหรือที่ความดันบรรยากาศ (Recommend rules for construction of large, welded, low-pressure tanks)

API 2000 เป็นข้อกำหนดขนาดของช่องระบายอากาศสำหรับถังที่ทำงานภายใต้แรงดันต่ำหรือความดันบรรยากาศ (Venting atmospheric and low-pressure tanks)

ASME, section VIII, Division I ข้อกำหนดสำหรับการออกแบบ สร้างหม้อน้ำหรือถังความดันที่ทำงานภายใต้แรงดัน (Boiler and pressure vessel code)

ข้อกำหนดดังกล่าวข้างต้น เพียงพอสำหรับออกแบบทางกล (Mechanical design) แต่ไม่เพียงพอที่จะจัดการปัญหาการกัดกร่อนจากกรดซัลฟิวริกที่มีลักษณะเฉพาะตัวได้

สมาคมวิศวกรรมการกัดกร่อนแห่งชาติ (National association of corrosion engineers, NACE) ของสหรัฐอเมริกาได้ประกาศมาตรฐาน SP0294 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการก่อสร้างและตรวจสอบระบบถังเก็บ สำหรับจัดเก็บกรดซัลฟิวริกที่อุณหภูมิห้อง

ตัวอย่างถังเก็บกรดซัลฟิวริก แสดงดังรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 ตัวอย่างถังเก็บกรดซัลฟิวริก

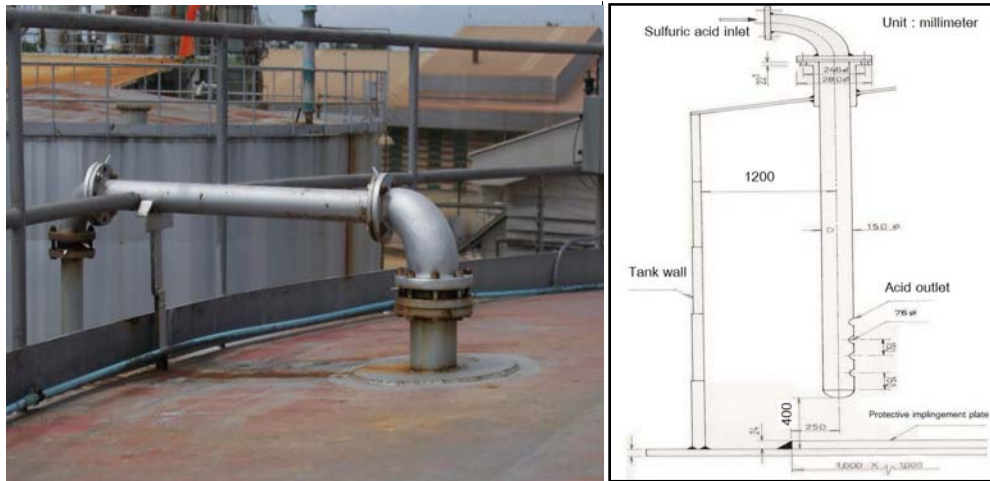
3.1.1 ข้อควรพิจารณาในการออกแบบและสร้างถังเก็บ

ในการออกแบบและสร้างถังเก็บกรดซัลฟิวริกจะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่สำคัญ ได้แก่ ค่าการกัดกร่อนที่ยอมรับได้ ลักษณะของท่อเติมกรดเข้าถัง ขนาดของถังเก็บ การระบายอากาศ การป้องกันความชื้น รูปแบบของฐานราก พื้น ผนัง และหลังคาของถัง รวมถึงการเชื่อมสร้างถัง โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) ค่าการกัดกร่อนที่ยอมรับได้ (Corrosion allowance) ขึ้นกับอายุการใช้งานที่ต้องการ ความเข้มข้น อุณหภูมิ ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ การออกแบบหลังคาจะกำหนดให้มีค่าการกัดกร่อนที่ยอมรับได้ต่ำสุด เท่ากับ 3 มิลลิเมตร ส่วนผนังและพื้นจะกำหนดให้มีค่าการกัดกร่อนที่ยอมรับได้ต่ำสุด เท่ากับ 6 มิลลิเมตร ตลอดอายุการใช้งาน
- 2) ท่อเติมกรดเข้าถัง (Acid inlet nozzle) ควรติดตั้งห่างจากผนังไม่น้อยกว่า 2.44 เมตร เพื่อป้องกันกรดไหลไปตามผนัง และท่อเติมควรยื่นเข้าไปในถังเก็บอย่างน้อย 150 มิลลิเมตร เพื่อป้องกันไม่ให้กรดไหลไปตามผนังของหลังคา (Underside of roof) แต่ถ้าไม่สามารถติดตั้งในระยะดังกล่าวได้ให้ติดตั้งในตำแหน่งที่ใกล้จุดศูนย์กลางของถังเท่าที่เป็นไปได้ เพื่อลดการกัดกร่อนผนังจากกรดซัลฟิวริก

ถ้าไม่สามารถติดตั้งในระยะที่กำหนดข้างต้น ควรใช้แบบท่อจุ่ม (Dip pipe) โดยมีระยะห่างของท่อกับพื้นถึงในระยะประมาณ 0.914 เมตร และติดตั้งห่างจากผนังถังอย่างน้อย 1.8 เมตร และติดตั้งแผ่นป้องกันการปะทะ (Protective impingement plate) ที่พื้นถัง ในบริเวณที่มีการปล่อยกรดออกจากท่อเข้าถัง ท่อจุ่มควรออกแบบให้มีการป้องกันการเกิดกาลักน้ำ (Syphon break)

การติดตั้งท่อเติมกรดเข้าถึงเก็บที่ระยะห่างจากผนังน้อยกว่า 2.44 เมตร และปลายท่อเติมห่างจากพื้นถึงน้อยกว่า 0.914 เมตร อาจทำได้แต่ต้องใช้ท่อปลายปิด และเจาะรูด้านข้างท่อในทิศทางที่กรดไหลเข้ากลางถังเก็บ (จุดที่เจาะจะอยู่ใกล้ปลายท่อ) โดยรูปแบบท่อเติมกรดซัลฟิวริกเข้าถึงเก็บในกรณีที่ท่อเติมห่างจากผนังน้อยกว่า 2.44 เมตร และปลายท่อเติมห่างจากพื้นถึงน้อยกว่า 0.914 เมตร แสดงดังรูปที่ 3-2



รูปที่ 3-2 รูปแบบท่อเติมกรดซัลฟิวริกเข้าถึงเก็บในกรณีที่ท่อเติมห่างจากผนังน้อยกว่า 2.44 เมตร และปลายท่อเติมห่างจากพื้นถึงน้อยกว่า 0.914 เมตร

การเติมกรดเข้าถึงอาจเติมจากด้านล่าง แต่ไม่แนะนำให้ใช้ แต่ถ้าจะใช้ควรใช้กับถังขนาดเล็กที่มีขนาดไม่เกิน 20 ตัน และส่วนใหญ่จะใช้เป็นถังตวง (Measuring tank) ก่อนบรรจุเข้าแท็งก์เพื่อการขนส่งหรือนำไปใช้ในกระบวนการผลิตเท่านั้น โดยเฉพาะกรณีที่ถ่ายกรดจากแท็งก์เพื่อการขนส่งไปยังถังเก็บ การเติมจากด้านล่างจะอันตรายมาก เนื่องจากเมื่อเติมเสร็จจะมีกรดไหลย้อนกลับเนื่องจากแรงดันจากระดับของกรดที่อยู่ในถัง และมีกรดเหลือค้างในท่อที่ต้องถ่ายออกจำนวนมาก การใช้งานต้องติดตั้งวาล์วเพิ่มเติม ทำให้ต้นทุนการติดตั้งเพิ่มขึ้น

- 3) ขนาดของถังเก็บ (Tank sizing) ควรจะมีขนาดจัดเก็บเพื่อใช้ในการผลิตได้อย่างน้อย 5 วัน แต่ถ้ามีการใช้งานและส่งมอบโดยตรงแท็งก์ควรเก็บได้อย่างน้อย 1.5 เท่า ของการจัดส่งปกติ หรือการจัดส่งปกติรวมกับการใช้งานได้อย่างน้อย 2 สัปดาห์ โดยความสามารถในการจัดเก็บ (Tank capacities) จะยึดหลักน้ำหนักมากกว่าปริมาตร เช่น 1,000 ตัน 2,000 ตัน 5,000 ตัน 10,000 ตัน เป็นต้น
- 4) ช่องระบายอากาศของถังเก็บ (Storage tank vents) ทำหน้าที่เป็นช่องหายใจหรือช่องระบายความดันเพื่อป้องกันถึงเสียหายจากความดันที่สูงหรือจากสูญญากาศที่เกิดขึ้นภายในถัง และป้องกันการสะสมของก๊าซไฮโดรเจนที่เป็นก๊าซไวไฟที่เกิดขึ้นจากการ

กัฏกร่อนผนังและพื้นของถังเก็บที่เป็นเหล็กกล้า ซึ่งอาจเป็นเหตุให้เกิดการระเบิดภายในถังได้ถ้ามีประกายไฟ

- ช่องระบายอากาศควรติดตั้งในตำแหน่งสูงสุดของถังเพื่อให้อากาศหรือก๊าซไฮโดรเจนระบายออกได้ทั้งหมด และหลังคาถังควรลาดเอียง ไม่มีหลุมหรือโพรงที่ทำให้ก๊าซอันตรายสะสมจนเป็นเหตุให้เกิดอันตรายหรือความเสียหายได้ ดังนั้นช่องระบายอากาศต้องมีขนาดที่เพียงพอ โดยควรมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างน้อยเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเติมหรือท่อถ่ายออกอย่างใดอย่างหนึ่ง (ให้ใช้ค่ามากเป็นเกณฑ์)
- ท่อทางออก (Vent opening) ของช่องระบายอากาศ ควรอยู่บริเวณที่เข้าไปทำงานหรือตรวจสอบได้ง่าย และควรงอคล้ายคอห่าน (Goose neck) (ดูรูปที่ 3-3) เพื่อป้องกันฝน น้ำค้างหรือลูกเห็บเข้าไปในถัง และติดตะแกรงเพื่อป้องกันนก สัตว์ หรือวัสดุต่าง ๆ เข้าไปในถัง
- ขนาดช่องระบายอากาศ (Sizing of vent) ต้องมีขนาดที่เหมาะสม เช่น ตามข้อกำหนด American petroleum institute (API) 2000 เป็นต้น โดยขนาดช่องระบายอากาศของถังเก็บที่ทำงานภายใต้ความดันบรรยากาศหรือที่ความดันต่ำ ๆ ควรพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้
 - การเติมกรดซัลฟิวริกเข้าถังเก็บ จะทำให้อากาศภายในถังปั่นป่วน ความดันในถังเพิ่มขึ้น ต้องมีการระบายความดันเพื่อไม่ให้มีค่าสูงเกินไป
 - การสัมผัสความร้อนหรือไฟ (Fire exposure) จะทำให้กรดซัลฟิวริกกลายเป็นไอและขยายตัวออกสู่ภายนอก ดังนั้น ต้องมีการระบายออกที่เพียงพอ โดยผ่านทางช่องระบายอากาศ
 - การขนถ่ายกรดซัลฟิวริกออกจากถัง จะทำให้อากาศที่เข้าถังเหมือนกับการหายใจเข้า (In-breathing) ของคน โดยมีอัตราการไหลของอากาศเข้าเท่ากับกรดซัลฟิวริกที่สูบออก ทำให้ความดันเพิ่มขึ้น อุณหภูมิภายในถังจะลดลง และมีการเปลี่ยนแปลงความร้อน การเติมกรดซัลฟิวริกเข้าถัง จะทำให้อากาศออกจากถังเหมือนกับการหายใจออก (Out-breathing) ของคน ทำให้ความดันลดลง อุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยมีอัตราการไหลของอากาศออกเท่ากับการเติมกรดซัลฟิวริกเข้าถัง และมีการเปลี่ยนแปลงความร้อน โดยอัตราการไหลของอากาศที่เข้าและออกจากถังเก็บ เนื่องจากผลของการเปลี่ยนแปลงความร้อนที่เกิดจากการเติมกรดเข้าหรือขนถ่ายกรดออกจากถังเก็บ (Thermal in-breathing and out-breathing) แสดงดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 อัตราการไหลของอากาศที่เข้าและออกจากถังเก็บ เนื่องจากผลของการเปลี่ยนแปลง ความร้อนที่เกิดจากการเติมกรดเข้าหรือขนถ่ายกรดออกจากถังเก็บ

ความจุของถังเก็บ (Tank capacity, m ³)	อัตราการไหลเข้าของอากาศ (In-breathing) จากการจ่ายกรดซัลฟิวริกออกจากถังเก็บ (m ³ /h)	อัตราการไหลออกของอากาศ (Out-breathing) การเติมกรดซัลฟิวริกเข้าถังเก็บ (m ³ /h)
10	1.69	1.01
20	3.37	2.02
100	16.9	10.1
200	33.7	20.2
300	50.6	30.3
500	84.3	50.6
700	118	70.8
1000	169	101
1500	253	152
2000	337	202
3000	506	303
4000	647	472
5000	787	537

ตัวอย่างการคำนวณขนาดช่องระบายอากาศของถังเก็บกรดซัลฟิวริก แสดงดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ตัวอย่างการคำนวณขนาดช่องระบายอากาศของถังเก็บกรดซัลฟิวริก

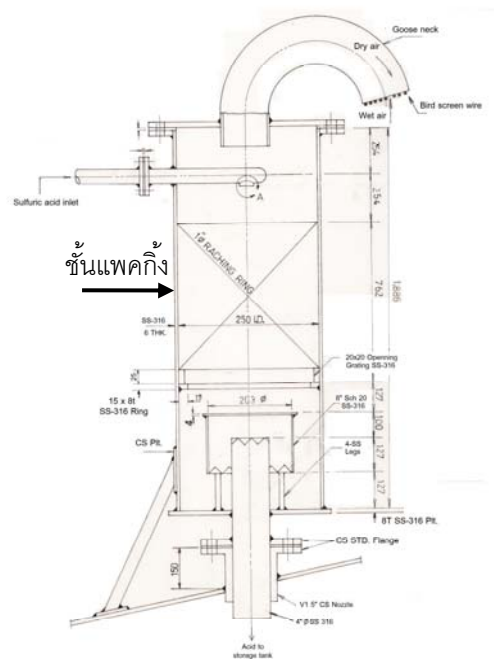
ข้อกำหนด : ถังเก็บกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 98.5% โดยน้ำหนัก มีรูปร่างเป็นถังทรงกระบอกแนวตั้ง มีเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) 16 เมตร ความสูง (H) 7.5 เมตร ปริมาตร 1,500 m ³ มีอัตราการเติมกรดเข้า 5 m ³ /h (9 ตันต่อชั่วโมง) และขนถ่ายกรดออก 15 m ³ /h (27 ตันต่อชั่วโมง)		
เงื่อนไข	อากาศเข้าถัง (In-breathing, m ³ /h)	อากาศออกจากถัง (Out-breathing, m ³ /h)
อัตราการไหลอากาศที่ระบายออก (Venting requirements)		
1. อัตราการไหลเข้า/ออก (Liquid in/out flow)	15	5
2. ความร้อนจากการเติมและถ่ายออก (Thermal in/out breathing) (ดูตารางที่ 3-1)	253	152
3. รวมอากาศที่ระบายออก (Total venting requirement = 1 + 2) และใช้ค่ามากไปคำนวณหาขนาดของท่อระบายอากาศ เช่น จากตารางจะใช้ค่า 268 m ³ /hr ไปคำนวณหาขนาดของท่อระบายอากาศ	268	157

หมายเหตุ การคำนวณตามตารางที่ 3-2 ไม่รวมผลของกรณีเกิดไฟไหม้หรือจากแหล่งความร้อนอื่นที่มีต่อถังเก็บ

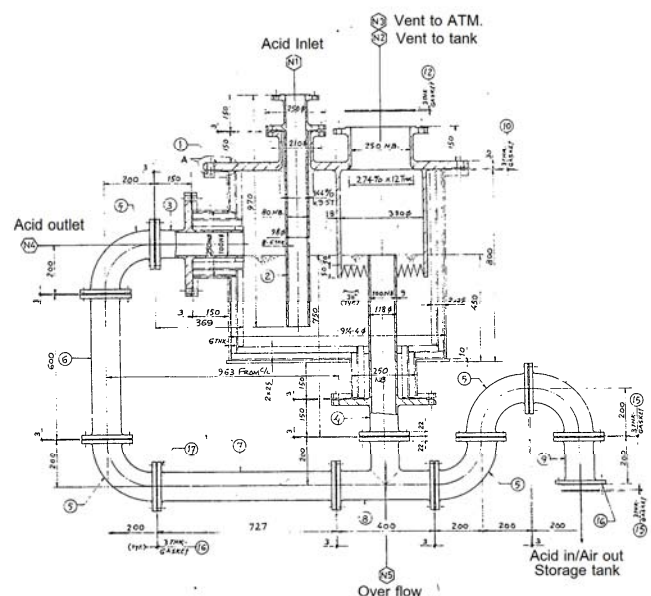
- อุปกรณ์ดักความชื้น (Vent dryers) เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญ ซึ่งมีหน้าที่ป้องกันความชื้นจากอากาศเข้าไปในถังเก็บ การไม่มีอุปกรณ์ดักความชื้นจะทำให้ผิวหน้ากรดซัลฟิวริกที่อยู่ในถังเจือจาง และเร่งให้มีการกัดกร่อนมากขึ้น อีกทั้งถ้าระดับกรดซัลฟิวริกภายในถังอยู่หนึ่งที่ระดับใดระดับหนึ่งนาน ๆ โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับ กรดซัลฟิวริกที่เจือจางจะกัดกร่อนผนังจนเป็นวงแหวนและรั่วไหลได้ อุปกรณ์ดักความชื้นแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ คือ

1. แบบมีชั้นแพคกิ้ง เป็นแบบที่มีชั้นตัวกลางเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของอากาศกับกรดซัลฟิวริก ข้อดีคือขนาดของอุปกรณ์ไม่ใหญ่มาก ข้อเสียคือมีโอกาสอุดตันภายในชั้นตัวกลางได้
2. แบบไม่มีชั้นแพคกิ้ง เป็นแบบที่ไม่มีชั้นตัวกลาง ข้อดีคือโอกาสอุดตันภายในชั้นตัวกลางน้อย ข้อเสียคือขนาดของอุปกรณ์ค่อนข้างใหญ่

ตัวอย่างอุปกรณ์ดักความชื้นแบบมีชั้นของแพคกิ้งและไม่มีชั้นของแพคกิ้ง (Sealing pot / Vent dryer) แสดงดังรูปที่ 3-3



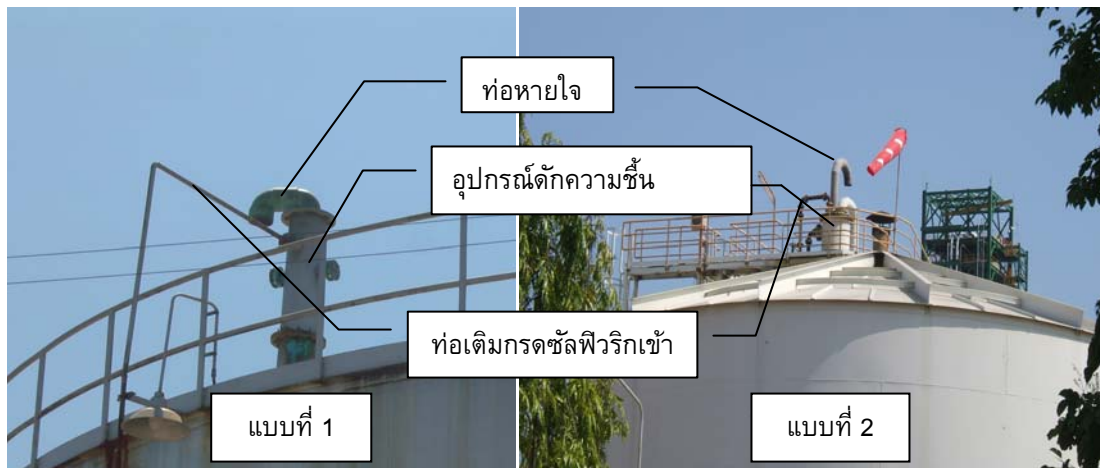
แบบที่ 1 มีชั้นแพคกิ้ง



แบบที่ 2 ไม่มีชั้นแพคกิ้ง

รูปที่ 3-3 รายละเอียดของอุปกรณ์ดักความชื้นก่อนเข้าถังเก็บกรดซัลฟิวริก

และอุปกรณ์ดักความชื้นและท่อหายใจของถังเก็บกรดซัลฟิวริก แบบที่ 1 และ 2 แสดงดังรูปที่ 3-4

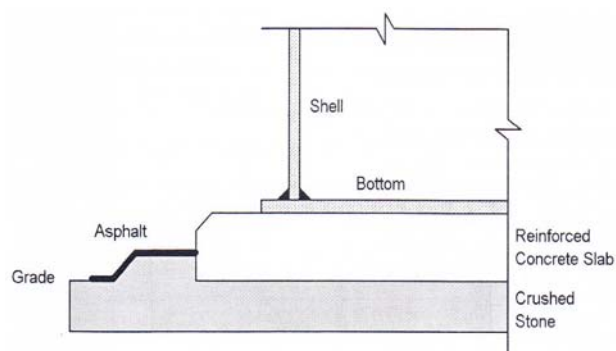


รูปที่ 3-4 อุปกรณ์ดักความชื้นและท่อหายใจของถังเก็บกรดซัลฟิวริกแบบที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

การใช้สารดูดความชื้น (Desiccant dryers) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้กันทั่วไป ขนาดของอุปกรณ์ขึ้นอยู่กับปริมาณอากาศที่เข้า-ออกถึงหรืออัตราการถ่ายกรดเข้า-ออกถึง ควรมีปริมาณที่ใช้งานได้ในช่วงเวลา 1-6 เดือน และต้องเปลี่ยนหรือฟื้นฟูสภาพให้กลับมาใช้งานได้ใหม่ทันทีเมื่อเสื่อมสภาพ

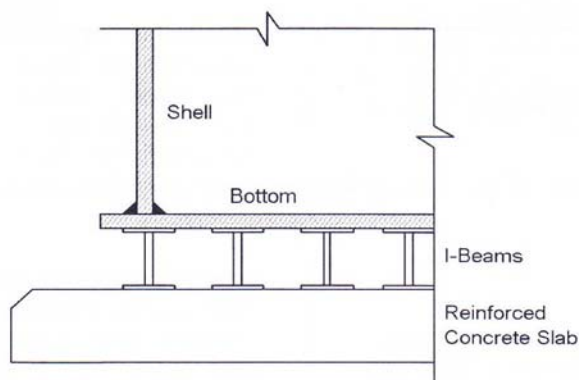
5) ฐานราก (Foundation) ต้องรองรับน้ำหนักสูงสุดของการบรรจุได้ และพื้นถังแห่งอยู่เสมอเพื่อป้องกันการกัดกร่อน รูปแบบฐานรากที่นิยมใช้กันมี 3 รูปแบบ คือ

- ฐานรากแบบแผ่นคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced concrete slab foundation) ฐานรากแบบนี้เหมาะกับถังที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 12 เมตร ส่วนล่างของถังจะอยู่บนแผ่นคอนกรีตเสริมเหล็กที่ยกขึ้น รอบ ๆ ฐานจะลาดเอียง และลาดแอสฟัลท์คลุมเพื่อให้น้ำไหลออกและไม่สะสมที่ฐานราก ฐานรากแบบแผ่นคอนกรีตเสริมเหล็ก แสดงดังรูปที่ 3-5



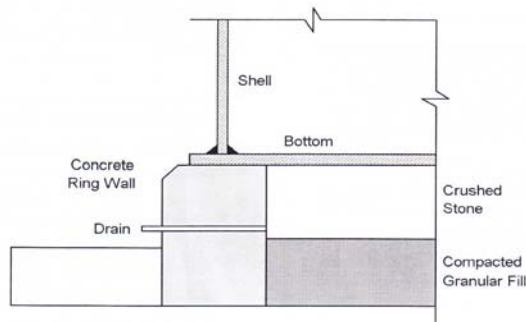
รูปที่ 3-5 ฐานรากแบบแผ่นคอนกรีตเสริมเหล็ก

- ฐานรากแบบคานรับน้ำหนักชนิดเหล็กตัวไอ และค้ำยันด้วยคอนกรีต (Steel I-beam and concrete supports) เหมาะกับถังที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 12 เมตร ส่วนล่างของถังจะตั้งอยู่บนคานรับน้ำหนักชนิดเหล็กตัวไอ ที่ตั้งอยู่บนหรือหนุนด้วยคอนกรีตอีกทีหนึ่ง ช่องว่างที่อยู่ใต้ถังและระหว่างเหล็กตัวไอจะปล่อยให้เปิดโล่ง เพื่อตรวจสอบได้ถึงได้ง่าย ฐานรากแบบคานรับน้ำหนักชนิดเหล็กตัวไอ และค้ำยันด้วยคอนกรีต แสดงดังรูปที่ 3-6



รูปที่ 3-6 ฐานรากแบบคานรับน้ำหนักชนิดเหล็กตัวไอและค้ำยันด้วยคอนกรีต

- ฐานรากแบบผนังวงแหวนคอนกรีต (Concrete ring wall foundation) เหมาะกับถังที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 12 เมตร ขอบถังตั้งอยู่บนผนังวงแหวนคอนกรีต ที่ทำหน้าที่รับน้ำหนักของถังทั้งหมด ช่องว่างภายในฐานรากและใต้ถังจะเติมด้วยเม็ดวัสดุอัดแน่นจนเต็ม (Compacted granular fill) และโรยหน้าด้วยเม็ดหินขนาดไม่เกิน 19 มิลลิเมตร และต้องมีท่อระบายจากผนังวงแหวน เพื่อใช้ตรวจสอบและระบายกรดที่อาจจะรั่วไหล ฐานรากแบบผนังวงแหวนคอนกรีต แสดงดังรูปที่ 3-7



รูปที่ 3-7 ฐานรากแบบผนังวงแหวนคอนกรีต

- 6) พื้นถัง ผนัง และหลังคาของถังเก็บกรดซัลฟิวริกต้องทำจากวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนได้ โดยมีค่าการกัดกร่อนที่ยอมรับได้ตามที่ระบุในข้อ 1) ความหนาของพื้นและหลังคาถังส่วนใหญ่กำหนดให้มีค่าความหนาเท่ากัน แต่สำหรับผนังอาจมีความหนาที่แตกต่างกันได้ โดยความหนาของผนังจะเรียงลำดับจากมากไปน้อยจากล่างไปยังส่วนบนของถัง แต่ความหนาในการออกแบบจะต้องเพิ่มค่าการกัดกร่อนนอกเหนือจากค่าที่ได้จากการคำนวณ ความแข็งแรงของโครงสร้าง ส่วนรูปแบบของหลังคาถังจะเป็นแบบหลังคาคงที่ (Fixed roof) ยึดติดกับตัวถัง
- 7) การเชื่อมถังเก็บ (Storage tank welds) การเชื่อมมีความสำคัญต่อความมั่นคงแข็งแรงของถัง การเชื่อมต้องมีคุณภาพดี ไม่มีขี้เชื่อม (Slag) และความพรุนหรือตามดเกิดขึ้น เพราะจะทำให้ถังเก็บรั่วได้ และเมื่อเชื่อมเสร็จแล้วต้องมีการตรวจสอบรอยเชื่อม เพื่อให้แน่ใจว่าถังเก็บสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย

3.1.2 การตรวจสอบถังเก็บ (Storage tank inspection)

เพื่อให้แน่ใจว่ากรดซัลฟิวริกถูกจัดเก็บอย่างปลอดภัยตลอดเวลา จึงต้องมีข้อพิจารณาดังนี้

- เอกสารและการบันทึก (Documentation and record) ควรมีการจัดเก็บเอกสารและบันทึกต่าง ๆ เช่น รายละเอียดของโครงสร้าง ความหนาของผนัง รายละเอียดการเชื่อม ขนาดของถัง วัสดุที่ใช้ทำโครงสร้าง ค่าการกัดกร่อนที่ยอมรับได้ รายละเอียดของฐานรากและตัวค้ำยัน บันทึกการซ่อมบำรุง บันทึกการตรวจสอบ รายละเอียดเหตุการณ์สำคัญ เช่น การรั่วไหล จำนวน ชนิดของสาร ความเข้มข้น และอุณหภูมิที่บรรจุ เป็นต้น เพื่อใช้ในการตรวจสอบ ทดสอบ แก้ไข ปรับปรุง รวมถึงไว้ใช้วางแผนในการซ่อมบำรุงต่อไป
- การตรวจสอบตามปกติ (Routine inspection) เป็นการตรวจสอบภายนอกถังด้วยสายตาเป็นประจำ โดยการเดินรอบทั้งด้านข้างและด้านบนถังเพื่อให้มั่นใจว่าไม่มีปัจจัยใด ๆ ที่ทำให้เกิดความเสียหายหรือเกิดอุบัติเหตุจนทำให้ไม่สามารถใช้งานได้ โดยควรมีการตรวจสอบดังรายการต่อไปนี้
 - การรั่วไหล
 - การชำรุดของฐานรากและตัวค้ำยัน
 - การกัดกร่อนภายนอก
 - การชำรุดของผนังและหลังคา
 - การรั่วไหลของท่อ
 - พื้นถังเก็บและรูปลักษณะเหล็กเสริมความแข็งแรง

โดยทั่วไป ถังเก็บจะตั้งห่างจากส่วนโรงงานผลิตและไม่มีคนไปดูบ่อยนัก ดังนั้น ควรมีการตรวจสอบถังเก็บวันละครั้งหรืออย่างน้อยไม่ควรต่ำกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์

- การตรวจสอบขณะใช้งาน (In-service inspection) เป็นการตรวจสอบภายนอกถังด้วยสายตาอย่างละเอียด และวัดความหนาของผนังขณะที่มีการใช้งาน โดยควรวัดความหนาน้อยปีละ 1 ครั้ง โดยเฉพาะพื้นที่หรือจุดที่เสี่ยงต่อการกัดกร่อนสูง (รายละเอียดพื้นที่หรือจุดที่ควรวัดความหนาของถังดูในภาคผนวก ค) โดยตัวอย่างเครื่องวัดความหนาด้วยคลื่นเสียงชนิดอัลตราโซนิก (Ultrasonic thickness gauge) แสดงดังรูปที่ 3-8



รูปที่ 3-8 เครื่องมือวัดความหนาด้วยคลื่นเสียงชนิดอัลตราโซนิก

โดยนำค่าที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลเดิมที่มีอยู่ เพื่อตรวจสอบการกัดกร่อนของผนัง หลังกา และพื้นถัง ว่าเพิ่มขึ้นหรือไม่อย่างไร ถ้าพบว่า มีส่วนที่มีการกัดกร่อนสูง ต้องเพิ่มการทดสอบเพื่อยืนยันผล ประเมินความรุนแรงของการกัดกร่อนเพื่อหามาตรการแก้ไขและป้องกันต่อไป และเพื่อให้การตรวจวัดความหนาด้วยคลื่นอัลตราโซนิกได้อย่างถูกต้อง ควรปฏิบัติดังต่อไปนี้

- ต้องแน่ใจว่าพื้นที่ที่ทดสอบประกอบด้วยผิวโลหะที่วัดด้วยคลื่นเสียงได้ดี ไม่มีสีหรือสารต้านการกัดกร่อน
- ถ้าผนังมีการทาสี ความหนาของสีไม่ควรเกิน 0.075 มิลลิเมตรหรือ 3 มิลล์ (mils)¹ และต้องหักความหนาของสีออก โดยความเร็วที่เสียงผ่านสีจะมีค่าประมาณ 1/3 ของความเร็วที่ผ่านเหล็ก
- ต้องมีการสอบเทียบเครื่องมือตรวจวัดตามกำหนดเวลา
- ผู้ตรวจสอบต้องมีประสบการณ์
- การตรวจสอบภายในถัง (Internal inspector) เป็นการตรวจสอบการกัดกร่อนภายในถัง และควรตรวจสอบทันทีเมื่อมีโอกาส เช่น เมื่อมีการล้างทำความสะอาดภายในถัง เป็นต้น โดยรายละเอียดการพิจารณาหาจุดวัดความหนาของถังเก็บกรดซัลฟิวริก ดูในภาคผนวก ค
- ควรมีการทบทวนข้อมูล (Review of data) เพื่อนำผลที่ได้ไปประเมินผล วางแผนการทดสอบในอนาคต พิจารณาความจำเป็นในการซ่อมบำรุง และการเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน โดยควรทบทวนข้อมูล ดังต่อไปนี้
 - ค่าการกัดกร่อนที่ยอมรับได้
 - ปริมาณการบรรจุสูงสุด
 - อายุการใช้งานของถัง
 - แผนการตรวจสอบภายในถัง
 - ความถี่ในการตรวจสอบถัง

3.2 บรรจุก๊าซ

บรรจุก๊าซที่บรรจุกรดซัลฟิวริกซึ่งเป็นสารกัดกร่อน ต้องมีเครื่องหมายหรือสัญลักษณ์สหประชาชาติ (UN mark) ปรากฏที่บรรจุก๊าซ เพื่อแสดงว่าได้ผ่านการทดสอบความแข็งแรงและความคงทน เพื่อให้ผู้ผลิต ผู้ใช้ ผู้ขนส่งหรือผู้ที่มีไว้ครอบครองมั่นใจว่าบรรจุก๊าซที่ใช้งานมีความปลอดภัย

¹ 1 mils เท่ากับ 0.025 มิลลิเมตร

3.2.1 มาตรฐานบรรจุภัณฑ์

ชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุกรดซัลฟิวริกในประเทศไทย ที่นิยมใช้จะมี 2 ชนิด คือ ถังทรงหลายเหลี่ยม (Jerricans) และถัง IBCs (Intermediate bulk containers) โดยทำจากวัสดุชนิดโพลีเอททิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) หรือวัสดุอื่นที่เหมาะสม โดยมีข้อกำหนดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุกรดซัลฟิวริก ดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 ข้อกำหนดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุกรดซัลฟิวริก

หมายเลขสหประชาชาติ	ชื่อ	ประเภท (Class)	กลุ่มการบรรจุ (Packing Group)
1830	กรดซัลฟิวริกเข้มข้นมากกว่า 51 % โดยน้ำหนัก	8	II
1832	กรดซัลฟิวริกที่ใช้แล้ว (Spent)	8	II
2796	กรดซัลฟิวริกเข้มข้นไม่มากกว่า 51 % หรือกรดแบตเตอรี่ (battery fluid, acid)	8	II

โดยบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุกรดซัลฟิวริก ต้องมีเครื่องหมายสหประชาชาติ (UN mark) เพื่อแสดงว่าเป็นบรรจุภัณฑ์ได้ผ่านการตรวจสอบและทดสอบตามมาตรฐานสหประชาชาติ เรื่อง การขนส่งสินค้าอันตราย

- 1) ถังรูปทรงหลายเหลี่ยม ขนาดที่ใช้บรรจุส่วนใหญ่จะมีขนาดประมาณ 20 ลิตร โดยมีตัวอย่างเครื่องหมายแสดงเดือน ปี และกะที่ผลิตบรรจุภัณฑ์ชนิดถังทรงหลายเหลี่ยม แสดงดังรูปที่ 3-9



รูปที่ 3-9 เครื่องหมายแสดงเดือน ปี และกะที่ผลิตบรรจุภัณฑ์ชนิดถังทรงหลายเหลี่ยม

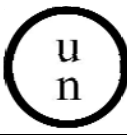
ตัวอย่างการแสดงเครื่องหมายสหประชาชาติ (UN Mark) ของบรรจุภัณฑ์ชนิดถังทรงหลายเหลี่ยมที่ใช้บรรจุกรดซัลฟิวริก แสดงดังรูปที่ 3-10



รูปที่ 3-10 เครื่องหมายสหประชาชาติของถังทรงหลายเหลี่ยมที่ใช้บรรจุกรดซัลฟิวริก

จากรูปที่ 3-10 แสดงเครื่องหมายสหประชาชาติ คือ 3H1/Y/200/09 และ TH/MD154/52/PD ของบรรจุภัณฑ์ชนิดถังทรงหลายเหลี่ยม โดยแสดงความหมายของเครื่องหมายสหประชาชาติของบรรจุภัณฑ์ชนิดถังทรงหลายเหลี่ยมดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 ความหมายของเครื่องหมายสหประชาชาติของบรรจุภัณฑ์ชนิดถังทรงหลายเหลี่ยม

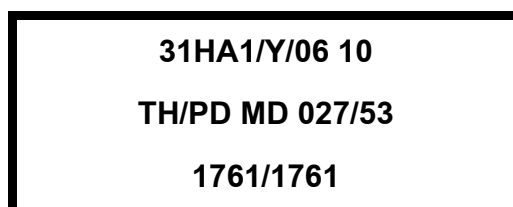
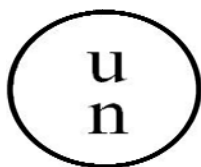
เครื่องหมายหรือสัญลักษณ์	ค่าที่แสดงถึง	ความหมาย
3H1	รหัสแสดงชนิดวัสดุและฝาของบรรจุภัณฑ์	3 = ถังทรงหลายเหลี่ยม H = วัสดุพลาสติก 1 = ฝาด้านบนเปิดไม่ได้
Y	ระดับความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์	มีความแข็งแรง ใช้บรรจุสารที่เป็นกลุ่มบรรจุ (Packaging Group) ที่ II และ III
200	ความสามารถในการทนแรงดันทดสอบ (กิโลปาสกาล)	200 กิโลปาสกาล
09	ปีที่ผลิต	ปี ค.ศ. 2009
TH	ประเทศที่อนุญาตให้ใช้เครื่องหมาย	ประเทศไทย
MD154/52	หมายเลขเฉพาะของผู้ออกเลขทะเบียน	กรมเจ้าท่า
PD	รหัสหรือชื่อผู้ผลิต	อักษรย่อบริษัทผู้ผลิต
	สัญลักษณ์สหประชาชาติ	เพื่อรับรองว่าบรรจุภัณฑ์ได้ปฏิบัติตามข้อบังคับ
	เครื่องหมายแสดงเดือน ปี และกะที่ผลิต (โดยปกติใช้เพียงแคปีและเดือนที่ผลิต)	รูปวงกลมซ้ายมือ มีเลข 10 อยู่ตรงกลางกับลูกศรชี้ไปที่เลข 3 หมายถึงผลิตเดือน 3 หรือเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2010 ส่วนรูปวงกลมขวามือมีตัว A อยู่กลางและลูกศรชี้ไปที่เลข 3 หมายถึงผลิตโดยกะ A และผลิตวันที่ 3

- 2) บรรจุภัณฑ์ชนิด IBCs ขนาดบรรจุ 1 ลูกบาศก์เมตร โดยมีรูปตัวอย่างบรรจุภัณฑ์ชนิดถัง IBCs ที่ใช้บรรจุกรดซัลฟิวริก แสดงดังรูปที่ 3-11

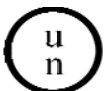


รูปที่ 3-11 บรรจุภัณฑ์ชนิด IBCs ที่ใช้บรรจุกรดซัลฟิวริก

ตัวอย่างเครื่องหมายสหประชาชาติ (UN Marks) บรรจุภัณฑ์ชนิดถัง IBCs ที่ใช้บรรจุกรดซัลฟิวริก



ตารางที่ 3-5 ความหมายของเครื่องหมายสหประชาชาติ และสัญลักษณ์ที่ติดกับบรรจุภัณฑ์ชนิด IBCs

เครื่องหมายหรือสัญลักษณ์	ค่าแสดงถึง	ความหมาย
31HA1	รหัสแสดงชนิดวัสดุและฝาของบรรจุภัณฑ์	31 = ถัง IBCs สำหรับบรรจุของเหลว HA = บรรจุภัณฑ์ประกอบ พลาสติกด้านใน เหล็กด้านนอก 1 = ฝาด้านบนเปิดออกไม่ได้
Y	ระดับความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์	มีความแข็งแรง ใช้บรรจุสารกลุ่มบรรจุที่ II และ III
06	เดือนที่ผลิต	เดือนมิถุนายน
10	ปีที่ผลิต	ปี ค.ศ. 2010
TH	ประเทศที่อนุญาตให้ใช้เครื่องหมาย	ประเทศไทย
PD	รหัสหรือชื่อผู้ผลิต	อักษรย่อบริษัทผู้ผลิต
MD 027/53	หมายเลขเฉพาะของผู้ออกเลขทะเบียน	กรมเจ้าท่า และ หมายเลขเอกสาร
1761	น้ำหนักทดสอบการวางซ้อนทับ (กิโลกรัม)	1761 กิโลกรัม
1761	น้ำหนักรวมสูงสุดที่อนุญาตให้บรรจุ (กิโลกรัม)	1761 กิโลกรัม
	สัญลักษณ์สหประชาชาติ	เพื่อรับรองว่าบรรจุภัณฑ์ได้ปฏิบัติตามข้อบังคับ

3.2.2 วิธีการตรวจสอบและทดสอบบรรจุภัณฑ์

ข้อบังคับในการตรวจสอบและทดสอบบรรจุภัณฑ์ให้เป็นไปตามมาตรฐานสหประชาชาติ เรื่อง การขนส่งสินค้าอันตราย โดยกำหนดให้บรรจุภัณฑ์ต้องผ่านการทดสอบก่อนนำไปใช้งาน และต้องทดสอบซ้ำ หากมีการแก้ไขปรับปรุงการออกแบบ โดยการตรวจสอบและทดสอบตามหัวข้อสำคัญ มีรายละเอียดดังนี้

1) การทดสอบการตกกระแทก (Drop test)

- เป้าการตกกระแทกต้องเป็นพื้นราบ แน่น ไม่ยืดหยุ่น และมีผิวเรียบ
- เพื่อให้แน่ใจว่าบรรจุภัณฑ์ที่บรรจุของเหลวป้องกันการรั่วไหลได้

2) การทดสอบการป้องกันการรั่วไหล (Leakproofness test)

- ต้องทดสอบการป้องกันการรั่วไหลกับบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดที่บรรจุของเหลว เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีการรั่วไหลเกิดขึ้นเมื่อใช้งาน

3) การทดสอบความดันภายใน (Internal pressure test)

- บรรจุภัณฑ์ที่เป็นพลาสติกและบรรจุภัณฑ์ประกอบรวมทั้งฝาปิด ต้องทำการทดสอบที่ความดันทดสอบเป็นเวลา 30 นาที ความดันที่ใช้ทดสอบต้องคงที่และมีความต่อเนื่องตลอดเวลาของการทดสอบ โดยการทดสอบจะต้องไม่มีการรั่วไหลเกิดขึ้น

4) การทดสอบการวางซ้อนทับ (Stacking test)

