รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การวางระบบท่อจากบ่อน้ำบาดาลเข้าระบบน้ำใช้ และ การปรับปรุงระบบควบคุมความดันที่หน่วยกำจัดกำมะถัน

Piping System from Ground Water Well to Water Utility System and Modification of Pressure Controller at HDS Unit

นายสตางค์ สุดติ

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การวางระบบท่อจากบ่อน้ำบาดาลเข้าระบบน้ำใช้ และ การปรับปรุงระบบควบคุมความดันที่หน่วยกำจัดกำมะถัน

Piping System from Ground Water Well to Water Utility System and Modification of Pressure Controller at HDS Unit

นายสตางค์ สุคติ

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	การวางระบบท่อจากบ่อน้ำบาดาลเข้าระบบน้ำใช้ และ การปรับปรุงระบบควบคุมความดันที่หน่วยกำจัดกำมะถัน
โดย	นายสตางค์ สุคติ
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชา	วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา	2560
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ
ผู้นิเทศงาน	คุณนรินทร สุริยประภาดิลก วิศวกรอาวุโสส่วนเทคนิคโรงกลั่น คุณวัลลิภา อุนทราภิทักษ์ วิศวกรส่วนเทคนิคโรงกลั่น บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)

บทคัดย่อ

โครงการที่ 1 เป็นการวางระบบท่อจากบ่อบาดาลเข้าระบบน้ำใช้ ระบบน้ำใช้ของโรงกลั่นบริษัท บางจาก คอร์ปอเรชัน จำกัด ใช้น้ำประปาเป็นหลัก กรณีเกิดปัญหาน้ำประปาไม่พอใช้ หรือไม่เพียงพอ จะใช้น้ำบาดาลเสริม โรงกลั่นบางจากได้ขุดเจาะบ่อบาดาลที่บริเวณหน่วยการผลิตที่ 4 และติดตั้งปั๊มน้ำไว้แล้ว แต่ยังไม่ได้ติดตั้งท่อน้ำนำน้ำบาดาลมาใช้งาน โรงกลั่นบางจากต้องการนำน้ำบาดาลมากักเก็บที่บ่อพักน้ำหล่อเย็นและถังกักเก็บน้ำสำรองของหน่วยการผลิตที่ 4 โครงการนี้ได้ออกแบบระบบท่อจากบ่อบาดาลเข้าระบบท่อน้ำของบ่อพักน้ำหล่อเย็นและถังกักเก็บน้ำสำรอง โดยใช้ท่อเหล็กกล้าคาร์บอน ขนาด 6 นิ้ว เป็นระยะทางทั้งหมด 33 เมตร พร้อมกับติดตั้งวาล์วและอุปกรณ์วัดอัตราเร็วการไหลของน้ำในท่อ คำนวณอัตราเร็วการไหลและความดันภายในท่อ ที่อัตราการไหลตามขนาดของปั๊ม 18 - 120 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง พบว่า อัตราเร็วการไหลมีค่าไม่เกินขีดจำกัดที่ 2.5 เมตร/วินาที และความดันภายในระบบท่อส่งน้ำบาดาลที่ทุก ๆ อัตราการไหลของปั๊ม มีค่าเพียงพอที่จะส่งน้ำบาดาลเข้าสู่ระบบท่อของบ่อพักน้ำหล่อเย็นและถังกักเก็บน้ำสำรอง

โครงการที่ 2 เป็นการปรับปรุงระบบควบคุมความดันที่หน่วยกำจัดกำมะถัน โดยจะเป็นการปรับปรุงที่หน่วยกำจัดกำมะถันในแก๊สออยล์ โดยใช้แก๊สไฮโดรเจนเปลี่ยนรูปให้กลายเป็นแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ แก๊สไฮโดรเจนที่มีแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ปะปนจะถูกบำบัดต่อไปด้วยเอมีน เพื่อให้แก๊สไฮโดรเจนมีปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์มีค่าไม่เกิน 1.0% สามารถนำกลับเข้ามาใช้พร้อมกับการเติมแก๊สไฮโดรเจนใหม่ในหน่วยกำจัดกำมะถันได้อีก เอมีนที่มีแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ปะปนจะถูกส่งเข้าระบบบำบัดต่อไป กรณีระบบบำบัดเอมีนไม่สามารถใช้งานได้ จำเป็นต้องระบายแก๊สไฮโดรเจนที่มีแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ปะปนออกจากหอแยกความดันสูงไปยังหน่วยบำบัดที่หน่วยการผลิตอื่น ระบบวาล์ว

ระบายแก๊สเดิมระบายแก๊สไปที่หน่วยกำจัดกำมะถัน โรงกลั่นบางจากต้องการเพิ่มระบบวาล์วระบายแก๊สออกไปหน่วยบำบัดที่หน่วยการผลิตอื่น โครงการนี้เสนอการติดตั้งตัวควบคุมการเปิดปิดวาล์วระบายแก๊ส (Selector) ที่ห้องควบคุมกระบวนการผลิต และคำนวณหาปริมาณแก๊สไฮโดรเจนที่ต้องเพิ่มเติมเข้าไป เพื่อรักษาสมดุลมวลในระบบ กรณีติดตั้งตัวควบคุมการเปิดปิดวาล์วระบายแก๊สเป็นแบบอัตโนมัติ คิดเป็นปริมาณแก๊สไฮโดรเจนเพิ่มเติมจากกรณีเดิม 2,410 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งมีมูลค่าแก๊สประมาณ 2,400 บาทต่อชั่วโมง

คำสำคัญ : ระบบท่อบาดาล ระบบควบคุมความดัน การระบายแก๊สออก การนำแก๊สกลับมาใช้งานใหม่

Report Title	Piping System from Ground Water Well to Water Utility System and Modification of Pressure Control HDS Unit
By	Mr. Satang Sukati
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Chemical Engineering
Year	2017
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Anchaleeporn Waritswat Lothongkum
Co-advisor	Mr. Narinthorn Suriyaphrapadirok Senior Technical Engineering
	Ms. Walipa Ounnapirak Technical Engineer
	The Bangchak Corporation Public Co. Ltd.

ABSTRACT

Project 1 is piping system from ground water well to water utility system. In the Bangchak refinery is using city water as main water sources. In case of city water is not having enough capacity to send to the utility system, the utility system will use a ground water instead. Bangchak refinery has drilled ground water well and installed the submersible pump at production plant 4 but Bangchak refinery have not installed a water piping system for bringing underground water to the cooling water pond and storage tank of production plant 4. This project is designing the piping system from the ground water well to the utility system of production plant 4 by using 6-inch carbon steel pipes at a total distance of 33 meters and installing gate valve, check valve and flow transmitter on the piping system. Later that on, Calculating the velocity and pressure inside the piping system at flow rate between 18 to 120 cubic meters per hour. Checking the velocity inside the piping system is not more than the velocity standard at 2.5 m / s and the pressure inside the piping system is sufficient to send ground water to the utility system or not which the results are velocity is not exceed the standard and pressure inside piping system is sufficient to send ground water to the utility system of production plant 4.

Project 2 is a modification of pressure control at gas oil hydrodesulfurization unit. In gas oil hydrodesulfurization process, sulfur in crude oil mix up with hydrogen gas and converted to hydrogen sulfide gas. The hydrogen sulfide gas is sent to high pressure separator to separate liquid and gas. Later that, gas is sent to amine scrubber and treated with amine and liquid is sent to stripper to separate oil to gasoline and diesel oil. The treated gas must have a hydrogen sulfide content less than 1.0% to can be

reuse this gas as a recycle gas and mixing this gas with hydrogen make up gas to become a hydrogen gas for hydrodesulfurization process. In case of amine scrubber is shutting down due to fuel gas treating unit cannot send amine to amine scrubber, Gas from high pressure separator is not be treated and cannot be used as a recycle gas, so this gas must be released out to the treating unit in another plant. In control system of gas oil hydrodesulfurization unit, the releasing gas valve is vented to the fuel gas treating unit. Bangchak refinery want to vented releasing gas valve to treating unit in another plant too. This project offers the installation of a selector control valve at the pressure controller in high pressure separator drum. Calculating the amount of added hydrogen make up gas to balance hydrogen sulfide content in gas oil hydrodesulfurization process which is 2,410 kg/h and the cost of added gas is approximately 2,400 baht/h.

Keywords : Piping system, Pressure control system, Releasing gas, Recycle gas

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณกลุ่มคณะผู้บริหารบริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) ที่ให้โอกาสข้าพเจ้ามาทำโครงการสหกิจศึกษาปีพุทธศักราช 2560 ภายใต้การดูแลจากทีมงานฝ่ายเทคนิคโรงกลั่นของบริษัท ประกอบด้วย คุณนฤพรรณ สุธรรมเกษม ผู้จัดการส่วนเทคนิคโรงกลั่น และคุณกิตติ บุญเจริญ ผู้ช่วยผู้จัดการส่วนเทคนิคโรงกลั่น ที่ให้คำแนะนำและแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต คุณนรินทร สุริยประภาดิลก วิศวกรอาวุโสส่วนเทคนิคโรงกลั่น คุณวัลลิภา อุนทราภิทักษ์ วิศวกรส่วนเทคนิคโรงกลั่น คุณลวิตร นามวงษ์ วิศวกรส่วนเทคนิคโรงกลั่น และพี่ๆ วิศวกรส่วนเทคนิคโรงกลั่นและส่วนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ที่คอยดูแล ให้คำแนะนำต่าง ๆ และสอนความรู้เกี่ยวกับกระบวนการต่าง ๆ ภายในโรงกลั่น ทำให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์การทำงานที่ดีตลอดระยะเวลาการดำเนินงานสหกิจศึกษา

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ อาจารย์นิเทศที่ให้คำปรึกษาในการทำงานและคอยช่วยเหลือตลอดการทำงานที่ผ่านมา

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ตลอดจน เพื่อน ๆ ทุก ๆ คน ที่คอยเป็นกำลังใจให้กับข้าพเจ้ามาโดยตลอด รวมทั้งช่วยให้คำปรึกษาในหลาย ๆ เรื่อง

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานสหกิจศึกษานี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจและหากมีข้อผิดพลาดประการใด ๆ ข้าพเจ้าขออภัยมา ณ ที่นี้

สตางค์ สุคติ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III

กิตติกรรมประกาศ V

สารบัญ VI

สารบัญตาราง IX

สารบัญรูปภาพ X

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 3

1.3 ขอบเขตของโครงการ 3

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 การใช้งานน้ำในโรงกลั่น 4

2.2 ประเภทของน้ำ 6

2.3 การออกแบบระบบท่อ 9

2.4 ชนิดของท่อ 11

2.5 วาล์ว 14

2.6 ปั๊ม 16

2.7 กระบวนการผลิตน้ำมัน 18

2.8 การปรับปรุงคุณภาพในน้ำมัน 29

2.9 กระบวนการบำบัดแก๊สในหน่วยปรับปรุงน้ำมัน 30

2.10 ระบบควบคุม 33

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 37

ส่วนที่ 1 การวางระบบท่อจากบ่อน้ำบาดาลเข้าระบบน้ำใช้ 37

3.1 ศึกษาเส้นทางที่จะทำการวางระบบท่อจากบ่อน้ำบาดาลเข้าระบบน้ำใช้ 37

3.2 กำหนดอัตราการไหลของปั๊มและคำนวณหาความดันที่ออกมาจากปั๊ม 38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 คำนวณอัตราเร็วของน้ำบาดาลภายในระบบท่อ 39
3.4 คำนวณความดันตกคร่อมภายในระบบท่อจากบ่อบาดาลไประบบน้ำใช้ 39
3.5 คำนวณค่าใช้จ่ายเบื้องต้นในการก่อสร้างระบบท่อบาดาล 41
ส่วนที่ 2 การปรับปรุงระบบควบคุมความดันที่หน่วยกำจัดกำมะถัน 42
3.1 ศึกษาระบบควบคุมภายในหอแยกความดันสูงและหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีนและทำการปรับปรุงระบบควบคุมความดัน 42
3.2 คำนวณหาสัดส่วนแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เข้าระบบ เมื่อหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีนไม่ทำงาน 43
3.3 คำนวณค่าใช้จ่ายในการเติมแก๊สไฮโดรเจนสำรอง 45
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 46
ส่วนที่ 1 การวางระบบท่อจากบ่อน้ำบาดาลเข้าระบบน้ำใช้ 46
4.1 ผลการออกแบบระบบท่อที่ใช้ขนส่งน้ำบาดาลเข้าระบบน้ำใช้ 46
4.2 ผลการคำนวณความดันที่ออกมาจากปั๊ม 48
4.3 ผลการคำนวณอัตราเร็วภายในระบบท่อน้ำบาดาล 49
4.4 ผลการคำนวณความดันที่ตกคร่อมภายในท่อ 49
4.5 ผลการคำนวณค่าใช้จ่ายเบื้องต้นในการก่อสร้างระบบท่อบาดาล 50
ส่วนที่ 2 การปรับปรุงระบบควบคุมความดันที่หน่วยกำจัดกำมะถัน 51
4.1 ผลการปรับปรุงระบบควบคุมความดันในหอแยกความดันสูง 51
4.2 ผลการคำนวณหาสัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ เมื่อหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีนไม่ทำงาน 52
4.3 การประเมินค่าใช้จ่ายในการเติมแก๊สไฮโดรเจนสำรองเข้ามาในระบบ 53
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ 54
ส่วนที่ 1 การวางระบบท่อจากบ่อน้ำบาดาลเข้าระบบน้ำใช้ 54
ส่วนที่ 2 การปรับปรุงระบบควบคุมความดันที่หน่วยกำจัดกำมะถัน 55
บรรณานุกรม 56