- การทดสอบต้องไม่มีรอยร้าวหรือปริแตก
- บรรจุภัณฑ์ตัวอย่างต้องไม่เสื่อมสภาพจนมีผลต่อความปลอดภัยในขณะที่ทำการขนส่ง
- บรรจุภัณฑ์ตัวอย่างต้องไม่เกิดการบิดเบี้ยวจนทำให้ความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์ตัวอย่างลดน้อยลงทำให้การวางซ้อนทับไม่เสถียร

3.3 แท็งก์ที่ยึดติดกับตัวรถหรือแท็งก์ติดตึ๊ง

แท็งก์บรรจุเพื่อการขนส่งกรดซัลฟิวริก ต้องเป็นไปตามแนบท้ายประกาศมติคณะกรรมการวัตถุอันตราย เรื่องการขนส่งวัตถุอันตรายทางบก พ.ศ. 2545 ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องการขนส่งวัตถุอันตรายทางบก พ.ศ. 2546 และสอดคล้องกับความตกลงร่วมว่าด้วยการขนส่งสินค้าอันตรายระหว่างประเทศทางถนนของคณะกรรมการการเศรษฐกิจแห่งสหภาพยุโรปภายใต้สหประชาชาติ (ADR) หรือข้อกำหนดการขนส่งสินค้าอันตรายทางถนนของประเทศไทย เล่มที่ 2 (Thai provisions volume II concerning the transport of dangerous goods by road -TP2) ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้แท็งก์ชนิดที่ยึดติดกับตัวรถหรือแท็งก์ติดตึ๊ง (Fixed tank) ตามรหัส L4BN แสดงตัวอย่างรถขนส่งกรดซัลฟิวริกชนิดแท็งก์ที่ยึดติดกับตัวรถหรือแท็งก์ติดตึ๊งตามรหัส L4BN ดังรูปที่ 3-12



รูปที่ 3-12 รถขนส่งกรดซัลฟิวริกชนิดแท็งก์ที่ยึดติดกับตัวรถหรือแท็งก์ติดตึ๊ง ตามรหัส L4BN

3.3.1 แท็งก์ที่ยึดติดกับตัวรถหรือแท็งก์ติดตึ๊งที่ใช้ขนส่งกรดซัลฟิวริก

ในการขนส่งกรดซัลฟิวริกทางถนนโดยแท็งก์ที่ยึดติดกับตัวรถหรือแท็งก์ติดตึ๊ง จะมีรหัสแท็งก์ และความหมายรหัสแท็งก์และรหัสความเป็นอันตรายในการขนส่งกรดซัลฟิวริก แสดงดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 รหัสแท็งก์และรหัสความเป็นอันตรายในการขนส่งกรดซัลฟิวริก

หมายเลขสหประชาชาติ	ชื่อที่ถูกต้องในการขนส่ง	ประเภท	กลุ่มการบรรจุ	รหัสแท็งก์	รหัสความเป็นอันตราย
1830	Sulfuric Acid with more than 51 %	8	II	L4BN	80
2796	Sulfuric acid, with not more than 51 % acid	8	II	L4BN	80

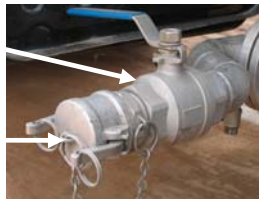
และความหมายของรหัสแท็งก์ที่ใช้บรรจุกรดซัลฟิวริก แสดงดังตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 ความหมายของรหัสแท็งก์ที่ใช้บรรจุกรดซัลฟิวริก

รหัสแท็งก์	รายละเอียด
L	แท็งก์สำหรับสารที่อยู่ในสภาวะของเหลวหรือของแข็งที่ขนส่งในสถานภาพหลอมเหลว
4	ค่าต่ำสุดของความดันคำนวณหรือความดันทดสอบ คือ 4 บาร์
B	แท็งก์ที่มีช่องสำหรับเปิดบรรจุหรือช่องถ่ายเทอยู่ด้านล่าง ซึ่งติดตั้งอุปกรณ์ดัดระบบ 3 ชุด
N	แท็งก์ที่มีวาล์วนิรภัยและไม่ปิดสนิท อย่างที่ไม่มีอะไรเข้าออกได้ อาจมีวาล์วสุญญากาศ (Vacuum valves) ติดตั้งอยู่

ส่วนประกอบสำคัญสำหรับรถขนส่งกรดซัลฟิวริก แสดงดังตารางที่ 3-8

ตารางที่ 3-8 ส่วนประกอบสำคัญสำหรับรถขนส่งกรดซัลฟิวริก

ส่วนประกอบ	รูปตัวอย่าง	รายละเอียด
แท็งก์ติดตั้งกับตัวรถ		วัสดุที่ใช้ทำแท็งก์ควรเป็นเหล็กกล้าหรือเหล็กกล้าไร้สนิม สามารถทนแรงดันได้อย่างน้อย 4 บาร์
รหัสความเป็นอันตราย และหมายเลขสหประชาชาติ		80 หมายถึง เป็นวัตถุกัดกร่อนหรือกัดกร่อนเล็กน้อย 1830 คือ หมายเลขสหประชาชาติกรดซัลฟิวริกความเข้มข้นมากกว่า 51% โดยน้ำหนัก
สัญลักษณ์และการขึ้นอันตรายตามข้อกำหนด UNTDG		แสดงและชี้บ่งว่ากรดซัลฟิวริกเป็นสารกัดกร่อนประเภทที่ 8
หมายเลขแสดงรหัสแท็งก์ และทะเบียนแท็งก์		แสดงรหัสแท็งก์ที่ใช้สำหรับกรดซัลฟิวริก คือ L4BN ส่วน 04 003 00011 เป็นทะเบียนแท็งก์ที่ออกให้โดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อป้องกันผู้ขนส่งและตัวแท็งก์ที่ติดกับตัวรถ
เครื่องสูบกกรด (Acid pump)		เป็นเครื่องสูบกกรดซัลฟิวริกจากแท็งก์ เพื่อจ่ายให้ลูกค้านิยมใช้เป็นแบบเครื่องสูบชนิดขับเคลื่อนด้วยแม่เหล็ก (Magnetic pump) โดยวัสดุส่วนที่สัมผัสกับกรดซัลฟิวริกต้องทนการกัดกร่อนได้
วาล์วภายใน (Internal valve) หรือ วาล์วฉุกเฉิน (Emergency valve)		เป็นวาล์วปิดภายใน ซึ่งเป็นอุปกรณ์ตัดระบบที่สำคัญของแท็งก์ตามรหัสตัว B ตามตารางที่ 3-7 ที่ต้องติดตั้งภายในตัวแท็งก์ วาล์วจะต้องออกแบบให้ปิดสนิท เพื่อป้องกันการเปิดอันเกิดจากการกระแทกโดยไม่ตั้งใจ วาล์วจะต้องใช้งานได้แม้วาล์วควบคุมภายนอกชำรุดเสียหาย
วาล์วภายนอก		เป็นอุปกรณ์ตัดระบบของแท็งก์ตามรหัสตัว B ตามที่ระบุในตารางที่ 3-7 ที่กำหนดให้มีอุปกรณ์ตัดระบบอย่างน้อย 3 ชุด และใช้เป็นจุดเติมกรดเข้าแท็งก์ ตามรหัสแท็งก์ที่ให้เติมกรดซัลฟิวริกเข้าด้านล่างของแท็งก์
ฝาปิดปลายท่อ		
ท่อส่งกรดที่ติดกับตัวรถ		เป็นท่อที่ออกจากเครื่องสูบที่ติดกับตัวรถ เพื่อส่งกรดซัลฟิวริกไปยังเก็บของผู้รับ โดยการเชื่อมต่อด้วยท่ออ่อน วัสดุที่ใช้ทำท่อควรเป็นเหล็กกล้าหรือเหล็กกล้าไร้สนิม โดยปกติท่อมีขนาด 2.5-3 นิ้ว ซึ่งขนาดท่อจะกำหนดโดยความเร็วการสูบกกรดซัลฟิวริกในท่อ ปกติไม่ควรเกิน 1.2 เมตรต่อวินาที

ส่วนประกอบ	รูปตัวอย่าง	รายละเอียด
ช่องคนเข้า (Manholes)		ช่องคนเข้าอยู่ด้านบนแท็งก์ ปกติมี 2 จุด อยู่ด้านหัวและท้ายแท็งก์ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 400 มิลลิเมตร
วาล์วนิรภัย		ควรเป็นทั้งชนิดที่เป็น Positive และ Negative valve เพื่อป้องกันทั้งกรณีที่มีความดันสูงและเป็นสุญญากาศ เป็นส่วนหนึ่งของรหัสแท็งก์ คือ ตัว N ตามระบุในตารางที่ 3-7
สวิตช์ฉุกเฉิน		เป็นสวิตช์ตัดการทำงานของเครื่องสูบลมหรือจ่ายกรดออกจากแท็งก์ เมื่อระบบมีปัญหา
ถังดับเพลิง		ถังดับเพลิงชนิดคาร์บอนไดออกไซด์หรือผงเคมีแห้ง ใช้ดับเพลิงกรณีมีเหตุฉุกเฉินไฟไหม้
ตู้ควบคุมระบบ		ใช้ควบคุมการทำงานของระบบไฟฟ้า ระบบลม เครื่องสูบลม วาล์วทั้งกรณีปกติและเมื่อมีเหตุฉุกเฉิน
ท่ออ่อน (Flexible Hose)		ใช้เชื่อมต่อระหว่างแท็งก์เพื่อการขนส่งกับถังเก็บ เพื่อถ่ายกรดจากรถไปยังถังเก็บหรือจากถังเก็บไปยังแท็งก์ เพื่อการขนส่ง โดยใช้ร่วมกับข้อต่อ (Adaptor) ชนิดต่าง ๆ โดยชนิดของท่ออ่อนที่เหมาะสมในการใช้งานกับกรดซัลฟิวริก คือ ท่อที่เป็นสารประกอบของโพลีเอทิลีน
ข้อต่อ (Adaptor or coupling)		(Polyethylene composite hose) หรือท่อเทฟลอน และมีความดันสูงสุดในการใช้งานที่ 1724 กิโลปาสกาล หรือ 250 psig

หมายเหตุ การเลือกใช้วัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์ต่าง ๆ ในส่วนที่สัมผัสกับกรดซัลฟิวริกต้องทนต่อการกัดกร่อน โดยพิจารณาข้อมูลเพิ่มเติมจากภาคผนวก ง แนวทางการเลือกวัสดุเพื่อใช้งานกับกรดซัลฟิวริก

ข้อกำหนดอื่น ๆ ของแท็งก์ที่ยึดติดกับตัวรถหรือแท็งก์ติดตริง

1. ก่อนการสร้างแท็งก์ต้องมีการอนุมัติแบบ และออกไปรับรองผลการทดสอบต้นแบบเพื่อยืนยันผลการทดสอบ โดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม
2. ท่ออ่อนสำหรับใช้บรรจุหรือถ่ายเทจะต้องไม่มีกรดซัลฟิวริกค้างอยู่ภายในท่อขณะขนส่ง
3. ผนังโครงสร้างต้องทำจากโลหะที่เหมาะสม ทนต่อการกัดกร่อนกรดซัลฟิวริกได้ ตัวอย่างเช่น เหล็กกล้า เหล็กกล้าไร้สนิม หรือวัสดุเคลือบหรือบุป้องกันภายในที่ทนต่อการกัดกร่อนของกรดซัลฟิวริกได้ เป็นต้น
4. ต้องเผื่อความหนาเนื่องจากการกัดกร่อนของผนังโครงสร้างแท็งก์ นอกเหนือจากการคำนวณทางวิศวกรรม
5. ต้องมีการป้องกันอุปกรณ์และท่อเชื่อมต่อ ซึ่งติดตั้งอยู่ส่วนบนของแท็งก์ กรณีรถเกิดพลิกคว่ำ
6. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ต้องทนต่อการกัดกร่อนจากกรดซัลฟิวริกได้
7. ปะเก็นต้องทำจากวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อน และสามารถถอดหรือเปลี่ยนได้เมื่อหมดอายุการใช้งาน
8. แท็งก์ทุกใบต้องมีแผ่นโลหะที่แสดงรายละเอียดของแท็งก์ติดอยู่กับตัวแท็งก์ เช่น ชื่อผู้ผลิต ปีที่ผลิต การทดสอบ เงื่อนไขการออกแบบและใช้งาน เป็นต้น

3.3.2 การตรวจสอบและทดสอบแท็งก์ที่ยึดติดกับตัวรถหรือแท็งก์ติดตริง ที่ใช้ขนส่งกรดซัลฟิวริก

แท็งก์ที่ยึดติดกับตัวรถหรือแท็งก์ติดตริงที่ใช้บรรจุกรดซัลฟิวริกเพื่อการขนส่งทางถนน ต้องตรวจสอบและทดสอบผนังโครงสร้าง และอุปกรณ์ประกอบ ดังต่อไปนี้

- ตรวจสอบความถูกต้องให้เป็นไปตามต้นแบบที่ได้รับการอนุมัติ
- ตรวจสอบทั้งสภาพภายนอกและภายใน
- ทดสอบแท็งก์ด้วยแรงดันน้ำหรือความดันอุทก (Hydrostatic) ที่ความดัน 4 บาร์
- ตรวจสอบการใช้งานของอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยการทดสอบด้วยแรงดันน้ำขณะที่ติดอยู่กับแท็งก์ทั้งหมด
- ต้องทดสอบการรั่วไหล
- ต้องมีการตรวจสอบและทดสอบ ตามรายการข้างต้น ทุก ๆ 3 หรือ 6 ปี ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดตามกฎหมาย

บทที่ 4

การใช้งานและการจัดเก็บอย่างปลอดภัย

การใช้งานและจัดเก็บกรดซัลฟิวริกอย่างปลอดภัย ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างที่สำคัญ ได้แก่ การออกแบบ การสร้าง หรือการใช้อุปกรณ์ที่มีมาตรฐาน การตรวจสอบอย่างถูกต้องและสม่ำเสมอเมื่อถึงรอบการตรวจสอบ การจัดวางภาชนะบรรจุ การจัดเก็บร่วมกับสารเคมีชนิดอื่น การตรวจสอบปริมาณ การจัดเก็บ การซ่อมบำรุง และยกเลิกเมื่อหมดอายุการใช้งาน

ดังนั้น เพื่อให้การใช้งานและการจัดเก็บกรดซัลฟิวริกมีความปลอดภัย จึงจำเป็นต้องมีระบบการบริหารจัดการที่ดี บุคลากรหรือพนักงานที่เกี่ยวข้องมีความรู้ ความชำนาญ มีจิตสำนึกและความตระหนักในความปลอดภัย

การใช้งานและจัดเก็บกรดซัลฟิวริกอย่างปลอดภัยแบ่งตามประเภทภาชนะบรรจุ ดังนี้

4.1 การใช้งานและการจัดเก็บอย่างปลอดภัยสำหรับถังเก็บ

การจัดเก็บกรดซัลฟิวริกที่ปลอดภัย โดยเฉพาะการจัดเก็บโดยใช้ถังเก็บมากกว่า 1 ใบ ในพื้นที่เดียวกัน ซึ่งเรียกว่า แท็งก์ฟาร์ม (Tank farms) ต้องอยู่ในพื้นที่ที่สามารถกักเก็บกรดซัลฟิวริก (Containment area) ในกรณีรั่วไหลได้ ตัวอย่างถังเก็บ แท็งก์ฟาร์ม และพื้นที่กักเก็บกรดซัลฟิวริกแสดงดังรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 ถังเก็บ แท็งก์ฟาร์ม และพื้นที่กักเก็บกรดซัลฟิวริก

4.1.1 พื้นที่กักเก็บเพื่อควบคุมการรั่วไหล

ถังเก็บจะต้องตั้งในพื้นที่ที่มีเขื่อนกันหรือผนังกันรอบ (Dike) เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการรั่วไหลสู่สิ่งแวดล้อม และเพื่อนำไปบำบัดหรือนำกลับมาใช้ใหม่

- 1) ขนาดของพื้นที่กักเก็บ (Sizing of containment area) กรณีถังเดี่ยวต้องมีพื้นที่ที่สามารถกักเก็บได้ทั้งหมด ส่วนกรณีแท็งก์ฟาร์มหรือมีถังเก็บมากกว่า 1 ใบ ในพื้นที่เดียวกันจะต้องมีพื้นที่ที่สามารถกักเก็บ 110% ของถังที่มีขนาดใหญ่ที่สุดได้ ผนังกันรอบต้องมีความแข็งแรง ความสูงและระยะถึงขอบถังเก็บของเขื่อนกัน ต้องแน่ใจว่าเมื่อรั่วไหลจะเก็บได้เพียงพอ และแรงดันที่รั่วจะต้องไม่ทำให้กรดกระเด็นออกนอกเขื่อน ตัวอย่างเขื่อนกันเพื่อใช้กักเก็บกรดซัลฟิวริกที่อาจเกิดการรั่วไหลจากถังเก็บ แสดงดังรูปที่ 4-2



รูปที่ 4-2 ตัวอย่างเขื่อนกันเพื่อใช้กักเก็บกรดซัลฟิวริกที่อาจรั่วไหลจากถังเก็บ

- 2) พื้นที่กักเก็บต้องเป็นพื้นที่ที่แข็งแรง ไม่แตกหัก ไม่มีรอยรั่วไหล สามารถป้องกันการรั่วไหลกรดซัลฟิวริกสู่สิ่งแวดล้อม และต้องลาดเอียงเพื่อให้ของเหลวต่าง ๆ ไหลไปรวมกันที่บ่อดักรวม (Sump pit) ซึ่งติดตั้งในตำแหน่งต่ำสุดของพื้นที่กักเก็บ และควรติดตั้งเครื่องสูบน้ำเพื่อใช้ระบายของเหลวที่รั่วไหล (Drainage) ออกเป็นระยะ ๆ บ่อดักรวมอาจมีมากกว่า 1 บ่อถ้าพื้นที่ขนาดใหญ่ และต้องตรวจสอบเป็นระยะว่าของเหลวที่อยู่ในบ่อดักรวมเป็นน้ำหรือกรดซัลฟิวริก ถ้าเป็นกรดต้องทำให้เป็นกลางก่อนส่งบำบัดต่อไป
- 3) ทางเข้าออก (Access) ไปยังพื้นที่กักเก็บเพื่อทำงานหรือซ่อมบำรุงถังเก็บต้องมีความปลอดภัย เมื่อมีการหกรั่วไหลต้องเข้า-ออกได้ง่ายและรวดเร็ว และควรมีบันไดฉุกเฉินไว้ใช้ในกรณีมีเหตุฉุกเฉินหรือไม่สามารถเข้า-ออกในทางปกติได้ โดยเฉพาะถังเก็บที่มีผนังกันรอบสูง
- 4) การบุรองภายใน (Lining) พื้นที่กักเก็บ เพื่อป้องกันการกัดกร่อนพื้นจากกรดซัลฟิวริกที่รั่วไหล และป้องกันสิ่งสกปรกจากพื้นปนเปื้อนกรดซัลฟิวริก สำหรับโครงสร้างพื้นที่

กากเก็บที่เป็นคอนกรีต จะบรรจุภายในด้วยอิฐทนกรดหรือเมมเบรนชนิดยืดหยุ่นได้ (Flexible membrane) โดยวัสดุส่วนใหญ่ที่ใช้ทำเมมเบรนจะเป็นโพลีเอทิลีน (Polyethylene) ความหนาต่ำสุดที่แนะนำให้เคลือบผิว คือ 1.5 มิลลิเมตร เมื่อบรรจุภายในเสร็จพื้นจะมันเป็นเงา แต่พื้นที่ที่มีความลาดเอียงต้องเป็นพื้นแบบหยาบเพื่อป้องกันลื่น

4.1.2 เครื่องสูบกกรด (Acid pump)

เครื่องสูบกกรดที่จำเป็นต้องติดตั้งหรือใช้งานที่ถังเก็บ จะประกอบด้วยเครื่องสูบเพื่อถ่ายกรดออกจากถัง และเครื่องสูบเพื่อระบายน้ำหรือกรดที่อาจหกรั่วไหลจากถังเก็บที่บ่อดักรวม มีรายละเอียดดังนี้

- 1) เครื่องสูบเพื่อถ่ายกรดออกจากถังเก็บ ติดตั้งได้ทั้งภายในและภายนอกเขื่อนกัน ขึ้นกับการออกแบบและพื้นที่การกักเก็บ โดยเครื่องสูบที่ใช้ส่วนใหญ่ควรเป็นแบบหนีศูนย์กลาง (Centrifugal pump) และวัสดุที่ใช้ทำเครื่องสูบจะต้องทนต่อการกัดกร่อนของกรดซัลฟิวริก โดยตัวอย่างวัสดุที่ใช้ทำเครื่องสูบแบบหนีศูนย์กลางที่ใช้งานกับกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 98% ที่อุณหภูมิปกติ เช่น

- วัสดุที่ใช้ทำเสื้อเครื่องสูบ (Casing pump) และใบพัด (Impeller) เช่น เหล็กหล่อ เหล็กกล้าไร้สนิม เป็นต้น
 - วัสดุที่ใช้ทำปะเก็นเชือก (Packing) ของเครื่องสูบ เช่น เทฟลอน เป็นต้น
- หมายเหตุ แนวทางการเลือกวัสดุที่เหมาะสมเพื่อใช้งานกับกรดซัลฟิวริกที่อุณหภูมิและความเข้มข้นต่าง ๆ ดูเพิ่มเติมในภาคผนวก ง

การติดตั้งเครื่องสูบที่ถังเก็บมีทั้งติดตั้งภายในและภายนอกถัง แต่กรณีที่ใช้เครื่องสูบชนิดจุ่ม (Submerge pump) จะติดตั้งภายในถัง โดยต้องติดตั้งถึงดวงเพิ่มเติมด้วย

เครื่องสูบติดตั้งภายในเขื่อนกัน มีข้อดี คือ อยู่ใกล้ถังเก็บและท่อดูดไม่ยาวเกินไป แต่ข้อเสีย คือ ไม่ปลอดภัยจากกรณีถังเก็บมีกรดหกรั่วไหล เนื่องจากไม่สามารถใช้งานได้ ตัวอย่างเครื่องสูบติดตั้งภายในเขื่อนกันที่ใช้ขนถ่ายกรดซัลฟิวริกจากถังเก็บไปยังแท็งก์ติดตั้งจริง แสดงดังรูปที่ 4-3

ส่วนเครื่องสูบที่ติดตั้งภายนอกเขื่อนกัน มีข้อดี คือ เครื่องสูบจะปลอดภัยและสามารถใช้งานได้เมื่อมีการหกรั่วไหล แต่มีข้อเสียคือ ท่อดูดจากถังเข้าเครื่องสูบที่ยาวเกินไป ดังนั้น การเลือกขนาดของเครื่องสูบ และท่อ จะต้องเหมาะสม เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดฟองอากาศในเครื่องสูบ (Cavity)



รูปที่ 4-3 ตัวอย่างเครื่องสูบลดตั้งภายในเขื่อนกั้นที่ใช้ขนถ่ายกรดซัลฟิวริกจากถังเก็บไปยังแท็งก์ติดตั้ง

- 2) เครื่องสูบเพื่อระบายน้ำหรือกรดซัลฟิวริกที่อาจหกรั่วไหลจากถังเก็บออกจากเขื่อนกั้นเพื่อนำไปบำบัดหรือกลับมาใช้ใหม่ ป้องกันการรั่วไหลสู่สิ่งแวดล้อม และควรเป็นชนิดที่ทำจากวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนได้

4.1.3 การเลือกวาล์วติดกับถังเก็บ

วาล์วที่ติดกับถังเก็บมีหน้าที่เปิด-ปิดเพื่อใช้ในการขนถ่ายกรดหรือเติมกรด ควรเป็นชนิดเกทวาล์ว (Gate valve) โดยส่วนประกอบของวาล์วในส่วนที่สัมผัสกับกรดซัลฟิวริกต้องมีความแข็งแรงและทนต่อการกัดกร่อนจากกรดซัลฟิวริกได้ดี วัสดุทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) แต่ถ้าขนาดถังเก็บมีขนาดใหญ่มาก ควรทำด้วยอัลลอยด์ 20 (Alloy 20) จะเหมาะสมกว่า แต่ถ้าขนาดเล็กอาจเลือกใช้วาล์วชนิดบอลวาล์ว (Ball Valve) ที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมได้ ส่วนปะเก็นเชือกหรือแพคกิ้ง ของวาล์วควรทำจากเทฟลอน (Teflon) ตัวอย่างวาล์วที่ติดตั้งกับถังเก็บกรดซัลฟิวริก แสดงดังรูปที่ 4-4



รูปที่ 4-4 วาล์วที่ติดตั้งกับถังเก็บกรดซัลฟิวริก

4.1.4 การทำความสะอาดถังเก็บ (Storage cleaning)

ในการใช้งานถังเก็บมาระยะหนึ่ง จะมีกากตะกอน (Sludge) สีขาวขุ่นของเหล็กซัลเฟตอัดแน่น เป็นของแข็ง ซึ่งอาจมีความหนาถึง 250-300 มิลลิเมตร (10-12 นิ้ว) สะสมอยู่ที่พื้นภายในถัง

การทำความสะอาดทำได้โดยการสูบลมออกจากถังให้หมดและเข้าไปชนกากตะกอนซัลเฟต ที่อยู่ภายในถังออกมา หรืออาจใช้ระบบสุญญากาศ (Vacuum) ดูดออกมา หรืออาจใช้กรดฉีดเข้าไปในถัง และนำมาฉีดหมุนเวียนกลับเข้าไปอีก (Circulate) จนชั้นของกากตะกอนซัลเฟตที่อัดแน่นคลายตัวและสามารถขนออกได้ง่าย หรือบางครั้งอาจใช้น้ำฉีดเข้าไปในถังแต่ต้องดูน้ำที่ผสมกับกากตะกอนซัลเฟตออกมาทันที

เมื่อชนกากตะกอนซัลเฟตออกมาแล้ว ต้องทำความสะอาดด้วยน้ำปริมาณมาก ๆ และปล่อย ให้แห้งก่อนเข้าไปตรวจสอบหรือซ่อมบำรุง

การกำจัดกากตะกอนซัลเฟตอาจใช้สารเคมีพิเศษ (Special additive) ผสมกับกรด เติมและสูบลมหมุนเวียนเข้าไปในถังโดยตรง จากนั้นนำไปบำบัดในลำดับต่อไป

กระบวนการล้างถังมีความเป็นอันตรายสูง ต้องดำเนินการโดยผู้ที่มีประสบการณ์และมีความชำนาญ โดยเฉพาะขั้นตอนที่เข้าไปชนย้ายกากตะกอนซัลเฟตออกจากถัง ซึ่งภายในถังจะมีกรดเกาะติด ที่ผนังถังตลอดเวลา ดังนั้น ต้องเข้มงวดกับทีมงานที่เข้าไปล้าง โดยต้องปฏิบัติตามขั้นตอนปฏิบัติงานในที่อับอากาศและใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยที่เหมาะสมอย่างเคร่งครัด

แนวทางปฏิบัติงาน เรื่อง การล้างทำความสะอาดถังเก็บ

- 1) เตรียมภาชนะรองรับกากตะกอนจากการล้างถังและสารเคมีสำหรับใช้ปรับสภาพ สารละลายจากการล้างถัง
- 2) ถ่ายกรตออกจากถังเก็บจนหมด
- 3) ถอดท่อ เครื่องสูบลม วาล์ว และอุปกรณ์อื่น ๆ
- 4) ระบายอากาศภายในถังเก็บอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา
- 5) ล้างถังด้วยน้ำในปริมาณมาก ๆ และตรวจสอบปริมาณก๊าซไฮโดรเจนเป็นระยะ ๆ
- 6) ทำถังให้แห้งโดยใช้อากาศร้อน
- 7) ต่อท่อ เครื่องสูบลม วาล์ว และอุปกรณ์อื่น ๆ เข้ากับถัง
- 8) เติมกรดเข้มข้นเข้าไปในถังจนถึงระดับใช้งานสูงสุดเมื่อเริ่มใช้งาน หรือนิดพ่นกรดเจือจาง 5-10% ไปที่ผนังภายในถัง และปล่อยให้แห้งเพื่อให้เกิดฟิล์มของเหล็กซัลเฟตเคลือบผนังถัง และฉีดพ่นซ้ำอีกครั้งจนกระทั่งชั้นฟิล์มของซัลเฟตเคลือบติดที่ผนังถัง ก่อนที่จะนำไปใช้งานต่อไป

4.1.5 ข้อควรปฏิบัติในการใช้งานและจัดเก็บอย่างปลอดภัย

- 1) ไม่ควรให้ระดับกรดซัลฟิวริกในถังเก็บหยุดหนึ่งที่ระดับใดระดับหนึ่งนาน เพราะอาจทำให้เกิดการกัดกร่อนเป็นวงแหวนรอบ ๆ ถัง ที่บริเวณผิวสัมผัสระหว่างกรดซัลฟิวริกกับอากาศ
- 2) ตรวจสอบสภาพถังเก็บด้วยสายตา ตามรายการดังต่อไปนี้

- สภาพเชื่อนกันให้พร้อมใช้งานเมื่อมีการหกรั่วไหล
 - ระบบระบายอากาศและระบบดักความชื้นไม่ให้มีสิ่งอุดตันจากเหล็กซัลเฟตหรือสิ่งสกปรกอื่น ๆ
 - เตรียมอุปกรณ์ในการขนถ่ายกรดจากถังเก็บให้พร้อมใช้งานอยู่เสมอ เช่น เครื่องสูบลวาล์ว และระบบท่อ เป็นต้น
 - การรั่วไหลตามผนัง พื้นถัง หลังคา ของถังเก็บ
 - ระบบและอุปกรณ์ฉุกเฉินให้พร้อมใช้งานอยู่เสมอ เช่น ที่ล้างตาฉุกเฉิน ผักบัวฉุกเฉิน อุปกรณ์ดับเพลิง เป็นต้น
- 3) ควรมีการตรวจสอบระดับกรดซัลฟิวริกทุกวัน เพื่อทราบถึงปริมาณช่องว่างที่สามารถจัดเก็บได้ การวัดระดับมีหลายวิธี เช่น
- มาตรวัดระดับชนิดแท่งจุ่ม (Dip stick) เป็นการวัดโดยตรงโดยใช้แท่งโลหะหรือวัสดุจุ่มไปในของเหลว
 - มาตรวัดระดับของเหลวแบบกระจกแก้ว (Glass gauge)
 - มาตรวัดระดับชนิดลูกลอย (Float type meter) โดยใช้ร่วมกับแผ่นสเกลในการอ่านระดับ
 - มาตรวัดระดับชนิดวัดความแตกต่างของความดัน (Differential pressure method) และแปลงค่ามาเป็นระดับของเหลวในถัง
 - มาตรวัดระดับโดยการวัดค่าประจุไฟฟ้า (Capacitance type)
 - มาตรวัดระดับชนิดคลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic method)

หมายเหตุ ควรมีระบบการทวนสอบเพื่อยืนยันความถูกต้อง เช่น การติดตั้งอุปกรณ์การวัดอย่างน้อย 2 ชุด หรือระบบเตือนเมื่อระดับของเหลวถึงค่าสูงสุดที่ยอมให้บรรจุได้ และควรใช้ระบบที่แตกต่างกัน

4.2 การใช้งานและการจัดเก็บอย่างปลอดภัยสำหรับบรรจุภัณฑ์

การใช้งานและการจัดเก็บกรดซัลฟิวริกในบรรจุภัณฑ์อย่างปลอดภัย ควรดำเนินการตามแนวทางปฏิบัติ ดังนี้

- ใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีมาตรฐาน มีการตรวจสอบ ทดสอบทั้งก่อนและขณะใช้งาน ตามระยะเวลาที่กำหนด
- ห้ามนำบรรจุภัณฑ์ที่ไม่มีมาตรฐาน หมดยุ อายุ ยกเลิกการใช้งาน หรือใช้บรรจุภัณฑ์ที่บรรจุสารชนิดอื่นที่มีมาตรฐานความปลอดภัยไม่เหมาะสมกับกรดซัลฟิวริกมาใช้
- เลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากวัสดุที่เหมาะสม ทนต่อการกัดกร่อนของกรดซัลฟิวริก

- สถานที่จัดเก็บ จะต้องมีหลังคาคลุม ไม่เปียกชื้น มีการระบายอากาศที่ดี และมีป้ายแสดงชนิดของสารที่จัดเก็บ
- การจัดเก็บโดยวางซ้อนบรรจุภัณฑ์มากกว่า 1 ชั้น ให้จัดวางด้วยความระมัดระวัง ป้องกันการตกหล่น และห้ามวางซ้อนทับเกินข้อกำหนดและมาตรฐานความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์
- มีฉลากแสดงประเภทและความเป็นอันตรายที่บรรจุภัณฑ์ ตามข้อกำหนด GHS และ UNTDG เมื่อมีการขนส่ง
- ห้ามเก็บบรรจุภัณฑ์กรดซัลฟิวริกพร้อมกับสารที่เข้ากันไม่ได้ ซึ่งอาจเกิดปฏิกิริยาหรือระเบิดได้
- สวมอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลที่เหมาะสม
- หลีกเลี่ยงการสัมผัสกรดซัลฟิวริกโดยตรง
- ตรวจสอบความปลอดภัยของภาชนะ เช่น สภาพบรรจุภัณฑ์ไม่มีการรั่วไหล ฝาปิดสนิททั้งก่อนและหลังการใช้งาน
- ควรมีเชือกกันเพื่อป้องกันการรั่วไหลไปสู่สิ่งแวดล้อม เมื่อมีการหกรั่วไหล
- ควรเตรียมวัสดุดูดซับและสารเคมีที่ใช้บำบัด เช่น ททราย ปูนขาว เป็นต้น กรณีมีการหกรั่วไหล
- มีอุปกรณ์ฉุกเฉิน เช่น ที่ล้างตาฉุกเฉิน ผักบัวฉุกเฉิน เมื่อเกิดสัมผัสผิวหนังหรือดวงตา
- ต้องมีข้อมูลความปลอดภัย และขั้นตอนปฏิบัติงานติดไว้ที่บริเวณทำงานและผู้ปฏิบัติงานต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด
- ให้ปฏิบัติตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่องคู่มือการเก็บรักษาสารเคมีและวัตถุอันตราย พ.ศ. 2550 ซึ่งการจัดเก็บกรดซัลฟิวริกกำหนดเป็นการจัดเก็บประเภท 8B ตามตารางการจัดเก็บสารเคมี ภาคผนวก ก

4.3 การใช้งานอย่างปลอดภัยสำหรับแท็งก์ติดตั้ง

การใช้งานอย่างปลอดภัยสำหรับแท็งก์ที่ยึดติดกับตัวรถหรือแท็งก์ติดตั้งที่ใช้ขนส่งกรดซัลฟิวริก ซึ่งเป็นสินค้าอันตรายประเภทที่ 8 สารกัดกร่อน ควรดำเนินการตามแนวทางปฏิบัติ ดังนี้

- แท็งก์ติดตั้งที่ใช้ขนส่งกรดซัลฟิวริกทางถนน ต้องขึ้นทะเบียนและติดทะเบียนแท็งก์ที่ได้รับอนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีรหัสแท็งก์ คือ L4BN
- แท็งก์ที่ใช้ขนส่งกรดซัลฟิวริก ต้องไม่นำไปบรรจุสารที่เข้ากันไม่ได้กับกรดซัลฟิวริก
- เพื่อความปลอดภัยในขี้อุ่นขนส่ง ปริมาณการบรรจุกรดซัลฟิวริกลงในแท็งก์ ต้องไม่น้อยกว่า 80% ของความจุแท็งก์ และควรถ่ายออกให้หมด ถ้าไม่สามารถทำได้ไม่ควรมีการรื้อเหลือน้อยในแท็งก์เกิน 20% ของความจุแท็งก์
- ต้องมีมาตรการป้องกันการรั่วไหล ระหว่างการขนถ่ายหรือการเติมกรดซัลฟิวริก
- ตรวจสอบแท็งก์ตามรายการและระยะเวลาที่กำหนด

- ตลอดอายุการใช้งาน ความหนาผนังโครงสร้างของแท็งก์ต้องไม่น้อยกว่าค่าความหนาท่ำสุดที่ยอมให้ตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ความหนาท่ำสุดที่ยอมให้สำหรับแท็งก์ติดตั้งสามารถใช้งานได้

	ผนังโครงสร้างแท็งก์	เส้นผ่านศูนย์กลาง	
		≤ 1.80 เมตร	> 1.8 เมตร
ความหนาท่ำสุดของผนัง โครงสร้างแท็งก์	เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel)	2.5 มิลลิเมตร	3 มิลลิเมตร
	เหล็กกล้า (Carbon steel)	3 มิลลิเมตร	4 มิลลิเมตร

บทที่ 5

การขนย้าย การขนถ่ายและการขนส่ง

การขนย้าย การขนถ่าย และการขนส่งกรดซัลฟิวริกอย่างปลอดภัย ควรปฏิบัติตามกฎหมายหรือมาตรฐานความปลอดภัย เช่น ขั้นตอนปฏิบัติงาน การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยในการดำเนินงานดังกล่าว เป็นต้น

5.1 การขนย้าย

การขนย้ายกรดซัลฟิวริกอย่างปลอดภัยควรใช้บรรจุภัณฑ์ที่ได้มาตรฐาน มีความมั่นคง แข็งแรง และใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลที่เหมาะสม เพื่อป้องกันหรือหลีกเลี่ยงเหตุฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้น เช่น การลื่น การหล่น การกระแทก เป็นต้น จนเป็นเหตุให้บรรจุภัณฑ์ชำรุดหรือแตกจนกรดซัลฟิวริกที่บรรจุอยู่เกิดการรั่วไหลเป็นเหตุให้เกิดอันตรายขณะขนย้าย โดยมีแนวทางปฏิบัติตามลักษณะการขนย้ายดังนี้

5.1.1 การขนย้ายแบบไม่ใช้แท่นรองสินค้า (Pallet) มีแนวทางปฏิบัติดังนี้

- 1) บรรจุภัณฑ์ขนาดเล็กที่สามารถเคลื่อนย้ายโดยคน ให้ระมัดระวังเรื่องการยกของหนัก การใช้ท่าทางการยกของให้ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ (Ergonomic) เช่น ไม่ก้มยกโดยใช้แรงจากกล้ามเนื้อส่วนหลังเพราะจะทำให้บาดเจ็บได้ เป็นต้น
- 2) กรณีขนย้ายภาชนะบรรจุชนิด IBCs ควรใช้รถยก (Forklift) หรือ อุปกรณ์ยกด้วยมือ (Handlift) ที่เหมาะสมในการขนย้ายอย่างปลอดภัย
- 3) ก่อนการขนย้ายขึ้นลงรถขนส่ง ต้องดับเครื่องยนต์ ดึงเบรกมือ และหมุนล้อ ป้องกันการเคลื่อนตัวของรถ
- 4) ในการขนย้ายบรรจุภัณฑ์ขึ้นรถ บริเวณพื้นรถที่รองรับบรรจุภัณฑ์ หรือบริเวณพื้นของสถานที่รองรับบรรจุภัณฑ์จากการขนย้ายลงจากรถ ควรเป็นพื้นเรียบไม่ลาดเอียง ปราศจากวัสดุและของมีคม และมีพื้นที่เพียงพอ
- 5) การขนย้ายบรรจุภัณฑ์ลงจากรถ ควรยกระดับพื้นที่จุดรับของให้อยู่ในแนวเดียวกับพื้นรถบรรทุก หากมีพื้นต่างระดับต้องจัดให้มีแท่นที่แข็งแรงรองรับ เพื่อป้องกันภาชนะบรรจุกระทบพื้นอย่างแรง จนทำให้เกิดความเสียหายและเกิดอันตรายจากรั่วไหล ควรใช้รถบรรทุกที่มีระบบการลดระดับพื้นที่ท้ายรถด้วยไฮดรอลิก (Tail Gate Lifting) ให้สามารถยกบรรจุภัณฑ์ขึ้นลงได้อย่างปลอดภัย
- 6) เมื่อเสร็จสิ้นการขนย้ายขึ้นบนรถ ต้องผูกยึดบรรจุภัณฑ์ให้แน่น ป้องกันการเคลื่อน กระแทก และตกหล่นของบรรจุภัณฑ์ในระหว่างการขนส่ง

5.1.2 การขนย้ายแบบใช้แท่นรองสินค้า (Pallet) มีแนวทางปฏิบัติดังนี้

- 1) ก่อนการขนย้ายขึ้นลงรถขนส่ง ต้องดับเครื่องยนต์ ดึงเบรกมือ และหมุนล้อ เพื่อป้องกันการเคลื่อนตัวของรถ
- 2) พนักงานขับรถยก ต้องผ่านการอบรมและมีใบอนุญาตให้ขับรถยกเพื่อปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องปลอดภัย และห้ามพนักงานที่ไม่ผ่านการอบรมและไม่มีใบอนุญาตปฏิบัติงานขับรถยกโดยเด็ดขาด
- 3) จัดวางบรรจุภัณฑ์บนแท่นรองสินค้าให้ปลอดภัย โดยจัดวางบรรจุภัณฑ์ให้เต็มพื้นที่แท่นรองสินค้า หากไม่เต็มต้องวางให้สมดุล ไม่วางเอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง ไม่ควรวางซ้อนกันในขณะที่ขนย้ายด้วยรถยก
- 4) หากขนย้ายบรรจุภัณฑ์หลายใบด้วยแท่นรองสินค้าในระยะไกล หรือพื้นที่ไม่เรียบ ต้องยึดบรรจุภัณฑ์ให้รวมกันบนแท่นรองสินค้า เพื่อป้องกันการเคลื่อนหรือตกหล่น
- 5) การขนย้ายด้วยรถยก ต้องปฏิบัติด้วยความระมัดระวัง ขับขี่อย่างปลอดภัยและใช้ความเร็วที่กำหนด ป้องกันอุบัติเหตุจากการชนกระแทกบรรจุภัณฑ์ ชนคนหรือตัวอาคารทำให้เกิดการบาดเจ็บและทรัพย์สินเสียหาย
- 6) บริเวณพื้นรถที่รองรับบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนย้าย หรือบริเวณพื้นที่รองรับบรรจุภัณฑ์จากการขนย้ายลงจากรถ ควรเป็นพื้นเรียบไม่ลาดเอียง ปราศจากวัสดุและของมีคม และมีพื้นที่เพียงพอ
- 7) เมื่อเสร็จสิ้นการขนย้ายขึ้นบนรถ ต้องผูกยึดบรรจุภัณฑ์ให้แน่นป้องกันการเคลื่อนกระแทกและตกหล่นของบรรจุภัณฑ์ในระหว่างการขนส่ง

5.2 การขนถ่าย

การขนถ่ายกรดซัลฟิวริกจะเป็นการขนถ่ายทางท่อ (Piping) ในระยะสั้น โดยใช้ระบบส่งกำลังซึ่งควบคุมอัตราการไหลด้วยวาล์วและเครื่องมือวัดชนิดต่าง ๆ ที่เชื่อมต่อกันจากต้นทางไปยังปลายทาง การขนถ่ายมีองค์ประกอบดังนี้