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก 57

ภาคผนวก ก ข้อมูลการคำนวณ 58

ภาคผนวก ข ตัวอย่างการคำนวณอัตราเร็วและความดันตกคร่อมภายในระบบท่อ 63

ภาคผนวก ค การคำนวณสมดุลแก๊สในหน่วยกำจัดกำมะถัน 73

ประวัติผู้เขียน 79

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

2.1 มาตรฐานในการออกแบบระบบท่อ 10
2.2 ปฏิกิริยาการเปลี่ยนรูปกำมะถัน 30
2.3 รายละเอียดความเป็นมาของลำดับการพัฒนาระบบควบคุม 34
4.1 ผลการคำนวณความดันที่ออกจากปั๊มน้ำบาดาล 48
4.2 ผลการคำนวณอัตราเร็วภายในระบบท่อ 48
4.3 ผลการคำนวณความสูญเสียเนื่องจากระบบท่อของสายไปบ่อพักน้ำหล่อเย็น ของหน่วยการผลิตที่ 4 49
4.4 ผลการคำนวณความสูญเสียเนื่องจากระบบท่อของสายไปถังกักเก็บน้ำสำรอง 50
4.5 ผลการคำนวณความดันขาออกจากระบบท่อน้ำบาดาล 50
4.6 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการดำเนินงานติดตั้งระบบท่อบาดาล 50
4.7 สัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในตอนเข้าและออกจากระบบ 52
4.8 ปริมาณของแก๊สทั้งหมดที่เข้าและออกจากระบบ 52
4.9 ปริมาณและสัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในระบบที่ไม่มีการระบายแก๊ส 53
ก.1 ข้อมูลรายละเอียดของน้ำบาดาลภายในท่อ 58
ก.2 ข้อมูลรายละเอียดของระบบน้ำใช้ของโรงกลั่น 58
ก.3 ข้อมูลรายละเอียดของท่อที่ใช้ในระบบท่อน้ำบาดาล 58
ก.4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเหล็กกล้าคาร์บอน 59
ก.5 สัมประสิทธิ์การสูญเสียภายในข้อต่อ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในระบบท่อ 60
ก.6 ปริมาณแก๊สที่เข้าหน่วยกำจัดกำมะถันในแก๊สออยล์ในตอนเริ่มระบบ 61
ค.1 ปริมาณและสัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในเตาปฏิกรณ์ในกรณีระบบทำงานได้ปกติ 73
ค.2 ปริมาณและสัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในหอแยกความดันสูงในกรณีระบบ ทำงานได้ปกติ 73
ค.3 ปริมาณและสัดส่วนตอนแรกของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีนในกรณี ระบบทำงานได้ปกติ 74

สารบัญรูปภาพ

รูป หน้า

2.1 แผนภาพระบบไอน้ำและการทำงานของหม้อไอน้ำ 4
2.2 แผนภาพระบบน้ำหล่อเย็น 5
2.3 กระบวนการผลิตน้ำประปา 7
2.4 แหล่งน้ำบาดาล 8
2.5 ชนิดของท่อแต่ละรูปแบบ 14
2.6 วาล์วเปิด-ปิดช่องทางการไหล หรือ เกทวาล์ว (Gate valve) 15
2.7 วาล์วควบคุมอัตราการไหล หรือ โกลบวาล์ว (Globe valve) 15
2.8 วาล์วกันกลับแบบสวิง (Swing check valve) 16
2.9 การเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเพิ่มแรงดันในปั๊ม 16
2.10 ปั๊มน้ำแบบจุ่มหรือไดโว่ (submersible pump) 17
2.11 กระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ 18
2.12 หน่วยกลั่นแยกน้ำมันดิบ 19
2.13 หน่วยแยกแก๊ส 19
2.14 หน่วยกลั่นสุญญากาศ 20
2.15 หน่วยแยกน้ำมันรีฟอร์เมท 20
2.16 หน่วยปรับปรุงคุณภาพแก๊สเชื้อเพลิง 21
2.17 หน่วยปรับปรุงคุณภาพแก๊สหุงต้ม 22
2.18 หน่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำมันแนฟทา 22
2.19 หน่วยปรับปรุงคุณภาพเคโรซีน 23
2.20 หน่วยปรับปรุงคุณภาพแก๊สออยล์ 24
2.21 หน่วยกำจัดเบนซีน 24
2.22 หน่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำ 25
2.23 หน่วยปรับปรุงคุณภาพโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้แล้ว 25
2.24 หน่วยไอโซเมอไรเซชัน 26
2.25 หน่อยรีฟอร์เมอร์ 27
2.26 หน่วยแตกโมเลกุล 27

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูป หน้า

2.27 หน่วยผลิตแก๊สไฮโดรเจน 28
2.28 หน่วยผลิตกำมะถัน 29
2.29 กระบวนการบำบัดแก๊สในหน่วยกำจัดกำมะถันในแก๊สออยล์ 30
2.30 พื้นฐานระบบควบคุม 33
2.31 ระบบควบคุมแบบเปิด 35
2.32 ระบบควบคุมแบบปิด 36
3.1 ระบบท่อสาธารณูปโภคที่มีอยู่ และบริเวณที่จะทำการขนส่งน้ำบาดาลขึ้นไป 37
3.2 กราฟประสิทธิภาพของปั๊มบาดาลชนิดจุ่มใต้น้ำ (Submersible pump) 38
3.3 ระบบภายในของหน่วยกำจัดกำมะถันในแก๊สออยล์ในแก๊สออยล์ 42
3.4 การทำสมดุลมวลแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในหน่วยกำจัดกำมะถันในในกรณีความดัน
น้อยกว่า 40 barg 43
3.5 การทำสมดุลมวลแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในหน่วยกำจัดกำมะถันในกรณีความดัน
มากกว่า 40 barg 45
4.1 เส้นทางของระบบท่อที่ส่งน้ำบาดาลไปบ่อพักน้ำหล่อเย็นของหน่วยกลั่นที่ 4
และถังกักเก็บน้ำสำรอง 47
4.2 เส้นทางของระบบท่อบาดาลที่ทำการออกแบบ 47
4.3 การปรับปรุงระบบควบคุมความดันในหอแยกความดันสูง 51
ค.1 การทำสมดุลของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในกรณีความดันมากกว่า 40.0 barg 74
ค.2 การทำสมดุลของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในกรณีความดันน้อยกว่า 40.0 barg 77

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

บริษัทบางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) จัดตั้งขึ้นมาเพื่อดำเนินธุรกิจด้านพลังงานเป็นหลัก โดยจัดทำธุรกิจโรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม ตั้งแต่การจัดหาน้ำมันดิบทั้งจากแหล่งต่างประเทศ และจากแหล่งน้ำมันดิบภายในประเทศเข้ามากลั่นเป็นน้ำมันสำเร็จรูปที่ได้มาตรฐาน และจัดจำหน่ายผ่านเครือข่ายสถานีบริการน้ำมันบางจากกว่า 1,000 แห่งและได้มีทำธุรกิจเพิ่มเติมในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นธุรกิจผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่เป็นพลังงานสะอาดจากธรรมชาติ ธุรกิจพลังงานชีวภาพ ธุรกิจสำรวจและผลิตน้ำมันปิโตรเลียมและ ธุรกิจเกี่ยวเนื่องด้านนวัตกรรม

หน่วยการผลิตของโรงกลั่นน้ำมันบางจาก จะแบ่งออกเป็น 3 หน่วยการผลิต ได้แก่ หน่วยการผลิตที่ 2 และ 3 จะเป็นหน่วยที่ใช้ในการกลั่นน้ำมันและปรับปรุงคุณภาพน้ำมัน ซึ่งทั้งสองหน่วยการผลิตจะมีการทำงานที่คล้ายคลึงกัน แตกต่างกันตรงที่กำลังการผลิตของแต่ละหน่วยการผลิต โดยหน่วยการผลิตที่ 2 จะผลิตน้ำมันได้มากกว่าหน่วยการผลิตที่ 3 ส่วนหน่วยการผลิตที่ 4 จะทำหน้าที่แตกตัวไฮโดรคาร์บอนขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง เพื่อที่จะเพิ่มมูลค่าให้ผลิตภัณฑ์ และทำหน้าที่ผลิตไฮโดรเจนสำหรับการใช้งานในโรงกลั่น

การใช้น้ำภายในโรงกลั่น จะนำน้ำประปามาใช้งานเป็นหลัก แต่หากน้ำประปาไม่สามารถนำมาใช้งานได้ จะนำน้ำบาดาลมาใช้งานสำรองแทน โดยจะแบ่งการใช้น้ำหลักๆ ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การนำน้ำมาใช้ผลิตเป็นไอน้ำ เพื่อใช้ในการให้ความร้อนในปฏิกิริยาต่าง ๆ และการนำน้ำมาใช้เป็นน้ำหล่อเย็น เพื่อใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และควบคุมอุณหภูมิของหอแยกให้ไม่ให้มีอุณหภูมิสูงเกินไป

เมื่อทำการสำรวจระบบน้ำใช้ภายในโรงกลั่น พบว่าที่บริเวณหน่วยการผลิตที่ 4 ได้ทำการขุดเจาะบ่อบาดาลที่บริเวณหน่วยการผลิตที่ 4 และติดตั้งปั๊มน้ำบาดาลไว้ก่อนล่วงหน้าแล้ว แต่ยังไม่ได้ทำการติดตั้งท่อน้ำบาดาลเข้ามาใช้งาน โครงการนี้จึงได้ทำการออกแบบระบบท่อน้ำบาดาลจากบ่อบาดาลเข้าสู่บ่อพักน้ำหล่อเย็นและถังกักเก็บน้ำสำรองของหน่วยการผลิตที่ 4

โรงกลั่นน้ำมันบางจากเป็นแบบ Complex refinery มีกระบวนการผลิตหลักๆด้วยกันทั้งหมด 4 ขั้นตอน ได้แก่การกลั่นน้ำมันดิบแยกออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างระดับโมเลกุลของน้ำมัน และการเติมสารปรุงแต่งหรือเติมผลิตภัณฑ์ตัวอื่นๆเข้าไปเพื่อเพิ่มคุณภาพน้ำมัน

การปรับปรุงคุณภาพในแก๊สออยล์ (Gas Oil) ให้ดีขึ้น สามารถทำได้โดยทำการเปลี่ยนรูปกำมะถันที่อยู่ในน้ำมันเป็นแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยใช้ไฮโดรเจนภายใต้ความร้อนและตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นตัวช่วย ปฏิกิริยาการเปลี่ยนกำมะถันดังกล่าวจะเกิดขึ้นในเตาปฏิกรณ์ โดยมีปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาหลัก ๆ ด้วยกันทั้งหมด 3 ตัว ได้แก่ อุณหภูมิ ความดัน และปริมาณแก๊สไฮโดรเจนที่เข้าไปในระบบ โดยถ้าเราเพิ่มปริมาณของปัจจัยทั้งสามให้มากยิ่งขึ้น จะทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้มากขึ้น แต่ก็จะทำให้โอกาสการเกิดกำมะถันมีมากขึ้นด้วยเช่นกัน

อุณหภูมิของการเกิดปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนกำมะถันที่เหมาะสมจะอยู่ที่อุณหภูมิ 335 ถึง 370 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถปรับเพิ่มอุณหภูมิขึ้นได้จากส่วนที่ให้ความร้อนของระบบ ซึ่งในหน่วยปรับปรุงแก๊สออยล์ จะใช้เตาเผาและเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เป็นเครื่องมือในการเพิ่มอุณหภูมิ แต่เนื่องจากอุณหภูมิในเตาปฏิกรณ์ที่ค่อนข้างสูง ทำให้ยากในการควบคุม จึงไม่นิยมในการปรับอุณหภูมิเพื่อเร่งปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนกำมะถัน

ความดันของปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนกำมะถัน สามารถควบคุมได้จากความดันของหอแยกความดันสูง โดยความดันของปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนกำมะถันจะถูกควบคุมค่าไว้อยู่ที่ประมาณ 40.0 barg เนื่องจากขีดจำกัดของหอแยกความดันสูง หากต้องการเพิ่มความดันให้มากกว่า 40.0 barg ก็สามารถทำการเพิ่มความดันได้ แต่จะต้องมีการปล่อยระบายแก๊สออกไปบางส่วน โดยจะปล่อยไปที่หน่วยกำจัดกำมะถันในเชื้อเพลิงเพื่อทำการบำบัดแก๊สกลับมาใช้งานต่อได้

ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนที่เข้ามาในปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนกำมะถัน ส่วนใหญ่จะมาจากหน่วยรีฟอร์มเมอร์ของหน่วยการผลิต และมีบางส่วนจากการนำแก๊สที่แยกออกมาจากหอแยกความดันสูงผ่านการบำบัดให้บริสุทธิ์ด้วยเอมีนชนิดไดเอทานอลเอมีน (DEA) ภายในหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีน จะได้แก๊สไฮโดรเจนที่บริสุทธิ์ออกมา คือมีปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์น้อยกว่า 1.0 % ของแก๊สทั้งหมด ก็จะสามารถนำแก๊สที่บำบัดออกมาเข้าไปใช้งานเป็นแก๊สไฮโดรเจนกลับมาใช้งานภายในระบบ