- ระบบท่อ เช่น ท่อ ข้องอ ข้อต่อ ปะเก็นต่าง ๆ เป็นต้น
- ระบบส่งกำลัง เช่น เครื่องสูบ แรงโน้มถ่วง แรงดันจากลม เป็นต้น
- ระบบควบคุม เช่น วาล์ว เครื่องมือวัด เป็นต้น

การขนถ่ายผ่านท่อควรมีข้อพิจารณาดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) ระบบท่อ

- วัสดุที่ใช้ทำท่อ ส่วนใหญ่นิยมใช้เหล็กหล่อ (Cast iron) เหล็กเหนียว (Ductile iron) และอัลลอยด์ (Alloy) โดยมีตารางเปรียบเทียบลักษณะการเลือกใช้ท่อเหล็กหล่อ/เหล็กเหนียว และอัลลอยด์ในการขนถ่ายกรดซัลฟิวริก แสดงดังตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 เปรียบเทียบลักษณะการเลือกใช้ท่อเหล็กหล่อ/เหล็กเหนียว และอัลลอยด์ในการขนถ่ายกรดซัลฟิวริก

เหล็กหล่อ (Cast iron) / เหล็กเหนียว (Ductile iron)	ท่ออัลลอยด์ (Alloy system)
● ต้องต่อด้วยหน้าแปลน ทำให้มีโอกาสรั่วไหลมาก ● กรณีมีการไหลแบบปั่นป่วน การกัดกร่อนจะสูง อาจมากถึง 2 มิลลิเมตรต่อปี ● มีน้ำหนักมาก ทำให้ต้นทุนการติดตั้งสูง ● ต้นทุนการซ่อมบำรุงสูง ● ต้องเก็บอุปกรณ์อะไหล่มาก ● ต้องใช้ท่อขนาดใหญ่ เพื่อควบคุมความเร็วในท่อ ● ท่อเหล็กหล่อจะเปราะ และแตกหักง่าย	● ต่อท่อโดยการเชื่อมเป็นหลัก มีหน้าแปลนน้อย ทำให้มีโอกาสรั่วไหลน้อย ● การกัดกร่อนต่ำ น้อยกว่า 0.1 มิลลิเมตรต่อปี ● น้ำหนักน้อย ไม่ต้องมีหน้าแปลน ทำให้ต้นทุนการติดตั้งต่ำ ● ต้นทุนการซ่อมบำรุงต่ำ ● ไม่ต้องเก็บอุปกรณ์อะไหล่จำนวนมาก ● ใช้ความเร็วสูงได้ โดยไม่ต้องเพิ่มขนาดท่อ ● มีความเหนียว ไม่เปราะหรือแตกหักง่าย

ตัวอย่างการขนถ่ายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 98.5% โดยน้ำหนัก ทางท่อเหล็กหล่อเข้าถึงเก็บที่อุณหภูมิ 45-50 °C แสดงดังรูปที่ 5-1



รูปที่ 5-1 การขนถ่ายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 98.5% โดยน้ำหนัก ทางท่อเหล็กหล่อเข้าถึงเก็บที่อุณหภูมิ 45-50 °C

ตัวอย่างการเลือกใช้วัสดุทำท่อขนถ่ายกรดซัลฟิวริกที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และอุณหภูมิสูงสุดที่ยอมให้ใช้งาน (°C) แสดงดังตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 ตัวอย่างการเลือกใช้วัสดุทำท่อนำถ่ายกรดซัลฟิวริกที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และอุณหภูมิสูงสุดที่ยอมให้ใช้งานได้

วัสดุ	ความเข้มข้นกรดซัลฟิวริก (% H ₂ SO ₄)											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	98	100
PVC	60	60	60	60	60	60	60	60	23	X	X	X
CPVC	82	82	82	82	82	82	82	82	66	66	38	X
PP	82	-	66	66	66	60	60	X	X	X	X	X
PVDF	121	121	121	-	93	93	93	93	93	82	60	X
PE	60	60	60	60	60	X	X	X	X	X	X	X
XLPE	60	60	60	60	60	21	21	21	21	21	X	X
PTFE	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	-
Epoxy	38	38	38	38	38		X	X	X	X	X	X
Vinyl Ester	93	-	82	82	82	49	X	X	X	X	X	X
Nylon	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Viton	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	38
Viton	A	A	A	A	A	A 121	-	-	A 70	A	A 70	-
EPDM	60	60	60	60	60	60	60	21	X	X	X	X
Neoprene	38	38	38	38	38	38	X	X	X	X	X	X
Neoprene	A	-	70	70	70	B	B-C	B-C	C	C	-	-
Hypalon	A	-	107	107	107	70	70	70	A	A-B	B 50	-
Carbon	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ceramic	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
304 SS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	C	C	C
316 SS	X	X	X	X	X	X	X	C	C	B	B	B
Hastelloy C	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B
Cast Iron	X	X	X	X	X	X	C	C	C	B	-	-
Aluminum	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X
Monel	A	A	A	A	A	C	C	C	C	C	C	C

ที่มา : Handbook of Sulfuric Acid Manufacturing, Second Edition, 2008

หมายเหตุ

1) ความหมายของตัวอักษรต่าง ๆ

A : ดีมาก (Excellent)

B : ดี (Good, Minor effect)

C : พอใช้ (Fair, Further testing required)

X : ไม่เหมาะสม (Unsuitable, Not recommended)

- : ไม่มีข้อมูล (No Data)

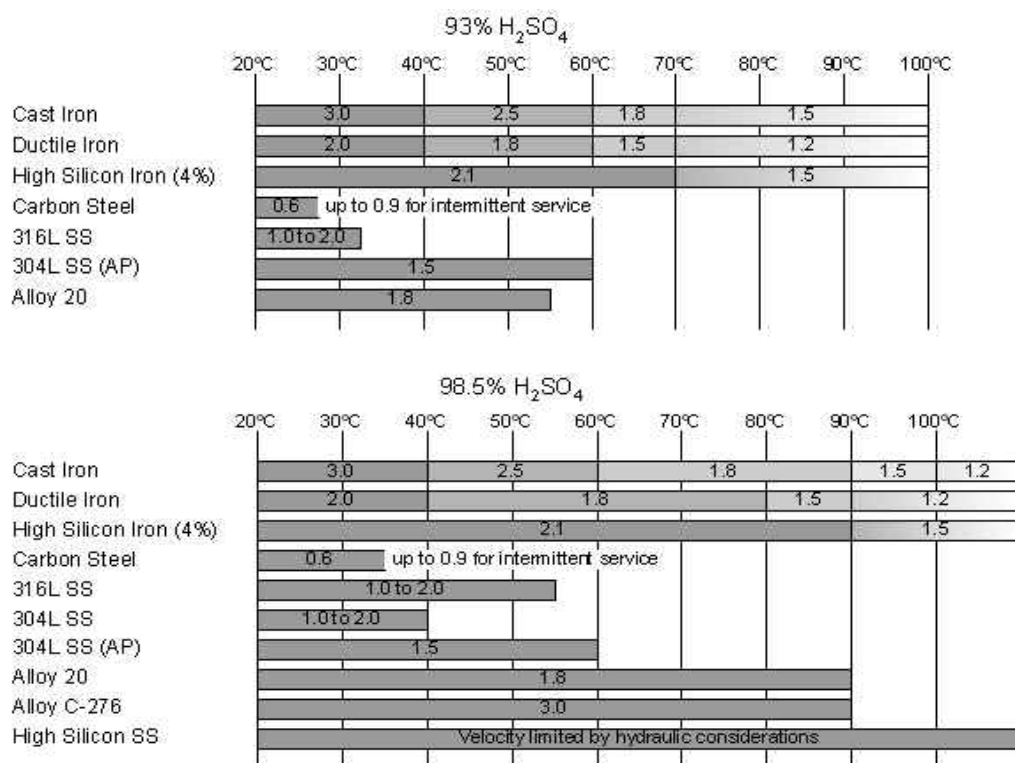
2) หน่วยของอุณหภูมิในตารางมีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส

3) ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริก (Acid concentration) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

4) ตัวอย่างการอ่านค่าในตารางที่ 5-2

- ในช่องที่ระบุเป็นตัวอักษร มีความหมายตามข้อ 1) เงื่อนไขการใช้งานที่อุณหภูมิปกติ (25 °C) เช่น ในช่องวัสดุ (Material) PVC ที่ความเข้มข้น 95% โดยน้ำหนัก มีข้อมูลความเหมาะสมแสดงเป็นตัวอักษร X หมายถึง ที่ความเข้มข้น 95% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิปกติไม่แนะนำให้ใช้งานกับวัสดุ PVC เป็นต้น

- ในช่องที่กำหนดเป็นตัวเลข หมายถึง อุณหภูมิสูงสุดที่ยอมให้ใช้งานได้ ที่ความเข้มข้นที่กำหนด เช่น ในช่องวัสดุ CPVC ที่ความเข้มข้น 90% โดยน้ำหนัก มีข้อมูลความเหมาะสมแสดงเป็นตัวเลข 66 หมายถึง ที่ความเข้มข้น 90% โดยน้ำหนัก ยอมให้ใช้งานกับวัสดุ CPVC ได้ที่อุณหภูมิปกติจนถึงอุณหภูมิสูงสุดที่ 66 °C เป็นต้น
- ในช่องที่กำหนดทั้งตัวอักษรและตัวเลข หมายถึง ใช้ความหมายทั้งตัวอักษรและตัวเลขรวมกัน เช่น ในช่องวัสดุ Viton ที่ความเข้มข้น 60% โดยน้ำหนัก มีข้อมูลความเหมาะสมแสดงเป็น A 121 หมายถึง ที่ความเข้มข้น 60% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิปกติ การเลือกใช้วัสดุ Viton ใช้งานได้ดี และยอมให้ใช้งานได้ ที่อุณหภูมิปกติจนถึงอุณหภูมิสูงสุดที่ 121 °C เป็นต้น
- ความเร็วในการขนถ่ายกรดซัลฟิวริกทางท่อ จะเปลี่ยนแปลงตามชนิดวัสดุที่ใช้ทำท่อ เช่น ท่อเหล็กกล้า (Carbon steel) จะเหมาะสมที่สุดที่ใช้ทำท่อกรดซัลฟิวริก ที่อุณหภูมิปกติ แต่ต้องใช้ความเร็วในท่อต่ำ เนื่องจากท่อเหล็กกล้าจะถูกกัดกร่อนเป็นฟิล์มบาง ๆ ของเหล็กซัลเฟตเคลือบที่ผิวท่อเพื่อป้องกันการกัดกร่อน แต่ฟิล์มจะไม่เสถียรโดยจะหลุดออกจากผิวท่อเมื่อถูกรบกวน (จากความเร็วในท่อที่เพิ่มขึ้น) เป็นต้น ความเร็ว (เมตรต่อวินาที) สูงสุดที่ยอดให้มีการขนถ่ายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 93% และ 98.5% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ทางท่อที่ทำจากวัสดุต่างชนิด แสดงดังรูปที่ 5-2



รูปที่ 5-2 ความเร็ว (เมตรต่อวินาที) สูงสุดที่ยอมให้มีการขนถ่ายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 93% และ 98.5% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ทางท่อที่ทำจากวัสดุต่างชนิด

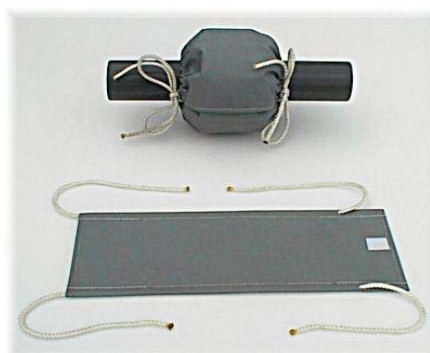
จากรูปที่ 5-2 ตัวอย่างการใช้ค่า ถ้าเลือกใช้ท่อเหล็กกล้า (Carbon Steel) ขนถ่ายกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 98.5% โดยน้ำหนัก ความเร็วที่ใช้ขนถ่ายไม่ควรเกิน 0.8 เมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิปกติจนถึงอุณหภูมิสูงสุดที่ยอมให้ใช้งานได้ 35°C

- ปะเก็น (Gasket) ที่ใช้ระหว่างหน้าแปลนท่อต้องทนต่อการกัดกร่อน ทั้งนี้การเลือกใช้จะต้องคำนึงถึงเงื่อนไขของความเข้มข้นและอุณหภูมิที่ใช้งาน ซึ่งควรใช้ปะเก็นเทฟลอน (Teflon, PTFE) ที่ทนต่อการกัดกร่อนทุกช่วงความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกและใช้งานได้ที่อุณหภูมิตั้งแต่ประมาณ -212 ถึง 271°C รูปตัวอย่างปะเก็น แสดงดังรูปที่ 5-3



รูปที่ 5-3 ปะเก็นเทฟลอนที่ใช้ระหว่างหน้าแปลนท่อในการขนถ่ายกรดซัลฟิวริก

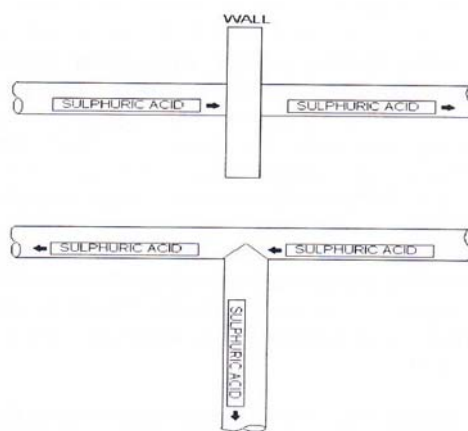
- การปิดคลุมหน้าแปลน (Flange guards or Safety shield) เพื่อป้องกันอันตรายจากกรดซัลฟิวริกรั่วไหลที่จุดเชื่อมต่อจากการขนถ่ายทางท่อ โดยควรติดตั้งตามจุดที่มีการเชื่อมต่อด้วยหน้าแปลน เช่น ระหว่างหน้าแปลนของท่อ ระหว่างหน้าแปลนของท่อกับวาล์ว หรือท่อกับเครื่องมือวัดต่าง ๆ เป็นต้น อุปกรณ์ปิดคลุมหน้าแปลนและการติดตั้ง แสดงดังรูปที่ 5-4



รูปที่ 5-4 อุปกรณ์ปิดคลุมหน้าแปลนและการติดตั้ง

ทั้งนี้ สาเหตุของการรั่วไหลจากการขนถ่ายกรดซัลฟิวริกด้วยระบบท่อ มักเกิดจากปะเก็นบ่อยครั้ง ซึ่งอาจเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น การเตรียมและการติดตั้งปะเก็นไม่เหมาะสม การเลือกใช้ชนิดของวัสดุทำปะเก็น ไม่เหมาะสม การขันน็อตไม่แน่นหรือไม่ถูกต้อง การนำปะเก็นเก่ามาใช้ใหม่ เป็นต้น

- การชี้บ่งท่อ (Pipeline identification) ควรมีป้ายหรือสัญลักษณ์ที่มีความชัดเจนและมองเห็นได้ง่าย การชี้บ่งที่นิยมใช้มี 2 แบบ คือ การใช้สี และการใช้ตัวอักษรร่วมกับหัวลูกศรบอกทิศทาง
 - สี (Color) ใช้สีชี้บ่งเป็นระยะ ๆ ตามท่อ สีที่นิยมใช้ เช่น สีม่วง เป็นต้น เพื่อบอกว่าท่อกำลังมีกรดซัลฟิวริก และเพื่อแยกท่อกับกรดซัลฟิวริกออกจากท่ออื่น ๆ
 - ตัวอักษร (Text) และหัวลูกศร (Direction arrow) เพื่อชี้บ่งชนิดของสารเคมีที่ขนถ่ายโดยระบบท่อ จะใช้คำว่า “กรดซัลฟิวริก” หรือ “SULFURIC ACID” และอาจอธิบายถึงอันตรายอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น “HOT” ซึ่งหมายถึง กรดอุณหภูมิสูง หรือ “CONCENTRATED” ซึ่งหมายถึง กรดเข้มข้น และใช้หัวลูกศรชี้ทิศทางไหล ซึ่งจะอยู่ในตำแหน่งถัดจากตัวอักษร โดยขนาดของตัวอักษรและหัวลูกศรที่เหมาะสมขึ้นกับขนาดของท่อ ตัวอย่างการชี้บ่งท่อที่ใช้ขนถ่ายกรดซัลฟิวริก แสดงดังรูปที่ 5-5



รูปที่ 5-5 การบ่งชี้ท่อที่ใช้ขนถ่ายกรดซัลฟิวริก

2) ระบบส่งกำลัง

โดยส่วนใหญ่จะใช้เครื่องสูบบแบบหนีศูนย์กลาง ในการขนถ่ายเพื่อส่งกรดซัลฟิวริกผ่านท่อไปยังที่ต่าง ๆ ซึ่งมีหลายรูปแบบ เช่น ชนิดจุ่มซึ่งติดตั้งในแนวตั้ง ชนิดติดตั้งตามแนวนอน เป็นต้น โดยจะต้องเลือกให้เหมาะสมตามลักษณะการใช้งาน เพื่อยืดอายุการใช้งาน ตัวอย่างเครื่องสูบกกรดซัลฟิวริกแบบหนีศูนย์กลางชนิดติดตั้งแนวนอน (Horizontal centrifugal pump) และชนิดจุ่ม (Centrifugal submersible pump) แสดงดังรูปที่ 5-6



รูปที่ 5-6 เครื่องสูบกกรดซัลฟิวริกแบบหนีศูนย์กลางชนิดติดตั้งแนวนอนและชนิดจุ่ม

3) ระบบควบคุม

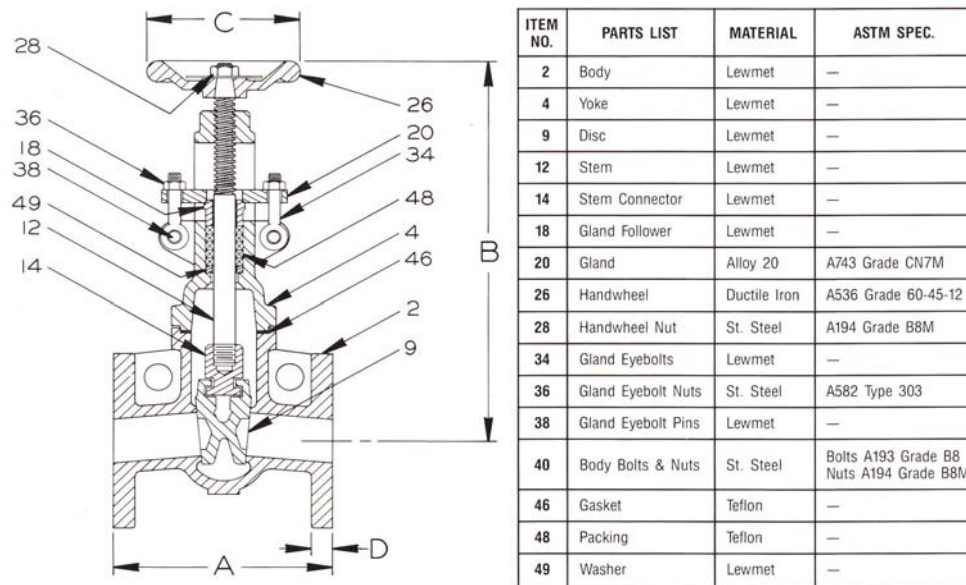
ระบบควบคุมมีส่วนประกอบ 2 ส่วน ดังนี้

- วาล์ว การเลือกชนิดและวัสดุที่ใช้เป็นชิ้นส่วนของวาล์ว ต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์การใช้งาน ความเข้มข้น อุณหภูมิ และสิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ ในกรดซัลฟิวริก เพื่อความปลอดภัยและยืดอายุการใช้งาน เช่น ถ้าใช้วาล์วทำหน้าที่เปิด-ปิด จะนิยมใช้เกทวาล์วหรือบอลวาล์ว แต่ถ้าใช้ในการควบคุมอัตราการไหลจะใช้วาล์วชนิดโกลบวาล์ว (Globe valve) เป็นต้น ตัวอย่างเกทวาล์ว โกลบวาล์ว และบอลวาล์วที่ใช้กับกรดซัลฟิวริก แสดงดังรูปที่ 5-7



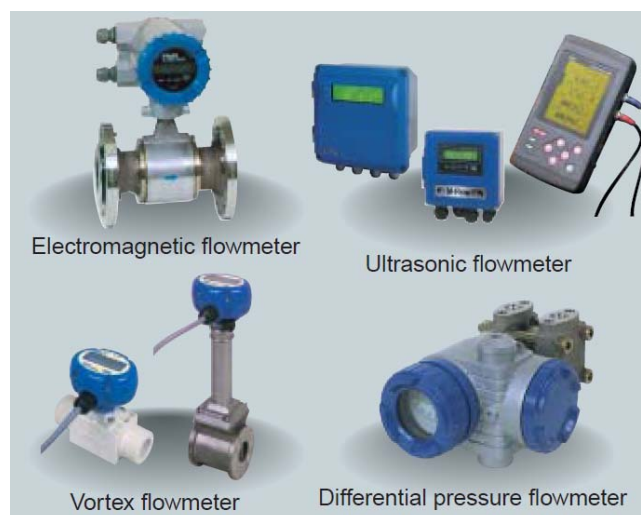
รูปที่ 5-7 ลักษณะของเกทวาล์ว โกลบวาล์ว และบอลวาล์วตามลำดับ ที่ใช้กับกรดซัลฟิวริก

ตัวอย่างส่วนประกอบและวัสดุของเกทวาล์วที่ใช้ขนถ่ายกรดซัลฟิวริก แสดงดังรูปที่ 5-8



รูปที่ 5-8 ส่วนประกอบและวัสดุของเกวาล์วที่ใช้ขนถ่ายกรดซัลฟิวริก

- เครื่องวัดปริมาณ และอัตราการไหล เพื่อวัดปริมาณของกรดซัลฟิวริกที่ขนถ่าย และควบคุมให้เป็นไปตามปริมาณที่ต้องการมีหลายรูปแบบ เช่น แบบแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic) แบบคลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic) แบบการไหลวน (Vortex) แบบความดันแตกต่าง (Differential pressure) เป็นต้น ตัวอย่างเครื่องมือวัดอัตราการไหลกรดซัลฟิวริกแบบต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 5-9



รูปที่ 5-9 เครื่องวัดอัตราการไหลกรดซัลฟิวริกแบบต่าง ๆ

ข้อควรพิจารณาที่เกี่ยวข้องตามลักษณะการขนถ่าย มีรายละเอียดดังนี้

5.2.1 การขนถ่ายจากถังเก็บลงสู่แท้งก์ติดตเรียง (Truck loading) บนรถขนส่ง

การขนถ่ายกรดซัลฟิวริกจากถังเก็บลงสู่แท้งก์ติดตเรียง จะดำเนินการที่สถานีขนถ่าย (Loading Station) ซึ่งสถานีขนถ่ายควรมีพื้นยกระดับ (Platform) ที่เข้าถึงจุดบนสุดของแท้งก์ติดตเรียงได้ สถานีขนถ่ายกรดซัลฟิวริกจากถังเก็บลงสู่แท้งก์ติดตเรียง แสดงดังรูปที่ 5-10



รูปที่ 5-10 สถานีขนถ่ายกรดซัลฟิวริกจากถังเก็บลงสู่แท้งก์ติดตเรียง

การขนถ่ายลักษณะนี้ส่วนใหญ่จะใช้เครื่องสูบกรดซัลฟิวริกจากถังเก็บผ่านท่อลงสู่แท้งก์ติดตเรียง มีแนวทางปฏิบัติอย่างปลอดภัยดังนี้

- 1) ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับความเป็นอันตรายของกรดซัลฟิวริก และต้องปฏิบัติตามขั้นตอนต่าง ๆ ทั้งในกรณีปกติและกรณีฉุกเฉิน
- 2) ต้องมีการเตรียมน้ำปริมาณมาก และพร้อมใช้งานได้ทันที เพื่อล้างกรดซัลฟิวริกที่หกรั่วไหล
- 3) ต้องมีภาชนะรองรับจุดที่อาจรั่วไหลจากการขนถ่าย เช่น ปลายท่อขนถ่ายที่ต่อเข้าแท้งก์ติดตเรียง เป็นต้น
- 4) ต้องมีฝักบัวฉุกเฉินและที่ล้างตาฉุกเฉินในบริเวณขนถ่ายที่พร้อมใช้งาน สามารถเข้าถึงได้อย่างรวดเร็วเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน และต้องทดสอบเป็นประจำ
- 5) ห้ามสูบบุหรี่หรือทำให้เกิดประกายไฟขณะปฏิบัติงานโดยเด็ดขาด
- 6) การขนถ่ายกรดซัลฟิวริกจากถังเก็บลงสู่แท้งก์ติดตเรียง (Loading procedure) มีขั้นตอนปฏิบัติดังนี้

- ตำแหน่งของแท็งก์ติดตริง (Locating the container) พนักงานขับรถจะต้องนำรถให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง โดยท่อขนถ่ายกรดซัลฟิวริกเข้าแท็งก์ติดตริงต้องอยู่ในแนวเดียวกับช่องเติมกรดซัลฟิวริกเข้าแท็งก์ โดยขณะที่มีการขนถ่ายกรดซัลฟิวริกจะต้องดับเครื่อง ดึงเบรคมือ และหมุนล้อ ตัวอย่างการขนถ่ายกรดซัลฟิวริกจากถังเก็บลงสู่ด้านบนของแท็งก์ติดตริง แสดงดังรูปที่ 5-11



รูปที่ 5-11 การขนถ่ายกรดซัลฟิวริกจากถังเก็บลงสู่แท็งก์ติดตริง

- ตรวจสอบความพร้อมแท็งก์ติดตริง ไม่ให้มีสารอื่นตกค้างก่อนการบรรจุ
- การตรวจสอบแท็งก์ติดตริง พนักงานขับรถต้องตรวจสอบรถบรรทุกก่อนการขนถ่ายอย่างเข้มงวดตามแบบตรวจสอบ และต้องไม่มีการรั่วไหลหรือเสียหาย
- สวมอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล ได้แก่ ชุดป้องกันสารเคมี รองเท้านิรภัย ที่ครอบหน้า แว่นครอบตา กั้นสารเคมี หมวกนิรภัยพร้อมกระบังหน้ากั้นสารเคมี
- ตรวจสอบระบบก่อนการขนถ่ายลงแท็งก์ติดตริง โดยเฉพาะช่องระบายอากาศ วาล์ว ข้อต่อ ท่อทางออกของกรดซัลฟิวริกกับท่อจ่ายหรือข้อต่ออื่น ๆ ต้องอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องและปลอดภัย
- การขนถ่ายกรดซัลฟิวริกเข้าแท็งก์ติดตริง โดยเดินเครื่องสูบเพื่อเริ่มถ่ายกรดซัลฟิวริกจากถังเก็บเข้าแท็งก์ติดตริง แต่ถ้ามีกรดซัลฟิวริกรั่วไหลเกิดขึ้นให้หยุดเดินเครื่องสูบและบำบัดด้วยต่างหรือล้างด้วยน้ำปริมาณมาก ๆ และต้องระมัดระวังไม่ให้น้ำเข้าไปส่วนที่มีกรดซัลฟิวริกบรรจุอยู่ และจะต้องปิดสวิตช์เครื่องสูบก่อนที่จะขึ้นไปบนพื้นยกระดับ เพื่อลดความเสี่ยงอันตรายจากกรดซัลฟิวริก ที่อาจล้นหรือกระเด็นไปสัมผัสกับพนักงานขณะขนถ่ายได้

กรณีที่ขนถ่ายจากด้านล่าง (Bottom loading) จะต้องมีวาล์วภายใน (Internal valve) 1 ตัว และวาล์วภายนอก (External valve) อีก 1 ตัว โดยมีขั้นตอนดังนี้

- ตรวจสอบวาล์วภายใน เพื่อให้แน่ใจว่าอยู่ในตำแหน่งเปิด (เปิดขณะขนถ่าย)
- ถอดฝาปิดปลายท่อ (Cap) หรือหน้าแปลนออกจากท่อขนถ่ายกรดซัลฟิวริก
- เปิดวาล์วภายนอก
- ตรวจสอบท่อ วาล์วจ่ายกรดซัลฟิวริกทั้งหมดอีกครั้ง เพื่อให้แน่ใจว่าวาล์วอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง
- เปิดสวิตช์เครื่องสูบลม เพื่อขนถ่ายกรดซัลฟิวริกเข้าแท็งก์ติดตั้ง

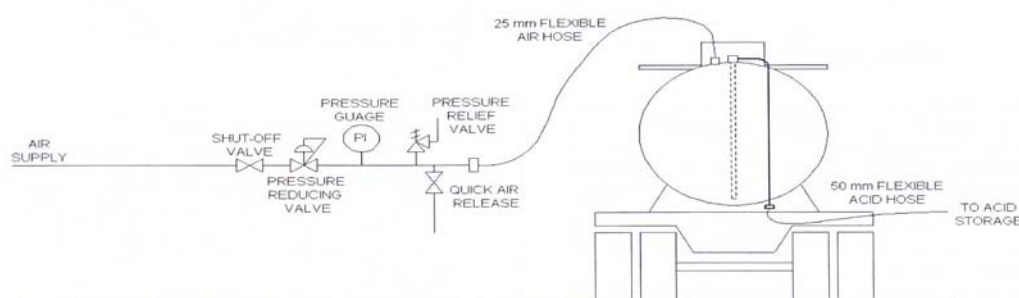
ข้อแนะนำ - ควรมีเครื่องวัดปริมาณกรดซัลฟิวริกหรือระบบอื่น ๆ ที่สามารถวัดระบบการจ่ายกรดเมื่อถึงปริมาณที่กำหนด ทั้งนี้ ควรมี 2 ระบบเพื่อเป็นการทวนสอบความถูกต้อง

- จุดกดปุ่มเดินเครื่องสูบลมควรอยู่ห่างจากจุดที่อาจมีการรั่วไหลของกรดซัลฟิวริก และควรติดตั้งเครื่องป้องกันสุญญากาศ (Vacuum relief) เพื่อป้องกันแท็งก์หรือถังเก็บเสียหาย
- เมื่อการขนถ่ายกรดซัลฟิวริกเสร็จสิ้น ให้หยุดเครื่องสูบลม และปิดวาล์วที่ติดกับท่อขนถ่ายกรดซัลฟิวริก
- ถ้าต้องการเก็บตัวอย่าง ควรทำหลังการขนถ่ายเสร็จสิ้น โดยเอาท่อขนถ่ายกรดซัลฟิวริกออกจากจุดต่อของแท็งก์ติดตั้ง รวมถึงจุดจ่ายของถังเก็บออกก่อน จึงจะเก็บตัวอย่างได้
- ปิดฝาช่องเติมให้แน่น ตรวจสอบแท็งก์ติดตั้ง ติดป้ายที่ถูกต้องบนแท็งก์ติดตั้งเพื่อส่งลูกค้า และล้างกรดซัลฟิวริกที่หกหรือรั่วไหลที่ด้านบนของแท็งก์ติดตั้งและที่พื้นยกระดับ
- ทวนสอบเอกสารการขนส่ง เอกสารความปลอดภัย คู่มือพนักงานขับรถ และอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยต่าง ๆ
- ตรวจสอบการรั่วไหลแท็งก์ติดตั้งให้อยู่ในสภาพปลอดภัย

5.2.2 การขนถ่ายกรดซัลฟิวริกจากแท็งก์ติดตั้งไปยังถังเก็บ (Truck unloading)

การขนถ่ายจากแท็งก์ติดตั้งไปยังถังเก็บ เป็นการขนถ่ายโดยใช้เครื่องสูบลมที่ติดกับตัวรถส่งกรดซัลฟิวริกผ่านท่อไปยังถังเก็บ โดยควบคุมอัตราการไหลด้วยวาล์วและเครื่องมือวัดชนิดต่าง ๆ ซึ่งวิธีการขนถ่ายที่ใช้มี 2 วิธี คือ

- 1) การขนถ่ายโดยใช้อากาศ (Air unloading procedure) เป็นการทำงานจากด้านบน (Top unloading) โดยใช้แรงดันอากาศ ซึ่งมีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถใช้งานได้ทุกลักษณะ และไม่เป็นที่ยอมรับในประเทศไทย โดยการขนถ่ายกรดซัลฟิวริกออกจากแท็งก์ติดตั้งไปยังถังเก็บโดยใช้แรงดันอากาศ แสดงดังรูปที่ 5-12



รูปที่ 5-12 การขนถ่ายกรดซัลฟิวริกจากแท็งก์ติดตริงโดยใช้แรงดันอากาศ

2) การขนถ่ายโดยใช้เครื่องสูบ (Pump unloading) เป็นการขนถ่ายกรดจากด้านล่าง (Bottom unloading) ของแท็งก์ ซึ่งในประเทศไทยส่วนใหญ่จะใช้วิธีนี้ โดยมีแนวทางปฏิบัติ เช่นเดียวกับข้อ 5.2.1 และมีข้อกำหนดเพิ่มเติม ดังนี้

- ท่ออ่อน (Flexible hose) ใช้เชื่อมต่อระหว่างแท็งก์ติดตริงและท่อเข้าถังเก็บ ต้องมีลักษณะดังนี้
 - ทนต่อการกัดกร่อนของกรดซัลฟิวริก ณ อุณหภูมิที่ใช้งาน
 - น้ำหนักเบา และยืดหยุ่นได้
 - ทนต่อการขีดถูหรือการกัดกร่อนจากภายนอก
 - มีความดันที่เหมาะสมในการใช้งาน
 - ทนทานต่อการใช้งานหนัก เช่น ทนต่อการลากผ่านพื้น ทนต่อการสัมผัสกับกรดซัลฟิวริกหรือสารเคมีอื่น ๆ เป็นต้น

หมายเหตุ ท่ออ่อนมีโอกาที่จะหักงอ หรือเสื่อมสภาพจากการใช้งาน ดังนั้น ควรมีการตรวจสอบและกำหนดระยะเวลาที่จะต้องเปลี่ยน

- ควรระบายอากาศออกจากแท็งก์ติดตริงก่อนขนถ่ายอย่างช้า ๆ จนไม่มีแรงดัน เนื่องจากแท็งก์อาจอยู่ภายใต้ความดันจากการขยายตัวของอากาศ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือการเกิดขึ้นของไฮโดรเจนจากการกัดกร่อน โดยค่อย ๆ เปิดช่องเดิม ก่อนการเปิดฝาครอบท่อ เพราะอาจมีกรดซัลฟิวริกกระเซ็นออกมาได้ (Acid spray) และดำเนินการเก็บตัวอย่าง
- ตรวจสอบให้แน่ใจว่าวาล์วเดิมกรดที่ถังเก็บเปิดอยู่ และวาล์วอื่น ๆ อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง พร้อมรับกรดซัลฟิวริกเข้าถังเก็บ
- จุดกดปุ่มเดินเครื่องสูบลอยอยู่ห่างจากจุดที่อาจมีการกระเด็นของกรดซัลฟิวริกที่อาจเกิดขึ้นโดยไม่คาดคิดได้ และควรติดตั้งอุปกรณ์นิรภัยที่แท็งก์ติดตริงหรือถังเก็บ เช่น วาล์วนิรภัย จานระเบิด (Rupture disc) เป็นต้น เพื่อป้องกันทั้งกรณีที่มีความดันสูงและเป็นสุญญากาศ
- ก่อนขนถ่ายต้องแน่ใจว่าถังเก็บมีช่องว่างเพียงพอ ถ้ามีการรั่วไหลจะต้องหยุดถ่ายกรดทันที ถ้าต้องการถอดข้อต่อต่าง ๆ ต้องถ่ายกรดที่ค้างในท่อต่าง ๆ ออกก่อน

โดยหาจุดถ่ายกรตออกในตำแหน่งที่ต่ำที่สุด และไม่มีกรดค้างในท่อ ก่อนถอดหรือปลดข้อต่อต่าง ๆ

- หยุดเครื่องสูบลม ปิดวาล์วตามจุดต่าง ๆ ถอดจุดต่อของข้อต่อต่าง ๆ ปิดฝาครอบท่อกรด และตรวจสอบแท็งก์ที่ติดตั้งและถังเก็บ ว่ายังอยู่ในสภาพดี และพร้อมใช้งานต่อไป

5.2.3 การขนถ่ายจากถังเก็บลงบรรจุภัณฑ์ (การแบ่งบรรจุ)

การแบ่งบรรจุกรดซัลฟิวริกลงบรรจุภัณฑ์มีหลายรูปแบบ เช่น จากกระบวนการผลิต จากถังเก็บขนาดเล็ก จากถังพักหรือถังตวง เป็นต้น การแบ่งบรรจุลักษณะนี้เป็นการขนถ่ายโดยใช้แรงโน้มถ่วงหรือเครื่องสูบ ซึ่งควบคุมการไหลด้วยการเปิด-ปิดวาล์วและควบคุมปริมาณด้วยเครื่องชั่งหรือซีตบอกระดับข้างบรรจุภัณฑ์ โดยชนิดบรรจุภัณฑ์ เช่น ถังทรงหลายเหลี่ยม ถัง IBCs เป็นต้น ซึ่งมีแนวทางปฏิบัติดังนี้

- ใช้บรรจุภัณฑ์ที่ได้มาตรฐาน
- สวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลที่เหมาะสม ได้แก่ ชุดป้องกันสารเคมี แวนครอบตากันสารเคมี ที่ครอบหน้าแบบครอบครึ่งใบ หน้ากระบังหน้ากันสารเคมี รองเท้ากันสารเคมี และถุงมือป้องกันสารเคมี
- ควรทำการบรรจุในบริเวณที่มีเขื่อนกัน หรือมีการกักเก็บกรดซัลฟิวริกที่อาจหกรั่วไหลจากการขนถ่ายและนำไปบำบัดหรือกำจัดต่อไป
- ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับความเป็นอันตรายของกรดซัลฟิวริก และต้องปฏิบัติตามขั้นตอนต่าง ๆ ทั้งในกรณีปกติและกรณีฉุกเฉิน
- ต้องมีแหล่งน้ำพร้อมใช้งานได้ทันที เพื่อล้างกรดซัลฟิวริกที่หกรั่วไหล
- ต้องมีฝักบัวฉุกเฉินและที่ล้างตาฉุกเฉินในบริเวณบรรจุที่พร้อมใช้งาน สามารถเข้าถึงได้อย่างรวดเร็วเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน และต้องทดสอบเป็นประจำ
- ห้ามสูบบุหรี่หรือทำให้เกิดประกายไฟขณะปฏิบัติงานโดยเด็ดขาด

หมายเหตุ - ไม่แนะนำให้ใช้ท่ออ่อนในการแบ่งบรรจุ
- ควรมีระบบควบคุมปริมาณกรดซัลฟิวริกเมื่อการบรรจุถึงเกณฑ์ที่กำหนด

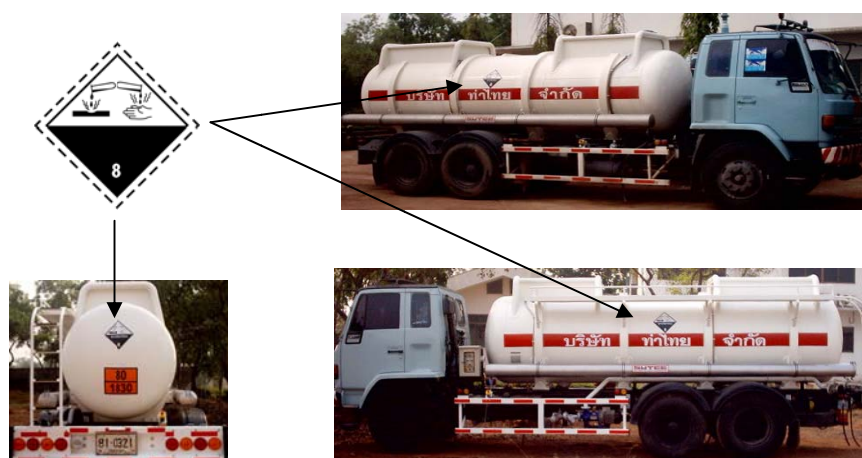
5.3 การขนส่ง

การขนส่งกรดซัลฟิวริกภายในประเทศส่วนใหญ่เป็นการขนส่งทางถนน โดยเป็นไปตามข้อกำหนดการขนส่งสินค้าอันตรายทางถนนของประเทศไทย (Thai Provision Volume II, TP2 concerning the transport of dangerous goods by road) ซึ่งมีข้อกำหนดที่สำคัญดังนี้

5.3.1 การขนส่งด้วยแท็งก์ที่ยึดติดกับตัวรถหรือแท็งก์ติดตึง

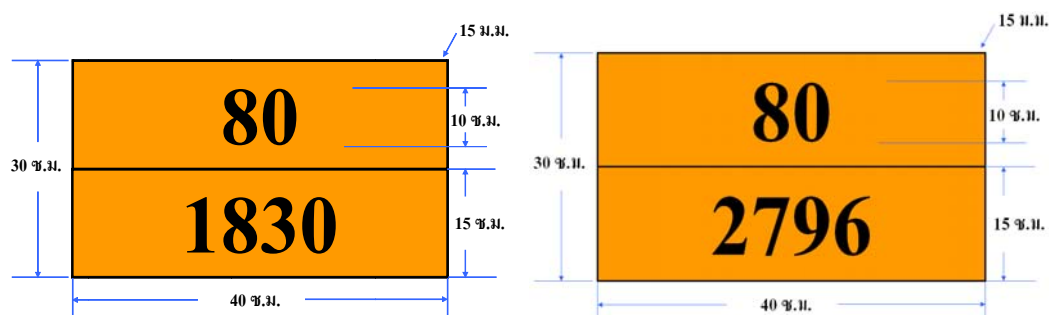
5.3.1.1 แท็งก์ที่ยึดติดกับตัวรถหรือแท็งก์ติดตึงต้องเป็นไปตามข้อกำหนด ในบทที่ 3 ข้อ 3.3 แท็งก์ที่ยึดติดกับตัวรถหรือแท็งก์ติดตึง

5.3.1.2 ต้องติดสัญลักษณ์แสดงความเป็นอันตรายของกรดซัลฟิวริกที่แท็งก์ติดตึง ตามมาตรฐาน UNTDG โดยมีขนาดไม่น้อยกว่า 250 x 250 มิลลิเมตร มีเส้นสีแดงกับรูปสัญลักษณ์ ขนาดความกว้างเส้น 12.5 มิลลิเมตร ห่างจากขอบป้าย 5 มิลลิเมตร อยู่ภายในขนานกับขอบสัญลักษณ์ หมายเลขประเภทวัตถุอันตรายต้องมีความสูงไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร (หมายเลข 8 ในรูปป้าย) ติดไว้ที่ด้านข้างทั้ง 2 ด้าน และด้านท้ายของแท็งก์ แสดงดังรูปที่ 5-13