แต่ทว่าหากเกิดปัญหาภายในหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีน จนไม่สามารถส่งเอมีนเข้าภายในหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีนได้ เนื่องจากการเกิดปัญหาจากหน่วยกำจัดกำมะถันในเชื้อเพลิง จะทำให้แก๊สที่ออกมามีความบริสุทธิ์ไม่เพียงพอต่อการใช้งานในระบบ ซึ่งสามารถทำการแก้ไขได้ โดยการเปิดวาล์วระบายแก๊สออกไปบางส่วนที่หน่วยการผลิตที่ 4 แล้วเติมแก๊สไฮโดรเจนสำรองเข้าระบบแทน แต่หากว่าความดันภายในหอแยกความดันสูงมีความดันน้อยกว่า 40.00 barg. จะทำให้ไม่สามารถระบายแก๊สออกไปที่หน่วยการผลิตที่ 4 ทำให้เกิดการสะสมของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ภายในระบบ

ทางบริษัท บางจาก คอร์ปอเรชัน จำกัด (มหาชน) จึงได้มองเห็นความสำคัญของการเตรียมความพร้อมแผนรองรับในสถานการณ์ฉุกเฉินที่สามารถเกิดขึ้นได้ จึงได้ทำการอนุมัติและมอบหมายให้จัดทำโครงการทั้งสองขึ้นมา

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อออกแบบระบบท่อน้ำบาดาลจากบ่อบาดาลเข้าสู่ระบบน้ำภายในโรงกลั่นตรงบริเวณบ่อพักน้ำหล่อเย็นและถังกักเก็บน้ำสำรองของหน่วยกลั่นที่ 4

1.2.2 เพื่อปรับปรุงระบบควบคุมความดันของหอแยกความดันสูงในหน่วยกำจัดกำมะถันในแก๊สออยล์ของหน่วยการผลิตที่ 2 เพื่อรองรับในกรณีที่ระบบบำบัดเอมีนไม่สามารถใช้งานได้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 ศึกษาและวิเคราะห์หลักการขนส่งของไหลภายในท่อ โดยอาศัยหลักการทางกลศาสตร์ของไหล (Fluid Mechanics)

1.3.2 คำนวณอัตราการไหลสูงสุดที่ออกมาจากปั๊มและไหลอยู่ภายในระบบท่อ และคำนวณหาความดันที่สูญเสียไปภายในระบบท่อ

1.3.3 ศึกษากระบวนการกำจัดกำมะถันในแก๊สออยล์ และทฤษฎีระบบควบคุมภายในกระบวนการต่าง ๆ จากหน่วยกำจัดกำมะถันในแก๊สออยล์

1.3.4 คำนวณหาปริมาณแก๊สไฮโดรเจนที่ต้องเติมเข้าไปเพื่อรักษาปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในระบบไม่ให้เกินค่าที่กำหนดไว้ (1.0 %) และคำนวณหาเวลาที่ระบบสามารถรองรับแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์เข้ามาติดค้างในระบบ

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 มีความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบระบบท่อและระบบควบคุมภายในหน่วยการผลิตต่าง ๆ มากยิ่งขึ้น

1.4.2 เพื่อใช้รองรับสถานการณ์ฉุกเฉินที่อาจจะเกิดขึ้นได้ภายในหน่วยการผลิต และช่วยลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นภายในหน่วยการผลิต

1.4.3 สามารถประเมินมูลค่าความเสียหายจากการที่หอบำบัดแก๊สด้วยเอมีนมีปัญหาจนไม่สามารถทำการบำบัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ปะปนมากับแก๊สไฮโดรเจน

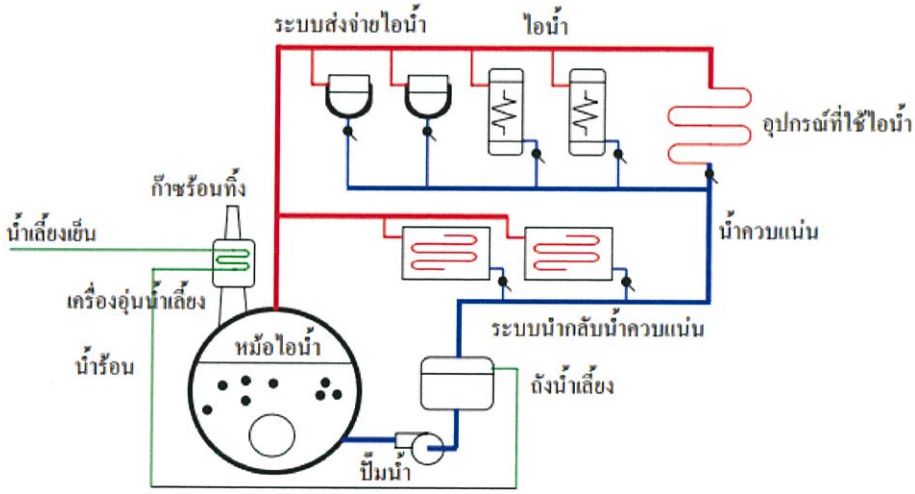
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การใช้งานน้ำในโรงกลั่น

สำหรับการใช้งานน้ำในโรงกลั่นบางจาก จะแบ่งหลัก ๆ ออกด้วยกันทั้งหมด 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนการนำมาผลิตใช้เป็นไอน้ำ และส่วนน้ำหล่อเย็นของอุปกรณ์ในระบบ โดยมีสัดส่วนการใช้น้ำคิดเป็น 1 ต่อ 1 ของปริมาณน้ำทั้งหมด

2.1.1 ระบบการผลิตไอน้ำ [2]

ระบบไอน้ำเป็นระบบที่ใช้พลังงานพื้นฐานที่มีการใช้งานและสามารถพบเห็นได้ในหลายอุตสาหกรรม รูปที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบของระบบไอน้ำและการทำงานของหม้อไอน้ำ จากรูป ระบบไอน้ำประกอบด้วยอุปกรณ์และระบบย่อยต่าง ๆ ได้แก่ หม้อไอน้ำ ระบบส่งจ่ายไอน้ำ ระบบนำกลับไอน้ำควบแน่น (คอนเดนเสท) และอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำ (ปลายทาง)

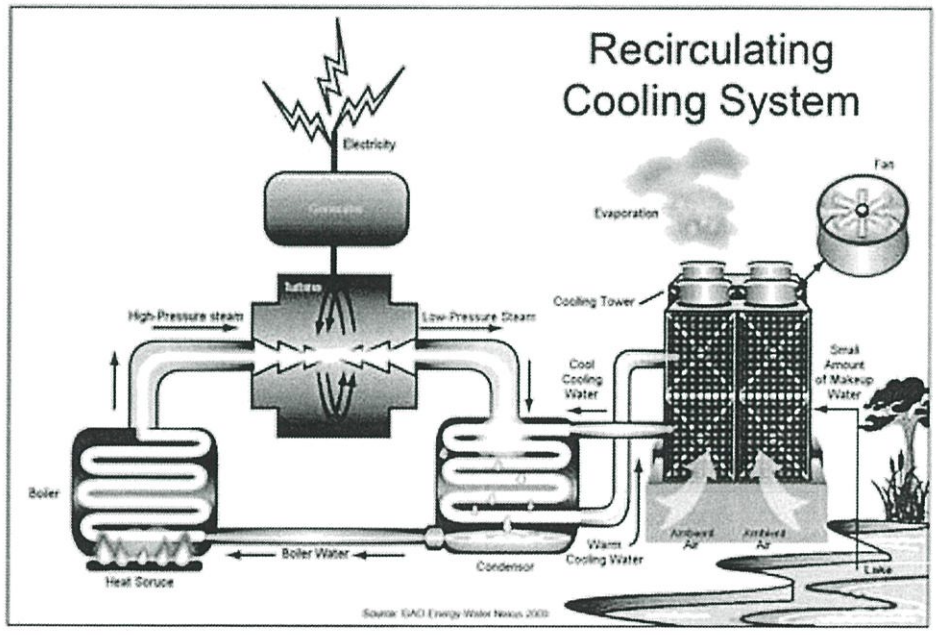


รูปที่ 2.1 แผนภาพระบบไอน้ำและการทำงานของหม้อไอน้ำ [2]

จากรูปที่ 2.1 น้ำป้อนที่มีอุณหภูมิต่ำจะถูกผ่านเข้าไปยังหม้อไอน้ำเพื่อรับความร้อนจากแก๊สเผาไหม้และกลายเป็นไอน้ำ ไอน้ำที่ผลิตขึ้นจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์ที่ใช้งานได้แก่ อุปกรณ์ต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตผ่าน ระบบส่งจ่ายไอน้ำไอน้ำหรือน้ำร้อนควบแน่นที่เหลือจากกระบวนการผลิตจะถูกนำกลับมายังหม้อไอน้ำอีกครั้ง เพื่อรวมกับน้ำเติม ก่อนที่จะส่งไปยังหม้อไอน้ำและผลิตเป็นไอน้ำต่อไป ดังนั้นน้ำป้อนที่เข้ามาในการผลิตไอน้ำ จึงจำเป็นต้องมีความบริสุทธิ์มากพอ

2.1.2 ระบบน้ำหล่อเย็น [3]

ระบบน้ำหล่อเย็นของโรงกลั่นจะเกิดภายในอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนออกจากไอน้ำและน้ำ เรียกอุปกรณ์นี้ว่าหอหล่อเย็น (Cooling tower) โดยระบบน้ำหล่อเย็นจะเริ่มต้นจากน้ำจากบ่อพักน้ำหล่อเย็นถูกส่งเข้ามาในระบบหล่อเย็น แล้วส่งไปต่อที่คอนเดนเซอร์ เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับไอน้ำ ทำให้ไอน้ำควบแน่นกลายเป็นหยดน้ำ จากนั้นไอน้ำจะถูกส่งกลับไปที่ส่วนบนของหอหล่อเย็น เพื่อสเปรย์เป็นฝอย แล้วปล่อยลงมาจากด้านบนสู่ด้านล่างของหอหล่อเย็น ซึ่งจะสวนทางกับอากาศ ที่ถูกดูดเข้ามาโดยพัดลม ที่ติดตั้งอยู่บริเวณด้านบนของหอกลั่น อุณหภูมิของไอน้ำจะลดลง ซึ่งส่งผลให้อุปกรณ์ภายในระบบมีอุณหภูมิลดลง



รูปที่ 2.2 แผนภาพระบบน้ำหล่อเย็น

ที่มา Northern Great Plains Water Consumption (NGPWC)

2.2 ประเภทของน้ำ

2.2.1 น้ำประปา [4]

น้ำประปา หมายถึงน้ำเป็นที่ผ่านขบวนการบำบัดทั้งทางเคมีและชีวภาพต่าง ๆ มากมาย จนสะอาดปราศจากเชื้อโรคสามารถนำมาใช้อุปโภคบริโภคได้ กระบวนการผลิตเริ่มจากขั้นตอนพื้นฐานทั้งหมด 7 ขั้นตอนได้แก่

1. การสูบน้ำดิบ

โรงสูบน้ำแรงต่ำจะทำการสูบน้ำดิบจากแหล่งน้ำธรรมชาติเพื่อลำเลียงเข้าสู่ระบบผลิต น้ำดิบที่สามารถนำมาผลิตน้ำประปาได้นั้นต้องเป็นน้ำที่ไม่มีสี ไม่มีรส ไม่มีสิ่งสกปรก โสโครก ปนเปื้อนเกินกว่าที่กำหนด และต้องมีปริมาณมากเพียงพอ ที่จะนำมาผลิตน้ำประปาได้อย่างต่อเนื่อง

2. การปรับปรุงคุณภาพ

น้ำดิบที่สูบเข้ามาจะถูกผสมด้วยสารเคมี เช่น สารส้มและปูนขาว เพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบ สารละลายสารส้มจะช่วยสารแขวนลอยในน้ำ ตกตะกอนได้ดีขึ้น สารละลายปูนขาวจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของตะไคร่น้ำหรือสาหร่ายในน้ำ บางครั้ง มีการเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคปนเปื้อนมากับน้ำ

3. การตกตะกอน

ขั้นตอนนี้จะปล่อยน้ำที่ผสมสารส้มและปูนขาวแล้ว ที่ทำให้เกิดการหมุนเวียน เพื่อทำให้น้ำกับสารเคมีรวมตัวกันจะช่วยให้มีการจับตัวของตะกอนได้ดียิ่งขึ้น จากนั้นน้ำเหล่านี้จะถูกส่งเข้าสู่ถังตะกอน ที่มีขนาดใหญ่ เพื่อพักร้อนทำให้เกิดน้ำนิ่ง ตะกอนที่มีขนาดใหญ่น้ำหนักมากจะตกลงสู่ก้นถังและถูกดูดทิ้ง ส่วนน้ำใสที่อยู่ด้านด้านบนจะไหลตามรางรับน้ำเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

4. การปรับปรุงคุณภาพ

การกรองน้ำ จะใช้ทรายหยาบและทรายละเอียด เพื่อทำการกรองตะกอนขนาดเล็กในน้ำ และทำให้น้ำมีความใสสะอาดมากขึ้น ในขั้นตอนนี้น้ำที่ผ่านการกรองแล้ว จะมีความใสมาก แต่จะมีความขุ่นหลงเหลืออยู่ประมาณ 0.2-2.0 หน่วยความขุ่น ทรายที่ใช้กรองน้ำจะมีการล้างทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้การกรองมีประสิทธิภาพ