รูปที่ 5-13 สัญลักษณ์แสดงความเป็นอันตรายกรดซัลฟิวริก และตำแหน่งติดตั้งที่แท็งก์ที่ยึดติดกับตัวรถ

5.3.1.3 รถขนส่งกรดซัลฟิวริก ต้องติดแผ่นเครื่องหมายสีส้ม (Orange color plate marking) ที่สะท้อนแสง มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าสองส่วนติดกันตามแนวยาว ที่แสดงรหัสความเป็นอันตราย (Hazard identification number) และหมายเลขสหประชาชาติ แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 5-14



รูปที่ 5-14 ตัวอย่างแผ่นเครื่องหมายสีส้มแสดงรหัสความเป็นอันตรายและหมายเลขสหประชาชาติของกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้นมากกว่า 51% และความเข้มข้นไม่มากกว่า 51% โดยน้ำหนักตามลำดับ

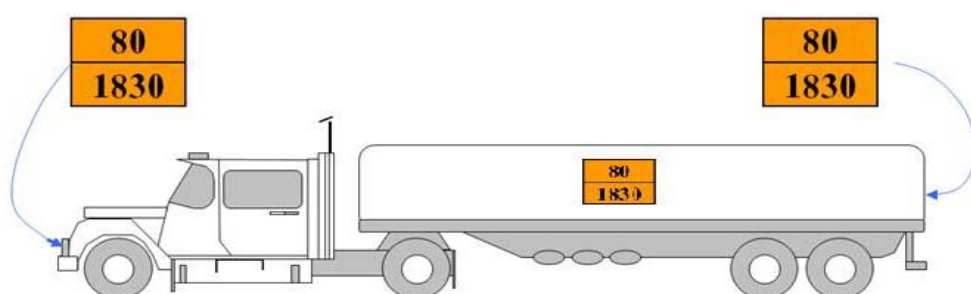
โดยมีความหมายดังนี้ คือ

80 เป็นหมายเลขแสดงรหัสความเป็นอันตรายของกรดซัลฟิวริก ซึ่งมีความหมาย คือ เป็นวัตถุกัดกร่อนหรือวัตถุกัดกร่อนเล็กน้อย

1830 เป็นหมายเลขสหประชาชาติหรือ UN number ของกรดซัลฟิวริกความเข้มข้นมากกว่า 51% โดยน้ำหนัก

2796 เป็นหมายเลขสหประชาชาติหรือ UN number ของกรดซัลฟิวริกความเข้มข้นไม่มากกว่า 51% โดยน้ำหนัก

โดยติดไว้ที่ด้านหน้าของตัวรถ ด้านข้างทั้งสองด้าน และด้านหลังของแท็งก์ที่ยึดติดกับตัวรถให้มองเห็นได้ชัดเจน แสดงดังรูปที่ 5-15



รูปที่ 5-15 ตำแหน่งการติดตั้งแผ่นเครื่องหมายสีส้มที่ด้านหน้าตัวรถ ด้านหลัง และด้านข้างทั้งสองด้านของแท็งก์ที่ยึดติดกับตัวรถขนส่งกรดซัลฟิวริกความเข้มข้นมากกว่า 51% โดยน้ำหนัก

5.3.2 การขนส่งด้วยรถบรรทุกบรรจุก๊าซ

- 1) รถบรรทุกบรรจุก๊าซขนาดต่าง ๆ ควรมีคอกกันเพื่อป้องกันการตกกระเด็นของบรรจุก๊าซออกจากรถ รวมทั้งอาจมีตาข่ายคลุมด้านบนคอกกัน
- 2) เมื่อขนย้ายบรรจุก๊าซขึ้นรถ ต้องรัดบรรจุก๊าซให้แน่นหนา ไม่สามารถเคลื่อนออกจากตำแหน่ง หรือกระแทก หรือล้มได้ ในขณะขนส่ง
- 3) ผู้ประกอบการขนส่ง ต้องติดป้าย สัญลักษณ์ และเครื่องหมายระบุสารเคมีที่ทำการขนส่งให้ถูกต้องตามประกาศกรมการขนส่งทางบก พ.ศ. 2543 เรื่องการติดป้ายอักษรภาพและเครื่องหมายของรถบรรทุกวัตถุอันตราย และ ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2546 เรื่องการขนส่งวัตถุอันตรายทางบก รวมทั้งมีการจัดทำเอกสารกำกับ การขนส่งอย่างถูกต้อง และดูแลรถให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมกับการขนส่ง
- 4) ห้ามขนส่งสารที่เข้ากันไม่ได้กับกรดซัลฟิวริกที่อาจทำให้เกิดปฏิกิริยารุนแรง เกิดความร้อน หรือให้ก๊าซไวไฟ
- 5) ปฏิบัติตามกฎหมาย เรื่อง การขนส่งวัตถุอันตรายทางบก

6) รถบรรทุกบรรจุก๊าซ ต้องมีสิ่งดังต่อไปนี้

- ป้ายคำเตือนและสัญลักษณ์ ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมกำหนด
- ข้อมูลความปลอดภัยสารเคมี (SDS)
- ข้อมูลการระงับเหตุฉุกเฉินในขณะขนส่ง (Transport Emergency Card – TREMCARD) ดังตัวอย่างท้ายบท
- หมายเลขโทรศัพท์ของผู้จัดส่ง เพื่อติดต่อในกรณีฉุกเฉิน
- อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับแก้ไขเมื่อเกิดการรั่วไหลของกรดซัลฟิวริก
- ถังดับเพลิง
- อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล
- น้ำประมาณ 5 ลิตร เพื่อใช้ในการชำระล้างและประโยชน์อื่น

5.3.3 หน้าที่และข้อควรปฏิบัติของพนักงานขับรถขนส่งกรดซัลฟิวริก มีดังต่อไปนี้

- 1) พนักงานขับรถบรรทุกกรดซัลฟิวริกที่มีความจุเกินกว่า 1,000 ลิตร หรือน้ำหนักรวมกันเกินกว่า 1,000 กิโลกรัม ต้องเป็นผู้ที่ได้รับใบอนุญาตขับขี่ชนิดที่ 4
- 2) ต้องผ่านการอบรมตามหลักสูตรที่เหมาะสมครบถ้วน
- 3) ปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยการจราจรอย่างเคร่งครัด
- 4) ปฏิบัติตามข้อแนะนำหรือวิธีปฏิบัติงานกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน
- 5) ตรวจสอบความพร้อมของรถ ภาชนะบรรจุหรือแท็งก์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานอย่างปลอดภัยอยู่เสมอ
- 6) มีเอกสารข้อมูลการระงับเหตุฉุกเฉินในขณะขนส่ง (Transport Emergency Card – TREMCARD) โดยมีรายละเอียดตัวอย่างข้อมูลการระงับเหตุฉุกเฉินในขณะขนส่ง แสดงดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างข้อมูลการรับเหตุฉุกเฉินในการขนส่ง (Transport Emergency Card – TREMCARD)

ข้อมูลการรับเหตุฉุกเฉินในขณะขนส่ง (Transport Emergency Card – TREMCARD)		ประเภทที่ 8 Class 8
ชื่อสินค้า	กรดซัลฟิวริกเข้มข้นมากกว่า 51% โดยน้ำหนัก	80
ลักษณะทั่วไป	ของเหลว • ไม่มีสีจนถึงสีน้ำตาลอ่อน	1830
หมายเลขสหประชาชาติ	1830	
สินค้าอันตรายประเภทที่	8	
รหัสความเป็นอันตราย	80	
ลักษณะความเป็นอันตราย	สารกัดกร่อน • อาจเป็นอันตรายเมื่อกลืนกิน • เป็นอันตรายถึงตายได้ เมื่อหายใจเข้าไป (ละออง) • ทำให้ผิวหนังไหม้และทำลายดวงตาอย่างรุนแรง • อาจก่อให้เกิดมะเร็ง (การหายใจ) • ทำอันตรายต่ออวัยวะ (ระบบทางเดินหายใจ) • เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ	
อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล	ชุดป้องกันสารเคมี • อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ • ถุงมือป้องกันสารเคมี • รองเท้าป้องกันสารเคมี • แวนครอบตากันสารเคมี • หมวกนิรภัยพร้อมกระบังหน้ากันสารเคมี	
ข้อปฏิบัติโดยคนขับรถในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน (General Actions to be Taken by Driver)		
ข้อปฏิบัติทั่วไป	ดับเครื่องยนต์ • ไม่ทำให้เกิดประกายไฟ ห้ามสูบบุหรี่ • กันเขตบนถนนและเตือนผู้ใช้รถหรือผู้ที่ผ่านไปมาให้ใช้ความระมัดระวัง • แจ้งชุมชนเกี่ยวกับความเป็นอันตรายและแนะนำให้อยู่เหนือลม • แจ้งตำรวจและหน่วยกู้ภัยโดยเร็วที่สุด	
ข้อปฏิบัติเฉพาะ	สวมอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลและออกห่างจากบริเวณที่เป็นอันตราย • ถ้าสารเคมีรั่วลงแหล่งน้ำหรือลงในดิน ให้แจ้งหน่วยกู้ภัย	
ข้อปฏิบัติเพิ่มเติม/พิเศษ (Additional and/or Special Actions)		
กรณีเพลิงไหม้	ห้ามจัดการด้วยตนเองกรณีเพลิงไหม้สารเคมี	
การปฐมพยาบาล	ถ้าสูดดมเข้าไป ให้ย้ายผู้ป่วยไปที่ที่มีอากาศบริสุทธิ์ แล้วรีบนำส่งแพทย์ • กรณีถูกผิวหนัง ให้ถอดเสื้อผ้าและรองเท้านี่เปื้อนสาร ล้างออกด้วยน้ำไหลผ่านปริมาณมากอย่างน้อย 15 นาที แล้วรีบนำส่งแพทย์ • กรณีเข้าตา ให้ล้างด้วยน้ำไหลผ่านปริมาณมากอย่างน้อย 15 นาที แล้วรีบนำส่งแพทย์ • เมื่อกลืนกินเข้าไป กรณีผู้ป่วยมีสติอยู่ ให้ใช้น้ำบ้วนปาก แล้วรีบนำส่งแพทย์ทันที ห้ามทำให้อาเจียน	
ข้อมูลให้กับเจ้าหน้าที่กู้ภัย	ให้ติดต่อผู้เชี่ยวชาญสารเคมีหรือบริษัทเจ้าของสินค้า • ไม่ควรใช้น้ำดับไฟโดยตรง (ห้ามฉีดเป็นลำ) ให้ใช้น้ำฉีดเป็นฝอย หรือใช้คาร์บอนไดออกไซด์หรือผงเคมีแห้งในการดับเพลิง • ไม่ควรฉีดน้ำเข้าไปในภาชนะที่บรรจุกรดซัลฟิวริก และให้หล่อเย็นภาชนะบรรจุโดยใช้น้ำในปริมาณมาก • ป้องกันสารและน้ำที่ใช้รับเหตุฉุกเฉินไม่ให้ไหลลงไปยังแหล่งน้ำสาธารณะและพื้นดิน • เก็บกู้ซากและสารปนเปื้อนด้วยภาชนะบรรจุปิดมิดชิด และนำส่งผู้กำจัดที่ได้รับอนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม	
หมายเลขติดต่อฉุกเฉิน	• บริษัทขนส่ง	

บทที่ 6

การระงับเหตุและการปฐมพยาบาล

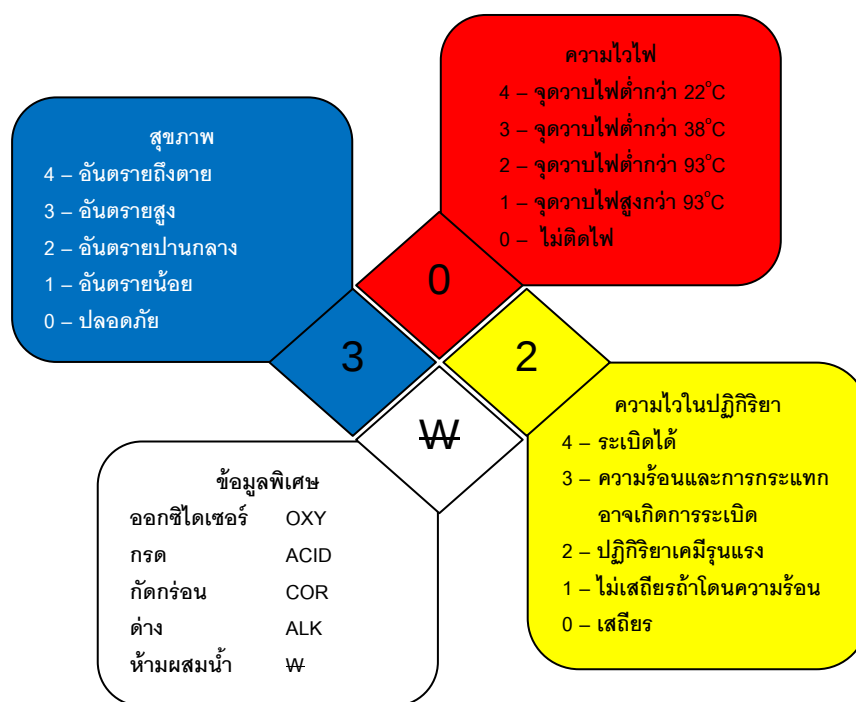
กรดซัลฟิวริกเป็นกรดแก่ เกิดปฏิกิริยารุนแรง เมื่อสัมผัสกับสารอินทรีย์หรืออินทรีย์บางชนิด อาจติดไฟหรือระเบิดได้ และถ้าสัมผัสกับโลหะจะเกิดก๊าซไฮโดรเจนที่ไวไฟ รวมทั้งทำปฏิกิริยารุนแรงกับน้ำ กรดซัลฟิวริกมีการใช้งานอย่างกว้างขวางในปริมาณมาก ซึ่งหากเกิดอุบัติเหตุรั่วไหล จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรง ดังนั้น การมีแผนฉุกเฉินและระงับเหตุที่สามารถตอบสนองต่อสถานการณ์ได้อย่างทันการ ทั้งก่อนเกิดเหตุ ขณะเกิดเหตุ และหลังเกิดเหตุ จะทำให้ลดการเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินลงได้มาก

6.1 การระงับเหตุฉุกเฉิน

ก่อนเตรียมพร้อมรับภาวะฉุกเฉิน ในขั้นต้นต้องกำหนดสถานการณ์ฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้น โดยการสำรวจพื้นที่ปฏิบัติงาน และกิจกรรมหลักขององค์กรที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติเหตุ และเมื่อกำหนดสถานการณ์ฉุกเฉินแล้ว ต้องเตรียมพร้อมรับภาวะฉุกเฉินที่จะเกิดขึ้น ได้แก่ ข้อมูลที่จำเป็นในการระงับเหตุ การจัดทำแผนฉุกเฉิน การเตรียมทีมและอุปกรณ์ในการระงับเหตุฉุกเฉิน ขั้นตอนการระงับเหตุฉุกเฉิน โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

6.1.1 ข้อมูลที่จำเป็นในการระงับเหตุ

- 1) ความเป็นอันตรายของสารเคมีตามมาตรฐานสมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติ (National fire protection association, NFPA) ประเทศสหรัฐอเมริกา ของกรดซัลฟิวริกในแง่ความไวไฟ คือ ไม่ติดไฟ ส่วนเรื่องสุขภาพ คือ อันตรายต่อสุขภาพสูง และหากพิจารณาในแง่ความไวในปฏิกิริยา คือ เกิดปฏิกิริยาเคมีรุนแรง และข้อมูลพิเศษ คือ ห้ามผสมน้ำ ดังสัญลักษณ์กรดซัลฟิวริกในระบบ NFPA 704 ตามรูปที่ 6-1



รูปที่ 6-1 แสดงสัญลักษณ์กรดซัลฟิวริกในระบบ NFPA 704

- รหัสปฏิบัติการฉุกเฉิน (Emergency Action Code – EAC) ในระบบฮาซเคมีของกรดซัลฟิวริกแสดงด้วยตัวเลขและตัวอักษร “2R” โดยหมายเลข “2” หมายถึง ให้ฉีดน้ำเป็นละอองคลุม ส่วนอักษร “R” หมายถึง สวมชุดป้องกันทั้งร่างกายและสวมอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ ละลายหรือชะล้างด้วยน้ำให้เจือจางก่อนปล่อยทิ้งลงสู่รางระบายน้ำ หรืออาจแสดงด้วยตัวเลขและตัวอักษร “2P” โดยหมายเลข “2” หมายถึง ให้ฉีดน้ำเป็นละอองคลุม ส่วนตัวอักษร “P” หมายถึง อันตรายจากปฏิกิริยาเคมีรุนแรง อาจระเบิดได้ สวมชุดป้องกันทั้งร่างกายและสวมอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ ละลายหรือชะล้างด้วยน้ำให้เจือจางก่อนปล่อยทิ้งลงสู่รางระบายน้ำ
- ข้อมูลการระงับเหตุฉุกเฉิน (Emergency response guide, ERG) ใช้เป็นแนวทางตอบโต้เหตุฉุกเฉินสำหรับพนักงานดับเพลิง ตำรวจ และบุคคลที่เกี่ยวข้อง ในการจำแนกชนิดและความเป็นอันตรายของสาร และสามารถป้องกันตัวเองและสาธารณชนในช่วงแรกของการเกิดเหตุได้อย่างรวดเร็ว โดยหมายเลขการระงับเหตุฉุกเฉิน (Guide No.) ของกรดซัลฟิวริก แสดงดังตารางที่ 6-1

ตารางที่ 6-1 แสดงหมายเลขการระงับเหตุฉุกเฉิน (ERG) ของกรดซัลฟิวริก

สารเคมี	UN number	Guide no.	ชื่อเรียก (Title)
กรดซัลฟิวริก ความเข้มข้นมากกว่า 51% โดยน้ำหนัก	1830	137	สาร-ทำปฏิกิริยากับน้ำ-กัดกร่อน
กรดซัลฟิวริก ความเข้มข้นไม่มากกว่า 51% โดยน้ำหนัก	2796	157	สาร-เป็นพิษ และ/หรือ กัดกร่อน (ไม่ติดไฟ/น้ำ-ไวต่อการกระตุ้นด้วยน้ำ)

แนวทางการระงับเหตุฉุกเฉินของกรดซัลฟิวริกที่มีความเข้มข้นมากกว่า 51% โดยน้ำหนัก (Guide 137) แสดงดังตารางที่ 6-2

ตารางที่ 6-2 แนวทางการระงับเหตุฉุกเฉินของกรดซัลฟิวริกตาม Guide No. 137 (UN 1830)

อันตรายที่อาจเกิดขึ้น
อัคคีภัยหรือการระเบิด - อาจทำให้วัตถุบางชนิด เช่น ไม้ กระดาษ น้ำมัน ผ้า เป็นต้น ลุกติดไฟได้ - ทำปฏิกิริยากับน้ำและเกิดปฏิกิริยารุนแรง - เมื่อสัมผัสกับโลหะ อาจเกิดก๊าซไฮโดรเจนซึ่งเป็นก๊าซไวไฟ
สุขภาพอนามัย - กัดกร่อน และหรือ เป็นพิษ การรับสัมผัสไอระเหยของกรดซัลฟิวริก โดยทางการหายใจ การกิน การสัมผัส (ผิวหนัง ตา) อาจทำให้เกิดการบาดเจ็บอย่างรุนแรง แผลไหม้ หรือตายได้ - หากทำปฏิกิริยากับน้ำ ทำให้เกิดความร้อนสูง ซึ่งทำให้อากาศในอากาศมีความเข้มข้นสูงขึ้น - การสัมผัสทำให้เป็นแผลไหม้ผิวหนังหรือตา - น้ำเสียจากการดับเพลิงหรือชะล้างทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม
ความปลอดภัยต่อสาธารณะ
- โทรแจ้งเจ้าหน้าที่ระงับเหตุฉุกเฉินตามเบอร์ในเอกสารกำกับการขนส่งหรือเอกสารอื่นที่เกี่ยวข้อง หากไม่พบเอกสารหรือไม่มีคนรับสายให้โทรแจ้งหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้อง - กั้นแยกบริเวณที่มีการหกรั่วไหลทันทีอย่างน้อย 50 เมตร (150 ฟุต) ในทุกทิศทาง - กั้นบุคคลที่ไม่เกี่ยวข้องออกจากบริเวณ
ชุดป้องกันอันตราย - อยู่เหนือลม ย่าอยู่ต่ำ ระบายอากาศในที่อับก่อนเข้ารับเหตุ - กรณีที่ไม่ทราบความเข้มข้นให้ใส่อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจชนิดถังบรรจุอากาศแบบพกพา (SCBA) กรณีที่ทราบความเข้มข้นให้ใช้อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจตามความเหมาะสมกับความเข้มข้นของสาร - สวมใส่ชุดป้องกันสารเคมีตามคำแนะนำจากผู้ผลิต ทั้งนี้ชุดป้องกันสารเคมีไม่สามารถป้องกันความร้อนได้ - ชุดผจญเพลิงทั่วไปป้องกันอันตรายจากสารเคมีได้จำกัด
การอพยพ - กรณีกรดซัลฟิวริกหกรั่วไหล ให้เพิ่มระยะกั้นในบริเวณใกล้เคียง (ถ้าจำเป็น) จากหัวข้อความปลอดภัยต่อสาธารณะ - กรณีเกิดอัคคีภัย หากภาชนะบรรจุขนาดใหญ่หรือรถบรรทุกเกิดไฟไหม้ ให้กั้นบริเวณโดยรอบ 800 เมตร รวมทั้งอพยพประชาชนในบริเวณ 800 เมตร ทุกทิศทาง

การดำเนินการเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน
อัคคีภัย เพลิงไหม้ขนาดเล็ก - ใช้ผงเคมีแห้งหรือคาร์บอนไดออกไซด์ - เคลื่อนย้ายภาชนะบรรจุออกจากบริเวณเพลิงไหม้ หากทำได้โดยไม่เสี่ยงอันตราย เพลิงไหม้ขนาดใหญ่ - ใช้น้ำปริมาณมากควบคุมเพลิงที่ลุกไหม้ รวมทั้งให้ฉีดน้ำเป็นละอองฝอยเพื่อจับไอระเหย หากบริเวณนั้นมีน้ำไม่เพียงพอให้ฉีดน้ำเป็นละอองฝอยเพื่อจับไอเท่านั้น เพลิงไหม้ถึงเก็บ รถหรือรถไฟขนส่งสารเคมี - ฉีดน้ำปริมาณมากหล่อเย็นภาชนะบรรจุ จนกว่าเพลิงจะสงบ ระมัดระวังอย่าฉีดน้ำเข้าไปในภาชนะบรรจุ - อยู่ให้ไกลจากภาชนะบรรจุที่ถูกไฟลุกท่วม
การหกหรือรั่วไหล - สวมชุดป้องกันแบบคลุมทั้งตัว หากต้องเข้าปฏิบัติหน้าที่ในบริเวณที่สารเคมีรั่วไหล แต่ไม่มีเพลิงไหม้ - ห้ามสัมผัสภาชนะบรรจุที่เสียหายหรือสารที่หกรั่วไหล หากสวมชุดป้องกันไม่เหมาะสม - ระวังการรั่วไหล หากทำได้โดยไม่เสี่ยงอันตราย - ใช้น้ำฉีดเป็นฝอยดักจับไอเพื่อลดการระเหย ห้ามฉีดน้ำรดสารที่หกรั่วไหลโดยตรงหรือฉีดน้ำเข้าไปในภาชนะบรรจุ - แยกวัสดุที่ติดไฟได้ เช่น ไม้ กระดาษ น้ำมัน เป็นต้น ออกจากบริเวณที่สารหกรั่วไหล การรั่วไหลขนาดเล็ก - ปิดทับด้วยดินแห้ง หรือทรายแห้ง เพื่อลดการแพร่กระจาย - ใช้อุปกรณ์ที่สะอาดไม่ก่อให้เกิดประกายไฟกับสารที่หก แล้วเก็บในภาชนะที่เป็นพลาสติก ปิดฝาให้สนิท เพื่อนำไปกำจัดต่อไป - ป้องกันไม่ให้สารเคมีหกรั่วไหลลงน้ำ ท่อระบายน้ำ ชั้นใต้ดิน หรือบริเวณอับอากาศ
การปฐมพยาบาล - นำผู้บาดเจ็บไปยังที่มีอากาศบริสุทธิ์ - โทรเรียกรถพยาบาลหรือหน่วยแพทย์ฉุกเฉิน - ให้ออกซิเจน หากผู้บาดเจ็บหายใจลำบาก ถ้าผู้บาดเจ็บหยุดหายใจ ให้ใช้เครื่องช่วยหายใจ - ห้ามผายปอดด้วยวิธีเป่าปากแก่ผู้บาดเจ็บหรือหายใจเอาสารเคมีเข้าไป ให้ใช้เครื่องช่วยหายใจชนิดที่มีครอบให้อากาศแบบวาล์วทางเดียว หรืออุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจอื่นที่เหมาะสม - ถอดเสื้อผ้าและรองเท้าที่ปนเปื้อนออก - ถ้าผิวหนังหรือตาสัมผัสกับสารเคมี ให้ล้างออกทันที โดยวิธีให้น้ำไหลผ่านอย่างน้อย 20 นาที - รักษาอุณหภูมิของร่างกายของผู้บาดเจ็บให้อบอุ่น - เผื่อระวังอาการของผู้บาดเจ็บ - ต้องมั่นใจว่าหน่วยแพทย์ทราบชนิดและอันตรายของสารเคมี รวมทั้งมีการป้องกันตนเองอย่างเหมาะสม

แนวทางการระบับเหตุฉุกเฉินของกรดซัลฟิวริกที่มีความเข้มข้นไม่มากกว่า 51% โดย น้ำหนัก (Guide 157) แสดงดังตารางที่ 6-3

ตารางที่ 6-3 แนวทางการระบับเหตุฉุกเฉินกรดซัลฟิวริก ตาม Guide No.157 (UN 2796)

อันตรายที่อาจเกิดขึ้น
อัคคีภัยหรือการระเบิด - ไม่ติดไฟ ตัวสารเองจะไม่ลุกไหม้ แต่อาจสลายเมื่อได้รับความร้อน ทำให้เกิดไอสารมีฤทธิ์กัดกร่อน และเป็นพิษ - ละอองไออาจสะสมในที่อับ เช่น ชั้นใต้ดิน ถังเก็บในรถ ภาชนะบรรจุสาร - ทำปฏิกิริยากับน้ำ และเกิดปฏิกิริยารุนแรง - เมื่อสัมผัสกับโลหะ เกิดก๊าซไฮโดรเจนซึ่งเป็นก๊าซไวไฟ - ภาชนะบรรจุอาจระเบิดเมื่อถูกปนเปื้อนด้วยน้ำ
สุขภาพอนามัย - เป็นพิษ การหายใจ การกินหรือสัมผัส (ผิวหนัง ตา) ทำให้เกิดการบาดเจ็บอย่างรุนแรง แผลไหม้ หรือเสียชีวิตได้ - เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำหรือความชื้นในอากาศ ทำให้เกิดความร้อนสูง และทำให้ความเข้มข้นของไอสารในอากาศสูงขึ้น - หากสารได้รับความร้อน ทำให้เกิดก๊าซพิษที่มีฤทธิ์ระคายเคือง กัดกร่อน และเป็นพิษ - น้ำที่เกิดจากการดับเพลิงหรือชะล้าง มีฤทธิ์กัดกร่อน และก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม
ความปลอดภัยต่อสาธารณะ
- โทแรงแจ้งเจ้าหน้าที่ระบับเหตุฉุกเฉินตามเบอร์ในเอกสารกำกับกับการขนส่งหรือเอกสารอื่นที่เกี่ยวข้อง หากไม่พบเอกสารหรือไม่มีคนรับสายให้โทรแจ้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง - กั้นแยกบริเวณที่มีการหกรั่วไหลทันทีอย่างน้อย 50 เมตร (150 ฟุต) ในทุกทิศทาง - กั้นบุคคลที่ไม่เกี่ยวข้องออกจากบริเวณ อยู่เหนือลม อย่าอยู่ในที่ต่ำ
ชุดป้องกันอันตราย - กรณีที่ไม่ทราบความเข้มข้นให้ใส่อุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจชนิดถังบรรจุอากาศแบบพกพา (SCBA) - กรณีที่ทราบความเข้มข้นให้ใช้อุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจตามความเหมาะสมกับความเข้มข้นของสาร - สวมใส่ชุดป้องกันสารเคมีตามคำแนะนำจากผู้ผลิต ทั้งนี้ชุดป้องกันสารเคมีไม่สามารถป้องกันความร้อนได้ - ชุดผจญเพลิงทั่วไปป้องกันอันตรายจากสารเคมีได้จำกัดในกรณีสารเคมีเกิดลุกไหม้ และอาจใช้ป้องกันอันตรายจากสารเคมีไม่ได้ กรณีเกิดการรั่วไหลที่มีการสัมผัสสารโดยตรง
การอพยพ - กรณีกรดซัลฟิวริกหกรั่วไหล ให้เพิ่มระยะกั้นในบริเวณใต้ลม (ถ้าจำเป็น) จากหัวข้อความปลอดภัยต่อสาธารณะ - กรณีเกิดอัคคีภัย หากภาชนะบรรจุขนาดใหญ่หรือรถบรรทุกเกิดไฟไหม้ ให้กั้นบริเวณโดยรอบ 800 เมตร รวมทั้งอพยพประชาชนในบริเวณ 800 เมตรในทุกทิศทาง

การดำเนินการเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน
อัคคีภัย เพลิงไหม้ขนาดเล็ก - ใช้คาร์บอนไดออกไซด์ หรือผงเคมีแห้ง ทราายแห้ง เพลิงไหม้ขนาดใหญ่ - ใช้น้ำฉีดเป็นฝอย หรือหมอก ห้ามใช้น้ำฉีดเป็นลำตรง - เคลื่อนย้ายภาชนะบรรจุออกจากบริเวณเพลิงไหม้ หากทำได้โดยไม่เสี่ยงอันตราย - ทำทํานบตักน้ำดับเพลิงอย่าให้สารกระจายตัว เพื่อนำไปกำจัดต่อไป เพลิงไหม้ถึงเก็บ รถหรือรถไฟขนส่งสารเคมี - ดับเพลิงจากระยะไกลที่สุด หรือใช้หัวฉีดน้ำชนิดไม่ต้องใช้คนถือ หรือใช้แท่นฉีดน้ำแทน - อย่าฉีดน้ำเข้าไปในภาชนะบรรจุ - ฉีดน้ำปริมาณมากหล่อเย็นภาชนะบรรจุ จนกว่าเพลิงจะสงบ - อยู่ให้ไกลจากภาชนะบรรจุที่ถูกไฟลุกท่วม
การหกหรือรั่วไหล - กำจัดแหล่งกำเนิดไฟทุกชนิด (ห้ามสูบบุหรี่ จุดพลุไฟ หรือทำให้เกิดประกายไฟ เปลวไฟในพื้นที่เกิดเหตุ) - ห้ามสัมผัสภาชนะบรรจุที่เสียหายหรือสารที่หกรั่วไหล หากสวมชุดป้องกันไม่เหมาะสม - ระวังการรั่วไหล หากทำได้โดยไม่เสี่ยงอันตราย - อย่าฉีดน้ำเข้าไปในสารเคมีที่หกรั่วไหลหรือภาชนะบรรจุ - ใช้น้ำฉีดเป็นฝอยเพื่อลดไอระเหย หรือเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ของไอระเหย - ป้องกันไม่ให้สารเคมีหกรั่วไหลลงน้ำ ท่อระบายน้ำ ชั้นใต้ดิน หรือบริเวณอับอากาศ การรั่วไหลขนาดเล็ก - ปิดทับด้วยดินแห้ง หรือทรายแห้ง เพื่อลดการแพร่กระจาย - ใช้อุปกรณ์ที่สะอาดไม่ก่อให้เกิดประกายไฟกับสารที่หก แล้วเก็บในภาชนะที่เป็นพลาสติก ปิดฝาให้สนิท เพื่อนำไปกำจัดต่อไป
การปฐมพยาบาล - นำผู้บาดเจ็บไปยังที่มีอากาศบริสุทธิ์ - โทรเรียกรถพยาบาลหรือหน่วยแพทย์ฉุกเฉิน - ให้ออกซิเจน หากผู้บาดเจ็บหายใจลำบาก ถ้าผู้บาดเจ็บหยุดหายใจ ให้ใช้เครื่องช่วยหายใจ - ห้ามผายปอดด้วยวิธีเป่าปากแก่ผู้บาดเจ็บหรือหายใจเอาสารเคมีเข้าไป ให้ใช้เครื่องช่วยหายใจชนิดที่มีครอบให้อากาศแบบวาล์วทางเดียว หรืออุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจอื่นที่เหมาะสม - ถอดเสื้อผ้าและรองเท้าที่ปนเปื้อนออก - ถ้าผิวหนังหรือตาสัมผัสกับสารเคมี ให้ล้างออกทันที โดยวิธีให้น้ำไหลผ่านอย่างน้อย 20 นาที - รักษาอุณหภูมิของร่างกายของผู้บาดเจ็บให้อบอุ่น - เฝ้าระวังอาการของผู้บาดเจ็บ - ต้องมั่นใจว่าหน่วยแพทย์ทราบชนิดและอันตรายของสารเคมี รวมทั้งมีการป้องกันตนเองอย่างเหมาะสม

6.1.2 การจัดทำแผนฉุกเฉิน (Emergency plan)

การดำเนินงานที่มีความเสี่ยงที่อาจทำให้เกิดเหตุฉุกเฉิน ต้องจัดเตรียมแผนตอบโต้หรือรับมือเหตุฉุกเฉิน เพื่อกำหนดขั้นตอนการดำเนินงาน บุคลากร รายการเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ต้องจัดเตรียม รวมถึงแผนการฝึกซ้อมเพื่อให้เกิดความชำนาญและปฏิบัติการได้อย่างมีประสิทธิภาพ แผนที่มีประสิทธิภาพจะต้องมีการวางแผน การเตรียมการ และการฝึกอบรม ตัวอย่างองค์ประกอบแผนฉุกเฉินตามข้อกำหนดมาตรฐานองค์กรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย (OSHA) รหัส 29 CFR 1910.38 มีรายละเอียดดังนี้

- 1) จัดทำแผนฉุกเฉินเป็นลายลักษณ์อักษร แต่ถ้าพนักงานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 คน ไม่ต้องทำเป็นลายลักษณ์อักษร แต่ต้องสื่อสารด้วยการพูดหรือบอกกล่าวกับพนักงาน
- 2) แผนฉุกเฉินต้องมีองค์ประกอบเป็นอย่างน้อยดังต่อไปนี้
 - ต้องมีวิธีปฏิบัติงาน เรื่องการแจ้งเหตุฉุกเฉิน
 - ต้องมีวิธีปฏิบัติงาน เรื่องการอพยพเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน
 - ต้องมีวิธีปฏิบัติงานของพนักงาน ที่ต้องปฏิบัติงานหรือดำเนินการกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อาจทำให้เกิดอันตราย (Critical equipment) ก่อนอพยพออกจากพื้นที่ เช่น การตัดแยกอุปกรณ์ เป็นต้น
 - ต้องมีวิธีปฏิบัติงาน เรื่องการตรวจนับจำนวนคนทั้งหมด
 - ต้องมีวิธีปฏิบัติงาน เรื่องการช่วยเหลือหรือช่วยชีวิต และการปฐมพยาบาล
 - ต้องกำหนดผู้รับผิดชอบ ทำหน้าที่สื่อสารข้อมูลเกี่ยวกับแผนฉุกเฉิน รวมถึงระบบการสื่อสารซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในการรับมือเหตุฉุกเฉิน
- 3) ควรมีระบบเตือนภัยอย่างน้อย 2 ระบบ เช่น ระบบเสียง (Audible alarm) และระบบการมองด้วยตา (Visual alarm) เป็นต้น โดยเสียงหรือไซเรนที่ใช้เตือนจะต้องเป็นเสียงที่แตกต่างจากเสียงอื่น ๆ หรือมีเสียงเฉพาะที่สื่อเหตุการณ์นั้นโดยเฉพาะ และไม่ควรใช้ร่วมหรือเหมือนกับสัญญาณเสียงอื่น ๆ เช่น เสียงสัญญาณการเข้าทำงานตามปกติ เป็นต้น
- 4) ต้องมีการกำหนดความต้องการฝึกอบรม จัดทำแผนและจัดฝึกอบรม เพื่อสื่อสารให้พนักงานทุกคนได้ทราบข้อมูลต่าง ๆ เช่น หน้าที่ที่ต้องรับผิดชอบ ขั้นตอนปฏิบัติงาน การใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์กรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน เป็นต้น ต้องมีการปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย และต้องมีการทบทวนเมื่อ
 - มีการปรับเปลี่ยนตำแหน่งหน้าที่หรือรับพนักงานใหม่
 - มีการเปลี่ยนแปลงผู้รับผิดชอบตามแผน
 - มีการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงแผน

6.1.3 การเตรียมทีมฉุกเฉินและอุปกรณ์ในการระงับเหตุฉุกเฉิน

การจัดเตรียมทีมฉุกเฉิน โดยกำหนดจำนวนคนที่เหมาะสมในแต่ละเหตุการณ์ จัดให้มีการฝึกอบรมและฝึกซ้อมอยู่เป็นประจำอย่างน้อยปีละครั้ง เพื่อให้มีความรู้ ความเข้าใจ และความชำนาญในขั้นตอนการปฏิบัติงาน การใช้อุปกรณ์ความปลอดภัย การใช้อุปกรณ์ระงับเหตุฉุกเฉิน ข้อควรระวังต่าง ๆ โดยมีขั้นตอนการฝึกซ้อมตามแผนฉุกเฉิน ดังนี้

- กำหนดสถานการณ์
- ดำเนินการฝึกซ้อม
- ตรวจสอบประเมิน
- ปรับปรุงและแก้ไขแผน

ส่วนอุปกรณ์ในการระงับเหตุฉุกเฉินต้องพร้อมใช้งาน มีการตรวจสอบอุปกรณ์ระงับเหตุฉุกเฉินเป็นประจำ เช่น อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคล เครื่องสูบลำดับสารเคมี อุปกรณ์เก็บกู้ อุปกรณ์กันพื้นที่ อุปกรณ์ให้แสงสว่าง วัสดุดูดซับ สารเคมีจำพวกต่าง ชุดเครื่องมือระงับเหตุ เป็นต้น

6.1.4 ขั้นตอนการระงับเหตุฉุกเฉิน

ในกรณีที่มีการหกรั่วไหลของกรดซัลฟิวริก ควรจะดำเนินการตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

- 1) กันพื้นที่ (Isolation) เพื่อป้องกันบุคคลไม่ให้ได้รับอันตราย ในระยะอย่างน้อย 50 เมตร (150 ฟุต) จากจุดที่มีการหกรั่วไหลทุกทิศทาง
กรณีที่เกิดอัคคีภัย ให้กั้นบริเวณโดยรอบและอพยพประชาชนไปบริเวณเหนือลม ในระยะ 800 เมตร จากจุดเกิดเหตุ
- 2) กรณีรั่วไหลที่ภาชนะบรรจุ หากสามารถดำเนินการได้โดยปลอดภัย ควรหยุดการรั่วไหล เช่น การอุดหรือการรัดปิดรอยรั่ว หรือใช้ภาชนะรองรับ เป็นต้น
- 3) ควบคุมหรือจำกัดบริเวณ (Containment) ที่กรดหกรั่วไหล เพื่อไม่ให้แพร่กระจายออกสู่สิ่งแวดล้อม
กรณีหกรั่วไหลจากการขนส่งเพียงเล็กน้อย ให้ใช้ทรายหรือดินแห้งกลบหรือวัสดุดูดซับที่เหมาะสมและนำไปบำบัดตามกฎหมาย แต่ถ้ามีการรั่วไหลในปริมาณมาก ให้ใช้คันดินหรือทรายกั้นในจุดเกิดเหตุ เพื่อป้องกันไม่ให้กรดไหลลงแหล่งน้ำ ไม่ควรใช้น้ำฉีดล้างเพราะทำให้การจำกัดบริเวณทำได้ยากและปริมาณกรดที่ต้องบำบัดเพิ่มขึ้น
- 4) เมื่อระงับเหตุฉุกเฉินได้แล้ว ควรตรวจสอบคุณภาพอากาศ เพื่อให้แน่ใจว่ามีความปลอดภัยก่อนตัดสินใจนำประชาชนกลับเข้าพื้นที่
- 5) กรดที่หกรั่วไหลจะต้องพิจารณานำกลับมาใช้ใหม่ก่อนเป็นลำดับแรก ให้เหลือกรดที่จะทำให้เป็นกลางหรือบำบัดน้อยที่สุด
- 6) การบำบัดกรดที่หกรั่วไหล โดยใช้สารเคมีประเภทต่าง เช่น ปูนขาว หินปูน เป็นต้น และต้องส่งกำจัดตามกฎหมาย

ตัวอย่างปริมาณการใช้ปูนขาวบำบัดกรดซัลฟิวริกที่หกรั่วไหล

ส่วนใหญ่ปูนขาวจะระบุปริมาณค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ของแคลเซียมออกไซด์ ซึ่งต้องแปลงค่าให้อยู่ในรูปแคลเซียมไฮดรอกไซด์, Ca(OH)_2 โดยการคูณด้วย 1.3214 ดังตัวอย่างเช่น ปูนขาว 65% ของแคลเซียมออกไซด์ เมื่อคูณด้วย 1.3214 จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์ของแคลเซียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 85.89 ดังนั้น ถ้านำไปบำบัดกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 98.5% โดยน้ำหนัก จำนวน 1,000 กิโลกรัม จะต้องใช้ปูนขาวดังสูตรต่อไปนี้

$$\text{Lime Consumption} = \frac{M.W.\text{ of Lime} \times \text{Weight of Sulfuric Acid} \times \text{Conc. of Sulfuric Acid}}{\text{Conc. of Lime} \times M.W.\text{ of Sulfuric Acid}}$$

โดยที่

Lime Consumption	=	ปริมาณปูนขาวที่ใช้บำบัด มีหน่วยเป็นกิโลกรัม
Weight of Sulfuric Acid	=	น้ำหนักกรดซัลฟิวริกที่ต้องบำบัด มีหน่วยเป็นกิโลกรัม
Conc. of Lime	=	ความเข้มข้นปูนขาว (Ca(OH)_2) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
Conc. of Sulfuric Acid	=	ความเข้มข้นกรดซัลฟิวริก มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
M.W. of Lime	=	น้ำหนักโมเลกุลของปูนขาว มีค่าเท่ากับ 74
M.W. of Sulfuric Acid	=	น้ำหนักโมเลกุลของกรดซัลฟิวริก มีค่าเท่ากับ 98