5. การฆ่าเชื้อโรค

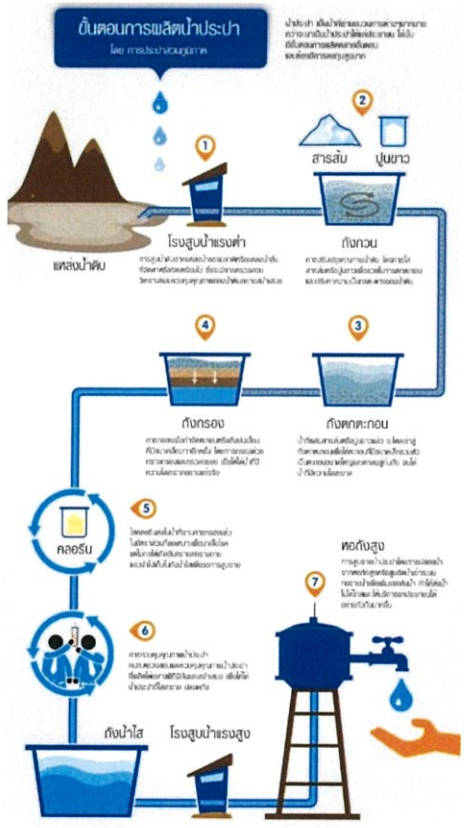
น้ำที่ผ่านการกรองมาแล้วจะมีความใส แต่ยังมีเชื้อโรคเจือปนมากันน้ำ ดังนั้นจึงต้องทำการฆ่าเชื้อโรค โดยการใช้คลอรีน ซึ่งคลอรีนสามารถฆ่าเชื้อโรคได้อย่างดี น้ำที่ได้รับการผสมคลอรีนแล้ว เรียกว่า น้ำประปา สามารถนำมาใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคได้ ประปาจะถูกเก็บไว้ในถังขนาดใหญ่ เรียกว่า ถังน้ำใส เพื่อรอการจัดการจ่ายน้ำออกให้ประชาชนใช้ต่อไป

6. การตรวจสอบคุณภาพ

น้ำประปาที่ทำการผลิตมาแล้ว จะต้องวิเคราะห์ตรวจสอบอีกครั้งหนึ่งจากนักวิทยาศาสตร์ และการตรวจสอบนี้จะทำอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ได้น้ำประปาที่สะอาด ปลอดภัย สำหรับการ% อุปโภคบริโภค

7. การสูบจ่าย

น้ำประปาที่ผลิตมาแล้ว จะต้องให้บริการถึงบ้านของประชาชนผู้ใช้น้ำ ด้วยการส่งน้ำผ่านไปตามท่อน้ำ ดังนั้นการสูบจ่ายน้ำจึงมีความจำเป็นมากเพื่อให้น้ำประปาสามารถส่งไปถึงบ้านของประชาชนผู้ใช้น้ำ น้ำประปา จะถูกส่งขึ้นหอสูง เพื่อเพิ่มแรงดันน้ำ ทำให้สามารถบริการได้ในพื้นที่ใกล้เคียง และในพื้นที่ห่างไกลออกไป



รูปที่ 2.3 กระบวนการผลิตน้ำประปา

ที่มา การประปาส่วนภูมิภาค

2.2.2 น้ำบาดาล [5]

น้ำบาดาล หมายถึงน้ำที่ถูกกักเก็บหรือสะสมตัวอยู่ใต้ดิน บางทีก็จะสะสมตัวอยู่ตามรอยแตกและรอยแยกของชั้นหิน หรือไม่ก็สะสมตัวอยู่ในช่องว่างเล็ก ๆ ระหว่างเม็ดกรวดทรายที่อยู่ใต้ดิน โดยทั่วไปน้ำบาดาลจะมีค่า pH อยู่ที่ประมาณ 6.0 – 9.0 และมีต้นกำเนิดหลัก ๆ ด้วยกันทั้งหมด 3 แห่งใหญ่ ๆ คือ

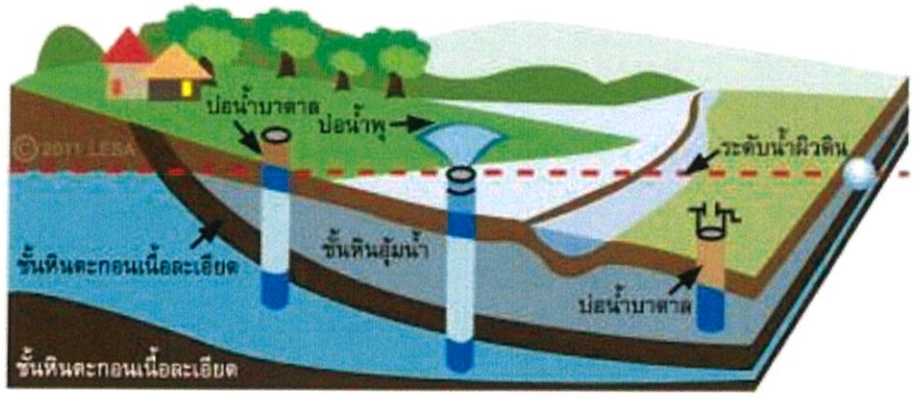
1.น้ำจากบรรยากาศ (Meteoric water) ได้แก่ ฝน ลูกเห็บ น้ำค้าง และ หิมะ น้ำเหล่านี้เมื่อตกลงสู่พื้นโลก บางส่วนจะไหลลงแม่น้ำลำคลอง กลายเป็นน้ำผิวดิน และบางส่วนจะลงไปที่พื้นดินเป็นน้ำใต้ดิน หรือน้ำบาดาล ซึ่งภายในโรงกลั่นจะใช้น้ำบาดาลจากแหล่งนี้เป็นหลัก

2. น้ำบาดาลที่มาจากการเย็นตัวของหินหลอมเหลว (Juvenile water)

ภายใต้ผิวโลก วัตถุหลอมเหลวต่าง ๆที่อยู่ภายใต้เปลือกโลกประกอบด้วย แก๊สและไอน้ำปริมาณมากมาย เมื่อหินอัคนีมีการเย็นตัวลง ไอน้ำต่าง ๆ จะกลายตัวเป็นน้ำในขณะที่แร่ต่างๆมีการตกผลึก น้ำจะแทรกตัวตามรอยต่อ โพรงอากาศ และช่องว่างของหินแร่

3. น้ำบาดาลที่เกิดขึ้นพร้อมกับการกำเนิดชั้นหิน (Connate water)

ในขณะที่แร่ธาตุต่าง ๆ เกิดการตกตะกอนและจะแข็งตัวกลายเป็นหินในที่สุด น้ำจะถูกขังหรือแทรกตัวตามรูพรุนที่อยู่ในเนื้อหิน เช่น น้ำบาดาลที่เกิดขึ้นในชั้นกรวดทราย ในบริเวณลุ่มแม่น้ำ เป็นต้น



รูปที่ 2.4 แหล่งน้ำบาดาล

ที่มา http://www.krusarawut.net/wp

2.3 การออกแบบระบบท่อ [6]

2.3.1 ขั้นตอนการออกแบบระบบท่อ

ในการออกแบบระบบส่งของเหลวจะต้องดูความต้องการที่ปลายทางเป็นสำคัญว่าต้องการสภาวะอย่างไร และดูว่าต้นทางมีสภาวะเท่าใด จากนั้นจึงออกแบบระบบท่อให้ได้ตามความต้องการนั้น ๆ ทั้งนี้การออกแบบระบบท่อทางวิศวกรรมส่วนใหญ่จะต้องทำบนแบบสถาปัตย์ของอาคารซึ่งกระบวนการออกแบบพอจะแจกแจงเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาข้อกำหนดของระบบท่อ ชนิดและสภาวะของของไหลที่ต้องการส่ง อุณหภูมิและความดันของของไหล (ศึกษามาตรฐานที่เกี่ยวข้องถ้าจำเป็น)

ขั้นที่ 2 กำหนดวัสดุ กำหนดพิกัดความดัน อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์ประกอบ

ขั้นที่ 3 ระบุตำแหน่งและความต้องการที่ปลายทางว่าต้องการสภาวะอย่างไร

ขั้นที่ 4 พิจารณาอัตราไหลและความดันที่ต้นทางว่าเพียงพอหรือไม่ จำเป็นต้องมีการเพิ่มความดันหรือไม่

ขั้นที่ 5 ศึกษาแบบสถาปัตย์ และออกแบบแนวท่อเบื้องต้น วางตำแหน่งของวาล์วและอุปกรณ์ประกอบ

ขั้นที่ 6 เลือกขนาดท่อที่เหมาะสมสำหรับส่วนต่าง ๆ ในระบบท่อและคำนวณความดันสูญเสีย

ขั้นที่ 7 หากเป็นระบบที่ใช้ความดันสูง หรือมีภาระอื่นๆ ต้องตรวจสอบความเค้นเพื่อกำหนดความหนาของท่อ

ขั้นที่ 8 เลือกปั๊มหากต้องมีการเพิ่มความดัน

ขั้นที่ 9 เขียนแบบระบบท่อ และแผนผังอย่างง่ายของระบบ

ขั้นที่ 10 ปรับแก้ไขแบบให้เข้ากับงานระบบอื่นๆ และประเมินราคาค่าก่อสร้าง

2.3.2 มาตรฐานในการออกแบบระบบท่อ [6]

ในการออกแบบระบบท่อจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องรับรู้และดำเนินการให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากลที่เกี่ยวข้อง เพราะจะมีผลต่อการรับรองโดยหน่วยงานตรวจสอบต่าง สำหรับประเทศไทยมีมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) เป็นแนวทางในการออกแบบระบบท่อ มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบท่อที่นิยมใช้มีดังนี้

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานในการออกแบบระบบท่อ

ชื่อมาตรฐาน	รายละเอียด
ANSI	American National Standard Institute (ANSI) เป็นองค์กรเอกชนที่ทำงานด้านการกำหนด พัฒนา และอนุมัติมาตรฐานต่าง ๆ ทั่วไป ของประเทศสหรัฐอเมริกา
API	American Petroleum Institute (API) องค์กรนี้มีบทบาทเกี่ยวข้องในกิจการด้านปิโตรเลียมของประเทศสหรัฐอเมริกา บทบาทของ API อาทิเช่น การวิจัยพัฒนา การเก็บข้อมูลสถิติ การออกมาตรฐานและการรองรับมาตรฐาน ซึ่งมาตรฐานส่วนหนึ่งที่ออกโดย API จะเป็นมาตรฐานเกี่ยวกับงานท่อในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการออกแบบระบบทำความร้อนระบบทำความเย็นและระบบปรับอากาศ เนื่องจากระบบนี้มีท่อเป็นส่วนประกอบหลัก มาตรฐาน ASHRAE จึงมีบางส่วนที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบท่อด้วย
ASME	American Society of Mechanical Engineers (ASME) มีบทบาทในการพัฒนาศาสตร์ทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล โดยมีมาตรฐานเกี่ยวข้องกับการออกแบบท่อที่สำคัญ คือ มาตรฐานเกี่ยวกับหม้อไอน้ำและถังความดัน และมาตรฐานสำหรับออกแบบท่อ
ASTM INTERNATIONAL	American Society of Testing and Materials (ASTM) ทำหน้าที่กำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับวัสดุเป็นหลัก
AWWA	American Water Works Association (AWWA) เป็นองค์กรไม่แสวงผลกำไรในรูปแบบของสมาคมวิชาชีพด้านการจัดการน้ำ

	Factory Mutual Research Corporation (FM) เป็นหน่วยงานมุ่งรักษาทรัพย์สินสาธารณะ ด้วยการกำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์ต่าง ๆ และให้การรับรองในด้านความปลอดภัยต่อการเกิดเพลิงไหม้ของอุปกรณ์ไฟฟ้า
	International Organization for Standardization (ISO) หน้าที่ประสานระหว่างภาครัฐและภาคเอกชนเพื่อกำหนดมาตรฐานในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งมาตรฐานด้านการจัดการ และมาตรฐานของงานทางเทคนิคในสาขาต่าง ๆ เช่น วิศวกรรม วิทยาศาสตร์ เป็นต้น
	National Fire Protection Association (NFPA) เป็นองค์กรทางวิชาการเกี่ยวกับการป้องกัน และควบคุมเพลิงไหม้ ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ที่ยอมรับยึดถือเป็นแนวทางในการออกแบบท่อน้ำดับเพลิง
	National Sanitation Foundation (NSF) เป็นองค์กรที่ดูแลและกำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับระบบสาธารณูปโภค
	Underwriters Laboratories (UL) เป็นองค์กรอิสระที่ทำงานด้านความปลอดภัยเป็นหลัก องค์กรนี้ทำการทดสอบ ออกข้อกำหนด มาตรฐาน และให้การรับรองวัสดุ อุปกรณ์ และผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่มีผลต่อความปลอดภัยของสาธารณะชน

2.4 ชนิดของท่อ [4]

การเลือกวัสดุท่อสำหรับการก่อสร้างระบบส่งน้ำแบบท่อ สามารถจำแนกออกได้เป็น 5 ประเภท ได้แก่ ท่อพีวีซี (P.V.C.) ท่อซีเมนต์ใยหินชนิดทนความดัน (AC) ท่อพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง HDPE. ท่อไฟเบอร์กลาสรับความดัน (GRP) และท่อเหล็กเหนียว (Steel Pipe) โดยท่อแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันตามวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ในการก่อสร้างจึงจำเป็นต้องมีการพิจารณาให้เหมาะสม ตามลักษณะการใช้งาน ตามลักษณะสภาพของภูมิประเทศ และงบประมาณในการดำเนินการก่อสร้าง

2.4.1 ท่อพีวีซี [7]

ท่อพีวีซี(Polyvinyl Chloride Pipe) มาตรฐาน มอก.17-2532 สำหรับใช้เป็นท่อน้ำดื่ม ซึ่งเหมาะสำหรับใช้ในที่ที่ไม่ถูกแสงแดดโดยตรง ตาม มอก. เป็นท่อที่ทำขึ้นจากโพลิไวนิลคลอไรด์โดยไม่ผสมพลาสติกไซเซอร์ โดยมีคุณสมบัติพิเศษ คือ

1. ทนทานต่อการกัดกร่อนได้ดีเป็นพิเศษ (High Corrosion Resistance) ทนทานต่อสารเคมีเกือบทุกประเภท ไม่ว่าจะได้เป็นกรด ด่าง หรือเกลือ และไม่เป็นสนิม หรือเกิดการผุกร่อน

2. น้ำหนักเบา (Light Weight) เมื่อเทียบกับท่อที่ทำจากวัสดุอื่นๆ มีน้ำหนักเพียง 1 ต่อ 6 เท่าของท่อเหล็ก 1 ต่อ 5 เท่าของท่อเหล็กหล่อ และ 2 ต่อ 3 เท่าของท่อซีเมนต์ใยหิน สะดวกในการติดตั้ง ขนส่ง ประหยัดเงินค่าใช้จ่ายต่าง ๆ

3. การไหลของของเหลวสม่ำเสมอ สะดวก คล่องตัว (Consistent & High Flow Rate) ผิวในท่อเรียบสัมประสิทธิ์การเสียดทานต่ำ ป้องกันการสะสมตัวเป็นตะกรันอุดตันในเส้นท่อ และประสิทธิภาพการไหลตัวของของเหลวสูงสม่ำเสมอตลอดอายุการใช้งานท่อ

4. มีความแข็งแกร่งทางกลสูง (Excellent Mechanical) ทนทานต่อแรงกระทบ แรงกระแทกจากภายนอก แรงกดบีบต่าง ๆที่กระทำกับตัวท่อ และมีรูปทรงแข็งแกร่ง ทนทานต่อการรับความดันภายในเส้นท่อ

5. ไม่เป็นพิษ หรือเป็นอันตรายต่อสุขภาพ (Hygienically & Safe) ของเหลวที่ลำเลียงผ่านท่อ ไม่มีรส กลิ่น และสีผิดแปลกไปจากเดิม เหมาะสำหรับใช้ในระบบเป็นท่อน้ำดื่ม ท่อน้ำรับแรงดันเพื่อการเกษตรและการชลประทานที่ต้องการควาสะอาดและความปลอดภัยเป็นพิเศษ

6. สะดวกในการติดตั้ง และง่ายต่อการซ่อมบำรุง (Easy Installation & Maintenance) การประกอบติดตั้งทำได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว สามารถต่อเข้ากับระบบท่ออื่นๆ อุปกรณ์วาล์วต่าง ๆได้ทุกชนิด ซ่อมบำรุงทำได้ง่าย จัดหาอุปกรณ์ต่าง ๆในท้องตลาดได้ง่าย สะดวก

2.4.2 ท่อซีเมนต์ใยหินชนิดทนความดัน (AC) [7]

ท่อซีเมนต์ใยหินชนิดทนความดัน (Asbestos Cement Pressure Pipe) หรือท่อ AC ต้องมีคุณสมบัติมอก.81-2548 ท่อที่ทำขึ้นด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และใยหินหรืออาจมีเส้นใยอื่นผสม จากนั้นเติมน้ำลงไปผสมด้วย กวนจนเข้ากันดีแล้วจึงนำสารผสมที่เป็นเนื้อเดียวกัน ขึ้นรูปท่อจากโรงงานแบบมีเนื้อเดียวกันตลอด เพื่อใช้งานในการรองรับความดันในท่อ

2.4.3 ท่อพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง HDPE [7]

ท่อพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มาจากอุตสาหกรรม ปิโตรเคมี วัสดุโพลิเอทิลีนที่ใช้ในการผลิตท่อพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene) หรือที่เรียกชื่อทำงการตลาดท่อ HDPE ตามมาตรฐาน มอก. 982-2548 โดยคุณลักษณะทั่วไป ดังต่อไปนี้

1. น้ำหนักเบา มีน้ำหนักประมาณ 1 ต่อ 5 เท่าของน้ำหนักของท่อเหล็กที่มีขนาดท่อใกล้เคียง

2. พื้นผิวภายในของท่อ HDPE มีความเรียบมันด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (n) เท่ากับ 0.009 (Manning) และ C เท่ากับ 150 (Hazen and Williams)

3. ท่อ HDPE มีความสามารถทนทานต่อสารเคมีไม่เกิดการผุกร่อน และไม่เกิดการเป็นสนิม แม้ว่าจะวางท่อในดิน หรือในน้ำทะเลทำให้การซ่อมแซมบำรุงรักษาน้อยกว่าท่อชนิดอื่นๆ อีกทั้งท่อ HDPE มีสีดำจากคาร์บอน เป็นตัวตานทานต่อแสงอุลตร้าไวโอเลท (UV-Resistance) จึงทำให้ท่อ HDPE สามารถใช้กับงานกลางแจ้งได้ โดยไม่กรอบแตกร้าว

2.4.4 ท่อไฟเบอร์กลาสรับความดัน (GRP) [7]

ท่อไฟเบอร์กลาสรับความดัน (Glassfiber Reinforce Polyester Pipe : ท่อ GRP) เป็นท่อที่ผลิตจากเทอร์โมเซตติงเรซิน เสริมแรงด้วยใยแก้ว และอาจมีตัวเติมที่เป็นเม็ดหรือแผ่นผงสี หรือสีย้อมผสม และอาจมีเรซินเคลือบผิวภายนอก หรือภายใน จากการพันเส้นใย (Filament Winding) หรือการหล่อเหวี่ยง (Centrifugal Casting) ตาม มอก.1483-2549 ท่อ GRP อุปกรณ์ท่อและข้อต่อ ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางระบุตั งแต่ 50 ถึง 3,600 มิลลิเมตร มีความสามารถรับความดันใช้งานได้ถึง 600 ถึง 1,600 กิโลพาสคาล ผู้ผลิตจะต้องเป็นผู้ที่ได้รับอนุญาตให้แสดงเครื่องหมายมาตรฐาน มอก.1483-2549 “ท่อไฟเบอร์กลาสรับความดัน ”จากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และต้องมีใบรับรองการจดทะเบียนเครื่องหมายการค้าจากกระทรวงพาณิชย์

2.4.5 ท่อเหล็กเหนียว [8]

ท่อเหล็กเหนียว (Steel pipe) เป็นที่นิยมใช้ในงานส่งของเหลวที่มีความดัน ท่อเหล็กเหนียวมีความแข็งแรง ทนทานสูง และมีผิวที่ค่อนข้างเรียบจึงให้การไหลที่ราบลื่น แต่ข้อด้อยคือไม่ทนทานต่อการกัดกร่อน ซึ่งก็มีการแก้ปัญหาโดยการเคลือบด้วยสารป้องกันการกัดกร่อน เช่น สังกะสีท่อเหล็กเหนียวมีทั้งแบบที่ผลิตด้วยการรีด (Extrude) ซึ่งไร้ตะเข็บ (Seamless) และแบบที่ผลิตด้วยการเชื่อม ซึ่งมีตะเข็บ (Seam, welded) และมีทั้งแบบที่ไม่มีการชุบผิวแต่จะมีการอาบน้ำยาสีดำไว้จึงมักเรียกว่าท่อเหล็กดำ (Black steel pipe) และมีแบบชุบสังกะสี (Galvanized) นอกจากนี้ยังมีการผสมสารเข้าไปในเนื้อท่อ เพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิต เช่น คาร์บอน โดยจะเรียกท่อที่ผสมคาร์บอนว่า ท่อเหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon steel pipe)

รูปที่ 2.5 ชนิดของท่อแต่ละรูปแบบ

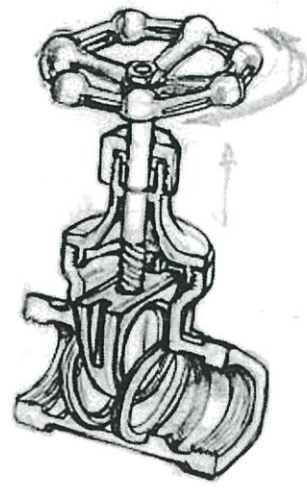
ที่มา : สำนักเครื่องจักรกลกรมชลประทาน กระทรวงเกษตร และสหกรณ์

2.5 วาล์ว [6]

วาล์วมีหน้าที่หลักคือการเปิด-ปิดช่องทางการไหล นอกจากนั้นวาล์วบางชนิดยังใช้ในการควบคุมอัตราการไหลและ ยังมีวาล์วที่ทำหน้าที่พิเศษอื่น ๆ เช่นวาล์วกันกลับ และวาล์วลดความดัน เป็นต้น

2.5.1 วาล์วเปิด-ปิดช่องทางการไหล หรือ เกทวาล์ว (Gate valve)

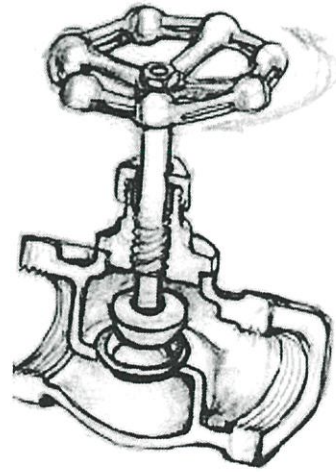
เกทวาล์วทำงานด้วยการเลื่อนใบปิดขึ้น-ลง โดยในการเปิด-ปิด จะต้องหมุนก้านวาล์วหลายรอบ มีทั้งก้านวาล์วเลื่อนขึ้นลง (Rising stem) และแบบก้านวาล์วอยู่กับที่ (Non-rising stem) เกทวาล์วเหมาะกับการเปิดหรือการปิดเท่านั้น ข้อดีของเกทวาล์วคือ มีความดันตกต่ำ เนื่องจากช่องทางการไหลเป็นเส้นตรง และของไหลสามารถไหลได้ทั้งสองทิศทาง ขณะที่ข้อเสียคือมีขนาดใหญ่ เปิด-ปิดช้า และไม่เหมาะสำหรับใช้ในการหรี่การไหล



รูปที่ 2.6 วาล์วเปิด-ปิดช่องทางการไหล หรือ เกทวาล์ว (Gate valve)
ที่มา ดุลยโชติ ชลศึกษ์

2.5.2 วาล์วควบคุมอัตราการไหลหรือ โกลบวาล์ว (Globe valve)

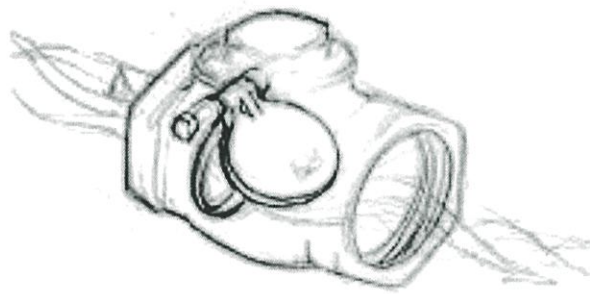
โกลบวาล์วทำงานด้วยการเลื่อนขึ้นลงของแผ่นปิดรูปทรงวงกลม มีทั้งแบบก้านเกลียวและแบบก้านเรียบที่เปิดปิดด้วยกลไกภายนอก วาล์วประเภทนี้จะมีความดันตกสูงเนื่องจากเส้นทางการไหลไม่ราบเรียบเหมือนเกทวาล์ว เหมาะกับการหรี่เพื่อควบคุมการไหล จึงมักใช้เป็นวาล์วควบคุม โดยรูปแบบของวาล์วมีทั้งเป็นแบบการไหลตรง หรือหักมุม (Angel globe valve) โดยทิศทางการไหลที่เหมาะสมของโกลบวาล์วคือทิศทางการไหลจากซ้ายไปขวา



รูปที่ 2.7 วาล์วควบคุมอัตราการไหล หรือ โกลบวาล์ว (Globe valve)
ที่มา ดุลยโชติ ชลศึกษ์

2.5.3 วาล์วกันกลับ หรือ เชควาล์ว (Check valve)

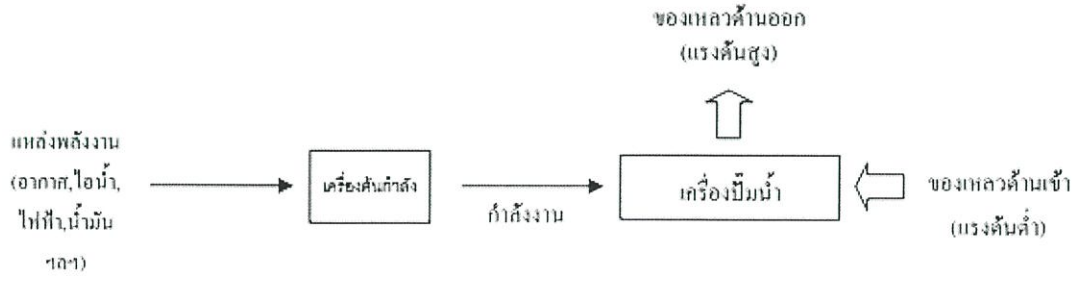
วาล์วกันกลับเป็นส่วนประกอบสำคัญอย่างหนึ่งในระบบท่อ มีหน้าที่ควบคุมการไหลให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน เชควาล์วมีรูปแบบหลากหลาย เช่น วาล์วกันกลับแบบสวิง (Swing check valve) เป็นต้น



รูปที่ 2.8 วาล์วกันกลับแบบสวิง (Swing check valve)
ที่มา ดุลยโชติ ชลศึกษ์

2.6 ปั๊ม [2]