ดังนั้น
$$\text{Lime Consumption} = \frac{74 \times 1,000 \text{ ก.ก.} \times 98.5\%}{85.89\% \times 98.08}$$

$$= 865.26 \text{ กิโลกรัม}$$

สรุปต้องใช้ปูนขาวน้ำหนัก 865.26 กิโลกรัม บำบัดกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 98.5% โดยน้ำหนัก จำนวน 1,000 กิโลกรัม

- 7) ต้องมีการตรวจติดตามและฟื้นฟูสภาพแวดล้อม เช่น น้ำ ดิน เป็นต้น โดยตรวจสอบความเป็นกรด-ด่าง และปรับให้เป็นกลาง ก่อนส่งกำจัดตามกฎหมาย

ปัญหาอุปสรรคในการระงับเหตุฉุกเฉินที่มักจะพบบ่อยและส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการระงับเหตุได้แก่

- ระบบการสื่อสารใช้งานไม่ได้
- ผู้เข้าระงับเหตุขาดความรู้ความเข้าใจ
- อุปกรณ์ฉุกเฉินไม่พร้อมใช้งาน
- ผู้ไม่เกี่ยวข้องเข้ามาในที่เกิดเหตุ

6.2 การปฐมพยาบาล

การปฐมพยาบาลกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินนั้นต้องมีการจัดตั้งทีมปฐมพยาบาล (First aid team) โดยมีหน้าที่และวิธีการดำเนินการดังนี้

6.2.1 หน้าที่ของทีมปฐมพยาบาล

- จัดเตรียมอุปกรณ์ที่จำเป็นที่ใช้ในการปฐมพยาบาล
- ทำการปฐมพยาบาลผู้ได้รับบาดเจ็บ
- คัดแยกผู้ป่วย
- บันทึกรายละเอียดของผู้บาดเจ็บ
- ประสานงานกับหน่วยพยาบาลจากภายนอก

6.2.2 การปฐมพยาบาลผู้บาดเจ็บจากกรดซัลฟิวริก

- ถ้าสูดดมเข้าไป ให้ย้ายผู้ป่วยไปที่ที่มีอากาศบริสุทธิ์ ถ้าหยุดหายใจ ให้ใช้เครื่องช่วยหายใจ ถ้าหายใจลำบากให้ออกซิเจน
- กรณีที่ถูกผิวหนัง ให้ถอดเสื้อผ้าที่เปื้อนสาร ล้างออกด้วยน้ำไหลผ่านปริมาณมาก เป็นเวลาอย่างน้อย 15 นาที และถ้ามีการสัมผัสผิวหนังเป็นบริเวณกว้าง เมื่อใช้น้ำไหลผ่านในปริมาณมากแล้ว ให้ห่มด้วยผ้าเพื่อให้ความอบอุ่น แล้วรีบนำส่งแพทย์ทันที
- กรณีที่เข้าตา ให้ล้างด้วยน้ำไหลผ่านปริมาณมาก ๆ เป็นเวลาอย่างน้อย 15 นาที หากใส่คอนแทกเลนส์อยู่ ให้ถอดออก หากทำได้ไม่ยาก และล้างทำความสะอาดต่อไป ต้องแน่ใจว่าได้ล้างตาอย่างเพียงพอ โดยใช้นิ้วมือแยกเปลือกตาออกจากกันระหว่างล้าง แล้วรีบนำส่งแพทย์ทันที
- เมื่อกลืนกินเข้าไป กรณีผู้ป่วยมีสติอยู่ ให้ใช้น้ำบ้วนปาก ห้ามทำให้อาเจียน แล้วรีบนำส่งแพทย์ทันที

บทที่ 7

อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัย

การผลิต การใช้ การจัดเก็บ และการขนส่ง กรดซัลฟิวริกที่มีความเป็นอันตรายสูง เกี่ยวข้องกับบุคลากรหลายกลุ่ม ดังนั้น ถ้าการดำเนินการผิดพลาด ย่อมส่งผลกระทบต่อผู้ที่เกี่ยวข้องอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

เครื่องมือ อุปกรณ์ วิธีปฏิบัติงาน นโยบาย และกฎหมายที่เกี่ยวข้อง ต้องมีความเหมาะสมเพียงพอ ที่จะทำให้การดำเนินงานมีความปลอดภัย เพราะหากดำเนินการไม่ดีจะส่งผลกระทบอย่างรุนแรง

เครื่องมือและอุปกรณ์ความปลอดภัยที่ใช้ เพื่อให้เกิดความปลอดภัย ได้แก่ เอกสารความปลอดภัย (Safety data sheets, SDS) รหัสอันตราย (HAZCHEM Code) สัญลักษณ์ความเป็นอันตราย ตามมาตรฐาน NFPA เป็นต้น

ทั้งนี้ ความปลอดภัยจะเกิดขึ้นได้ ขึ้นกับความตระหนักถึงความเป็นอันตรายของบุคลากรที่เกี่ยวข้อง และผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในเรื่องความปลอดภัยเป็นสำคัญ

7.1 อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลกรณีปกติ

อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล ต้องป้องกันอวัยวะหลักของร่างกาย คือ

- การป้องกันลำตัว
- การป้องกันระบบทางเดินหายใจ
- การป้องกันดวงตาและใบหน้า

7.1.1 การป้องกันลำตัว

ชุดป้องกันสารเคมี (Protective clothing) เป็นอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล ทำหน้าที่ป้องกันสารเคมีสัมผัสผิวหนังในช่วงเวลาที่สารเคมีรั่วไหล วัสดุที่ใช้ทำจะต้องทนสารเคมีได้ในช่วงกว้าง โดยมีปัจจัยพิจารณาหลัก เช่น ชนิดของสารเคมี ความเข้มข้น อุณหภูมิ เป็นต้น เนื่องจากผู้สวมใส่อาจมีโอกาสมือสัมผัสกับสารเคมีหลายชนิด หรือชนิดเดียวแต่มีคุณลักษณะที่แตกต่างกัน

ความสามารถในการป้องกันของชุดป้องกันสารเคมี ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความเข้มข้น อุณหภูมิ ระยะเวลาที่สัมผัส วัสดุที่ใช้ทำชุด และโครงสร้างของชุด เป็นต้น

ลักษณะการป้องกันลำตัวด้วยการสวมใส่ชุดป้องกันสารเคมีตลอดเวลาขณะทำงานกับกรดซัลฟิวริก และชุดต้องคลุมตลอดจากคอจนถึงเท้า เป็นชั้นเดียวหรือสองชั้นก็ได้ ด้านหลังของศีรษะต้องมีการป้องกันด้วยหมวกคลุมศีรษะที่ติดกับชุดป้องกันสารเคมี (Attached hood) และชนิดของวัสดุที่ใช้ทำชุดขึ้นกับความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริก และระยะเวลาที่สัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 7-1

ตารางที่ 7-1 วัสดุที่ใช้ทำชุดป้องกันกรดซัลฟิวริกที่เหมาะสม

ความเข้มข้นกรดซัลฟิวริก	มากกว่า 8 ชั่วโมง (แนะนำให้ใช้)	น้อยกว่า 8 ชั่วโมง (แนะนำให้ใช้)	1-4 ชั่วโมง (ใช้อย่างระมัดระวัง)	น้อยกว่า 1 ชั่วโมง (ใช้อย่างระมัดระวัง)
ทุกช่วงความเข้มข้น	Butyl rubber Polyethylene Teflon™ Saranex™ 4H™ Barricade® CPF®3	Viton™ (เฉพาะที่ความเข้มข้น >70 wt %)	Neoprene Polyvinyl chloride Viton™ Nitrile rubber (30-70 wt%)	Natural rubber Nitrile rubber Polyvinyl alcohol

หมายเหตุ จากตารางที่ 7-1 สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการเลือกวัสดุที่ใช้ทำถุงมือและรองเท้าวัย และไม่แนะนำให้ใช้วัสดุดังต่อไปนี้ทำถุงมือ ได้แก่ Natural rubber, Neoprene, Nitrile และ PVC ต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า 0.3 มิลลิเมตร

7.1.2 การป้องกันระบบทางเดินหายใจ (Respiratory protection)

อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ ใช้เพื่อป้องกันก๊าซที่เป็นอันตรายหรือสิ่งปนเปื้อนที่มากับอากาศ เช่น ฝุ่น ไอ หมอกควัน เป็นต้น

ในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับกรดซัลฟิวริก ความเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจจะรวมถึง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ ไอกรดซัลฟิวริก และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

7.1.3 การป้องกันดวงตาและใบหน้า (Eye/face protection)

การป้องกันดวงตาและใบหน้าต้องสวมแว่นครอบตากันสารเคมี (Chemical safety goggles) ร่วมกับกระบังหน้า โดยแว่นครอบตาต้องเป็นประเภทที่ป้องกันไอกรดไม่ให้เข้าไปในรูระบายอากาศของแว่นครอบตา และต้องสวมใส่ตลอดเวลาขณะที่ทำงานกับกรดซัลฟิวริกในระบบเปิด

ตารางที่ 7-2 อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลที่ใช้งานทั่วไปสำหรับกรดซัลฟิวริก

รายการอุปกรณ์และการใช้งาน	การใช้งานและลักษณะของอุปกรณ์	มาตรฐานอุปกรณ์
1. ชุดป้องกันสารเคมี 	ใช้ป้องกันสารเคมีสัมผัสผิวหนัง โดยชุดต้องคลุมตลอดจากคอจนถึงเท้า มี 2 แบบ คือ แบบชั้นเดียวและแบบสองชั้น ด้านหลังของชุดต้องมีหมวกคลุมศีรษะที่ติดกับชุดป้องกันสารเคมี (Attached Hood) วัสดุที่ใช้ทำจะต้องทนอุณหภูมิและความเข้มข้นกรดซัลฟิวริกในช่วงกว้าง และมีค่าการซึมผ่านของสารเคมีไม่เกิน $0.1 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$ หรือ $1 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{min}$ โดยการเลือกใช้วัสดุทำชุดที่เหมาะสม แสดงดังตารางที่ 7-1	EN standard หรือเทียบเท่า
2. ถุงมือป้องกันสารเคมี 	ใช้ป้องกันมือและแขนบางส่วนจากการสัมผัสสารเคมี โดยเวลาที่ยอมให้สารเคมีซึมผ่านผนังของถุงมือ (Permeation breakthrough time) ต้องมากกว่า 480 นาที แนวทางการเลือกใช้วัสดุทำถุงมือที่เหมาะสม แสดงดังตารางที่ 7-1	EN 374 หรือเทียบเท่า
3. อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจชนิดดูดซับก๊าซและไอระเหยสารเคมี 	สวมใส่เพื่อป้องกันระบบทางเดินหายใจ จากสิ่งปนเปื้อนที่มากับอากาศ เช่น ก๊าซพิษ ฝุ่น ละอองไอ หมอกควันของสารเคมี เป็นต้น การเลือกประเภทอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจให้เป็นไปตามตารางที่ 7-3 โดยมีให้เลือกทั้งชนิดตัวกรองแบบตลับเดี่ยวและตลับคู่	EN 140, EN 136 NIOSH/MSHA AS/NZS 1716 หรือเทียบเท่า
4. ตัวกรองแบบตลับที่ใช้ร่วมกับอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจชนิดดูดซับก๊าซและไอระเหยสารเคมี 	เป็นชิ้นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจชนิดดูดซับก๊าซและไอระเหยสารเคมีที่ใช้ตัวกรองแบบตลับชนิดที่ป้องกันละอองไอน้ำ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	EN 14387 NIOSH/MSHA AS/NZS 1716 หรือเทียบเท่า
5. กระบังหน้ากันสารเคมี 	ใช้ป้องกันสารเคมีกระเด็นเข้าใบหน้าควรใช้งานร่วมกับแว่นครอบตากันสารเคมี เพื่อป้องกันสารเคมีกระเด็นเข้าด้านล่างและด้านข้างของกระบังหน้า และถ้ามีความเสี่ยงต่อของแข็งหล่นใส่ศีรษะ ควรใช้แบบกระบังหน้าร่วมกับหมวกนิรภัย	ANSI Z87.1 EN166 AS/NZS 1337 หรือเทียบเท่า

รายการอุปกรณ์และการใช้งาน	การใช้งานและลักษณะของอุปกรณ์	มาตรฐานอุปกรณ์
6. โครนยัดกระบังหน้ากับหมวกนิรภัย 	ใช้ยึดกระบังหน้ากับหมวกนิรภัย	
7. แว่นครอบตากันสารเคมี 	ป้องกันไอ ละอองไอสารเคมีที่อาจกระเด็น และอนุภาคหรือวัตถุขนาดใหญ่กระเด็นเข้าตา ต้องเป็นประเภทที่ป้องกันไอกัดไม่ให้เข้าไปในรูระบายอากาศของแว่นครอบตากันสารเคมีได้ ขนาดของแว่นครอบตาต้องกระชับพอดีกับใบหน้า แว่นครอบตากันสารเคมีไม่สามารถใช้ป้องกันใบหน้าได้ ต้องใช้คู่กับกระบังหน้า และสวมใส่ตลอดเวลาขณะทำงานกับกรดซัลฟิวริก	ANSI Z87.1 EN 166 AS/NZS 1337 หรือ เทียบเท่า
8. หมวกนิรภัย 	ป้องกันอันตรายจากการตกหล่นของของแข็งมากระทบศีรษะ ใช้งานร่วมกับกระบังหน้าชนิดติดกับหมวกนิรภัยได้	ANSI Z89.1 EN 397 AS/NZS 1801 หรือ เทียบเท่า
9. รองเท้ากันสารเคมี 	ป้องกันสารเคมีและจากการตกหล่นของของแข็งมากระทบเท้า ต้องเป็นแบบที่มีหัวเหล็ก และวัสดุที่ใช้ต้องทนต่อการกัดกร่อนกับสารเคมีประเภทกรดได้ และต้องทำความสะอาดทุกครั้งเมื่อสัมผัสหรือเปื้อนสารเคมี	EN 345 มอก.810-2531, มอก.809-2531 หรือเทียบเท่า

หมายเหตุ การเลือกใช้อุปกรณ์ความปลอดภัยดังกล่าวข้างต้น ให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมกับลักษณะงาน

7.2 อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน

อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลที่ใช้งานระดับเหตุฉุกเฉิน จะเหมือนกับการใช้งานทั่วไป แตกต่างเฉพาะในส่วนการป้องกันระบบทางเดินหายใจ ซึ่งจะขึ้นกับชนิดและความเข้มข้นของสารเคมีที่เกี่ยวข้องที่อาจปะปนอยู่ในอากาศ โดยการเลือกใช้อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจชนิดหรือแบบใด จะขึ้นอยู่กับค่าการป้องกัน (Assigned protection factor, APF) และความเข้มข้นของสารนั้น การเลือกใช้จะเป็นไปตามตารางที่ 7-3 แต่ต้องคำนึงถึงกรณีที่เกิดไฟไหม้ กรดซัลฟิวริกจะสลายตัวกลายเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เป็นก๊าซพิษด้วย

ตารางที่ 7-3 ข้อแนะนำในการเลือกใช้อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจชนิดดูดซับก๊าซและไอระเหยของกรดซัลฟิวริก

ค่า APF	ประเภทอุปกรณ์	
กรณีความเข้มข้นกรดซัลฟิวริกในอากาศไม่เกิน 15 mg/m ³		
25	ใช้อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจประเภทจัดส่งอากาศสำหรับการหายใจ (Air supplying respirator) ซึ่งมีอัตราการไหลของอากาศแบบต่อเนื่อง	
25	ใช้อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจประเภททำให้อากาศสะอาด (Air - purifying Respirator) ซึ่งมีตัวกรองแบบตลับ (Cartridge) สำหรับป้องกันก๊าซของสารจำพวกกรด	
50	ใช้อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจพร้อมที่ครอบหน้าแบบครอบเต็มใบหน้า พร้อมตัวกรองแบบตลับ (Cartridge) ซึ่งใช้สารเคมีประเภทที่เหมาะสมเป็นตัวดูดซับ สำหรับป้องกันก๊าซประเภทกรด และอุปกรณ์กรองอนุภาคประสิทธิภาพสูง (HEPA Filter)	
50	ใช้อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจประเภททำให้อากาศสะอาด (Air purifying respirator) พร้อมที่ครอบหน้าแบบครอบเต็มใบหน้า (Gas mask) ซึ่งมีตัวกรองแบบกระป๋อง (Canister) สำหรับป้องกันก๊าซประเภทกรด และอุปกรณ์กรองอนุภาคประสิทธิภาพสูง (HEPA Filter)	
50	ให้อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจประเภทถังบรรจุอากาศแบบพกพา (SCBA) พร้อมที่ครอบหน้าแบบครอบเต็มใบหน้า	
50	ให้อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจประเภทจัดส่งอากาศสำหรับการหายใจ (Air supplying respirator) พร้อมที่ครอบหน้าแบบครอบเต็มใบหน้า	

ค่า APF	ประเภทอุปกรณ์
กรณีไม่ทราบความเข้มข้นหรือกรณีเหตุฉุกเฉินหรือช่วงความเข้มข้นของไอสารในบรรยากาศที่ทำให้เกิดอันตรายต่อชีวิตและสุขภาพอย่างเฉียบพลัน (IDLH = 15 mg/cm ³)	
10,000	ใช้อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจประเภทถังบรรจุอากาศแบบพกพา (SCBA) พร้อมที่ครอบหน้าแบบครอบเต็มใบหน้า ซึ่งมีการทำงานแบบลิ้นควบคุมการจ่ายอากาศชนิดแรงดันบวก (Demand valve : Positive pressure mode)
10,000	ใช้อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจประเภทจัดส่งอากาศสำหรับการหายใจ (Supplied air respirator) พร้อมที่ครอบหน้าแบบเต็มใบหน้า ซึ่งมีการทำงานแบบลิ้นควบคุมการจ่ายอากาศชนิดแรงดันบวก (Demand valve : Positive pressure type)

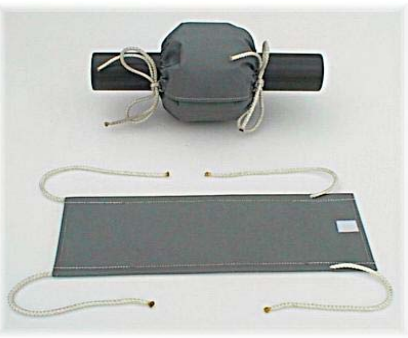


ที่มา : ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตราย และเคมีภัณฑ์ กรมควบคุมมลพิษ

7.3 การจัดเตรียมอุปกรณ์ระงับเหตุเบื้องต้น

ตัวอย่างวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ เพื่อระงับเหตุเบื้องต้น แสดงดังตารางที่ 7-4

ตารางที่ 7-4 ตัวอย่างวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ เพื่อระงับเหตุเบื้องต้น

รายการอุปกรณ์	ตัวอย่างเครื่องมือและอุปกรณ์	ลักษณะและการใช้งาน
1. วัสดุดูดซับสารเคมี	●ชนิดแผ่น (Pad)  ●ชนิดม้วน (Roll) 	วัสดุดูดซับสารเคมี ช่วยควบคุมการแพร่กระจายและกำจัดสารเคมีที่เป็นของเหลวซึ่งรั่วไหลจากแหล่งเก็บ ทำจากเส้นใยโพลีโพรพิลีน ชนิดแผ่นเหมาะสำหรับรั่วไหลปริมาณน้อย ส่วนชนิดม้วนเหมาะสำหรับการรั่วไหลและแพร่กระจายในวงกว้าง
2. อุปกรณ์ปิดคลุมหน้าแปลน (Flange Shield)		ใช้ป้องกันอันตรายจากสารเคมี ที่อาจรั่วไหล หยด หรือกระเด็น จากรอยต่อของท่อชนิดหน้าแปลน ใช้งานโดยปิดคลุมหน้าแปลนหรือข้อต่อของท่อที่คั่นด้วยปะเก็น (Gasket joint) วัสดุที่ใช้ อาจเป็นใยแก้วและคลุมด้วยแผ่นเทฟลอน

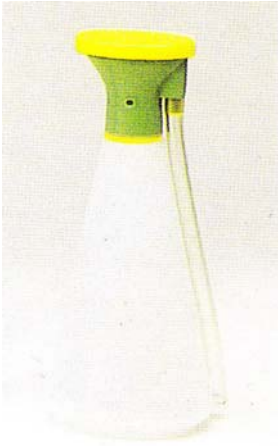
รายการอุปกรณ์	ตัวอย่างเครื่องมือและอุปกรณ์	ลักษณะและการใช้งาน
3. เทปกั้นเขตอันตราย		ใช้กั้นเขตอันตรายกรณีเกิดสารเคมีรั่วไหลหรือเกิดเหตุฉุกเฉิน
4. เครื่องมือวัดก๊าซ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และไอกรดซัลฟิวริก		วัดก๊าซ ไอ และละอองไอได้หลายชนิด เปลี่ยนเฉพาะหลอดตรวจวัด (Detector tube) ให้เหมาะสมกับก๊าซหรือไอชนิดนั้น ๆ
5. ถังลมบอกทิศทางลม (Wind Sock)		ตรวจสอบและบอกทิศทางลมได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง เพื่อใช้ในการอพยพกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินที่มีการปล่อยหรือรั่วไหลของก๊าซ ฝุ่น หรือไอ โดยการอพยพคนต้องอพยพไปในทิศที่อยู่เหนือลมที่เป็นจุดที่มีความปลอดภัยที่สุด ถังลมควรติดตั้งในตำแหน่งที่สูงมากพอและมองเห็นง่ายจากทุกพื้นที่ ทั้งเวลากลางวันและกลางคืน

7.4 อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยในสถานที่ทำงาน

นอกจากอุปกรณ์ความปลอดภัยดังกล่าวมาแล้ว ยังมีอุปกรณ์ความปลอดภัยที่จำเป็นอื่น ๆ ซึ่งจำเป็นต้องจัดเตรียมไว้เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากกรดซัลฟิวริก ทั้งในกรณีปกติและกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉิน ตัวอย่างอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยในสถานที่ทำงาน แสดงในตารางที่ 7-5

ตารางที่ 7-5 ตัวอย่างอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยในสถานที่ทำงาน

รายการอุปกรณ์	ตัวอย่างรูปแสดงเครื่องมือและอุปกรณ์	การใช้งานและลักษณะของอุปกรณ์
1. ฝักบัวฉุกเฉิน		ใช้ล้างตัวเมื่อสัมผัสกับสารเคมี โดยต้องมีมาตรฐานและการตรวจสอบ แสดงดังรูปที่ 7-1

รายการอุปกรณ์	ตัวอย่างรูปแสดงเครื่องมือและอุปกรณ์	การใช้งานและลักษณะของอุปกรณ์
2. ที่ล้างตาฉุกเฉิน		ใช้ล้างตาเมื่อดวงตาสัมผัสกับละอองไอฝุ่น หรือสารเคมีกระเด็นเข้าตา โดยต้องมีมาตรฐานและการตรวจสอบ แสดงดังรูปที่ 7-1
3. ถังล้างตาฉุกเฉินแบบเคลื่อนที่ได้		ชุดล้างตาฉุกเฉิน ชนิดเคลื่อนที่ได้ สามารถใช้งานได้นาน 15 นาที
4. ขวดล้างตาฉุกเฉิน		ใช้บรรจุน้ำสะอาด สำหรับล้างตาฉุกเฉิน ใช้งานโดยการบีบขวดน้ำ น้ำที่ล้างตาแล้ว จะไม่ไหลย้อนกลับ

โดยมาตรฐานและรายการตรวจฝักบัวฉุกเฉินและที่ล้างตาฉุกเฉิน แสดงดังรูปที่ 7-1



รูปที่ 7-1 แสดงมาตรฐานและรายละเอียดติดตั้งฝักบัวฉุกเฉินและที่ล้างตาฉุกเฉิน

บทที่ 8

การจัดการของเสีย

การจัดการของเสียจากกรดซัลฟิวริกต้องดำเนินการอย่างระมัดระวัง โดยของเสียอาจมาจากกระบวนการผลิต หรือแหล่งอื่น ๆ ดังนั้นการตัดสินใจและดำเนินการใด ๆ เช่น การล้างภาชนะบรรจุ การบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น ต้องตรวจสอบสิ่งปนเปื้อนในของเสียก่อนการจัดการอย่างถูกต้อง

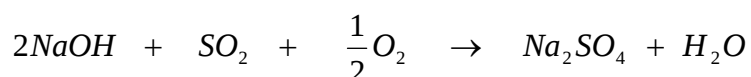
ของเสียจากกรดซัลฟิวริกมีฤทธิ์กัดกร่อนและอาจมีสิ่งปนเปื้อนอื่น ๆ เช่น สารพิษ โลหะหนักต่าง ๆ เป็นต้น ดังนั้น การปรับสภาพให้เป็นกลาง การแยกสิ่งปนเปื้อน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาการกัดกร่อน ความเป็นพิษ หรือเกิดกลิ่นเหม็น ซึ่งอาจเป็นปัญหาในการกำจัด รวมถึงปัญหากับชุมชน หากปล่อยออกสู่ภายนอก

ของเสียจากกรดซัลฟิวริก มีดังต่อไปนี้

8.1 ของเสียจากกระบวนการผลิตกรดซัลฟิวริก

8.1.1 ประเภทของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต

- ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้แล้ว โดยกระบวนการผลิตกรดซัลฟิวริก จะใช้วานาเดียมเพนตาออกไซด์หรือซีซีเอ็ม เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเมื่อใช้ไประยะหนึ่งก็จะเสื่อมสภาพ และมีสภาพเป็นกรด
- กากของเสียจากการหลอมกำมะถัน ซึ่งเป็นกากตะกอนหรือสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนจากการหลอมกำมะถัน กากตะกอนที่ได้จะเป็นของแข็งที่มีฤทธิ์เป็นกรดและกัดกร่อน สามารถบำบัดทำให้เป็นกลางด้วยด่าง เช่น ปูนขาว หินปูน หรือด่างชนิดอื่น ๆ เป็นต้น และนำไปฝังกลบในพื้นที่ที่ได้รับอนุญาต หรือส่งไปกำจัดโดยผู้ประกอบการที่ได้รับอนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม
- ของเสียจากการบำบัดอากาศเสีย เกิดจากการดักจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และละอองไอกรดซัลฟิวริก โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์หรือด่าง เช่น โซดาไฟ เป็นต้น ตัวอย่างการใช้โซดาไฟดักจับ ดังสมการ



Sodium hydroxide Sulfur dioxide Oxygen Sodium sulfate Water

- ของเสียจากการผลิตน้ำใช้ จะเป็นตะกอนของเกลือที่ได้จากการใช้กรด ด่าง และเกลือในการฟื้นฟูสภาพเรซินในระบบผลิตน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต ทั้งนี้ของเสียอาจมีสภาพที่เป็นกรดหรือด่าง
- ของเสียก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย ส่วนใหญ่เป็นกรดซัลฟิวริกเจือจางผสมอยู่

- ของเสียที่เป็นฉนวน ในกระบวนการผลิตกรดซัลฟิวริกจะเกิดความร้อนจากการเผาและกระบวนการเปลี่ยนรูปก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ให้เป็นก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ ความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ในขั้นตอนต่าง ๆ ผ่านทางท่อที่ต้องหุ้มฉนวน เพื่อไม่ให้เกิดการสูญเสียความร้อน ของเสียที่เป็นฉนวนเกิดขึ้นเมื่อมีการซ่อมท่อหุ้มฉนวนหรือกรณีฉนวนเสื่อมสภาพ โดยชนิดของฉนวนที่เป็นของเสีย เช่น แร่ใยหิน โยแก้ว เป็นต้น
- ของเสียที่เป็นวัสดุพิษพิษอันตรายและอุปกรณ์เพื่อป้องกันการกัดกร่อน เช่น ยางเทฟลอน เป็นต้น เมื่อวัสดุเคลือบชำรุดหรือหมดอายุจะปนเปื้อนกรดซัลฟิวริก เป็นกากของเสียที่เป็นสารกัดกร่อน
- ของเสียที่เป็นชั้นตัวกลาง (Packing) ที่ช่วยเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างก๊าซและของเหลวในหอดูดซับ เมื่อใช้ไประยะหนึ่งจะชำรุดหรือเสื่อมสภาพและมีการปนเปื้อนกรดซัลฟิวริก

8.1.2 การจัดการของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต ดังแสดงตามตารางที่ 8-1

ตารางที่ 8-1 การจัดการของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตกรดซัลฟิวริก

ประเภทของเสีย	วิธีการจัดการ
1. ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้จนแล้ว	การฟื้นคืนสภาพโลหะที่ใช้ทำตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งมีวาเนเดียมเพนตาออกไซด์ (Vanadium pentoxide) หรือซีซีเอ็มเป็นองค์ประกอบจะถูกนำกลับไปยังประโยชน์ได้ (ดำเนินการได้เฉพาะผู้ผลิตตัวเร่งปฏิกิริยาเท่านั้น) การทำให้เสถียร หรือทำให้เป็นก้อนแข็ง (Stabilization and solidification) หรือทำให้เป็นผลึกแก้ว (Vitrified) และนำไปฝังกลบตามกฎหมาย ปรับสภาพให้เป็นกลางด้วยด่าง และนำไปฝังกลบตามกฎหมาย
2. กากของเสียจากการหลอมกำมะถัน	ปรับสภาพให้เป็นกลางด้วยด่าง และนำไปฝังกลบตามกฎหมาย
3. น้ำเสียจากระบบบำบัดอากาศเสีย	ปรับสภาพให้เป็นกลาง ถ้ามีตะกอนให้แยกตะกอน และนำไปฝังกลบตามกฎหมาย
4. น้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำ	ปรับสภาพให้เป็นกลางโดยใช้กรดหรือด่าง และถ้ามีตะกอนให้แยกตะกอน และนำไปฝังกลบตามกฎหมาย
5. ระบบบำบัดน้ำเสีย	ปรับสภาพให้เป็นกลางโดยใช้กรดหรือด่าง และถ้ามีตะกอนให้แยกตะกอน และนำไปฝังกลบตามกฎหมาย
6. ของเสียที่เป็นฉนวน	ส่งไปกำจัดและฝังกลบตามกฎหมาย
7. ของเสียจากวัสดุเคลือบผิว	ปรับสภาพให้เป็นกลาง และส่งไปกำจัดตามกฎหมาย
8. ของเสียที่เป็นชั้นตัวกลาง	ปรับสภาพให้เป็นกลาง และส่งไปกำจัดตามกฎหมาย

8.2 ของเสียจากภาชนะบรรจุที่ปนเปื้อนกรดซัลฟิวริก

8.2.1 ของเสียจากการล้างภาชนะบรรจุ ประเภทต่าง ๆ มีดังนี้

- ภาชนะบรรจุชนิดถังเก็บ เกิดจากการล้างถังเก็บเพื่อกำจัดกากตะกอนซัลเฟตที่อยู่ก้นถัง ตามที่กล่าวไว้ในบทที่ 4
- ภาชนะบรรจุชนิดบรรจุภัณฑ์ เกิดจากการล้างบรรจุภัณฑ์ที่ผ่านการบรรจุกรดซัลฟิวริกมาแล้วและจะนำไปบรรจุใหม่ โดยของเสียจะมีสภาพเป็นกรดเจือจาง
- ภาชนะบรรจุชนิดแท็งก์ติดตัง จะเกิดจากการล้างแท็งก์เพื่อซ่อมและเปลี่ยนชนิดบรรจุภัณฑ์ที่จะบรรจุ

8.2.2 ภาชนะบรรจุที่ชำรุด หมดอายุ หรือเสื่อมสภาพจากการใช้งาน

8.2.3 การจัดการของเสียจากภาชนะบรรจุที่ปนเปื้อนกรดซัลฟิวริก แสดงดังตารางที่ 8-2

ตารางที่ 8-2 การจัดการของเสียจากภาชนะที่ปนเปื้อนกรดซัลฟิวริก

ประเภทของเสีย	วิธีการจัดการ
1. น้ำจากการล้างถังเก็บ	แยกกากตะกอนซัลเฟต ปรับสภาพให้เป็นกลางด้วยด่าง และนำตะกอนไปฝังกลบตามกฎหมาย
2. น้ำจากการล้างบรรจุภัณฑ์	ปรับสภาพให้เป็นกลางด้วยด่าง
3. น้ำจากการล้างแท็งก์เพื่อการขนส่ง	ปรับสภาพให้เป็นกลางด้วยด่าง
4. บรรจุภัณฑ์เสื่อมสภาพ	ล้างด้วยน้ำและปรับสภาพน้ำให้เป็นกลาง บรรจุภัณฑ์ส่งไปกำจัดหรือฝังกลบตามกฎหมาย

8.3 กรดซัลฟิวริกที่เป็นของเสีย (Waste Acid)

8.3.1 ประเภทของกรดซัลฟิวริกที่เป็นของเสีย (Waste acid)

กรดซัลฟิวริกที่เป็นของเสียมาจากหลายแหล่ง ซึ่งแต่ละแหล่งจะมีวิธีการจัดการที่คล้ายกัน คือ การปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง และการแยกสิ่งเจือปนที่อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยของเสียที่อยู่ในรูปของกรดซัลฟิวริก ได้แก่

- 1) กรดซัลฟิวริกที่เป็นของเสียจากกระบวนการผลิต มีหลายประเภท เช่น ประเภทที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้ ประเภทที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้แต่ต้องผ่านกระบวนการ หรือประเภทที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ต้องนำไปบำบัดหรือกำจัด โดยมีตัวอย่างกรดที่เป็นของเสียจากการใช้งาน ดังต่อไปนี้

- การผลิต เมทิล เมทาคริเลต (Methyl methacrylate, MMA) โดยกรดที่เป็นของเสียจะประกอบด้วยกรดซัลฟิวริก แอมโมเนียมซัลเฟต และสารอินทรีย์
- การผลิตคาโพรแลคตัม (Caprolactam) โดยกรดที่เป็นของเสียจะประกอบด้วย กรดซัลฟิวริก 50% เกลือ และน้ำ
- กระบวนการอัลคิลเลชัน (Alkylation) โดยกรดที่เป็นของเสียจะประกอบด้วย กรดซัลฟิวริก 90% ไฮโดรคาร์บอน และน้ำ
- การผลิตไนโตรเซลลูโลส (Nitrocellulose) โดยกรดที่เป็นของเสียจะประกอบด้วย กรดซัลฟิวริก 30% กรดไนตริก สารอินทรีย์ และน้ำ ของเสียนี้สามารถทำให้กรดซัลฟิวริกคืนสภาพและนำกลับมาใช้ใหม่ได้

2) กรดที่เป็นของเสียจากการหกรั่วไหลและการระงับเหตุฉุกเฉิน

- การหกรั่วไหลภายนอกโรงงาน
 - กรดที่ปนเปื้อนในดิน น้ำ และวัสดุต่าง ๆ
 - การปนเปื้อนอุปกรณ์ในการระงับเหตุ
 - การปนเปื้อนชุดป้องกันสารเคมี
 - วัสดุดูดซับที่ใช้จนแล้ว
 - การปนเปื้อนภาชนะบรรจุและรถขนส่ง
 - ของเสียจากการปรับสภาพให้เป็นกลาง
- การหกรั่วไหลภายในโรงงาน
 - การหกรั่วไหลจากการใช้งาน
 - การรั่วไหลจากท่อ
 - การรั่วไหลจากภาชนะบรรจุ
 - การหกรั่วไหลจากการขนถ่าย

8.3.2 การจัดการกรดซัลฟิวริกที่เป็นของเสีย

การจัดการกรดซัลฟิวริกที่เป็นของเสีย มีวิธีการจัดการที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิด ลักษณะของของเสีย และต้นทุนในการจัดการ โดยรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1) การฟื้นฟูสภาพกรดซัลฟิวริกที่ใช้จนแล้ว (Spent sulfuric acid regeneration, SAR) เป็นวิธีการนำของเสียที่มีกรดซัลฟิวริกใช้จนแล้วมาเผาให้เปลี่ยนเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และน้ำ แล้วนำไปผลิตกรดซัลฟิวริกอีกครั้งหนึ่ง ดังกล่าวแล้วในบทที่ 1
- 2) การบำบัดของเสียที่เป็นกรดซัลฟิวริกเจือจาง (Weak sulfuric acid effluent treatment) ของเสียที่เป็นกรดซัลฟิวริกเจือจาง ซึ่งมาจากหลายแหล่ง เช่น จากระบบการบำบัดอากาศเสีย การฉีดล้างกรดด้วยน้ำ การหกรั่วไหลจากอุบัติเหตุ การล้างทำความสะอาดภาชนะบรรจุ เป็นต้น มีวิธีการและขั้นตอนหลัก คือ ปรับค่าความ

เป็นกรด-ด่าง การตกตะกอนสิ่งปนเปื้อน และการแยกของแข็งออกจากของเหลว โดยมีรายละเอียดดังนี้

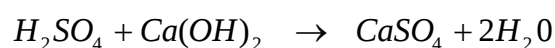
- การปรับสภาพให้เป็นกลางและการตกตะกอน โดยการเติมด่างให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นกลาง โดยการพิจารณาเลือกด่างเพื่อปรับสภาพให้เป็นกลาง และการเกิดตะกอน ดังตารางที่ 8-3

ตารางที่ 8-3 แสดงการเลือกใช้ด่างเพื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่างในการบำบัดกรดซัลฟิวริก

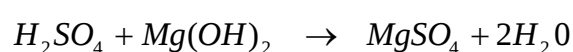
ชื่อเรียก	ชื่อทางเคมี	สูตรเคมี	ข้อดี	ข้อเสีย	หมายเหตุ
ปูนขาว (Lime)	แคลเซียม ไฮดรอกไซด์	Ca(OH)_2	หาง่าย ใช้ง่าย ราคาถูก พร้อมใช้งานได้ทันที	มีตะกอนยิบซั่ม และมีภาระต้อง นำไปบำบัด	รูปแบบของปูน ขาวอยู่ใน ภาคผนวก จ
โซดาไฟ (Caustic Soda)	โซเดียม ไฮดรอกไซด์	NaOH	ราคาแพง ไม่มีตะกอน	ทำปฏิกิริยากับ กรดรุนแรง	ไม่ควรใช้ใน กรณีเกิดเหตุ ฉุกเฉินภายนอก
หินปูน (Lime Stone)	แคลเซียม คาร์บอเนต	CaCO_3	หาง่าย ราคาถูก ใช้ปรับค่าความเป็น กรด-ด่าง ช่วงแคบ ๆ ได้	มีตะกอนยิบซั่ม และมีภาระต้อง นำไปบำบัด	
โซดาแอช (Soda Ash)	โซเดียม คาร์บอเนต	NaCO_3	หาง่าย ราคาถูก ใช้ปรับค่าความเป็น กรด-ด่าง ช่วงแคบ ๆ ได้		

กรณีของเสียที่เป็นกรดเจือจางและมีโลหะหนักเจือปน การปรับค่าความเป็นกรด-ด่างโดยการเติมด่าง จะส่งผลให้โลหะหนักบางตัวตกตะกอนที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่าง ๆ กัน ดังภาคผนวก ฉ

การปรับสภาพกรดซัลฟิวริกให้เป็นกลางโดยการเติมปูนขาว (Lime) หรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)_2) เพื่อเปลี่ยนเป็นแคลเซียมซัลเฟต (CaSO_4) หรือยิบซั่ม (gypsum) ดังสมการ

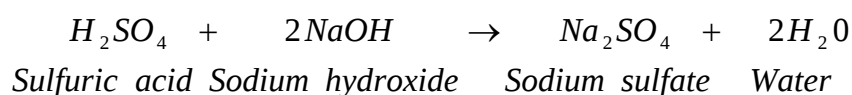


ในปูนขาวส่วนใหญ่จะมีแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ (Mg(OH)_2) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริก ดังสมการ



โดยแมกนีเซียมซัลเฟต (MgSO_4) ที่ได้ จะเริ่มตกตะกอนที่ค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 9 และไม่ละลายที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 9.2

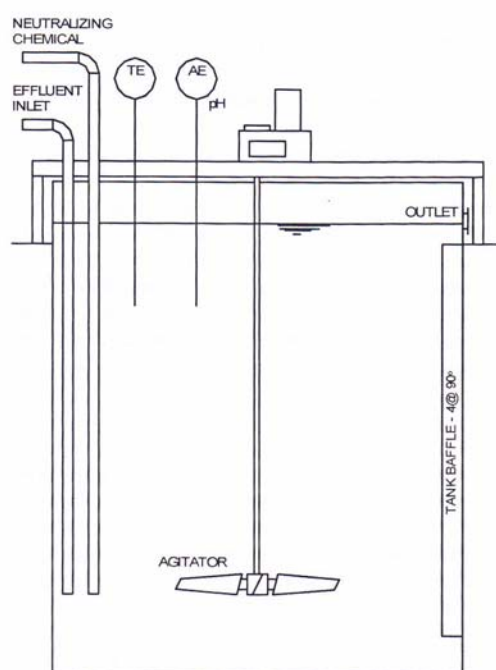
กรณีการปรับสภาพกรดซัลฟิวริกให้เป็นกลางโดยการเติมโซดาไฟ จะเกิดความร้อนและปฏิกิริยารุนแรง เป็นโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) ที่ละลายอยู่ในสารละลาย (ไม่ตกตะกอน) ดังสมการ



ดังนั้น การใช้โซดาไฟจึงต้องใช้อย่างระมัดระวัง ควรใช้บำบัดภายในโรงงานที่มีระบบที่เหมาะสม และไม่ควรใช้โซดาไฟบำบัดกรณีหกรั่วไหลจากการขนส่งหรือหกรั่วไหลภายนอกโรงงาน

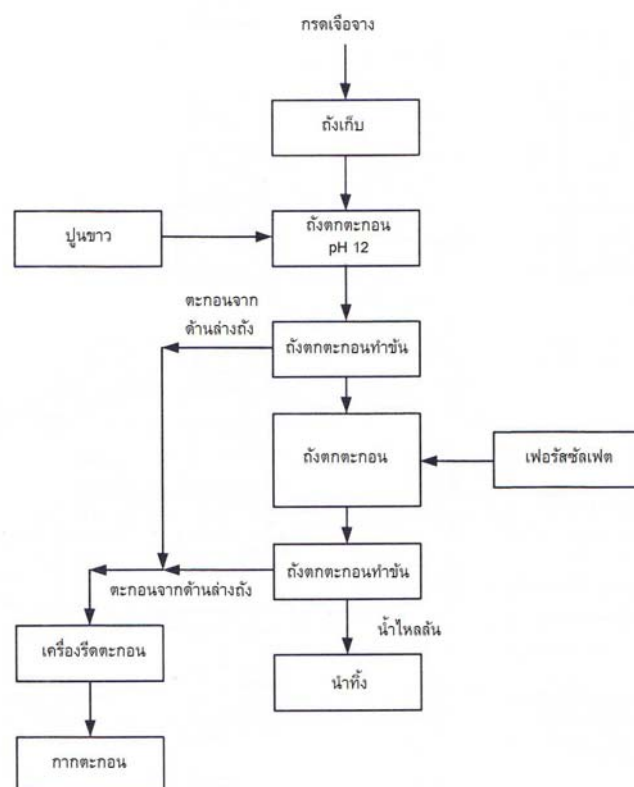
การใช้โซดาไฟและปูนขาวปรับสภาพให้เป็นกลาง ค่าความเป็นกรด-ด่างจะเพิ่มขึ้นอย่างทันที ทำให้ไม่สามารถควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างได้ ดังนั้น ถ้าต้องปรับค่าความเป็นกรด-ด่างเพื่อตกตะกอนโลหะ เช่น ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 โซดาไฟและปูนขาวจะไม่สามารถใช้งานได้ โดยต้องใช้ควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างได้ดี คือ โซดาแอช และหินปูน โดยสามารถปรับเปลี่ยนค่าความเป็นกรด-ด่างได้ละเอียดหรือในช่วงแคบ ๆ ดังแสดงในภาคผนวก ข

ช่วงเวลาในการทำปฏิกิริยาในถังปรับสภาพให้เป็นกลาง (Neutralization tank) จะต้องไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง เพื่อให้แน่ใจว่าปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ และถึงปรับสภาพให้เป็นกลางควรติดตั้งไบกวน เพื่อช่วยให้มีการผสมและเกิดปฏิกิริยาได้ดียิ่งขึ้น ดังรูปที่ 8-1



รูปที่ 8-1 ถังปรับสภาพให้เป็นกลาง (Neutralization tank)

- การแยกของแข็งออกจากของเหลว เริ่มจากการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เหมาะสม ทำให้ตะกอนรวมตัวหนามากขึ้น และแยกตะกอนด้วยวิธีการกรองผ่านผ้ากรองเมื่อตะกอนตกช้า หรือด้วยวิธีการตกตะกอนทำชั้น (Clarifier/Thickener) โดยกากตะกอนที่ได้จากการแยกของแข็งออกจากของเหลวต้องนำไปบำบัดหรือกำจัดตามที่กฎหมายกำหนด
- การบำบัดกรดเจือจางที่มีองค์ประกอบ ความเข้มข้น และสิ่งเจือปนแตกต่างกัน ดังนั้นการบำบัดต้องใช้หลายวิธีและหลายขั้นตอนที่ต่างกันไป ตัวอย่างระบบบำบัดกรดเจือจางแบบ Conventional effluent treatment system แสดงดังรูปที่ 8-2



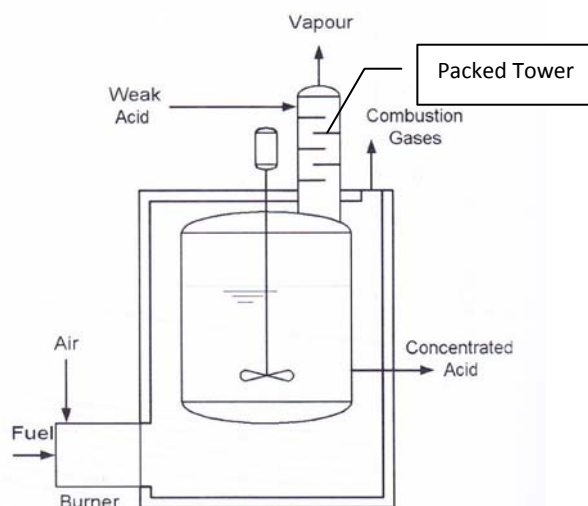
รูปที่ 8-2 ระบบบำบัดกรดเจือจางแบบ Conventional effluent treatment system

จากรูปที่ 8-2 เป็นระบบบำบัดกรดเจือจางที่มีอาร์ซีนิกหรือสารหนูเจือปนแบบ Conventional effluent treatment system ระบบประกอบด้วยการตกตะกอน (Precipitation) และทำให้ใส (Clarifying Stage) อย่างละ 2 ขั้นตอนสลับกัน โดยมีขั้นตอนดังนี้

- นำกรดเจือจางจากถังเก็บ มาปรับให้ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ประมาณ 12
- เติมปูนขาวเพื่อให้แคลเซียมทำปฏิกิริยากับอาร์ซีนิกเป็นตะกอน แคลเซียมอาซีนไนด์ ($\text{Ca (As}_3\text{O)}_2$) ในถังตกตะกอน

- นำสารละลายที่มีตะกอนไปยังถังตกตะกอนทำชั้น (Thickener) เพื่อแยกตะกอนที่เป็นสารประกอบของอาร์ซีนิกออก
- นำตะกอนจากด้านล่างของถังตกตะกอนทำชั้น ส่งไปยังเครื่องรีดตะกอน เพื่อแยกน้ำที่เหลือในตะกอนออก
- ส่วนที่เป็นน้ำจากถังตกตะกอนทำชั้นที่มีอาร์ซีนิกที่เหลือปนเปื้อนอยู่ จะถูกนำไปปรับค่าความเป็นกรด-ด่างที่ประมาณ 8.5 ถึง 9 และเติมเฟอร์รัสซัลเฟต (Ferrous sulphate) ซึ่งเป็นสารตกตะกอน เพื่อแยกอาร์ซีนิกที่เหลือในสารละลายให้ตกตะกอนเป็นเฟอริกอาซีนไนด์ (Ferric arsenite, FeAsO_3)
- นำไปแยกตะกอนในถังตกตะกอนทำชั้น เหมือนขั้นต้น
- น้ำใสจากถังตกตะกอนทำชั้นขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นน้ำใสที่มีค่าอาร์ซีนิกต่ำกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

3) การทำให้กรดซัลฟิวริกเจือจางเป็นกรดเข้มข้น (Sulfuric acid concentration) โดยกรดซัลฟิวริกที่ผ่านการใช้งานแล้วเป็นกรดเจือจางและเจือปนด้วยของแข็ง และมีสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่ไม่สามารถนำไปใช้งานได้อีก การทำให้กรดเจือจางกลับมามีความเข้มข้นและนำกลับมาใช้งานได้อีกจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง การทำให้กรดซัลฟิวริกเจือจางเป็นกรดเข้มข้น ทำได้โดยการให้ความร้อนเพื่อระเหยน้ำ (Evaporation) ตัวอย่างดังรูปที่ 8-3



รูปที่ 8-3 การทำให้กรดซัลฟิวริกเจือจางเป็นกรดเข้มข้นแบบ Pot Concentration

จากรูปที่ 8-3 การทำให้กรดเจือจางเป็นกรดเข้มข้นแบบ Pot concentration ประกอบด้วย ถังที่มีใบกวนที่เป็นเหล็กหล่อ (Cast iron) ซึ่งมีองค์ประกอบของ

ซิลิคอนสูงที่ช่วยเพิ่มคุณสมบัติด้านการกัดกร่อนจากกรดซัลฟิวริกเข้มข้นได้ดี การเพิ่มความเข้มข้นจะกระทำที่อุณหภูมิ 300°C ความดัน 1 บรรยากาศ โดยป้อนกรดซัลฟิวริกเจือจางผ่านหอชั้นตัวกลาง (Packed tower) ที่อยู่ด้านบนถึง จนได้กรดซัลฟิวริกเข้มข้น 95-96% โดยน้ำหนัก

การดำเนินการตามกฎหมาย

หากของเสียหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วตามที่ได้อ้างมาทั้งหมดถือว่าเป็นของเสียอันตราย ดังนั้นผู้ก่อกำเนิดของเสียเหล่านี้ภายในโรงงาน จะต้องปฏิบัติตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง ระบบเอกสารกำกับ การขนส่งของเสียอันตราย พ.ศ. 2547 และประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการแจ้งรายละเอียดเกี่ยวกับสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วจากโรงงาน โดยทางสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (Internet) พ.ศ. 2547

นอกจากนั้นผู้ก่อกำเนิดของเสีย จะต้องปฏิบัติตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548 กล่าวคือผู้ที่ก่อกำเนิดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว สามารถครอบครองไว้ภายในโรงงานได้ไม่เกิน 90 วัน หากถ้าจะต้องครอบครองสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วเกินระยะเวลา 90 วัน จะต้องปฏิบัติตามหมวด 2 ผู้ก่อกำเนิดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว

ข้อ 6 ต้องขออนุญาตต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรม ตามแบบ สก.1

ข้อ 9 การนำสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงาน จะต้องขออนุญาตต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรม ตามแบบ สก.2 และ

ข้อ 13 ต้องส่งรายงานประจำปีให้แก่กรมโรงงานอุตสาหกรรม ตามแบบ สก.3 ภายในวันที่ 1 มีนาคมของปีถัดไป

บทที่ 9

การฝึกอบรมเพื่อการทำงานที่ปลอดภัย

การจัดการกรดซัลฟิวริกได้อย่างปลอดภัย ขึ้นอยู่กับการให้ความรู้ การฝึกอบรม การฝึกซ้อม และการใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยอย่างเหมาะสม เพียงพอ และมีประสิทธิภาพ

การฝึกอบรมบุคลากรที่เกี่ยวข้องเป็นประจำ เพื่อคงไว้ซึ่งความปลอดภัยต้องได้รับความรู้ การฝึกฝน หรือการทบทวนอย่างเป็นประจำ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1) ต้องได้รับแจ้งข้อมูลความเป็นอันตรายในการทำงานกับกรดซัลฟิวริกอย่างครบถ้วน
- 2) ต้องปฏิบัติตามขั้นตอนปฏิบัติงานอย่างเคร่งครัด
- 3) ข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับมาตรการการปฐมพยาบาล
- 4) ต้องได้รับการเตือนเพื่อป้องกันการรั่วไหล
- 5) การตอบโต้เหตุการณ์ต่าง ๆ ในกรณีฉุกเฉินที่อาจก่อให้เกิดความเป็นอันตรายอย่างละเอียด
- 6) การใช้งานและตำแหน่งที่ตั้งของอุปกรณ์ฉุกเฉิน อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล สัญญาณเตือนต่าง ๆ
- 7) หลีกเลี่ยงการหายใจเอาไอหรือละอองไอของกรดซัลฟิวริก และสัมผัสโดยตรงกับของเหลว
- 8) การรายงานกรณีที่อยู่ปรกฏความปลอดภัยที่ใช้ทั้งกรณีปกติและไม่ปกติไม่สามารถใช้งานได้

ทั้งนี้ ตามข้อกำหนดองค์กรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย หรือ OSHA เรื่อง PSM (Process safety management) เสนอแนะให้ต้องมีการอบรม ทบทวนความรู้ ให้กับพนักงานหรือผู้เกี่ยวข้องเป็นระยะ ๆ ภายในกำหนดไม่ควรเกิน 3 ปี สำหรับหลักสูตรทั่วไป แต่หลักสูตรเฉพาะที่มีกฎหมายกำหนดให้เป็นไปตามกฎหมายหรือหลักสูตรที่ต้องใช้ความชำนาญมาก ๆ ควรพิจารณาตามความเหมาะสม ซึ่งต้องมีความถี่ในการฝึกอบรมมากกว่าหลักสูตรทั่วไป โดยมีตัวอย่างหลักสูตรการฝึกอบรมด้านความปลอดภัย ดังต่อไปนี้

9.1 หลักสูตรการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยทั่วไป

หลักสูตรการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยทั่วไปเกี่ยวกับกรดซัลฟิวริก สำหรับพนักงานทุกคน ประกอบด้วยหัวข้อหลักสูตรดังนี้

- 1) ข้อมูลพื้นฐาน สมบัติ ประโยชน์และอันตรายของกรดซัลฟิวริก
- 2) กระบวนการผลิตและขั้นตอนปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง
- 3) วิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้องและปลอดภัย
- 4) เครื่องจักร อุปกรณ์และเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง
- 5) ข้อมูลความปลอดภัย
- 6) จิตสำนึกเรื่องความปลอดภัย

- 7) ตำแหน่งที่ตั้งและการใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัย
- 8) วิธีการหลีกเลี่ยงการสัมผัสหรือสูดดมกรดซัลฟิวริกเมื่อมีการรั่วไหล
- 9) แผนฉุกเฉิน และข้อควรปฏิบัติเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน
- 10) การปฐมพยาบาล

9.2 หลักสูตรการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยสำหรับการผลิต

หลักสูตรการฝึกอบรมความปลอดภัยสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องกับการผลิต ซึ่งมีกิจกรรมหลัก คือ การผลิต การขนถ่าย และการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิต ประกอบด้วยหัวข้อของหลักสูตรดังนี้

- 1) หัวข้อตามหลักสูตรฝึกอบรมด้านความปลอดภัยทั่วไป (ดังรายละเอียดในหัวข้อ 9.1)
- 2) ขั้นตอน ข้อควรปฏิบัติ และข้อควรระวังในการปฏิบัติงาน
- 3) การเดินเครื่อง การหยุดเครื่อง และการควบคุมกระบวนการผลิต
- 4) การบำรุงรักษาเครื่องจักร อุปกรณ์ และเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง
- 5) มาตรฐาน การเลือกใช้ และการตรวจสอบภาชนะบรรจุที่เหมาะสม
- 6) เทคนิคการประเมินความเสี่ยง
- 7) การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยที่เหมาะสม ในแต่ละความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการปฏิบัติงาน
- 8) การตรวจสอบความปลอดภัย
- 9) ชนิดหรือประเภทของเสียที่เกิดขึ้น รวมทั้งการบำบัดและกำจัดที่ถูกต้อง
- 10) การจดบันทึก การรายงาน และการสืบหาสาเหตุของอุบัติเหตุ เพื่อหาแนวทางแก้ไขและป้องกันไม่ให้เกิดเหตุซ้ำ
- 11) ตัวอย่างอุบัติเหตุในอดีต เพื่อใช้เป็นแนวทางป้องกันการเกิดซ้ำ รวมถึงการสร้างตระหนักถึงความอันตรายหรือความเสียหายที่เกิดขึ้น หากละเลยไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนปฏิบัติงานที่ปลอดภัย
- 12) กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

9.3 หลักสูตรการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยสำหรับการใช้งาน

หลักสูตรการฝึกอบรมความปลอดภัยสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งาน ซึ่งมีกิจกรรมหลัก คือ การใช้ การขนถ่าย และการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะนำไปใช้งาน ประกอบด้วยหัวข้อของหลักสูตรดังนี้

- 1) หัวข้อตามหลักสูตรฝึกอบรมด้านความปลอดภัยทั่วไป (ดังรายละเอียดในหัวข้อ 9.1)
- 2) ขั้นตอน ข้อควรปฏิบัติ และข้อควรระวังในการปฏิบัติงาน
- 3) การบำรุงรักษาเครื่องจักร อุปกรณ์ และเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง
- 4) มาตรฐาน การเลือกใช้ และการตรวจสอบภาชนะบรรจุที่เหมาะสม

- 5) เทคนิคการประเมินความเสี่ยง
- 6) การเลือกใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยที่เหมาะสม ในแต่ละความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการปฏิบัติงาน
- 7) การตรวจสอบความปลอดภัย
- 8) ชนิดหรือประเภทของเสียที่เกิดขึ้น รวมทั้งการบำบัดและกำจัดที่ถูกต้อง
- 9) การจดบันทึก การรายงาน และการสืบหาสาเหตุของอุบัติเหตุ เพื่อหาแนวทางแก้ไขและป้องกันไม่ให้เกิดเหตุซ้ำ
- 10) ตัวอย่างอุบัติเหตุในอดีต เพื่อใช้เป็นแนวทางป้องกันการเกิดซ้ำ รวมถึงการสร้างวัฒนธรรมถึงความปลอดภัยหรือความเสียหายที่เกิดขึ้น หากละเลยไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนปฏิบัติงานที่ปลอดภัย
- 11) กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

9.4 หลักสูตรการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยสำหรับการขนส่ง

หลักสูตรการฝึกอบรมความปลอดภัยสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องกับการขนส่ง ซึ่งมีกิจกรรมหลัก คือ การขนส่ง การขนถ่าย ประกอบด้วยหัวข้อของหลักสูตรดังนี้

- 1) หัวข้อตามหลักสูตรฝึกอบรมด้านความปลอดภัยทั่วไป (ดังรายละเอียดในหัวข้อ 9.1)
- 2) การขับขี้อย่างปลอดภัย
- 3) ขั้นตอนปฏิบัติงานในการขนส่ง และขนถ่าย รวมถึงข้อควรปฏิบัติและข้อควรระวังในการปฏิบัติงาน
- 4) การใช้งานและบำรุงรักษารถ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการขนส่งและขนถ่าย
- 5) การดูแล การบำรุงรักษา ข้อควรปฏิบัติ และข้อควรระวังต่าง ๆ ในขนส่งและขนถ่ายอย่างปลอดภัย
- 6) มาตรฐาน การเลือกใช้ และการตรวจสอบภาชนะบรรจุที่ใช้ในการขนส่งที่เหมาะสม
- 7) การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยอย่างเหมาะสม
- 8) ชนิดหรือประเภทของเสียที่เกิดขึ้น รวมทั้งการบำบัดและกำจัดที่ถูกต้อง
- 9) ตัวอย่างอุบัติเหตุในอดีต เพื่อใช้เป็นแนวทางป้องกันการเกิดซ้ำ รวมถึงการสร้างวัฒนธรรมถึงความปลอดภัยหรือความเสียหายที่เกิดขึ้น หากละเลยไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนปฏิบัติงานที่ปลอดภัย
- 10) กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 10

การบริหารจัดการความปลอดภัยสารเคมีอันตรายสูง

สถานประกอบกิจการโรงงานที่มีการผลิต การใช้ การจัดเก็บ การขนถ่าย การขนย้าย และการขนส่งสารเคมีอันตรายสูงจะต้องมีมาตรการด้านความปลอดภัยในการจัดการรูปแบบที่ดีของสถานประกอบกิจการโรงงานจะมีลักษณะเป็นระบบการจัดการสารเคมีอันตรายเชิงป้องกัน ซึ่งประกอบด้วย

10.1 การใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมและได้มาตรฐาน

การใช้อุปกรณ์ในการผลิต การจัดเก็บ การขนถ่าย การขนย้าย และการขนส่งสารเคมีที่เหมาะสมกับสารเคมีอันตรายสูง และเป็นอุปกรณ์ได้มาตรฐานด้านความปลอดภัย เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุร้ายแรงจากการชำรุดเสียหายเนื่องจากการใช้งาน และเป็นเหตุให้สารเคมีอันตรายสูงรั่วไหลและอาจเป็นอันตรายต่อชีวิต ทรัพย์สินและสิ่งแวดล้อม ซึ่งประกอบด้วย

- 10.1.1 การออกแบบและการสร้างอุปกรณ์เป็นไปตามมาตรฐาน เช่น มาตรฐาน API เป็นต้น
- 10.1.2 อุปกรณ์ผ่านการตรวจสอบ ทดสอบ และรับรองมาตรฐานก่อนการใช้งาน
- 10.1.3 อุปกรณ์ผ่านการตรวจสอบและทดสอบตามวาระในระหว่างการใช้งาน
- 10.1.4 อุปกรณ์ได้รับการซ่อมบำรุงตามวาระอย่างสม่ำเสมอ
- 10.1.5 จัดทำขั้นตอนปฏิบัติงานที่เป็นมาตรฐานเกี่ยวกับการใช้และซ่อมบำรุงอุปกรณ์และจัดให้มีการฝึกอบรมแก่บุคลากรที่เกี่ยวข้องให้ปฏิบัติงานอย่างถูกต้องโดยเคร่งครัดและปลอดภัย รวมถึงการสื่อสารถึงความเสี่ยงและอันตรายจากการไม่ทำตามขั้นตอนการปฏิบัติงาน

การใช้อุปกรณ์ที่ไม่ได้มาตรฐานและไม่มีการซ่อมบำรุงตามวาระ เป็นต้นเหตุสำคัญของอุบัติเหตุที่เกิดจากสารเคมีอันตรายสูงรั่วไหลอันเนื่องมาจากอุปกรณ์ชำรุดเสียหายระหว่างใช้งานกับสารเคมีอันตรายสูง

10.2 การสร้างความตระหนัก

การสร้างความตระหนักในสำคัญของการจัดการสารเคมีอันตรายสูงเพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน ประกอบด้วย

- 10.2.1 การกำหนดนโยบายด้านความปลอดภัยในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตรายสูง และประกาศให้ทราบทั่วกันเป็นลายลักษณ์อักษร โดยที่ผู้บริหาร ผู้จัดการ และหัวหน้างานจะต้องปฏิบัติตัวเป็นแบบอย่างในการปฏิบัติอย่างปลอดภัยตามนโยบายที่กำหนด
- 10.2.2 การตั้งเป้าหมายด้านความปลอดภัยในการปฏิบัติงานกับสารเคมีอันตรายสูงซึ่งมักเป็นส่วนหนึ่งของเป้าหมายด้านความปลอดภัยในการปฏิบัติงานทั้งหมดของโรงงาน ตัวอย่างการตั้งเป้าหมาย เช่น การกำหนดอัตราการปฏิบัติงาน 1,000,000 ชั่วโมงการ

ทำงานโดยไม่มีอุบัติเหตุถึงขั้นเสียชีวิตหรือถึงขั้นต้องหยุดงาน การตั้งเป้าหมาย ประกอบกับตัวชี้วัดที่เป็นมาตรฐานของโรงงานอุตสาหกรรม มีการจัดทำสถิติและวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้านการจัดการความปลอดภัยของโรงงาน สร้างแรงจูงใจในการยกระดับความปลอดภัย ในขณะที่เดียวกันก็สร้างความตระหนักด้านความปลอดภัย ตลอดเวลา เช่น จัดทำป้ายระบุสถิติด้านความปลอดภัยบริเวณทางเข้าโรงงานหรือสถานที่ที่สามารถมองเห็นได้ง่าย เป็นต้น

10.2.3 การประเมินผลปฏิบัติงานด้านความปลอดภัยและการจัดทำแผนพัฒนาปรับปรุง สถานประกอบกิจการโรงงานอาจมีตัวชี้วัดด้านความปลอดภัยหลายด้าน เช่น จำนวนอุบัติเหตุถึงขั้นเสียชีวิต จำนวนอุบัติเหตุถึงขั้นหยุดงาน จำนวนอุบัติเหตุถึงขั้นต้องรักษาตัวที่โรงพยาบาลหรือสถานพยาบาล จำนวนครั้งที่เกิดเหตุสารเคมีรั่วไหลและปริมาณที่รั่วไหล จำนวนอุบัติเหตุระหว่างการขนส่งสารเคมี เป็นต้น การมีตัวชี้วัดหลายด้านทำให้สามารถแยกประเภทการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรง เพื่อนำไปสู่แนวทางการแก้ไขที่ถูกต้อง ตรงประเด็นยิ่งขึ้น

10.2.4 การฝึกอบรมพนักงานเกี่ยวกับการปฏิบัติงานกับสารเคมีอันตรายสูง

10.2.5 ศึกษาการเกิดเหตุการณ์ ต้นเหตุของปัญหา แนวทาง มาตรการแก้ไขและป้องกัน จากอุบัติเหตุที่เคยเกิดขึ้นกับสถานประกอบการอื่นทั้งในและต่างประเทศ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินความเสี่ยง และพัฒนากิจกรรมเพื่อพัฒนาระบบความปลอดภัยในเชิงป้องกัน

10.3 การตรวจสอบด้านความปลอดภัยของสารเคมีอันตรายสูง

10.3.1 จัดตารางการตรวจสอบขั้นตอนปฏิบัติงาน เครื่องจักรอุปกรณ์

10.3.2 การติดตามผลการดำเนินงานการพัฒนาด้านความปลอดภัยจากการประเมินความเสี่ยง และการตรวจสอบด้านความปลอดภัย

10.3.3 จัดให้มีการตรวจสอบและเตือนกันเองของพนักงานในขณะปฏิบัติหน้าที่ (Behavior based safety) เมื่อเห็นพฤติกรรมที่มีความเสี่ยง หรือไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนปฏิบัติงาน อันอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ เช่น ไม่ใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลที่เหมาะสม เป็นต้น

10.4 การประเมินความเสี่ยงจากการใช้และการปฏิบัติงานกับสารเคมีอันตรายสูง

10.4.1 จัดให้มีการประเมินความเสี่ยงในสถานประกอบกิจการโรงงานที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีอันตรายสูง โดยที่ความเสี่ยงจากการใช้และการปฏิบัติงานกับสารเคมีอันตรายสูง เป็นการพิจารณาจากระดับโอกาสในการเกิดเหตุการณ์และระดับความรุนแรงของเหตุการณ์

10.4.2 การประเมินความเสี่ยงให้ใช้หลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

- 1) พิจารณาถึงโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ว่ามีมากน้อยเพียงใด โดยจัดระดับโอกาสเป็น 4 ระดับ ดังตัวอย่างในตารางที่ 10-1

ตารางที่ 10-1 การจัดระดับโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ

ระดับ	รายละเอียด
1	มีโอกาในการเกิดยาก เช่น ไม่เคยเกิดเลยในช่วงเวลาตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป
2	มีโอกาในการเกิดน้อย เช่น ความถี่ในการเกิด เกิดขึ้น 1 ครั้งในช่วง 5-10 ปี
3	มีโอกาในการเกิดปานกลาง เช่น ความถี่ในการเกิด เกิดขึ้น 1 ครั้งในช่วง 1-5 ปี
4	มีโอกาในการเกิดสูง เช่น ความถี่ในการเกิด เกิดมากกว่า 1 ครั้งใน 1 ปี

- 2) พิจารณาถึงความรุนแรงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่จะก่อให้เกิดผลกระทบที่อาจเกิดต่อบุคคล ชุมชน สิ่งแวดล้อม หรือทรัพย์สิน มากน้อยเพียงใด โดยจัดระดับความรุนแรงเป็น 4 ระดับ ดังตัวอย่างในตารางที่ 10-2 10-3 10-4 และ 10-5

ตารางที่ 10-2 การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อบุคคล

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	เล็กน้อย	มีการบาดเจ็บเล็กน้อยในระดับปฐมพยาบาล เช่น มีนั้ง ปวดศีรษะจากการสูดดมกรดซัลฟิวริก ระคายเคืองผิวหนังและเกิดอาการแพ้ เป็นต้น
2	ปานกลาง	มีการบาดเจ็บที่ต้องได้รับการรักษาทางการแพทย์ เช่น ระคายเคืองดวงตา หายใจลำบากหรือหมดสติจากการสูดดมกรดซัลฟิวริก เป็นต้น
3	สูง	มีการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยที่รุนแรง เช่น มีอาการแพ้หรือระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจอย่างรุนแรง เป็นต้น
4	สูงมาก	ทุพพลภาพหรือเสียชีวิต เช่น จากการระเบิดของก๊าซกรดซัลฟิวริกทำให้ทุพพลภาพหรือเสียชีวิต เป็นต้น

ตารางที่ 10-3 การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อชุมชน

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	เล็กน้อย	ไม่มีผลกระทบต่อชุมชนรอบโรงงาน หรือมีผลกระทบเล็กน้อย
2	ปานกลาง	มีผลกระทบต่อชุมชนรอบโรงงาน และแก้ไขได้ในระยะเวลานั้น
3	สูง	มีผลกระทบต่อชุมชนรอบโรงงาน และต้องใช้เวลาในการแก้ไข
4	สูงมาก	มีผลกระทบรุนแรงต่อชุมชนเป็นบริเวณกว้าง หรือหน่วยงานของรัฐต้องเข้าดำเนินการแก้ไข

หมายเหตุ ผลกระทบต่อชุมชน หมายถึง เหตุรำคาญต่อชุมชน การบาดเจ็บ เจ็บป่วยของประชาชน ความเสียหายต่อทรัพย์สินของชุมชนและประชาชน กรดซัลฟิวริกที่รั่วไหลอาจกระจายไปเป็นบริเวณกว้าง

ตารางที่ 10-4 การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	เล็กน้อย	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเล็กน้อย สามารถควบคุมหรือแก้ไขได้
2	ปานกลาง	มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมปานกลาง สามารถแก้ไขได้ในระยะเวลานั้น
3	สูง	มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรุนแรง ต้องใช้เวลาในการแก้ไข
4	สูงมาก	มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรุนแรงมาก ต้องใช้ทรัพยากรและเวลานานในการแก้ไข

หมายเหตุ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หมายถึง การเสื่อมโทรมและเสียหายของ สิ่งแวดล้อม เช่น อากาศ ดิน แหล่งน้ำ เป็นต้น ความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ

ตารางที่ 10-5 การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อทรัพย์สิน

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	เล็กน้อย	ทรัพย์สินเสียหายน้อยมากหรือไม่เสียหายเลย
2	ปานกลาง	ทรัพย์สินเสียหายปานกลางและสามารถดำเนินการผลิตต่อไปได้
3	สูง	ทรัพย์สินเสียหายมากและต้องหยุดการผลิตในบางส่วน
4	สูงมาก	ทรัพย์สินเสียหายมากและต้องหยุดการผลิตทั้งหมด

หมายเหตุ ความเสียหายของทรัพย์สินในแต่ละระดับโรงงานสามารถกำหนดขึ้นเองตามความเหมาะสม โดยพิจารณาถึงขีดความสามารถของโรงงาน

- 10.4.3 จัดระดับความเสี่ยง โดยพิจารณาถึงผลลัพธ์ของระดับโอกาสคูณกับระดับความรุนแรงที่มีผลกระทบต่อบุคคล ชุมชน สิ่งแวดล้อม หรือทรัพย์สิน หากระดับความเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อบุคคล ชุมชน สิ่งแวดล้อม หรือทรัพย์สิน มีค่าแตกต่างกันให้เลือกระดับความเสี่ยงที่มีค่าสูงกว่า เป็นผลของการประเมินความเสี่ยงในเรื่องนั้น ๆ ระดับความเสี่ยงจัดเป็น 1 ถึง 4 ระดับ ดังรายละเอียดในตารางที่ 10-6

ตารางที่ 10-6 การจัดระดับความเสี่ยงอันตราย

ระดับความเสี่ยง	ผลลัพธ์	รายละเอียด
1	1-2	ความเสี่ยงเล็กน้อย
2	3-6	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ต้องมีการทบทวนมาตรการควบคุม
3	8-9	ความเสี่ยงสูง ต้องมีการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง
4	12-16	ความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ ต้องหยุดดำเนินการและปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดความเสี่ยงลงทันที

- 10.4.4 เมื่อทราบระดับความเสี่ยงอันตราย จะต้องจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง ซึ่งหมายถึงแผนงานลดความเสี่ยงและแผนงานควบคุมความเสี่ยง ผู้ประกอบกิจการโรงงานจะต้องดำเนินการจัดทำแผนงานลดความเสี่ยงและแผนงานควบคุมความเสี่ยงสำหรับความเสี่ยงระดับ 3 และจัดทำแผนควบคุมความเสี่ยงสำหรับความเสี่ยงระดับ 2

10.4.5 แผนงานลดความเสี่ยง เป็นแผนงานปรับปรุงแก้ไขการดำเนินงานในเรื่องต่าง ๆ ในการลดความเสี่ยงให้อยู่ในระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ มาตรการหรือกิจกรรมหรือการดำเนินการเพื่อลดความเสี่ยงประกอบด้วย

1) มาตรการป้องกันและควบคุมสาเหตุของการเกิดอันตราย ได้แก่ การดำเนินงานในเรื่องต่าง ๆ เรื่องใดเรื่องหนึ่งหรือหลายเรื่องรวมกัน รวมทั้งมีการควบคุมและตรวจสอบการดำเนินงานในเรื่องเหล่านั้น โดยจัดทำเป็นขั้นตอนการปฏิบัติงานดังต่อไปนี้

- ลดหรือกำจัดอันตรายด้วยวิธีการทางวิศวกรรม เช่น การออกแบบ การสร้าง การติดตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ และการติดตั้งระบบความปลอดภัย การเลือกใช้วัสดุที่ได้มาตรฐาน โดยนำผลจากการชั่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงมาดำเนินการ
- กำหนดวิธีการทำงานหรือการปฏิบัติงานตามขั้นตอนที่ถูกต้อง
- กำหนดวิธีการทดสอบ ตรวจสอบ และการซ่อมบำรุง เครื่องจักร อุปกรณ์ และระบบความปลอดภัย
- กำหนดกระบวนการ วิธีการ หรือขั้นตอนสำหรับการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต วัตถุดิบ เครื่องจักรอุปกรณ์ โดยให้มีการพิจารณา ทบทวนการชั่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงก่อนเริ่มดำเนินการ
- จัดให้มีการฝึกอบรมแก่ผู้ปฏิบัติงาน
- จัดให้มีการตรวจประเมินความปลอดภัย
- กำหนดวิธีการควบคุมให้มีการปฏิบัติตามข้อกำหนดของโรงงาน
- จัดให้มีการทบทวนการชั่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงเมื่อมีอุบัติภัยร้ายแรงเกิดขึ้น
- ดำเนินการอื่น ๆ เพื่อป้องกันและควบคุมการเกิดอันตราย

2) มาตรการระงับและฟื้นฟูเหตุการณ์ ได้แก่

- จัดทำและจัดให้มีการซ้อมแผนฉุกเฉิน
- จัดให้มีการสอบสวนอุบัติเหตุ และอุบัติการณ์
- จัดให้มีแผนฟื้นฟูโรงงาน ชุมชน และสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นผลจากการชั่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง

10.4.6 แผนงานควบคุมความเสี่ยง เป็นแผนงานในการควบคุม และตรวจสอบมาตรการป้องกันและควบคุมสาเหตุของการเกิดอันตราย และมาตรการระงับและฟื้นฟูเหตุการณ์ให้คงประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการป้องกัน ลด และควบคุมความเสี่ยง ซึ่งเป็นการ

ควบคุมและตรวจสอบการดำเนินงานเพื่อรักษาให้ความเสี่ยงอยู่ในระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ตลอดเวลา

10.5 การจัดการเกี่ยวกับการระงับเหตุฉุกเฉิน

- 10.5.1 การเตรียมแผนฉุกเฉินในสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น กรณีสารเคมีรั่วไหลเพลิงไหม้ระเบิด เป็นต้น เพื่อให้ครอบคลุมทุกความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้ พร้อมกับการสื่อสารแผนฉุกเฉินในสถานการณ์ต่าง ๆ ดังกล่าว จัดให้มีการฝึกซ้อมแผนฉุกเฉินตามสถานการณ์ ประเมินผลการซ้อม จัดทำรายงานรวมถึงบัญชีรายการที่ต้องปรับปรุงแก้ไข และทบทวนแผนฉุกเฉิน
- 10.5.2 ข้อกำหนดในการแจ้งเหตุ จัดให้มีแบบฟอร์มและขั้นตอนปฏิบัติเพื่อให้ผู้เกี่ยวข้อง เช่น โรงงานผู้ผลิต ผู้ขนส่ง หน่วยกู้ภัย เป็นต้น ได้รับทราบเหตุโดยเร็วที่สุด จัดให้มีหมายเลขโทรศัพท์ที่ใช้สำหรับการแจ้งเหตุฉุกเฉินโดยเฉพาะ และสามารถติดต่อได้ตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อให้การรับแจ้งเหตุและการดำเนินการแก้ไขปัญหา มีความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ
- 10.5.3 ให้มีสายการบัญชาการและการสื่อสารในการระงับเหตุฉุกเฉินที่ชัดเจน
- 10.5.4 ความพร้อมของบุคลากรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการระงับเหตุฉุกเฉิน
- 10.5.5 การประเมินผลการปฏิบัติงานในการระงับเหตุฉุกเฉิน
- 10.5.6 การจัดทำรายงานอุบัติเหตุตามรูปแบบมาตรฐาน โดยมีข้อมูลเกี่ยวกับ วันที่ สถานที่เกิดเหตุ สารเคมีที่เกี่ยวข้อง ลำดับเวลาของเหตุการณ์โดยละเอียด ความเสียหายที่เกิดขึ้น ผลการวิเคราะห์หาสาเหตุหลักของการเกิดเหตุ มาตรการแก้ไข และป้องกัน เพื่อยกระดับมาตรฐานการปฏิบัติงานที่ปลอดภัยเกี่ยวกับสารเคมีอันตรายสูง

บทที่ 11

กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

ผลิตภัณฑ์	กฎหมาย / ส่วนงานที่ควบคุม	สาระสำคัญ	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง		
			ผู้ผลิต	ผู้ขนส่ง	ผู้ครอบครอง
กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid)	○ พ.ร.บ. วัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 ○ ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่อง วัตถุอันตรายตาม หมวด 3 หน้าที่และความรับผิดชอบทางแพ่ง พ.ศ. 2538 ○ ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การขนส่งวัตถุอันตรายทางบก พ.ศ. 2546	☒ ใบสำคัญการขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายชนิดที่ 3 (แบบ วอ./อก.2) ☒ ใบอนุญาตนำเข้าวัตถุอันตราย (แบบ วอ.2/อก.4) ☒ ใบอนุญาตส่งออกวัตถุอันตราย (แบบ วอ./อก.6) ☒ ต้องรับผิดชอบความเสียหายอันเกิดแต่วัตถุอันตรายที่อยู่ในครอบครอง	X		X
			X		X
			X		X
			X	X	X
	○ ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่อง วัตถุอันตรายตาม หมวด 3 หน้าที่และความรับผิดชอบทางแพ่ง พ.ศ. 2538 ○ ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การขนส่งวัตถุอันตรายทางบก พ.ศ. 2546	☒ ขึ้นทะเบียนแท็งก์ (ประเภทแท็งก์กึ่งดัดยัตการกับตัวรถ : Fixed Tanks) ☒ ข้อกำหนดในการออกแบบแท็งก์ ☒ ป้ายและเครื่องหมายที่ติดแสดงบนภาชนะ ☒ ตรวจสอบความถูกต้องของแท็งก์ ☒ ตรวจสอบความเหมาะสมของผู้ขนส่งและผู้รับที่ ☒ จัดให้มีเอกสารและอุปกรณ์ความปลอดภัยตามข้อกำหนด ☒ ผู้รับมีคุณสมบัติตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์และตามกฎหมายว่าด้วยการขนส่งทางบก ☒ รถบรรทุกวัตถุอันตรายต้องติดสัญลักษณ์ หมายเลขสหประชาชาติ และรหัสความเป็นอันตราย (ติดป้ายอักษรภาพและเครื่องหมาย)		X	
				X	X
			X	X	X
			X	X	X
			X	X	X
			X	X	X
			X	X	X
	○ ประกาศกรมการขนส่งทางบก เรื่อง การติดป้าย อักษรภาพ และเครื่องหมายของรถบรรทุกวัตถุอันตราย พ.ศ. 2543				
			X	X	X

ผลิตภัณฑ์	กฎหมาย / ส่วนงานที่ควบคุม	สาระสำคัญ	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง		
			ผู้ผลิต	ผู้ขนส่ง	ผู้ครอบครอง
○	ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตราย พ.ศ.2534	☒ แจ้งรายละเอียดสารเคมี	☒		☒
		☒ แจ้งการประเมินการก่ออันตรายจากสารเคมี	☒		☒
		☒ รายงานผลการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของ	☒		☒
		☒ สารเคมีในบรรยากาศที่ทำงานและที่เก็บ	☒		☒
		☒ แจ้งการเกิดเหตุสารเคมีรั่วไหล	☒		☒
		☒ รายงานสาเหตุและการแก้ไขสารเคมีรั่วไหล	☒		☒
		☒ ควบคุมปริมาณความเข้มข้นสารเคมีในสถานประกอบการ	☒		☒
○	ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) พ.ศ. 2520	☒ ผู้บริโภคที่ใช้น้ำดื่มบรรจุขวด ต้องผ่านการอบรม ทดสอบ และได้รับใบอนุญาตเฉพาะ (ชนิดที่ 4)		☒	
		☒ ให้แจ้งเส้นทาง วันเวลาและประเภทของวัตถุอันตรายที่จะบรรทุกในทางพิเศษ		☒	
		☒ ห้ามเดินรถบรรทุกในทางพิเศษศรีรัช ช่วงแยกต่างระดับ พญาไทถึงถนนวงเวียน ดลลพเวลา		☒	
		☒ ห้ามเดินรถในทางพิเศษเฉลิมมหานคร ทางพิเศษฉลองรัช ระหว่างเวลา 05.00-19.00 น. และระหว่างเวลา 05.00-21.00 น. ทุกวัน		☒	
		☒ ดำเนินการด้านความปลอดภัยในการเก็บก๊าซวัตถุอันตรายเกี่ยวกับสถานที่เก็บ มาตรการป้องกันโดยใช้แนวทางการคู่มือการเก็บรักษาสารเคมีและวัตถุอันตราย พ.ศ. 2550 ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม	☒		☒
○	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การเก็บรักษาวัตถุอันตราย ที่กรมโรงงานอุตสาหกรรม รับผิดชอบ พ.ศ. 2551				

ผลิตภัณฑ์	กฎหมาย / ส่วนงานที่ควบคุม	สาระสำคัญ	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง		
			ผู้ผลิต	ผู้ขนส่ง	ผู้ครอบครอง
○ ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้สถานประกอบการวัตถุอันตราย มีบุคลากรเฉพาะรับผิดชอบความปลอดภัย การเก็บรักษาวัตถุอันตรายที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมรับผิดชอบ พ.ศ. 2551 ○ ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องระบบเอกสารกับการขนส่งของเสียอันตราย พ.ศ. 2547 ○ ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องหลักเกณฑ์และวิธีการแจ้งรายละเอียด เกี่ยวกับสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วจากโรงงาน โดยทางสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (Internet) พ.ศ. 2547 ○ ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องการจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548 ○ ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การแจ้งข้อเท็จจริงของผู้ผลิต ผู้นำเข้า ผู้ส่งออก หรือผู้ครอบครอง ซึ่งวัตถุอันตราย ที่ กรมโรงงานอุตสาหกรรมมีอำนาจหน้าที่รับผิดชอบ พ.ศ. 2547		☒ จัดระเบียบบุคลากรเฉพาะ ปฏิบัติงานประจำสถานที่เก็บรักษา วัตถุอันตราย ตามหลักเกณฑ์และวิธีการแจ้งมีบุคลากร เฉพาะ พ.ศ. 2551 ☒ เอกสารเกี่ยวกับการขนส่งของเสียอันตรายและการขอมิเลข ประจำตัว 13 หลัก	X		X
			X	X	
			X		X
			X	X	X

บทที่ 12

แบบตรวจสอบโรงงานด้านความปลอดภัยการใช้สารเคมีอันตรายสูง กรดซัลฟิวริก

ข้อมูลสถานประกอบการ

ชื่อสถานประกอบการ

เลขทะเบียนโรงงาน

ที่อยู่โรงงาน

หมายเลขโทรศัพท์

ผลิตภัณฑ์

กำลังการผลิต ต้น/ปี

สารเคมีอันตรายที่ใช้หรือผลิต

อัตราการใช้กรดซัลฟิวริกต่อปี

กระบวนการผลิตอย่างย่อ

แหล่งชุมชนใกล้เคียง ทิศเหนือ ระยะห่างโดยประมาณ.....

ทิศใต้..... ระยะห่างโดยประมาณ.....