เครื่องสูบน้ำหรือ ปั๊มน้ำ เป็นอุปกรณ์สำหรับขับเคลื่อนของเหลวหรือแก๊สผ่านทางระบบท่อปิด (Pipe) ไปสู่จุดหมายการใช้งานที่ต้องการโดยการเพิ่มความดันและเพิ่มพลังงานให้แก่ของไหลนั้น ๆ เป็นผลให้ของเหลวนั้นเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง หรือจากระดับหนึ่งไปยังอีกระดับหนึ่ง แต่กลไกที่ใช้ในการเพิ่มพลังงานให้ของเหลวไม่ได้จำกัดอยู่เฉพาะใบพัด อาจเป็นได้ทั้งใบพัด (Impeller) เกลียว (Screw) ลูกสูบ (Piston) ไดอะแฟรม (Diaphragm) เฟือง (Gear) และกลไกอื่นๆ ซึ่งสามารถที่จะถ่ายทอดพลังงานให้กับของเหลวได้ซึ่งเครื่องแต่ละแบบมีความเหมาะสมในการใช้งานต่าง ๆ แตกต่างกันออกไป การเลือกใช้จะต้องพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องอีกมากมายหลายอย่างดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเพิ่มแรงดันในปั๊ม
ที่มา คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (โรงงาน)

2.6.1 ประเภทของเครื่องสูบน้ำ

การแบ่งประเภทของปั๊มจะแยกตามลักษณะการเพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลว หรือการไหลของของเหลวในปั๊ม ซึ่งแบ่งได้ออกเป็นทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่

1. ประเภทแบบปั๊มแรงเหวี่ยง (Centrifugal Pump)

เป็นปั๊มที่มีการทำงานโดยการเพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวโดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลาง ปั๊มแบบนี้บางครั้งเรียกว่าเป็นแบบ Roto - dynamic

2. ประเภทโรตารี่ (Rotary Pump)

เป็นปั๊มที่มีการทำงานโดยการเพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวโดยอาศัยการหมุนของฟันเฟืองรอบแกนกลาง

3. ประเภทลูกสูบ (Reciprocating Pump)

เป็นปั๊มที่มีการทำงานโดยการเพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวโดยอาศัยการอัดโดยตรงในกระบอกสูบ

4. ประเภทพิเศษ (Special Pump)

เป็นปั๊มที่มีลักษณะพิเศษไม่สามารถจัดให้อยู่ในสามประเภทข้างต้น

2.6.2 เครื่องสูบน้ำบาดาล

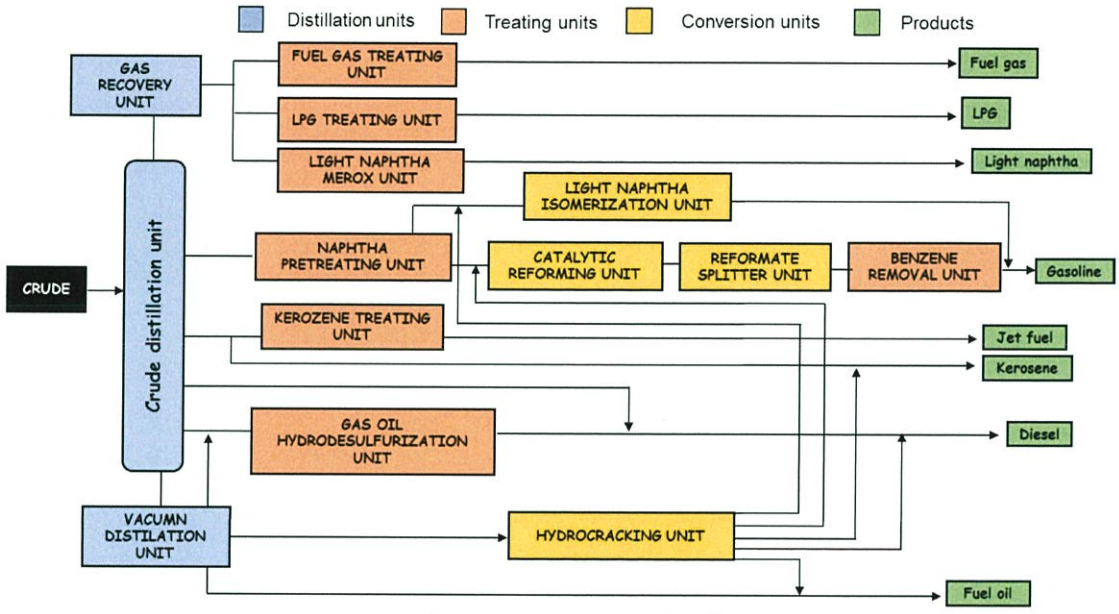
ในการปั๊มน้ำบาดาลขึ้นมาจากบ่อบาดาลในครั้งนี้จะใช้ปั๊มน้ำแบบจุ่มหรือไดโว่ (submersible pump) ในการสูบ เนื่องจากปั๊มชนิดนี้ มีข้อดีคือความสะดวกเหมาะสำหรับการใช้งานในพื้นที่จำกัด ตัวปั๊มจะต้องอยู่ในน้ำแล้วส่งน้ำขึ้นไปยังพื้นที่ที่ต้องการผ่านสายยางหรือท่อน้ำที่ต่อไว้ ส่วนข้อเสียนั้นก็ไม่พ้นเรื่องแรงดันน้ำที่ได้ค่อนข้างน้อย (เมื่อเทียบกับปั๊มน้ำชนิดอื่น) และยากต่อการซ่อมบำรุง

รูปที่ 2.10 ปั๊มน้ำแบบจุ่มหรือไดโว่ (submersible pump)

ที่มา https://pumpsolutions.com.au

2.7 กระบวนการผลิตน้ำมัน [1]

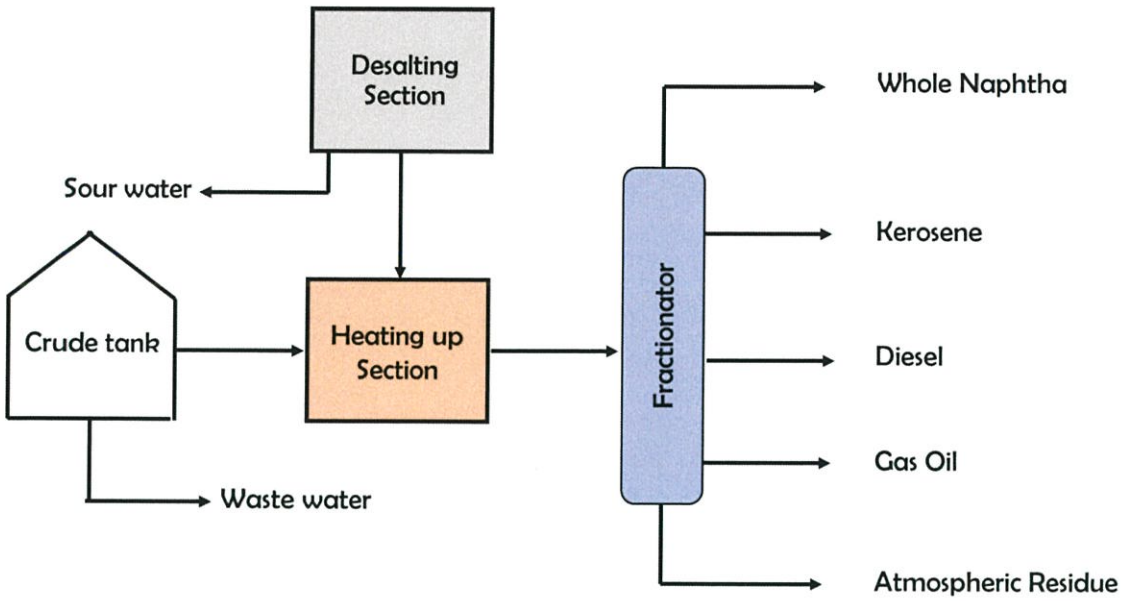
โรงกลั่นน้ำมันบางจาก เป็นโรงกลั่นแบบ Complex refinery ประกอบด้วยขั้นตอนในการผลิตหลัก 4 ขั้นตอนได้แก่ การกลั่นลำดับส่วน (Fractionation or distillation) การปรับปรุงคุณภาพ (Treating) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง (Conversion) และ การผสมผลิตภัณฑ์ (Blending)



รูปที่ 2.11 กระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ

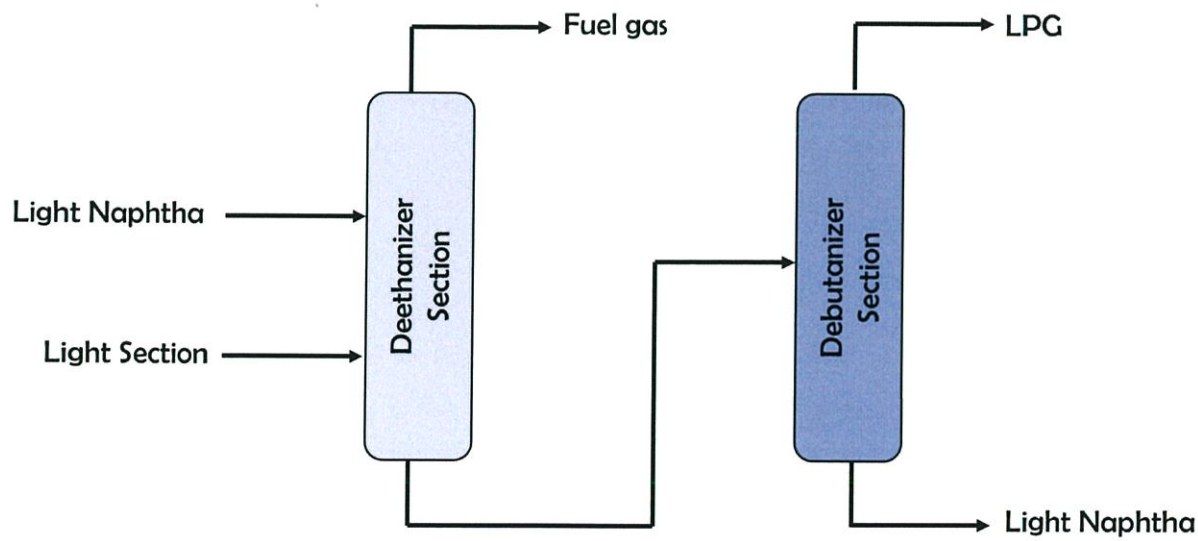
2.7.1 การกลั่นลำดับส่วน (Fractionation or distillation) เป็นการแยกน้ำมันดิบออกเป็นผลิตภัณฑ์ โดยอาศัยคุณสมบัติของจุดเดือดที่ต่างกันของส่วนผสมต่างๆ ในน้ำมันดิบ

2.7.1.1 หน่วยกลั่นแยกน้ำมันดิบ (Topping Unit or Crude Distillation Unit) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำมันดิบให้เป็นน้ำมันกึ่งสำเร็จรูป โดยอาศัยคุณสมบัติของจุดเดือดของน้ำมันแต่ละชนิด น้ำมันดิบจากถังเก็บจะถูกส่งผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger) และเตาต้มน้ำมัน (Furnace) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้เหมาะสมก่อนส่งเข้าสู่หอกลั่นแยก (Fractionator) หอกลั่นดังกล่าวจะแยกน้ำมันดิบตามคุณสมบัติของจุดเดือด โดยน้ำมันที่มีจุดเดือดต่ำสุดจะออกจากหน่วยกลั่นทางด้านบนสุด ส่วนน้ำมันที่มีจุดเดือดสูงกว่าจะไหลออกจากหอกลั่นในระดับที่ต่ำลงมา จนกระทั่งน้ำมันที่มีจุดเดือดสูงสุดจะออกมาทางด้านล่าง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากหน่วยนี้ ได้แก่ ไอน้ำมัน น้ำมันแนฟทา เคโรซีน น้ำมันดีเซล น้ำมันแก๊สออยล์ และน้ำมันเตา น้ำมันเหล่านี้จะถูกส่งไปยังกระบวนการกลั่นลำดับต่อไป



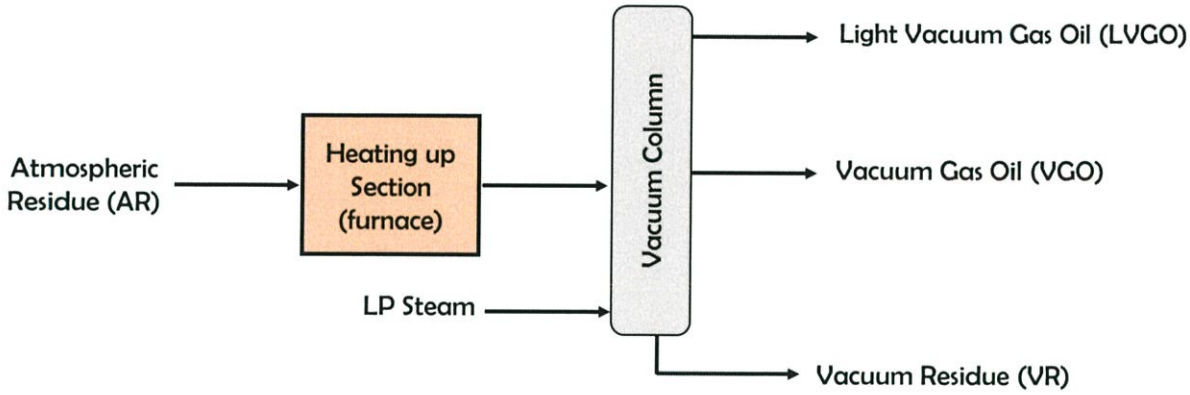
รูปที่ 2.12 หน่วยกลั่นแยกน้ำมันดิบ

2.7.1.2 หน่วยแยกแก๊ส (Gas Recovery Unit) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่รวบรวมแก๊สที่เกิดจากกระบวนการกลั่น รวมทั้งน้ำมันแนฟทาชนิดเบา จากหน่วยกลั่นแยกน้ำมันดิบ และแยกออกเป็น แก๊สเชื้อเพลิงที่ใช้ในกระบวนการกลั่น แก๊สหุงต้ม และน้ำมันแนฟทาชนิดเบา ซึ่งจะถูกส่งไปยังกระบวนการกลั่นลำดับต่อไปเพื่อปรับปรุงคุณภาพ