ทิศตะวันออก..... ระยะห่างโดยประมาณ.....

ทิศตะวันตก..... ระยะห่างโดยประมาณ.....

ชื่อผู้ให้ข้อมูล 1.....ตำแหน่ง : โทรศัพท์

2.....ตำแหน่ง โทรศัพท์

3.....ตำแหน่ง โทรศัพท์

ผู้ตรวจสอบโรงงาน

วันที่ตรวจสอบโรงงาน

ข้อแนะนำสำหรับผู้ประเมินและการให้คะแนน

การให้คะแนน

1 = มีการจัดการและข้อปฏิบัติตามที่ระบุครบถ้วน พร้อมเอกสารประกอบ

0 = ไม่มีการจัดการและข้อปฏิบัติตามที่ระบุ

0 = ไม่มีเอกสารยืนยันว่ามีการจัดการและข้อปฏิบัติตามที่ระบุ

X = คำถามไม่สอดคล้องกับกิจกรรมของบริษัท และให้ระบุสาเหตุของความไม่สอดคล้อง

หมายเหตุ/ข้อควรปรับปรุง

ให้ระบุเหตุผลและข้อเท็จจริงตามที่พบจากการตรวจประเมินเพื่อสนับสนุนการให้คะแนนในแต่ละข้อ

และเพิ่มเติมข้อแนะนำเพื่อให้สถานประกอบการนำไปปรับปรุงหรือแก้ไข

1. การสื่อสารความเป็นอันตรายกรดซัลฟิวริกที่ใช้หรือผลิต

ข้อ	การจัดการและข้อปฏิบัติ	คะแนน	หมายเหตุ / ข้อควรปรับปรุง
1.1	สื่อสารสมบัติและความเป็นอันตรายของกรดซัลฟิวริกที่นำมาใช้		
1.2	มีการสื่อสารและจำแนกความเป็นอันตรายของกรดซัลฟิวริกตามระบบ GHS		
1.3	ได้จัดทำหรือจัดหาข้อมูลความปลอดภัย (Safety Data Sheet) เพื่อสื่อสารความเป็นอันตราย มาตรการป้องกัน และข้อแนะนำการใช้กรดซัลฟิวริกและเผยแพร่ให้ผู้ปฏิบัติงาน ผู้รับจ้าง ลูกค้า และผู้เกี่ยวข้องทราบ		
1.4	เอกสารข้อมูลความปลอดภัย (SDS) มีข้อมูลครบถ้วน 16 หมวดตามระบบ GHS		
1.5	มีป้ายระบุความเป็นอันตราย ข้อควรระวังและข้อควรปฏิบัติในบริเวณสถานที่ทำงานกับกรดซัลฟิวริก สามารถเห็นได้อย่างชัดเจน		
1.6	มีป้ายสื่อสารให้ใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในขณะปฏิบัติหน้าที่เกี่ยวกับกรดซัลฟิวริก		
1.7	มีป้ายเตือนห้ามก่อให้เกิดประกายไฟ ห้ามสูบบุหรี่ ณ บริเวณที่ปฏิบัติงานกับกรดซัลฟิวริก		
1.8	จัดทำฉลากระบุความเป็นอันตรายติดที่บรรจุภัณฑ์ที่บรรจุกรดซัลฟิวริก		
1.9	ฉลากบนบรรจุภัณฑ์มีข้อความความเป็นอันตรายที่ถูกต้องตามระบบ GHS หรือตามที่กฎหมายกำหนด		
1.10	มีการศึกษาและสื่อสารรายชื่อสารเคมีอื่นที่มีใช้ในโรงงาน ซึ่งเข้ากันไม่ได้กับกรดซัลฟิวริกให้ผู้เกี่ยวข้องทราบ		

2. การผลิต การใช้ การปฏิบัติงานและการจัดการด้านความปลอดภัยกรดซัลฟิวริก

ข้อ	การจัดการและข้อปฏิบัติ	คะแนน	หมายเหตุ / ข้อควรปรับปรุง
2.1	มีขั้นตอนปฏิบัติงานเกี่ยวกับการผลิตหรือการใช้กรดซัลฟิวริก ทั้งกรณีที่เกิดใหม่ เติมน้ำตามปกติ การหยุดเครื่อง และกรณีไม่ปกติ เขียนเป็นลายลักษณ์อักษร และปฏิบัติตามอย่างสอดคล้อง		
2.2	มีการประเมินความเสี่ยงของการปฏิบัติงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกรดซัลฟิวริก หาวิธีการลดความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นอย่างครบถ้วน และจัดทำรายงานประเมินความเสี่ยงตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม		
2.3	มีการประเมินความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อมของการปฏิบัติงานเกี่ยวกับกรดซัลฟิวริก		
2.4	จัดให้มีอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลสำหรับ		

ข้อ	การจัดการและข้อปฏิบัติ	คะแนน	หมายเหตุ / ข้อควรปรับปรุง
	ผู้ปฏิบัติงานกับกรดซัลฟิวริกอย่างเหมาะสมและเพียงพอ		
2.5	พนักงานสวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลที่เหมาะสมในขณะปฏิบัติงาน และมีการดูแล บำรุงรักษาให้พร้อมใช้งานตลอดเวลา		
2.6	จัดให้มีการตรวจสอบสุขภาพประจำปีสำหรับพนักงานที่ปฏิบัติงานกับกรดซัลฟิวริก		
2.7	มีการตรวจสอบเพื่อป้องกันการรั่วไหลของกรดซัลฟิวริก และกำหนดมาตรการแก้ไขเมื่อตรวจพบ		

3. ถังเก็บและการจัดเก็บกรดซัลฟิวริกในถังเก็บ

ข้อ	การจัดการและข้อปฏิบัติ	คะแนน	หมายเหตุ / ข้อควรปรับปรุง
3.1	ถังเก็บกรดซัลฟิวริกสร้างตามมาตรฐานความปลอดภัยเป็นที่ยอมรับ และมีวิศวกรรับรองความปลอดภัย		
3.2	ถังเก็บไม่มีรอยรั่วซึม มีระบบป้องกันความชื้น ระบบระบายอากาศหรือระบบบำบัดไอและก๊าซที่อาจเกิดจากกรดซัลฟิวริก		
3.3	ถังเก็บกรดซัลฟิวริกทำจากวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนในเงื่อนไขที่มีการจัดเก็บ		
3.4	มีอุปกรณ์สำหรับวัดปริมาณกรดซัลฟิวริกภายในถังเก็บ มีความถี่ในการตรวจวัดที่เหมาะสม และมีการบันทึกเป็นลายลักษณ์อักษร		
3.5	มีข้อความระบุว่าเป็นถังเก็บกรดซัลฟิวริก และจำนวนที่สามารถบรรจุได้พร้อมแสดงสัญลักษณ์ความเป็นอันตรายที่ถูกต้อง		
3.6	มีเขื่อนกันรอบถังเก็บกรดซัลฟิวริกเพื่อกักสารในกรณีรั่วไหลอย่างเพียงพอ		
3.7	มีอุปกรณ์ระงับเหตุฉุกเฉิน ณ บริเวณใกล้กับถังเก็บ เช่น สารดูดซับ สารประเภทต่าง ผักบัวฉุกเฉิน ที่ล้างตาฉุกเฉิน และน้ำ เป็นต้น		
3.8	มีแผนและขั้นตอนการปฏิบัติงานเป็นลายลักษณ์อักษร เรื่อง การซ่อมบำรุงถังเก็บ การตรวจสอบถัง และการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ส่วนควบของถังเก็บกรดซัลฟิวริก และปฏิบัติอย่างสอดคล้อง		
3.9	กำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ปลอดภัยเขียนเป็นลายลักษณ์อักษร กรณีที่การปฏิบัติงานนั้นมีความเสี่ยงที่อาจทำให้ผู้ปฏิบัติงานมีอันตราย ได้แก่ การสัมผัสกับกรดซัลฟิวริก การทำงานในที่อับอากาศ หรือการระเบิดที่อาจจะเกิดขึ้นจากก๊าซไฮโดรเจน		

4. แท็งก์เพื่อการขนส่งกรดซัลฟิวริก

ข้อ	การจัดการและข้อปฏิบัติ	คะแนน	หมายเหตุ / ข้อควรปรับปรุง
4.1	แท็งก์ที่ยึดติดกับตัวรถขนส่งมีทะเบียนแท็งก์ถูกต้องตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม มีรหัสแท็งก์ L4BN และได้รับอนุญาตให้บรรจุกรดซัลฟิวริกอย่างถูกต้อง		
4.2	รถขนส่งติดป้ายแสดงความเป็นอันตรายและหมายเลขสหประชาชาติของกรดซัลฟิวริก		
4.3	มีการทดสอบตรวจสอบแท็งก์ที่ยึดติดกับตัวรถขนส่งทุก 3 ปี ตามรายการที่กฎหมายกำหนด		
4.4	มีการประกันภัยความเสียหายเนื่องจากการรั่วไหลขณะขนส่ง		

5. บรรจุภัณฑ์และการจัดเก็บ

ข้อ	การจัดการและข้อปฏิบัติ	คะแนน	หมายเหตุ / ข้อควรปรับปรุง
5.1	มีขั้นตอนปฏิบัติงานที่ห้ามการจัดเก็บกรดซัลฟิวริกในบริเวณใกล้เคียงกับสารที่เข้ากันไม่ได้		
5.2	ใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดที่มีมาตรฐานตามที่เหมาะสมกับกรดซัลฟิวริก เช่น มาตรฐานตามข้อกำหนดของการขนส่งสินค้าอันตราย เป็นต้น		
5.3	บรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุกรดซัลฟิวริกอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์		

6. การขนย้าย ขนถ่ายและขนส่ง

ข้อ	การจัดการและข้อปฏิบัติ	คะแนน	หมายเหตุ / ข้อควรปรับปรุง
6.1	มีการระบายอากาศที่ดีในบริเวณที่มีการขนย้าย ขนถ่าย กรดซัลฟิวริก		
6.2	มีขั้นตอนปฏิบัติงานสำหรับการขนย้าย ขนถ่ายและขนส่งเป็นลายลักษณ์อักษร		
6.3	ในขั้นตอนปฏิบัติงาน มีการระบุถึงขั้นตอนการรััดตั้งบรรจุภัณฑ์ทุกใบให้แน่นหนาเมื่อขนย้ายขึ้นรถขนส่ง		
6.4	รถขนส่งบรรจุภัณฑ์กรดซัลฟิวริกมีคอกันและมีอุปกรณ์รััดตั้งบรรจุภัณฑ์ขณะขนส่ง		
6.5	มีอุปกรณ์ช่วยขนย้ายบรรจุภัณฑ์ลงจากรถอย่างปลอดภัย		
6.6	มีระเบียบปฏิบัติห้ามกลิ้งทิ้งบรรจุภัณฑ์ลงจากรถขนส่ง		
6.7	กรณีขนส่งโดยรถแท็งก์ มีระเบียบปฏิบัติและขั้นตอนปฏิบัติงานที่ปลอดภัย สำหรับการขนถ่ายกรดซัลฟิวริกจากแท็งก์ไปยังถังเก็บหรือจากถังเก็บไปยังแท็งก์เป็นลายลักษณ์อักษร		
6.8	พนักงานที่ปฏิบัติงานขนย้าย ขนถ่าย ขนส่ง สวมอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลอย่างเหมาะสมขณะปฏิบัติงาน		

7. การระับเหตุฉุกเฉินและปฐมพยาบาล

ข้อ	การจัดการและข้อปฏิบัติ	คะแนน	หมายเหตุ / ข้อควรปรับปรุง
7.1	มีแผนฉุกเฉินกรณีสารเคมีหกรั่วไหลเขียนเป็นลายลักษณ์อักษรและมีความถี่การฝึกซ้อมที่เหมาะสม (อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง)		
7.2	จัดให้มีอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลสำหรับกรณีฉุกเฉินอย่างเพียงพอสำหรับพนักงานที่เกี่ยวข้อง		
7.3	ใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลที่ได้มาตรฐานและเหมาะสมกับการใช้งาน		
7.4	มีระบบหยุดอัตโนมัติเพื่อหยุดการทำงานในกรณีฉุกเฉิน		
7.5	มีอุปกรณ์ดับเพลิงอย่างเพียงพอ และพร้อมใช้งาน		
7.6	มีอุปกรณ์ระับเหตุกรดซัลฟิวริกรั่วไหล และพร้อมใช้งาน		
7.7	มีอุปกรณ์ตรวจวัดทิศทางลมซึ่งสามารถเห็นได้ชัดเจน		
7.8	มีระบบการรายงานอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับกรดซัลฟิวริก		
7.9	มีระบบสืบหาสาเหตุของอุบัติเหตุและสรุปมาตรการป้องกันและแก้ไขทุกครั้ง		
7.10	จัดให้มีหมายเลขโทรศัพท์ใช้เฉพาะในกรณีฉุกเฉิน รับแจ้งเหตุได้ตลอด 24 ชั่วโมง		
7.11	มีการสื่อสารหมายเลขโทรศัพท์ฉุกเฉินให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทราบ		
7.12	มีบันทึกการตรวจสอบฝักบัวและที่ล้างตาฉุกเฉิน		
7.13	มีอุปกรณ์เพื่อการปฐมพยาบาลจัดเก็บใกล้บริเวณที่ปฏิบัติงานกับกรดซัลฟิวริกและมีสภาพพร้อมใช้งาน		
7.14	มีหมายเลขติดต่อแพทย์ และสถานพยาบาลที่อยู่ใกล้เคียง		
7.15	มีข้อมูลการระับเหตุฉุกเฉินในขณะขนส่ง (TREM CARD)		

8. การจัดการของเสีย

ข้อ	การจัดการและข้อปฏิบัติ	คะแนน	หมายเหตุ / ข้อควรปรับปรุง
8.1	มีขั้นตอนปฏิบัติงานเป็นลายลักษณ์อักษรเรื่องการจัดการของเสียที่เกิดขึ้นจากกรดซัลฟิวริก		
8.2	มีการคัดแยกของเสียและสารปนเปื้อนกรดซัลฟิวริก		
8.3	มีการติดป้ายเพื่อบ่งบอกประเภทและข้อมูลของเสียและวัสดุปนเปื้อนกรดซัลฟิวริก		
8.4	ใช้ภาชนะสำหรับเก็บของเสียเหมาะสมกับประเภทของเสียและวัสดุปนเปื้อนกรดซัลฟิวริก		
8.5	มีการกำหนดพื้นที่เก็บของเสียชัดเจนและแยกต่างหากจากพื้นที่เก็บสารเคมีอื่น		
8.6	มีการขออนุญาตดำเนินการเกี่ยวกับการจัดการของเสียและสารปนเปื้อนกรดซัลฟิวริกถูกต้องตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม		

9. การฝึกอบรมเพื่อการทำงานที่ปลอดภัย

ข้อ	การจัดการและข้อปฏิบัติ	คะแนน	หมายเหตุ / ข้อควรปรับปรุง
9.1	มีแผนการฝึกอบรมประจำปีเกี่ยวกับการจัดการความปลอดภัยกรดซัลฟิวริก		
9.2	มีหลักสูตรการฝึกอบรมพนักงานและผู้เกี่ยวข้องในเรื่องข้อมูลพื้นฐาน สมบัติ ประโยชน์ และอันตรายของกรดซัลฟิวริก		
9.3	มีหลักสูตรการฝึกอบรมพนักงานและผู้เกี่ยวข้องในเรื่องกระบวนการผลิตและการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับกรดซัลฟิวริก		
9.4	มีหลักสูตรการฝึกอบรมพนักงานและผู้เกี่ยวข้องในเรื่องข้อมูลความปลอดภัย (Safety Data Sheet) กรดซัลฟิวริก		
9.5	มีหลักสูตรการฝึกอบรมพนักงานและผู้เกี่ยวข้องในเรื่องอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล		
9.6	มีหลักสูตรการฝึกอบรมพนักงานและผู้เกี่ยวข้องในเรื่องข้อควรปฏิบัติเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน และการซ้อมแผนฉุกเฉิน		
9.7	มีหลักสูตรการฝึกอบรมพนักงานและผู้เกี่ยวข้องในเรื่องการปฐมพยาบาลอันเนื่องมาได้รับสัมผัสกรดซัลฟิวริก		
9.8	ในกรณีที่บริษัทเป็นผู้ขนส่งกรดซัลฟิวริกเอง บริษัทมีหลักสูตรการอบรมพนักงานและผู้เกี่ยวข้องในเรื่องการขับขี่ย่างปลอดภัย		
9.9	ในกรณีที่บริษัทเป็นผู้ขนส่งกรดซัลฟิวริกด้วยรถแท้งก์ บริษัทมีหลักสูตรการอบรมพนักงานและผู้เกี่ยวข้องในเรื่องรถแท้งก์และอุปกรณ์สำหรับรถขนส่ง		
9.10	มีหลักสูตรการอบรมพนักงานและผู้เกี่ยวข้องในเรื่องขั้นตอนการปฏิบัติงานในการขนถ่ายกรดซัลฟิวริกจากถังเก็บเข้ารถแท้งก์		
9.11	มีหลักสูตรการอบรมพนักงานและผู้เกี่ยวข้องในเรื่องขั้นตอนปฏิบัติงานในการขนถ่ายกรดซัลฟิวริกจากรถแท้งก์เข้าถังเก็บ		
9.12	มีหลักสูตรการอบรมพนักงานและผู้เกี่ยวข้องในเรื่องขั้นตอนปฏิบัติงานในระหว่างการขนส่ง		

สรุปผลการตรวจสอบโรงงาน

หมวด	หมวดการจัดการและข้อปฏิบัติ	คะแนนที่ได้	คะแนนเต็ม	ร้อยละ
1	การสื่อสารความเป็นอันตรายกรดซัลฟิวริกที่ใช้หรือผลิต			
2	การผลิต การใช้ การปฏิบัติงานและการจัดการกรดซัลฟิวริก			
3	ถังเก็บและการจัดเก็บกรดซัลฟิวริกในถังเก็บ			
4	แท็งก์เพื่อการขนส่งกรดซัลฟิวริก			
5	บรรจุภัณฑ์และการจัดเก็บ			
6	การขนย้าย ขนถ่าย และขนส่ง			
7	การระงับเหตุฉุกเฉินและปฐมพยาบาล			
8	การจัดการของเสีย			
9	การฝึกอบรมเพื่อการทำงานที่ปลอดภัย			
	รวมคะแนน			

หมายเหตุ

คะแนนที่ได้ : รวมหัวข้อที่ได้คะแนน 1 ทั้งหมดของแต่ละหมวด

คะแนนเต็ม : รวมหัวข้อที่ได้คะแนน 0 และ 1 ทั้งหมดของแต่ละหมวด (ไม่รวมหัวข้อที่มีเครื่องหมาย x)

ร้อยละ : สัดส่วนเป็นร้อยละของคะแนนที่ได้กับคะแนนเต็ม

อักษรย่อและคำอธิบาย

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists หมายถึง สมาคมนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมภาครัฐของประเทศสหรัฐอเมริกา
ADR	The European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road หมายถึง ข้อกำหนดการขนส่งสินค้าอันตรายระหว่างประเทศทางถนนของยุโรป
APF	Assigned Protection Factor (Classifications of Respirators for Protection Against Gas/Vapor Exposures) หมายถึง ค่าที่แสดงถึงระดับการป้องกันของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจที่ทำงานปกติ ตัวอย่างค่า APF = 10 หมายความว่า ผู้ที่ใช้อุปกรณ์อาจได้รับการสูดดมได้ไม่เกิน 1 ใน 10 ของปริมาณสารที่ปนเปื้อนอยู่ในบรรยากาศ
API	American Petroleum Institute หมายถึง สถาบันปิโตรเลียมแห่งสหรัฐอเมริกา
AS/NZS	Australia / New Zealand Standard มาตรฐานซึ่งกำหนดโดยคณะกรรมการมาตรฐานแห่งประเทศออสเตรเลียและนิวซีแลนด์
ASME	American Society of Mechanical Engineers หมายถึง สมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา มีหน้าที่กำหนดรหัสมาตรฐานทางวิศวกรรม และเผยแพร่ความรู้และเทคโนโลยี
ASTM	American Society for Testing and Materials เป็น สมาคมวิชาชีพ ทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่กำหนด และจัดทำมาตรฐาน ซึ่งเป็นที่ยอมรับ และเป็นที่ยอมรับทั่วโลก
BCF	Bioconcentration Factor เป็นสัดส่วนความเข้มข้นของสารเคมีในเนื้อเยื่อจุลชีพในน้ำต่อความเข้มข้นของสารเคมีนั้นในน้ำ
CAS Number	Chemical Abstracts Service Registry Number หมายถึง หมายเลขขึ้นทะเบียนของสารเคมี
CARB	The California Air Resources Board หมายถึง คณะกรรมการที่เกี่ยวข้องกับการระบายไอของแคลิฟอร์เนีย
CFR	Code of federation regulations
CPVC	Copolymer polyvinyl chloride
CSI	The Construction Specification Institute เป็นสถาบันที่มีหน้าที่กำหนดมาตรฐานคุณลักษณะด้านการก่อสร้างเพื่อให้เกิดความปลอดภัย
EC Number	European Commission Number หมายถึง หมายเลขสารเคมีของคณะกรรมการยุโรป

EC ₅₀	เป็นปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีที่ทำให้สัตว์น้ำมีความผิดปกติ 50%
EINECS	European Inventory of Existing Chemical Substances หมายถึง หมายเลขสารเคมีที่มีอยู่ในยุโรป
EN	EN Standards หรือ European Committee for Standardization คณะกรรมการมาตรฐานแห่งสหภาพยุโรป
EPA	Environmental Protection Agency หมายถึง องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อม
EPDM	Ethylene propylene diene monomer
ERG	Emergency Response Guidebook เป็นคู่มือแนะนำการตอบโต้เหตุฉุกเฉินในการขนส่งวัตถุ/สินค้าอันตรายในขั้นแรก ของประเทศสหรัฐอเมริกา
ERPG	Emergency Response Planning Guideline เป็นข้อแนะนำแผนโต้ตอบเหตุฉุกเฉินที่ระดับความเข้มข้นของไอสารเคมีต่าง ๆ ERPG 1 – ระดับความเข้มข้นของไอสารในบรรยากาศที่ไม่มีผลต่อสุขภาพ (Without Heal Effect) เมื่อมีระยะเวลาการสัมผัสซ้ำ ๆ ตลอด 1 ชั่วโมง และสามารถได้รับกลิ่นได้ ERPG 2 – ระดับความเข้มข้นของไอสารในบรรยากาศที่มีผลเสียต่อสุขภาพ (Adverse Health Effect) หรือไม่กลับคืนสู่สภาพเดิม (Irreversible Health Effect) ทำให้ร่างกายอ่อนแอต่อการเจ็บป่วย เมื่อมีระยะเวลาการสัมผัสซ้ำ ๆ ตลอด 1 ชั่วโมง ERPG 3 – ระดับความเข้มข้นของไอสารในบรรยากาศที่มีผลต่อสุขภาพแบบร้ายแรงถึงขั้นเสียชีวิต เมื่อมีระยะเวลาการสัมผัสซ้ำ ๆ ตลอด 1 ชั่วโมง
GHS	Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals การจำแนกประเภทและการติดฉลากสารเคมีที่เป็นระบบเดียวกันทั่วโลก
HAZCHEM Code	Hazardous chemical code รหัสแสดงความเป็นอันตรายของสารเคมี ได้แก่ การลุกติดไฟ การทำปฏิกิริยาเคมี การกัดกร่อน และสมบัติทางเคมีและกายภาพอื่น ๆ ของสารเคมี
HEPA	High efficiency protection aspiration
IARC	International Agency for Research on Cancer หมายถึง องค์การนานาชาติเพื่อการวิจัยมะเร็ง
IDLH	Immediately Dangerous to Life and Health เป็นความเข้มข้นของไอสารในบรรยากาศที่เป็นอันตรายต่อชีวิตและสุขภาพอย่างทันทีทันใด
IMDG	The International Maritime Dangerous Goods Code ข้อจำกัดการขนส่งตามข้อกำหนดการขนส่งสินค้าอันตรายทางทะเลระหว่างประเทศ
ISO	International Organization for Standardization องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน

K _{ow}	Octanol-Water Partition Coefficient เป็นสัมประสิทธิ์การแบ่งส่วนของสารที่สามารถละลายในออกทานอลต่อการละลายน้ำที่จุดสมดุล
LC ₅₀	Lethal Concentration 50 เป็นความเข้มข้นของสารในอากาศหรือในน้ำที่ทำให้สัตว์ทดลองตายได้ 50%
LD ₅₀	Lethal Dose 50 เป็นปริมาณของสารที่ให้กับสัตว์ทดลองในขณะที่ทดลองในห้องปฏิบัติการแล้วทำให้สัตว์ทดลองตาย 50% ในการให้ครั้งเดียว มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมหรือกรัมของสารที่ให้ต่อน้ำหนักของสัตว์ทดลองในหน่วยกิโลกรัม (mg/kg หรือ g/kg)
LEL	Lower Explosive Limit เป็นค่าความเข้มข้นของไอสารในบรรยากาศต่ำสุด (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์) ที่สามารถเกิดการระเบิดได้เมื่อสัมผัสกับแหล่งจุดติดไฟ (Ignition Source)
LFL	Lower Flammable Limit เป็นค่าความเข้มข้นของไอสารในบรรยากาศต่ำสุด (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์) ที่สามารถจุดติดไฟได้เมื่อสัมผัสกับแหล่งจุดติดไฟ (Ignition Source)
MSHA	Mine safety and health act
NFPA	National Fire Protection Association หมายถึง สมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งสหรัฐอเมริกาได้กำหนดรหัสและมาตรฐานครอบคลุมในทุก ๆ ด้านที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยจากอัคคีภัย ระบบ NFPA ได้มีการกำหนดสัญลักษณ์แสดงอันตรายเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่วางตั้งตามแนวเส้นทแยงมุม (Diamond Shape) ภายในแบ่งออกเป็นสี่เหลี่ยมย่อยขนาดเท่ากัน 4 รูป 4 สี ได้แก่ สีแดงแสดงความไวไฟ (Flammability) สีน้ำเงินแสดงอันตรายต่อสุขภาพ (Health) สีเหลืองแสดงความไวต่อปฏิกิริยาของสาร (Reactivity) ใช้ตัวเลข 0 ถึง 4 แสดงถึงระดับอันตรายจากน้อยไปมาก และสีขาวแสดงข้อมูลพิเศษของสาร
NIOSH	The National Institute for Occupational Safety and Health เป็นหน่วยงานของรัฐบาลที่มีบทบาทอย่างสูงในงานอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของประเทศสหรัฐอเมริกา มีหน้าที่หลักในการศึกษาวิจัยเพื่อกำหนดเกณฑ์มาตรฐานด้านความปลอดภัยและมาตรฐานสิ่งแวดล้อมดังกล่าวให้กับ OSHA ทำการพิจารณากำหนดเป็นมาตรฐานทางกฎหมายต่อไป รวมทั้งมีหน้าที่ให้การศึกษา ฝึกอบรม และบริการทางเทคนิคแก่นายจ้าง ลูกจ้างที่ร้องขอ
NTP	National Toxicology Program หมายถึง หน่วยงานที่จัดทำโปรแกรมเพื่อประเมินปัจจัยต่าง ๆ ทางด้านสาธารณสุขของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยตระหนักถึงการพัฒนาและการประยุกต์ใช้เครื่องมือด้านพิษวิทยาสมัยใหม่และชีวโมเลกุล
NZS	New Zealand standard

OECD SIDS	Organisation for Economic Co-operation and Development Screening Information Data Sets หมายถึง รายงานการประเมินเบื้องต้นของชุดข้อมูลการกรองขององค์กรความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ
OSHA	Occupational Safety and Health Administration หมายถึง องค์กรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
PE	Polyethylene
PELs	Permissible Exposure Limits เป็นความเข้มข้นสูงสุดที่ยอมรับได้ของไอสารบรรยากาศของอาคารที่ทำงาน พิจารณาแบ่งเป็น PEL-TWA เป็นค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอสารในบรรยากาศของอาคารที่ทำงานตลอดเวลาการทำงาน ซึ่งโดยทั่วไปคือ 8 ชั่วโมงต่อวัน หรือ 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ที่ผู้ปฏิบัติงานอาจสัมผัสซ้ำๆ โดยปราศจากผลกระทบต่อสุขภาพ PEL-STEL เป็นค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอสารในบรรยากาศของอาคารที่ทำงานที่ผู้ปฏิบัติงานอาจสัมผัสซ้ำๆ ตลอดเวลา 15-30 นาที PEL-C เป็นค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดของไอสารในบรรยากาศของอาคารที่ทำงานที่ผู้ปฏิบัติงานไม่ควรสัมผัส ไม่ว่าเวลาใดๆ (ยกเว้นจะมีการกำหนดเป็นอื่น เช่น 5 นาที)
PP	Polypropylene
psig	Pound per square inch guage หน่วยวัดความดันเกจปอนด์ต่อตารางนิ้ว
PTFE	Polytetrafluoroethylene
PVC	Polyvinyl chloride
PVDF	Polyvinyl diene fluoride
SCBA	Self-Contained Breathing Apparatus เป็นอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจชนิดถังบรรจุอากาศแบบพกพา
SDS	Safety Data Sheet เป็นข้อมูลความปลอดภัย
TIS 18001	Thai Industrial Standard มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ระบบการจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
TLV-C	Threshold Limit Value – Ceiling Exposure Limit เป็นค่าความเข้มข้นของไอสารในบรรยากาศสูงสุดไม่ว่าเวลาใด ๆ ของการปฏิบัติงาน
TLV-STEL	Threshold Limit Value – Short Term Exposure Limit เป็นค่าความเข้มข้นของสารที่คนงานสัมผัสในช่วงเวลา 15 นาทีต่อเนื่องกันโดยไม่เกิดอันตรายจากการระคายเคืองอันตรายเรื้อรังต่อเนื้อเยื่อ หมดสติ ซึ่งถ้าความเข้มข้นของสารสูงขึ้นมาถึงระดับ STEL ไม่ควรสัมผัสเกิน 15 นาทีต่อเนื่องกัน และไม่ควรมากกว่า 4 ครั้งต่อวัน แต่ละครั้งควรห่างกันอย่างน้อย 60 นาที

TP2	Thai Provision Volume 2 เป็นข้อกำหนดการขนส่งสินค้าอันตรายทางถนนของประเทศไทย ซึ่งแปลและเรียบเรียงจาก Restructured ADR 2003 European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road
TLV-TWA	Threshold Limit Value – Time Weighted Average เป็นค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอสารในบรรยากาศตลอดเวลาการทำงาน ซึ่งโดยทั่วไปคือ 8 ชั่วโมงต่อวัน หรือ 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ที่ผู้ปฏิบัติงานอาจสัมผัสซ้ำ ๆ โดยปราศจากผลกระทบต่อสุขภาพ
TREM CARD	Transport Emergency Card หมายถึง เอกสารขออนุญาตในการปฏิบัติหากเกิดเหตุฉุกเฉินในการขนส่ง
UEL	Upper Explosive Limit เป็นความเข้มข้นของไอสารในบรรยากาศสูงสุด (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์) ที่สามารถเกิดการระเบิดได้เมื่อสัมผัสกับแหล่งจุดติดไฟ (Ignition Source)
UN Class	United Nations Class เป็นการจำแนกสารเคมีหรือวัตถุอันตรายออกเป็น 9 ประเภท เพื่อใช้ในการขนส่ง โดย United Nations Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods สำหรับในประเทศไทย ก็ใช้การจำแนกสารเคมีตาม UN Class เช่นเดียวกัน ตามประกาศกรมการขนส่งทางบก เรื่องกำหนดประเภทหรือชนิดของวัตถุอันตราย
UN Mark	United Nations Mark เป็นการรับรองมาตรฐานบรรจุภัณฑ์สำหรับสินค้าอันตรายตามระบบ UNTDG
UN Number	United Nations Number เป็นระบบเลขอ้างอิง 4 หลัก ของสารอันตรายตามข้อกำหนดขององค์การสหประชาชาติ (UN Recommendation on the Transport of Dangerous Goods, 10 th edition) ใช้ประโยชน์ร่วมกับขออนุญาตของสหประชาชาติเพื่อการตอบโต้เหตุฉุกเฉินในระหว่างการขนส่ง
UNTDG	United Nations Recommendations on the Transport of Dangerous Goods เป็นขออนุญาตของสหประชาชาติที่เสนอแนะสำหรับการขนส่งสินค้าอันตราย
XLPE	Cross-linked polyethylene

เอกสารอ้างอิง

ลำดับ	รายละเอียด
1	กรมโรงงานอุตสาหกรรม “คู่มือการนำเข้าวัตถุอันตราย” 2552
2	กรมโรงงานอุตสาหกรรม “คู่มือปฏิบัติงาน การขนส่งวัตถุอันตรายทางบก” 2550
3	สมาคมผู้ประกอบการวัตถุอันตราย “การสื่อสารความเป็นอันตรายของวัตถุอันตราย” 2552
4	กรมควบคุมมลพิษ “คู่มือการระงับเหตุเบื้องต้นจากวัตถุอันตราย” 2008
5	สำนักควบคุมวัตถุอันตราย กรมโรงงานอุตสาหกรรม “พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535” พ.ศ. 2543
6	สำนักควบคุมวัตถุอันตราย กรมโรงงานอุตสาหกรรม “บัญชีรายชื่อวัตถุอันตรายฉบับรวม” พ.ศ. 2543
7	ศูนย์เทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม “คู่มือระงับอุบัติเหตุจากสารเคมี” พ.ศ. 2543
8	ศูนย์เทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม “คู่มือความปลอดภัยในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตกรดต่าง” พ.ศ. 2542
9	ศูนย์เทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม “ข้อกำหนดความปลอดภัยในอาคารเก็บสารเคมี” พ.ศ. 2540
10	สำนักควบคุมวัตถุอันตราย กรมโรงงานอุตสาหกรรม “คู่มือผู้ประกอบการเกี่ยวกับวัตถุอันตราย” พ.ศ. 2544
11	สำนักควบคุมวัตถุอันตราย กรมโรงงานอุตสาหกรรม “หลักเกณฑ์การขนส่งสารเคมีและวัตถุอันตรายของประเทศไทย” พ.ศ. 2543
12	กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม “คู่มือระบบเอกสารกำกับ การขนส่งเคลื่อนย้ายและกำจัดของเสียอันตราย” พ.ศ. 2544
13	กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม “การจัดการอุบัติเหตุเบื้องต้นจากสารเคมี” พ.ศ. 2543
14	กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม “บทสรุปสำหรับผู้บริการ โครงการจัดทำระบบขนส่งลำเลียงสารอันตราย” พ.ศ. 2542
15	กรมการขนส่งทางบก กระทรวงคมนาคม “คู่มือสำหรับผู้ขับรถบรรทุกใบอนุญาตชนิดที่ 4 (รถบรรทุกวัตถุอันตราย)” พ.ศ. 2543
16	WERNER W. DUECKER, “The Manufacture of Sulfuric Acid” , 2005
17	WERNER W. DUECKER, “The Manufacture of Sulfuric Acid” , 2008
18	Production of Sulphuric Acid “European Sulfuric Acid Association (ESA)” , 2000
19	OSCAR T. FASULLO, “Sulfuric Acid Use and Handling” , 1965
20	WERNER W. DUECKER, “The Manufacture of Sulfuric Acid” , 1959

ลำดับ	รายละเอียด
21	Philip A. Schweitzer,P.E. "Corrosion Resistance Tables"
22	Robert H.Perry "Chemical Engineers'HandBook" 1984
23	Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry Vol 35 "Sulfuric Acid and Sulfur trioxide"
24	TIM J. BROWDER, "Operation Instrution Sulfuric Acid Plant"
25	Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS), Third revised edition, United Nations, New York and Geneva, 2009

เว็บไซต์

ลำดับ	รายละเอียด
1	TOXNET, Toxicology Data Network, Hazardous Substances Data Bank (HSDB), FORMALDEHYDE; http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?./temp/~XxQATa:1
2	http://www.sulphuric-acid.org/
3	http://www.sulphuric-acid.com/
4	http://en.wikipedia.org/wiki/Sulfuric_acid
5	ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านสารเคมี; http://www.chemtrack.org/Chem.asp
6	ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์, กรมควบคุมมลพิษ; http://msds.pcd.go.th/searchID.asp
7	http://www.chem.unep.ch/irptc/sids/oecd/sids/7664939.pdf

ภาคผนวก ก
ตารางการจัดเก็บสารเคมี

ประเภทการจัดเก็บ	1	2A	2B	3A	3B	4.1A	4.1B	4.2	4.3	5.1A	5.1B	5.1C	5.2	6.1A	6.1B	6.2	7	8A	8B	10	11	12	13
วัตถุระเบิด	17																						
การอัดก๊าซเหลว หรือก๊าซที่ละลายภายใต้ความดัน		17	4									10					18	5			5		
ก๊าซภายใต้ความดันในภาชนะบรรจุขนาดเล็ก (กระป๋องสเปรย์)		4		1	1							10		2	2		18	4	4	6	6	6	6
ของเหลวไวไฟ	3A		1	17													18	9			3		
	3B			1		12	4		4				7				18						
	4.1A				12	17	12						14					12	12	12	12	12	12
ของแข็งไวไฟ	4.1B				4	12		4	4				13	8			18						
	4.2						4		4								18	4	4	4	4		
สารที่มีความเสี่ยงต่อการลุกไหม้	4.3				4		4	4									18	4	4	4	4	4	4
สารที่ก่อให้เกิดไฟเพื่อสัมผัสกับน้ำ	5.1A																						
สารออกซิไดซ์	5.1B																						
	5.1C	10	10								10	17		15	15		18	11		11	11		
	5.2				7	14	13						17							16	16	16	16
สารปฏิกิริยารุนแรง																							
สารติดไฟที่มีคุณสมบัติความเป็นพิษ	6.1A		2				8				15						18				3		
สารไม่ติดไฟที่มีคุณสมบัติความเป็นพิษ	6.1B		2								15						18				3		
สารติดไฟ	6.2																						
วัตถุอันตรายอื่น	7	18	18	18	18		18	18	18		18	18		18	18			18	18	18	18	18	18
	8A	5	4	9		12		4	4		11	10					18						
	8B			4	9	12		4	4			10					18						
ของเหลวติดไฟ ที่ไม่อยู่ในประเภท 3A หรือ 3B	10				6	12		4	4		11	10	16				18						
ของแข็งติดไฟ	11	5	6	3		12		4	4		11	10	16	3	3		18						
ของเหลวไม่ติดไฟ	12					12			4			10	16				18						
ของแข็งไม่ติดไฟ	13					12						10	16				18						

ให้จัดเก็บโดยวิธีแยกบริเวณ

จัดเก็บเฉพาะที่โดยมีเงื่อนไข

โดยหลักการการจัดเก็บแบบคณะสามารถทำได้

ตัวเลข

เงื่อนไขการจัดเก็บสารเคมีและวัตถุอันตรายตามตารางการจัดเก็บ

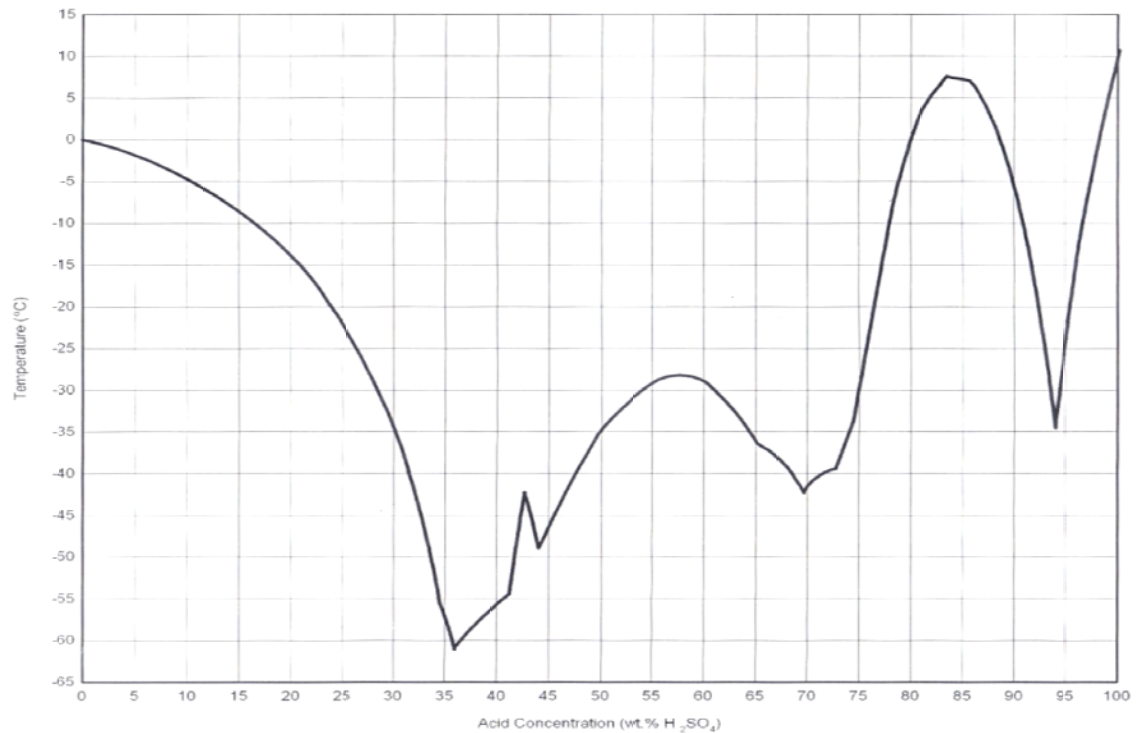
1. การจัดเก็บของเหลวไวไฟ และก๊าซภายใต้ความดันในภาชนะบรรจุขนาดเล็ก (กระป๋องสเปรย์) สามารถจัดเก็บได้โดยมีเงื่อนไขดังนี้ ต้องจัดให้มีการระบายอากาศ และปริมาณการจัดเก็บสารต้องไม่เกิน 60% ของปริมาณการจัดเก็บทั้งหมด ทั้งนี้ปริมาณรวมของของเหลวไวไฟและก๊าซภายใต้ความดันในภาชนะบรรจุขนาดเล็ก (กระป๋องสเปรย์) ต้องไม่เกิน 100,000 ลิตร
2. ก๊าซภายใต้ความดันในภาชนะบรรจุขนาดเล็ก (กระป๋องสเปรย์) เก็บคละกับสารพิษได้ โดยมีเงื่อนไขต่อไปนี หอ้งที่มีผนังทนไฟขนาดพื้นที่ต้องไม่เกิน 60 ตารางเมตร และปริมาณการจัดเก็บสารไม่เกิน 60% ของปริมาณการจัดเก็บทั้งหมด อุณหภูมิของห้องต้องไม่เกิน 50°C ต้องมีการระบายอากาศ และต้องมีทางออกฉุกเฉิน 2 ทาง ทางออกฉุกเฉินทั้งสองทางต้องมีอุปกรณ์ดับเพลิงประเภทผงเคมีแห้ง ABC ขนาด 6 กิโลกรัม แห่งละ 1 เครื่อง ถ้าห้องเก็บมีขนาดใหญ่กว่า 60 ตารางเมตร การเก็บวัตถุอันตรายเหล่านี้ต้องจัดเก็บแบบแยกห่างด้วยวิธีการที่เหมาะสมหรือแยกบริเวณ
3. วัสดุที่เป็นสาเหตุให้เกิดการลุกติดไฟหรือลุกไหม้ได้อย่างรวดเร็ว เช่น วัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ ควรจัดเก็บแยกบริเวณออกจากสารพิษหรือของเหลวไวไฟ
4. ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสารอื่นในขณะเกิดอุบัติเหตุ สามารถเก็บคละกันได้โดยการจัดเก็บแบบแยกห่าง เช่น แยกออกจากกัน โดยมีกำแพงกัน เว้นระยะปลอดภัยให้ห่าง เก็บในบ่อแยกจากกัน หรือในตู้เก็บที่ปลอดภัย
5. ห้องเก็บรักษาให้จัดเก็บก๊าซภายใต้ความดันได้ไม่เกิน 50 ต่อ ในจำนวนดังกล่าวอนุญาตให้เก็บเป็นก๊าซภายใต้ความดันที่มีคุณสมบัติไวไฟ ออกซิไดซ์ หรือก๊าซพิษ เก็บรวมกันได้ไม่เกิน 25 ต่อ สารติดไฟได้ (ประเภท 8A และ 11) (ยกเว้นของเหลวไวไฟ) อาจนำมาเก็บรวมได้ โดยจัดเก็บแบบแยกห่างจากก๊าซภายใต้ความดันด้วยผนังที่ทำจากวัสดุที่ไม่ติดไฟ ที่มีความสูงอย่างน้อย 2 เมตร และมีระยะห่างจากผนังอย่างน้อย 5 เมตร
6. อนุญาตให้เก็บคละได้ ถ้ามีข้อกำหนดความปลอดภัยสำหรับสินค้าคงคลังทั้งหมด โดยให้เป็นไปตามข้อกำหนดการจัดเก็บวัตถุอันตรายประเภท 2B
7. อนุญาตให้เก็บคละกับของเหลวไวไฟที่มีจุดวาบไฟสูงกว่า 60°C ถ้าการเก็บคละกันนี้ไม่ทำให้เกิดปฏิกิริยาที่เป็นอันตราย (การลุกติดไฟและ/หรือให้ความร้อนออกมา หรือให้ก๊าซไวไฟ หรือให้ก๊าซที่ทำให้เกิดภาวะการขาดออกซิเจน หรือให้ก๊าซพิษ หรือทำให้เกิดบรรยากาศของการกักกร่อน หรือทำให้เกิดสารที่ไม่เสถียร หรือเพิ่มความดันจนเป็นอันตราย) หากพบว่ามีโอกาสเกิดอันตรายตามที่กล่าวให้จัดเก็บโดยเว้นระยะห่างที่ปลอดภัย (5 เมตร)
8. สารติดไฟที่มีคุณสมบัติความเป็นพิษ (ประเภท 6.1A) เก็บคละกับของแข็งไวไฟ (ประเภท 4.1B) ได้
9. ห้ามเก็บของเหลวไวไฟ (ประเภท 3A) คละกับสารกัดกร่อนที่บรรจุในภาชนะที่แตกง่าย ยกเว้นมีมาตรการป้องกันไม่ให้สารทำปฏิกิริยากันได้ ในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุขึ้น
10. อนุญาตให้เก็บคละกันได้ ยกเว้นก๊าซไวไฟ
11. ต้องจัดทำมาตรการป้องกันเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการเก็บรักษาโดยได้รับความเห็นชอบจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม