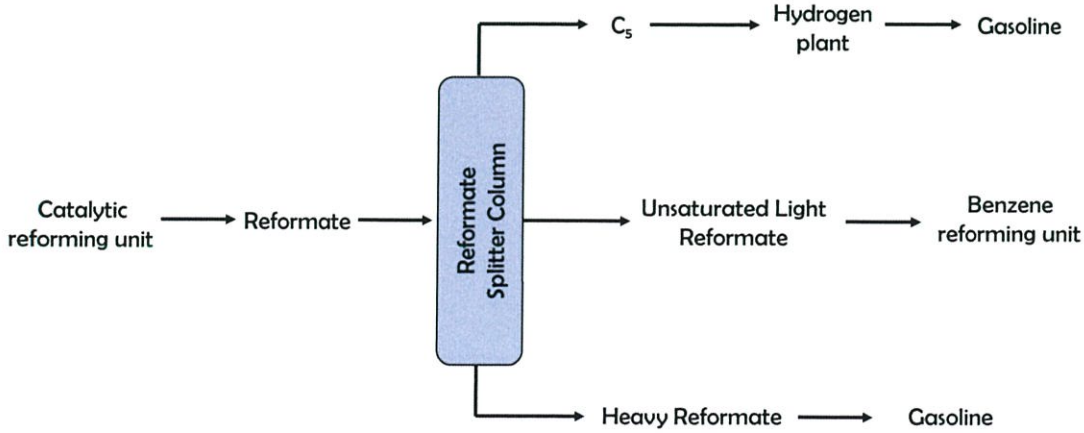
รูปที่ 2.12 หน่วยแยกแก๊ส

2.7.1.3 หน่วยกลั่นสุญญากาศ (Vacuum Distillation Unit) เป็นหน่วยที่นำน้ำมันหนัก (Reduced crude or atmospheric residue) ที่ได้จากใต้หอกลั่นน้ำมันดิบมาผ่านเตาต้มน้ำมันเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ ก่อนส่งเข้าหอกลั่นสุญญากาศเพื่อแยกน้ำมันหนักตามคุณสมบัติของจุดเดือดผลิตภัณฑ์ที่ได้แยกออกเป็น แก๊สออยล์สุญญากาศชนิดเบาซึ่งจะส่งไปหน่วยกำจัดกำมะถัน แก๊สออยล์สุญญากาศจะถูกส่งไปยังหน่วยแตกโมเลกุลน้ำมัน และกากน้ำมันจะส่งไปเป็นน้ำมันเตา (Fuel Oil , FO)



รูปที่ 2.13 หน่วยกลั่นสุญญากาศ

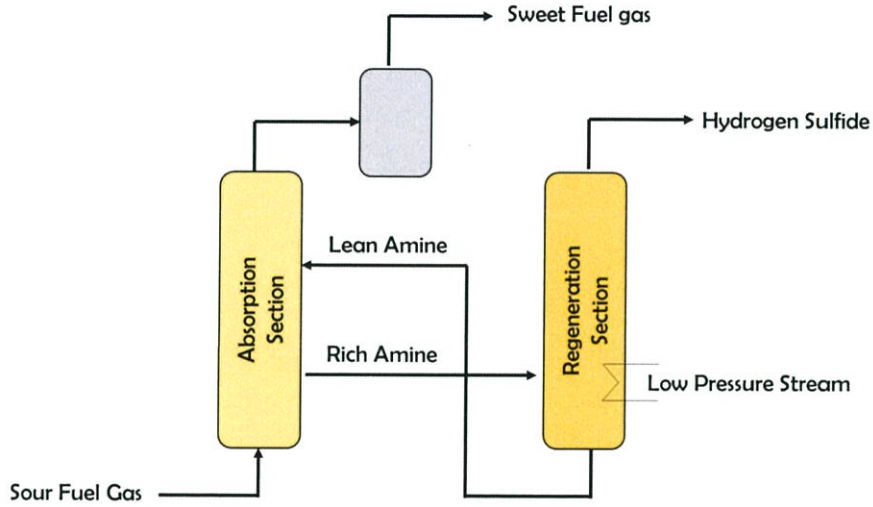
2.7.1.4 หน่วยแยกน้ำมันรีฟอร์เมท (Reformate Splitter Unit) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่กลั่นแยกน้ำมันรีฟอร์เมท ที่ได้จากหน่วยรีฟอร์เมอร์ (Catalytic Reforming Unit) โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้แยกออกเป็น สารที่โมเลกุลมีจำนวนคาร์บอน 5 อะตอม ซึ่งจะส่งเข้าหน่วยผลิตแก๊สไฮโดรเจน และถูกใช้ในการผสมเป็นน้ำมันแก๊สโซลีน น้ำมันรีฟอร์เมทชนิดเบาที่ไม่อิ่มตัวจะถูกส่งไปหน่วยกำจัดเบนซีน และน้ำมันรีฟอร์เมทชนิดหนักจะถูกใช้ในการผสมเป็นน้ำมันแก๊สโซลีน



รูปที่ 2.15 หน่วยแยกน้ำมันรีฟอร์เมท

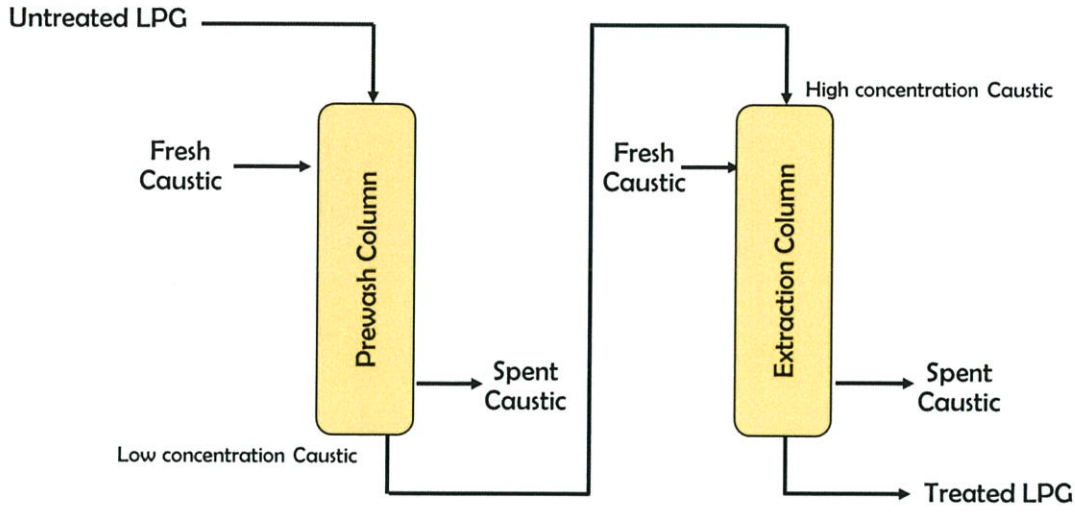
2.7.2 การปรับปรุงคุณภาพ (Treating) การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยการกำจัดสิ่งเจือปนต่าง ๆ ที่ปนมากับน้ำมันดิบและติดมาในผลิตภัณฑ์ เช่น กำมะถัน เป็นต้น

2.7.2.1 หน่วยปรับปรุงคุณภาพแก๊สเชื้อเพลิง (Fuel Gas Treating Unit) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่กำจัดกำมะถันในแก๊สเชื้อเพลิง โดยใช้สารละลายด่างเอมีนเป็นตัวดูดซึม แก๊สเชื้อเพลิงที่มีกำมะถันเจือปนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการกลั่นทั้งหมดจะถูกส่งผ่านอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จับกำมะถันออก ทำให้แก๊สเชื้อเพลิงที่จะใช้เผาให้ความร้อนในเตาต้มน้ำมันมีปริมาณกำมะถันน้อยมากหรือแทบไม่มี แก๊สเชื้อเพลิงเหล่านี้จะถูกใช้ในกระบวนการกลั่นทั้งหมด ส่วนกำมะถันที่แยกได้จะส่งไปยังหน่วยผลิตกำมะถัน



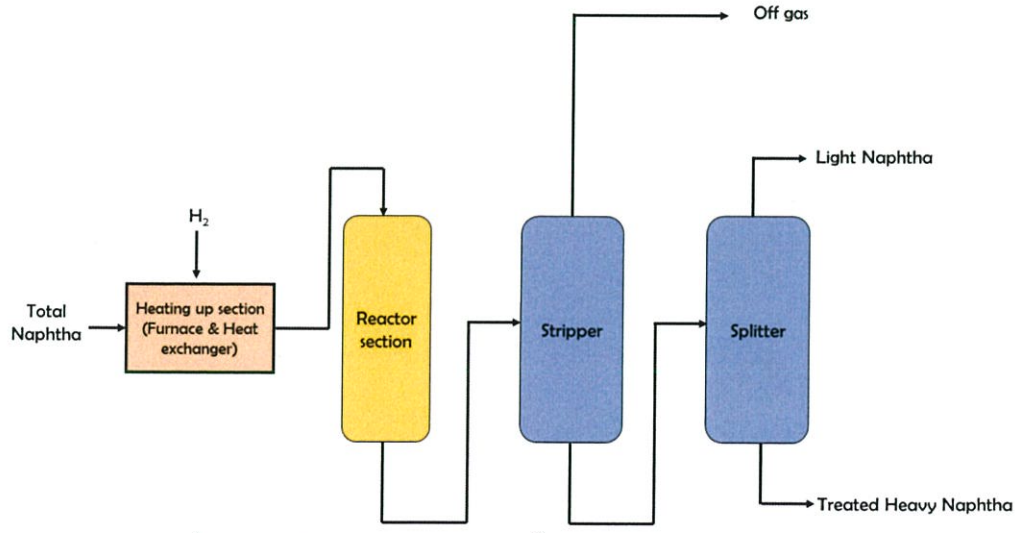
รูปที่ 2.16 หน่วยปรับปรุงคุณภาพแก๊สเชื้อเพลิง

2.7.2.2 หน่วยปรับปรุงคุณภาพแก๊สหุงต้ม (LPG Treating Unit) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่เปลี่ยนกำมะถันเมอร์แคปแทนในแก๊สหุงต้มให้กลายเป็นไดซัลไฟด์พร้อมทั้งแยกสารกำมะถันเหล่านี้ออกโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา สภาพความเป็นด่าง และอากาศ แก๊สหุงต้มจากหน่วยแยกแก๊สจะถูกส่งเข้าอุปกรณ์ที่ใช้กำจัดกำมะถันในรูปแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก่อนที่จะผ่านไปยังอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนกำมะถันเมอร์แคปแทนเป็นไดซัลไฟด์และแยกไดซัลไฟด์ออก แก๊สหุงต้มกำมะถันต่ำที่ได้จากกระบวนการนี้จะถูกส่งเข้าสู่ถังเก็บเพื่อรอการจำหน่าย



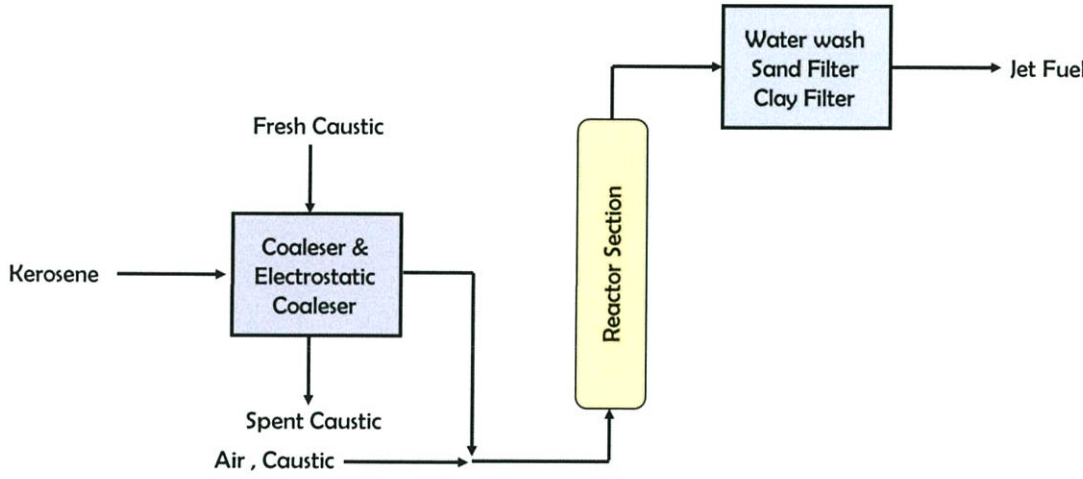
รูปที่ 2.17 หน่วยปรับปรุงคุณภาพแก๊สหุงต้ม