12. ของแข็งไวไฟ (ประเภท 4.1A) ที่มีคุณสมบัติการระเบิดอาจเก็บคละกับสารอื่น คือ ประเภท 3B 4.1B 8A 8B 10 11 12 หรือ 13 ได้ ถ้าระยะห่างที่ปลอดภัยซึ่งจัดไว้เพื่อป้องกันอันตรายที่จะมีต่อบริเวณโดยรอบอาคารคลังสินค้ามีเพียงพอหรืออาจต้องกำหนดให้มากขึ้น ซึ่งต้องตรวจสอบเป็นกรณี ๆ ไป
13. อนุญาตให้เก็บสารเปอร์ออกไซด์อินทรีย์ (ประเภท 5.2) คละกับของแข็งไวไฟ (ประเภท 4.1B) ได้
14. อนุญาตให้เก็บคละกับดินขับ (propellants) และตัวจุดชนวน (radical initiators) ถ้าสารนั้นไม่มีส่วนผสมของโลหะหนัก
15. การเก็บสารออกซิไดซ์ (ประเภท 5.1B) อาจอนุญาตให้เก็บคละสารติดไฟที่มีคุณสมบัติความเป็นพิษ (ประเภท 6.1A) และสารไม่ติดไฟที่มีคุณสมบัติความเป็นพิษ (ประเภท 6.1B) ได้ซึ่งสามารถเก็บได้ปริมาณสูงถึง 20 เมตริกตัน โดยต้องมีมาตรการความปลอดภัยดังนี้ อาคารคลังสินค้าต้องมีระบบเตือนภัยไฟไหม้ ระบบดับเพลิงอัตโนมัติ และทีมผจญเพลิงระดับกึ่งมืออาชีพของบริษัท (พนักงานบริษัททำหน้าที่ดับเพลิงอย่างเดียวพร้อมมีรถดับเพลิงของบริษัท) ถ้ามีสารไม่ถึง 1 เมตริกตัน ไม่ต้องมีมาตรการเสริมดังกล่าว
16. การเก็บสารเปอร์ออกไซด์อินทรีย์รวมกับสารเคมีและวัตถุอันตรายอื่น ๆ จำเป็นต้องออกแบบและตรวจสอบแต่ละกรณีว่าระยะห่างปลอดภัย (ระหว่างอาคารคลังสินค้าและชุมชน) ที่กำหนดขึ้นโดยรอบอาคารคลังสินค้ามีเพียงพอหรือต้องกำหนดให้มากขึ้น เพื่อป้องกันโอกาสที่จะเกิดอันตราย
17. ให้พิจารณาตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยเฉพาะของสารแต่ละประเภท
18. วัสดุกัมมันตรังสีควรแยกจัดเก็บตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency; IAEA) และได้รับการอนุมัติจากหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้อง

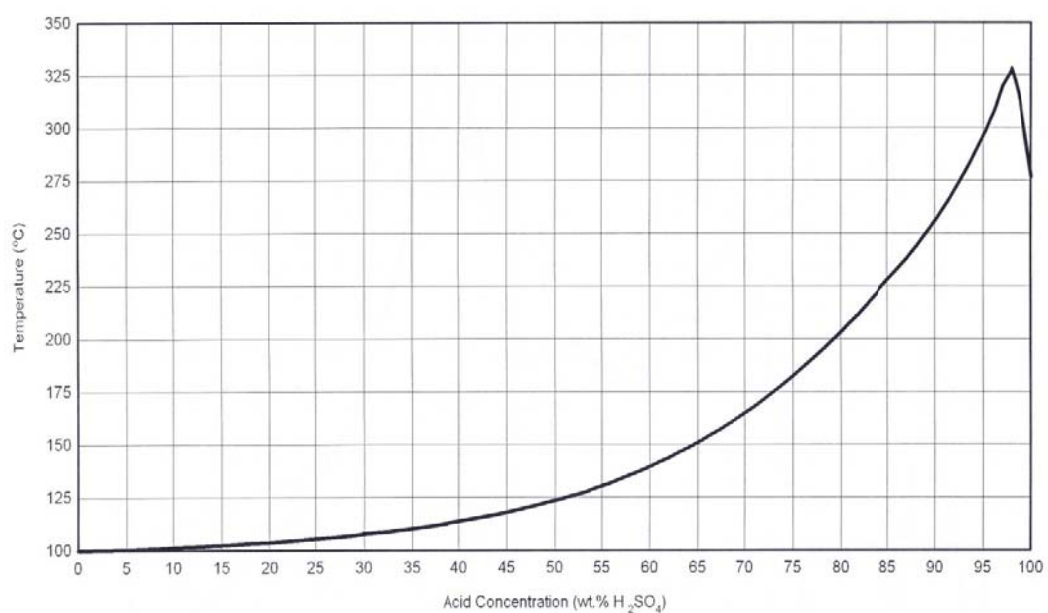
ภาคผนวก ข

สมบัติของกรดซัลฟิวริก

1. กราฟแสดงจุดเยือกแข็ง (Freezing Point) ของกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้นต่าง ๆ



2. กราฟแสดงจุดเดือด (Boiling Point) ของกรดซัลฟิวริก ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

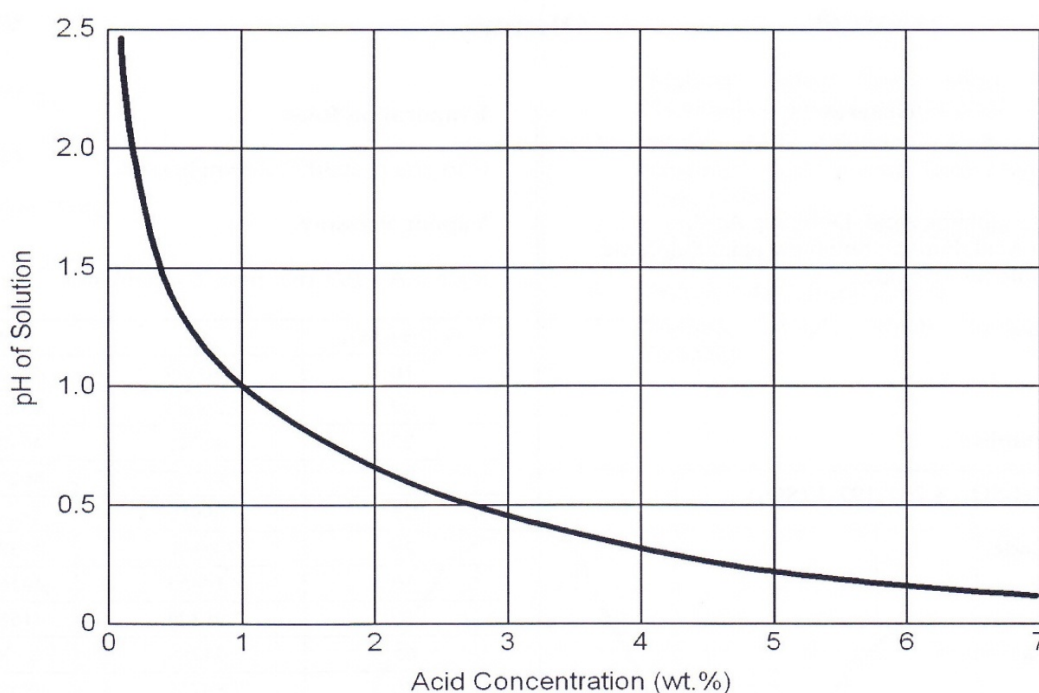


3. ค่าความถ่วงจำเพาะ(Specific Gravity, S.G) ของกรดซัลฟิวริกที่อุณหภูมิ 15.6 °C ณ ความเข้มข้นต่าง ๆ

°Bé	S.G.	%H ₂ SO ₄	°Bé	S.G.	%H ₂ SO ₄	°Bé	S.G.	%H ₂ SO ₄	°Bé	S.G.	%H ₂ SO ₄
0.0	1.0000	0.00	20.0	1.1600	22.25	40.0	1.3810	48.10	60.0	1.7059	77.67
1.0	1.0069	1.02	21.0	1.1694	23.43	41.0	1.3942	49.47	61.0	1.7262	79.43
2.0	1.0140	2.08	22.0	1.1789	24.61	42.0	1.4078	50.87	62.0	1.7470	81.30
3.0	1.0211	3.13	23.0	1.1885	25.81	43.0	1.4216	52.26	63.0	1.7683	83.34
4.0	1.0284	4.21	24.0	1.1983	27.03	44.0	1.4356	53.68	64.0	1.7901	85.66
5.0	1.0357	5.28	25.0	1.2063	28.28	45.0	1.4500	55.07	65.0	1.8125	88.65
6.0	1.0432	6.37	26.0	1.2185	29.53	46.0	1.4646	56.48	66.0	1.8354	93.19
7.0	1.0507	7.45	27.0	1.2288	30.79	47.0	1.4796	57.90	66.1	1.8381	94.00
8.0	1.0584	8.55	28.0	1.2393	32.05	48.0	1.4948	59.32	66.2	1.8407	95.00
9.0	1.0662	9.66	29.0	1.2500	33.33	49.0	1.5104	60.75	66.3	1.8427	96.00
10.0	1.0741	10.77	30.0	1.2609	34.63	50.0	1.5263	62.18	66.4	1.8437	97.00
11.0	1.0821	11.89	31.0	1.2719	35.93	51.0	1.5426	63.66	66.4	1.8437	98.00
12.0	1.0902	13.01	32.0	1.2832	37.26	52.0	1.5591	65.13	66.3	1.8424	99.00
13.0	1.0985	14.13	33.0	1.2948	38.58	53.0	1.5761	66.63	66.2	1.8391	100.00
14.0	1.1069	15.25	34.0	1.3063	39.92	54.0	1.5934	68.13			
15.0	1.1154	16.38	35.0	1.3182	41.27	55.0	1.6111	69.65			
16.0	1.1240	17.53	36.0	1.3303	42.63	56.0	1.8292	71.17			
17.0	1.1328	18.71	37.0	1.3426	43.99	57.0	1.6577	72.75			
18.0	1.1417	19.89	38.0	1.3551	45.35	58.0	1.6667	74.36			
19.0	1.1508	21.07	39.0	1.3679	46.72	59.0	1.6860	75.99			

หมายเหตุ : $\text{Specific Gravity (S.G.)} = \frac{145}{145 - ^\circ\text{Bé}}$

4. กราฟแสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของกรดซัลฟิวริก

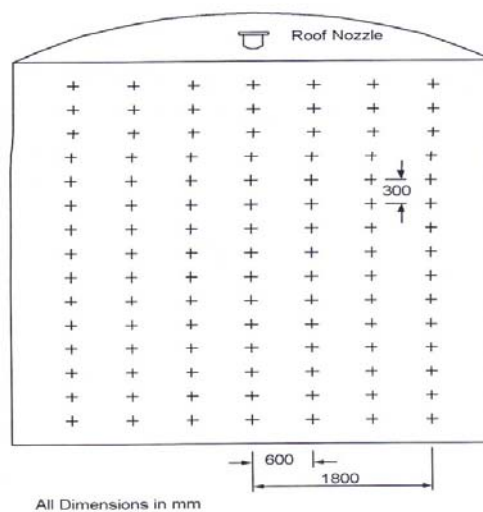


ภาคผนวก ค

การพิจารณาหาจุดวัดความหนาของถังเก็บกรดซัลฟิวริก

(ก) เงื่อนไข : ถ้าวัดระยะห่างของท่อทางเข้าทางด้านบนถัง (Roof Nozzle) ถึงขอบถังน้อยกว่า 2.44 เมตร

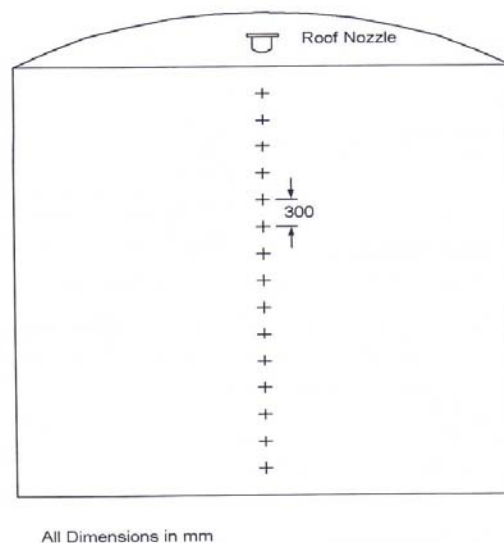
จุดที่ต้องวัด : พื้นที่จากบนลงล่างในแนวตั้ง ซึ่งอยู่ในแนวเดียวกับท่อทางเข้าด้านบนถัง และขยายออกไปในแนวนอนด้านละ 1.83 เมตร (6 ฟุต) จากเส้นแนวตั้งบนผนังด้านข้างถึง โดยจุดวัดแต่ละจุดจะอยู่ในแนวเส้นกริดขนาด 300 x 600 มิลลิเมตร หรือ 1 x 2 ฟุต ดังรูป ก.



รูปที่ ก. แสดงจุดวัดความหนาผนังถังด้านข้าง (Side Wall) สำหรับท่อทางเข้าด้านบนห่างจากผนังน้อยกว่า 2.44 เมตร

(ข) เงื่อนไข : มีจุดเปิดด้านบน (Top opening)

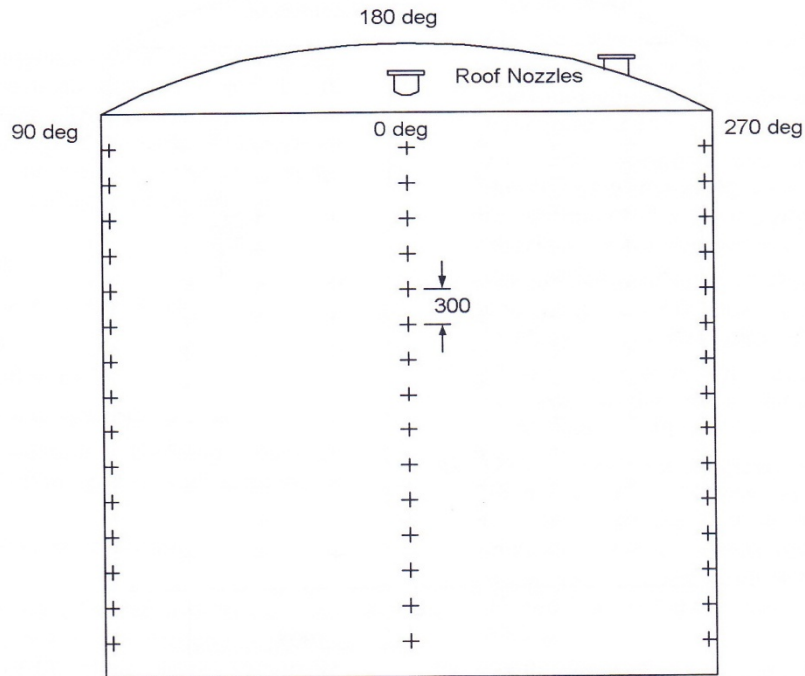
จุดที่ต้องวัด : วัดจากบนลงล่างตามแนวตั้งของผนังที่อยู่ใกล้ทางเข้ามากที่สุด โดยมีช่วงห่างจุดละ 300 มิลลิเมตรหรือ 1 ฟุต ดังรูป ข.



รูปที่ ข. แสดงจุดวัดความหนาของผนังถังที่มีจุดเปิดด้านบน (Roof Nozzle)

(ค) เงื่อนไข : มีจุดเปิดหรือตำแหน่งที่เป็นทางเข้า

จุดที่ต้องวัด : วัดในแนวตั้งทุก 90 องศา รอบถัง จากแนวตั้งที่ขนานกับช่องเปิดหรือช่องทางเข้า โดยช่วงห่างการวัดในแนวตั้งเท่ากับ 300 มิลลิเมตร จุดวัดอาจสอดคล้องกับพื้นที่ที่มีการวัดตามข้อ ก. และ ข. ดังรูป ค.

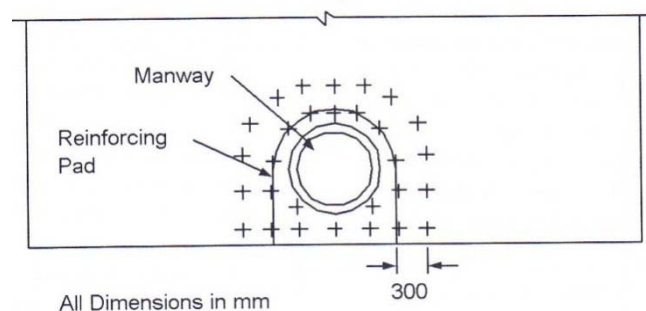


All Dimensions in mm

รูปที่ ค. แสดงจุดวัดความหนาของผนังถังทุก ๆ 90 องศา รอบผนังถังโดยอ้างอิงจากช่องเปิด (Roof Nozzle)

(ง) เงื่อนไข : มีทางเปิดหรือทางเข้าออกด้านข้าง

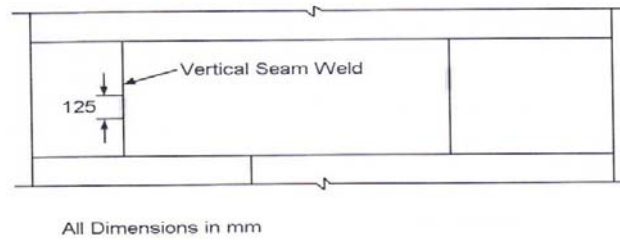
จุดที่ต้องวัด : วัดความหนารอบ ๆ พื้นที่ที่มีการเสริมความแข็งแรง ในระยะ 300 มิลลิเมตร หรือ 1 ฟุต จากขอบของท่อทางเข้าและตัวเสริมความแข็งแรงของปลายท่อ (Nozzle) ดังรูป ง.



All Dimensions in mm

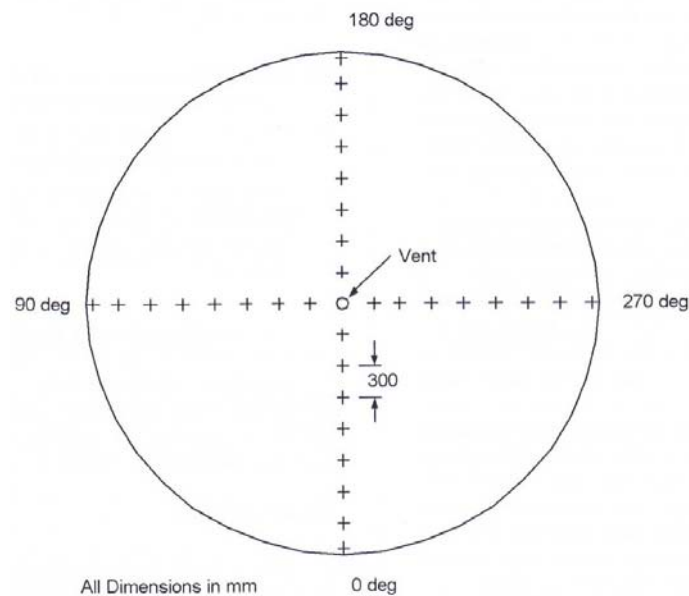
รูปที่ ง. แสดงจุดวัดความหนารอบ ๆ ท่อทางเข้าด้านข้าง (Side Nozzle)

- (จ) ต้องวัดความหนาอย่างละ 2 จุด ระยะห่าง 125 มิลลิเมตร (5 นิ้ว) ตามตะเข็บแนวเชื่อม (Seam Weld) ในแนวตั้งของผนังถัง ดังรูป จ.



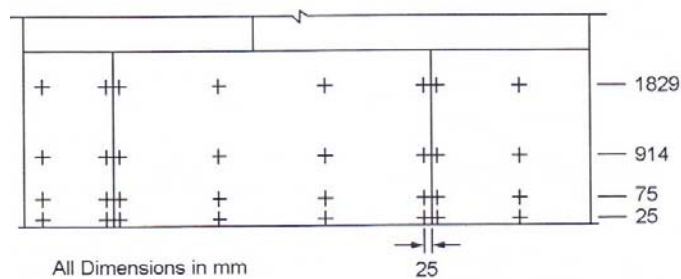
รูปที่ จ. แสดงจุดวัดความหนาตามตะเข็บแนวเชื่อม (Seam Weld)

- (ฉ) วัดความหนาฝาหรือหลังคาถัง ตามแนวเส้นจากศูนย์กลางไปยังผนังด้านข้างถัง ในทุก ๆ 90 องศา โดยมีความห่างช่วงละ 300 มิลลิเมตรหรือ 1 ฟุต ดังรูป ฉ.



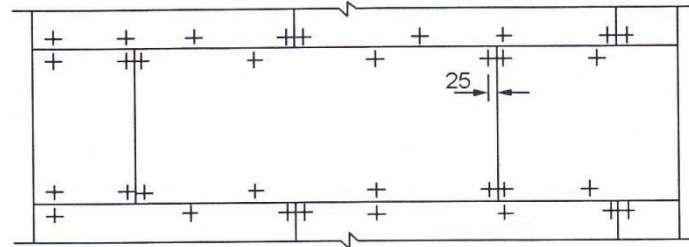
รูปที่ ฉ. แสดงจุดวัดความหนาฝาหรือหลังคาถัง

- (ช) ตรวจวัดความหนาส่วนล่างสุดของผนังถังเก็บ ที่ระดับความสูง 25, 75, 914, 1829 มิลลิเมตร จากด้านล่างของถัง โดยแต่ละระดับความสูงที่อยู่ระหว่างแนวเชื่อมในแนวตั้ง โดยระหว่างแนวเชื่อมกับแนวเชื่อมในแนวตั้ง ต้องวัดอย่างน้อย 4 จุด โดยจุดทดสอบแรกจะต้องห่างจากตะเข็บแนวเชื่อมไม่เกิน 25 มิลลิเมตร หรือ 1 นิ้ว ดังรูป ช.



รูปที่ ช. แสดงจุดวัดความหนาของส่วนล่างสุดของผนังถัง

(ซ) ต้องวัดความหนาของผนังตามแนวเชื่อมที่อยู่ในแนวนอน โดยจุดที่วัดจะอยู่ห่างจากตะเข็บแนวเชื่อมในแนวตั้งและแนวนอนไม่เกิน 25 มิลลิเมตร หรือ 1 นิ้ว โดยต้องวัดอย่างน้อย 4 จุด ในช่วงระหว่างแนวเชื่อมในแนวตั้ง ดังรูป ซ.

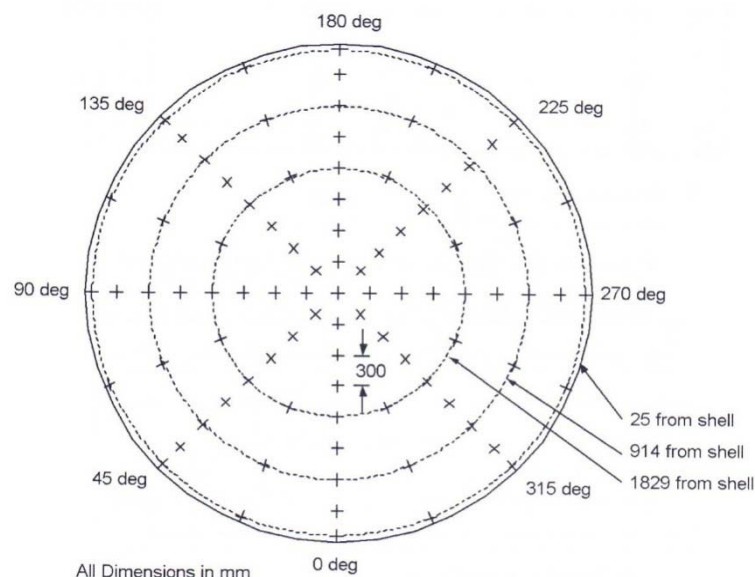


All Dimensions in mm

รูปที่ ซ. แสดงจุดวัดความหนาของผนังถังตามแนวเชื่อมที่อยู่ในแนวนอน

(ฅ) การตรวจสอบภายในถัง (Internal Inspector)

การตรวจสอบภายในถังเก็บ ควรวัดความหนาผนังด้านใน หลังคา และพื้นถัง โดยการวัดความหนาของพื้นถัง ให้ตรวจวัด ดังรูป ฅ.



All Dimensions in mm

รูปที่ ฅ. แสดงตำแหน่งการตรวจวัดความหนาภายในถังเก็บ

- ทุก ๆ 22.5 องศา ที่ระดับ 25 มิลลิเมตร, 914 มิลลิเมตร, 1829 มิลลิเมตร จากผนังถัง
- ทุก ๆ 45 องศา จากจุดศูนย์กลางถึงผนังด้านข้าง โดยมีระยะห่างแต่ละจุด เท่ากับ 300 มิลลิเมตร

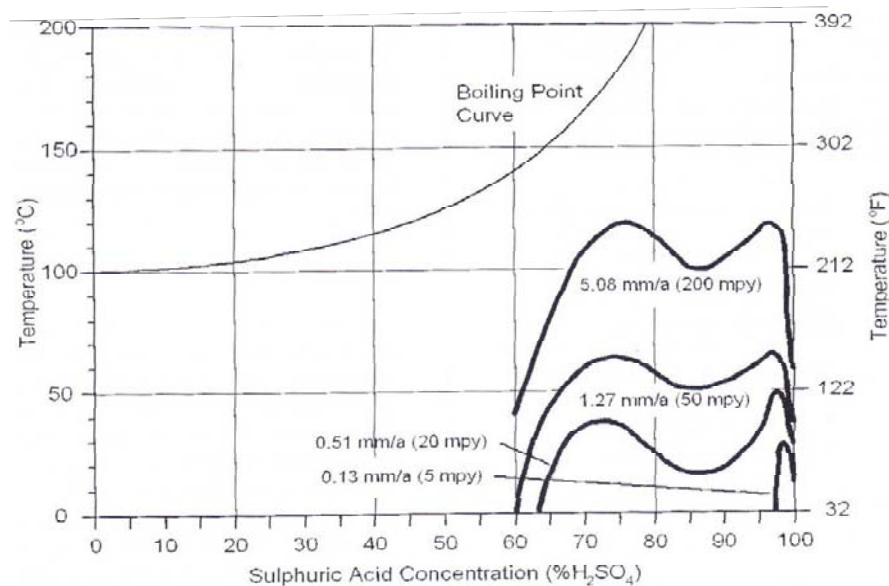
ถ้าถังอยู่บนคานเหล็กรับน้ำหนัก (Steel Beam) การวัดความหนาควรทำที่พื้นถังภายใน ในส่วนที่อยู่เหนือคานเหล็กโดยตรง โดยวัดระยะห่างแต่ละจุด เท่ากับ 300 มิลลิเมตร

ภาคผนวก ง

แนวทางการเลือกวัสดุที่เหมาะสมเพื่อใช้งานกับกรดซัลฟิวริก

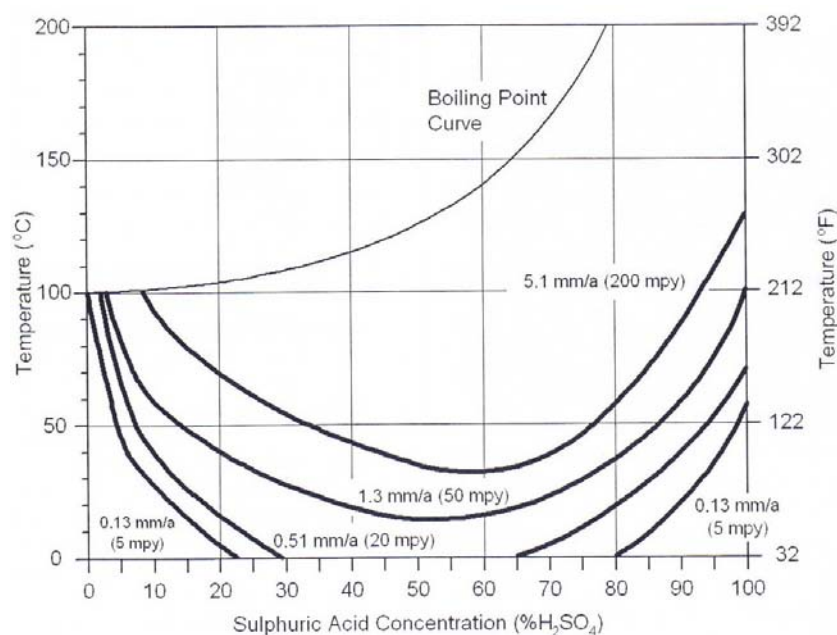
การเลือกวัสดุเพื่อใช้งานกับกรดซัลฟิวริก จะเลือกวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนจากกรดซัลฟิวริก ซึ่งขึ้นกับความเข้มข้น อุณหภูมิ และสิ่งเจือปนในกรดซัลฟิวริก โดยวัสดุที่นิยมใช้ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1. เหล็กกล้า (Carbon Steel)

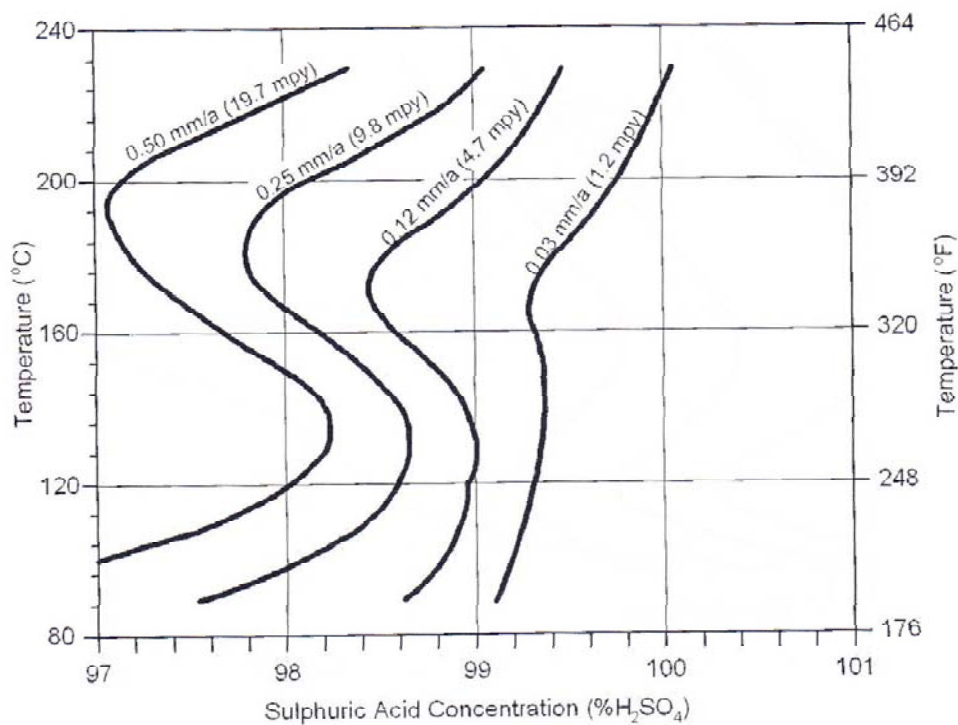


รูปที่ 1 แสดงค่าการกัดกร่อนของกรดซัลฟิวริกต่อเหล็กกล้า

2. เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel)



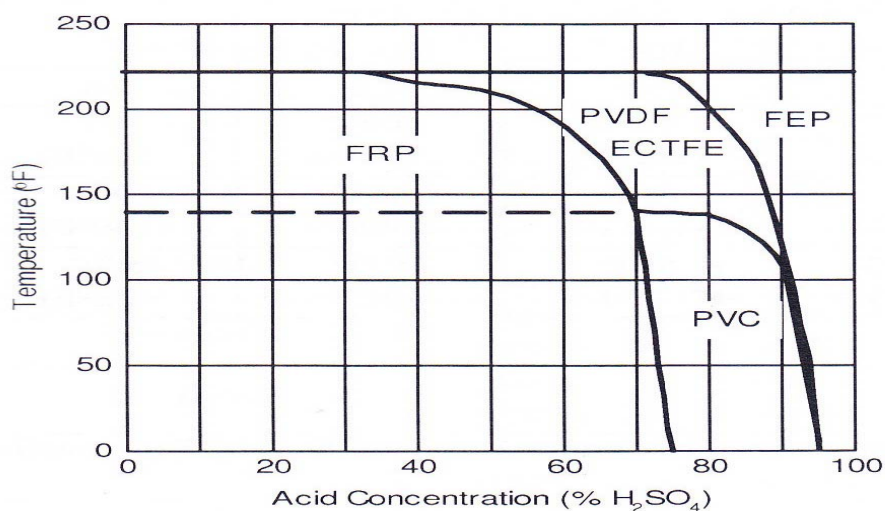
รูปที่ 2 แสดงค่าการกัดกร่อนเหล็กกล้าไร้สนิม เกรด 316 ของกรดซัลฟิวริก



รูปที่ 3 แสดงค่าการกัดกร่อนเหล็กกล้าไร้สนิม เกรด 304 L ของกรดซัลฟิวริก

3. พลาสติก (Plastic)

การใช้งานพลาสติกกับกรดซัลฟิวริกจะได้ดีในช่วงอุณหภูมิและความเข้มข้นต่ำเท่านั้น ที่อุณหภูมิสูงความแข็งแรงในการใช้งานจะลดลง และที่ความเข้มข้นสูงจะมีก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ในกรดซัลฟิวริกซึ่งจะมีผลเสียต่อพลาสติกได้



รูปที่ 4 แสดงการใช้งานของพลาสติกกับกรดซัลฟิวริก ที่ความเข้มข้นและอุณหภูมิต่าง ๆ (อุณหภูมิมีหน่วยเป็น °F)

ที่มา : Handbook of Sulfuric Acid Manufacturing

ภาคผนวก จ

แสดงรูปแบบของปูนขาว (Type of Lime)

Lime	Description	Reactions
High Calcium Lime	Contains less than 5% magnesium oxide (MgO) Balance CaO	-
Magnesium Lime	Contains between 5 to 35% magnesium oxide (MgO) Balance Cao	-
Dolomitic Lime	Greater than 35% magnesium oxide (MgO) Balance CaO	-
Quicklime	Manufactured by calcining limestone at about 1315 °C (2400 °F) which drives off the chemically bound carbon dioxide.	$\text{CaCO}_3 + \text{heat} = \text{CaO} + \text{CO}_2$ $\text{CaCO}_3 \bullet \text{MgCO}_3 + \text{heat} = \text{CaO} \bullet \text{MgO} + 2\text{CO}_2$
Slaked Lime	Slaked lime is a slurry formed by reacting quicklime with water. Slaking is an exothermic reaction with considerable amounts of heat evolved. Dolomite lime does not completely hydrate, only the CaO component.	$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2 + \text{heat}$ $\text{CaO} \bullet \text{MgO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2 \bullet \text{MgO} + \text{heat}$
Hydrated Lime	Lime manufacturer hydrates quicklime, drying the hydrated lime and selling it as a product. Hydrated lime is an ultra-fine white power.	-
Hydrated Dolomite Lime	A highly hydrated dolomite lime made using steam and under pressure.	$\text{CaO} \bullet \text{MgO} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2 \bullet \text{Mg(OH)}_2 + \text{heat}$

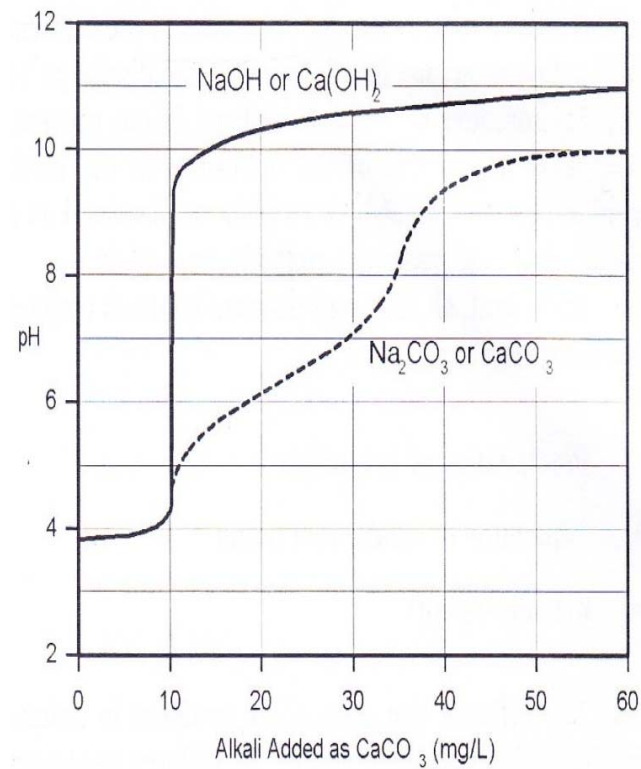
ภาคผนวก จ

แสดงผลของค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่อการตกตะกอนของโลหะต่าง ๆ

Metal	Metal Ion	pH
Ferric Iron	Fe ⁺³	2.0
Aluminum	Al ⁺³	4.1
Chromium	Cr ⁺³	5.3
Copper	Cu ⁺²	5.3
Ferrous Iron	Fe ⁺²	5.5
Lead	Pb ⁺²	6.0
Nickel	Ni ⁺²	6.7
Cadmium	Cd ⁺²	6.7
Cobalt	Co ⁺²	6.9
Zinc	Zn ⁺²	7.0
Mercury	Hg ⁺²	7.3
Manganese	Mn ⁺²	8.5

ภาคผนวก ข

แสดง Neutralization Characteristics of Different Alkalis



ภาคผนวก ข

ระดับการป้องกันของชุดปฏิบัติงานสารเคมี

ระดับ A (Level A) หมายถึง ชุดป้องกันไอระเหยของสารเคมี (Vapour-tight chemical protective clothing) สามารถป้องกันร่างกายทุกส่วน ต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจชนิดถังบรรจุอากาศแบบพกพา (SCBA) ชุดป้องกันระดับนี้มีหลายแบบ

ระดับ B (Level B) หมายถึง ชุดป้องกันสารเคมีเหลว (Liquid-tight chemical protective clothing) ไม่สามารถป้องกันการซึมผ่านของไอระเหยได้ ต้องสวมใส่ร่วมกับอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจชนิดถังบรรจุอากาศแบบพกพา (SCBA) หากเป็นของเหลวไวไฟ ต้องสวมชุดระดับนี้ในการดับเพลิง

ระดับ C (Level C) หมายถึง ชุดดับเพลิงที่สามารถป้องกันความร้อนได้ ต้องสวมใส่ร่วมกับอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจชนิดถังบรรจุอากาศแบบพกพา (SCBA) ชุดนี้ไม่ได้ออกแบบให้ใช้ในการกู้ภัยสารเคมี แต่สามารถใช้ได้ในพื้นที่ที่ไม่สัมผัสโดยตรงกับสารเคมี หรือใช้ในการช่วยเหลือชีวิตผู้บาดเจ็บออกจากพื้นที่เกิดเหตุ

ระดับ D (Level D) หมายถึง ชุดปฏิบัติงานในสภาพการทำงานปกติ การปกป้องเพียงพอสำหรับสภาพที่ไม่มีสารเคมีกระเด็น ไม่ต้องจุ่มแช่ในสารเคมี ไม่มีการหายใจเอาสารเคมีโดยไม่คาดคิด หรือสัมผัสสารเคมีในระดับที่เป็นอันตราย