2.7.2.3 หน่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำมันแนฟทา (Naphtha Pretreating Unit) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่กำจัดกำมะถันในน้ำมันแนฟทา โดยใช้ความร้อนและตัวเร่งปฏิกิริยา น้ำมันแนฟทาจากหน่วยกลั่นแยกน้ำมันดิบจะถูกส่งผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและเตาต้มน้ำมัน เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้เหมาะสม ก่อนส่งเข้าเครื่องปฏิกรณ์ ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนสารกำมะถันเป็นไดซัลไฟด์ แก๊สนี้จะถูกแยกออกจากน้ำมัน และส่งไปรวมกับแก๊สเชื้อเพลิงที่มีกำมะถันเจือปน ส่วนน้ำมันจะถูกแยกเป็นน้ำมันแนฟทาชนิดเบาและน้ำมันแนฟทาชนิดหนัก น้ำมันเหล่านี้จะถูกส่งไปยังกระบวนการกลั่นลำดับต่อไปเพื่อเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของน้ำมัน



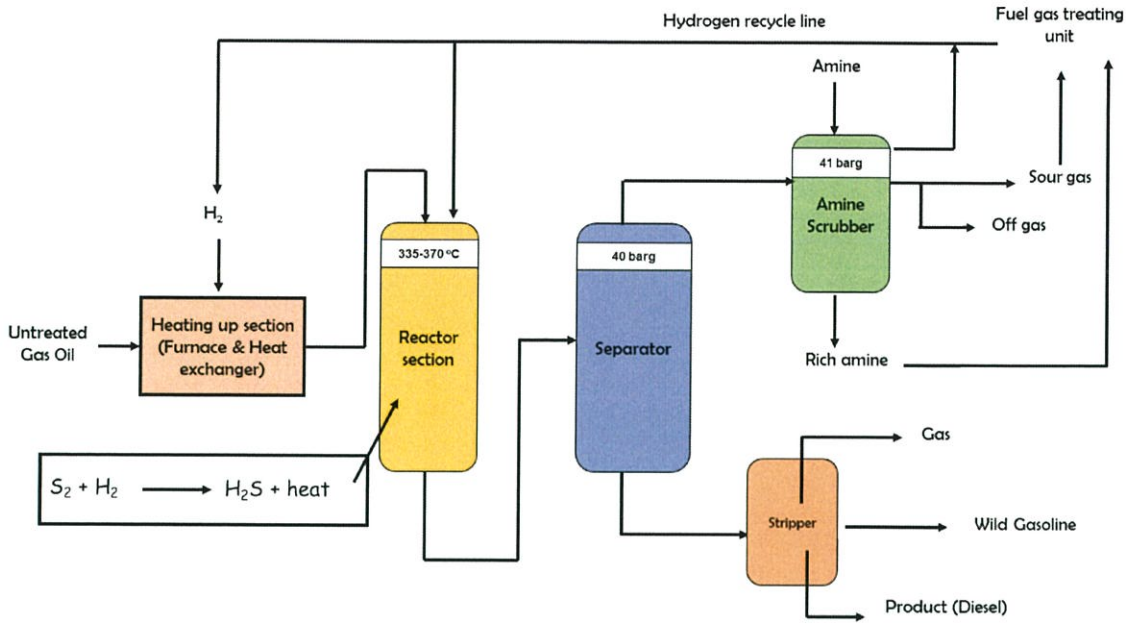
รูปที่ 2.18 หน่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำมันแนฟทา

2.7.2.4 หน่วยปรับปรุงคุณภาพเคโรซีน (Kerosene Treating Unit) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่เปลี่ยนกำมะถันเมอร์แคปแทนในเคโรซีนให้ กลายเป็นไดซัลไฟด์ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา สภาพความเป็นด่าง และอากาศ รวมทั้งปรับสภาพให้เหมาะสมก่อนจะผลิตเป็นน้ำมันเครื่องบิน เคโรซีนจากหอกลั่นจะถูกส่งผ่านอุปกรณ์เพื่อปรับสภาพให้เหมาะสมก่อนเข้าเครื่องปฏิกรณ์ ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนกำมะถันเมอร์แคปแทนเป็นไดซัลไฟด์ หลังจากนั้นเคโรซีนจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์กำจัดสิ่งเจือปนอื่นๆ ก่อนจะส่งเข้าถังเก็บเพื่อรอการจำหน่าย



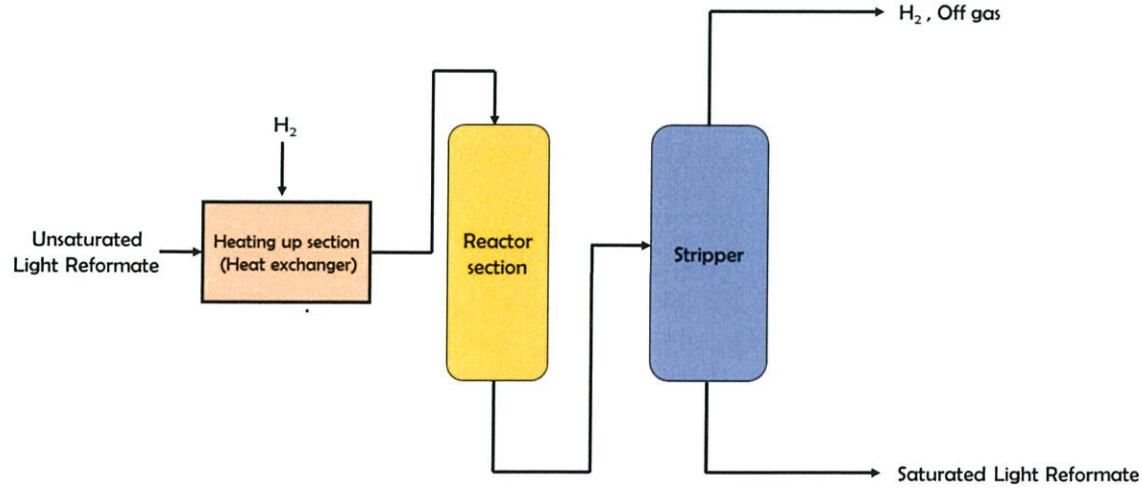
รูปที่ 2.19 หน่วยปรับปรุงคุณภาพเคโรซีน

2.7.2.5 หน่วยปรับปรุงคุณภาพแก๊สออยล์ (Gas Oil Hydrodesulfurization Unit) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่กำจัดกำมะถันออกจากน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว โดยใช้แก๊สไฮโดรเจนที่อุณหภูมิสูงและตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นตัวช่วย น้ำมันดีเซลและน้ำมันแก๊สออยล์จากหน่วยกลั่นแยกน้ำมันดิบจะถูกส่งผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและเตาต้มน้ำมัน เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้เหมาะสมก่อนส่งเข้าเครื่องปฏิกรณ์ ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนกำมะถันให้เป็นแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ แก๊สนี้จะถูกแยกออกจากน้ำมัน และส่งไปรวมกับแก๊สเชื้อเพลิงที่มีกำมะถันเจือปนเพื่อกำจัดกำมะถันต่อไป ส่วนน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่มีปริมาณกำมะถันต่ำจะส่งไปเก็บที่ถังเพื่อรอการจำหน่าย



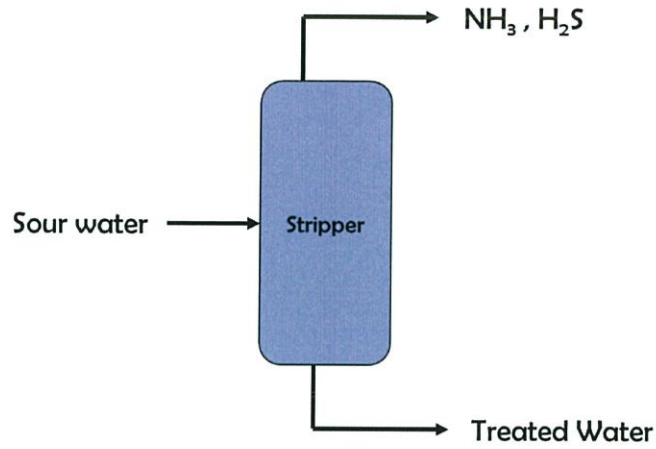
รูปที่ 2.20 หน่วยปรับปรุงคุณภาพแก๊สออยล์

2.7.2.6 หน่วยกำจัดเบนซีน (Benzene Removal Unit) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่กำจัดเบนซีน ออกจากน้ำมันรีฟอร์เมทชนิดเบาที่ไม่อิ่มตัว โดยใช้แก๊สไฮโดรเจนที่อุณหภูมิสูงและตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นตัวช่วย น้ำมันรีฟอร์เมทชนิดเบาที่ไม่อิ่มตัวจะถูกส่งผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้เหมาะสมก่อนส่งเข้าเครื่องปฏิกรณ์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น คือ ปฏิกิริยาเปลี่ยนเบนซีนเป็นไซโคลเฮกเซนที่อิ่มตัว จากนั้นแก๊สไฮโดรเจนจะถูกแยกออกจากน้ำมัน ส่วนน้ำมันรีฟอร์เมทชนิดเบาที่อิ่มตัว จะถูกนำไปใช้ในการผสมเป็นน้ำมันแก๊สโซลีน



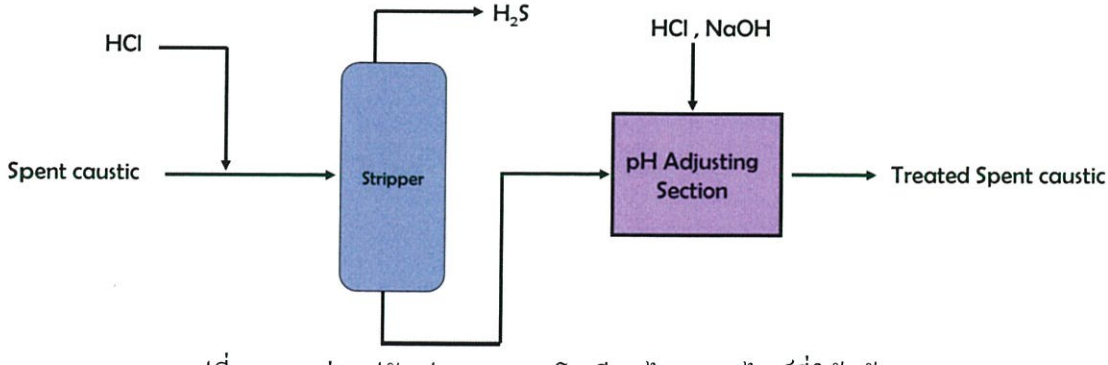
รูปที่ 2.21 หน่วยกำจัดเบนซีน

2.7.2.7 หน่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำ (Sour Water Stripper Unit) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่กำจัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ และแก๊สแอมโมเนียออกจากน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต โดยแก๊สที่ถูกกำจัดออกจะถูกนำไปเผาร่วมกับเชื้อเพลิงที่เตาในหน่วยกลั่นแยกน้ำมันดิบ หรือส่งไปหน่วยผลิตกำมะถัน ส่วนน้ำกำมะถันต่ำที่ได้ จะถูกนำกลับมาใช้ใหม่บางส่วน และส่วนที่เหลือจะส่งไปยังหน่วยบำบัดน้ำทิ้ง



รูปที่ 2.22 หน่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำ

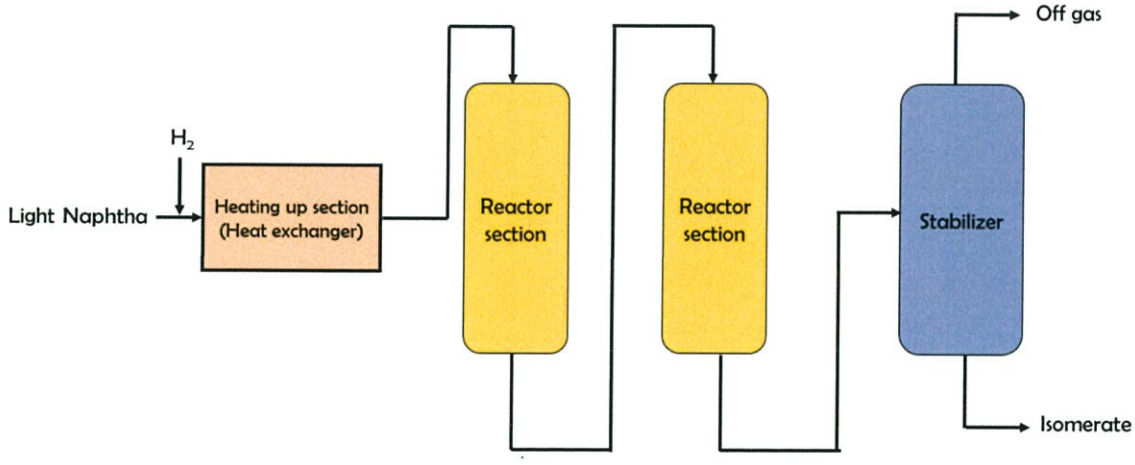
2.7.2.8 หน่วยปรับปรุงคุณภาพโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้แล้ว(Spent Caustic Treating Unit) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่กำจัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกจากโซเดียมไฮดรอกไซด์ใช้แล้ว ที่ได้จากหน่วยปรับปรุงคุณภาพแก๊สหุงต้ม และเคโรซีน โซเดียมไฮดรอกไซด์ใช้แล้ว จะถูกปรับสภาพให้เป็นกรดและส่งเข้าอุปกรณ์ที่ใช้กำจัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์จะถูกนำไปเผาร่วมกับเชื้อเพลิงที่เตาในหน่วยกลั่นแยกน้ำมันดิบ ส่วนโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้วจะถูกปรับสภาพค่าความเป็นกรด – ด่าง ก่อนส่งไปยังหน่วยบำบัดน้ำทิ้ง



รูปที่ 2.23 หน่วยปรับปรุงคุณภาพโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้แล้ว

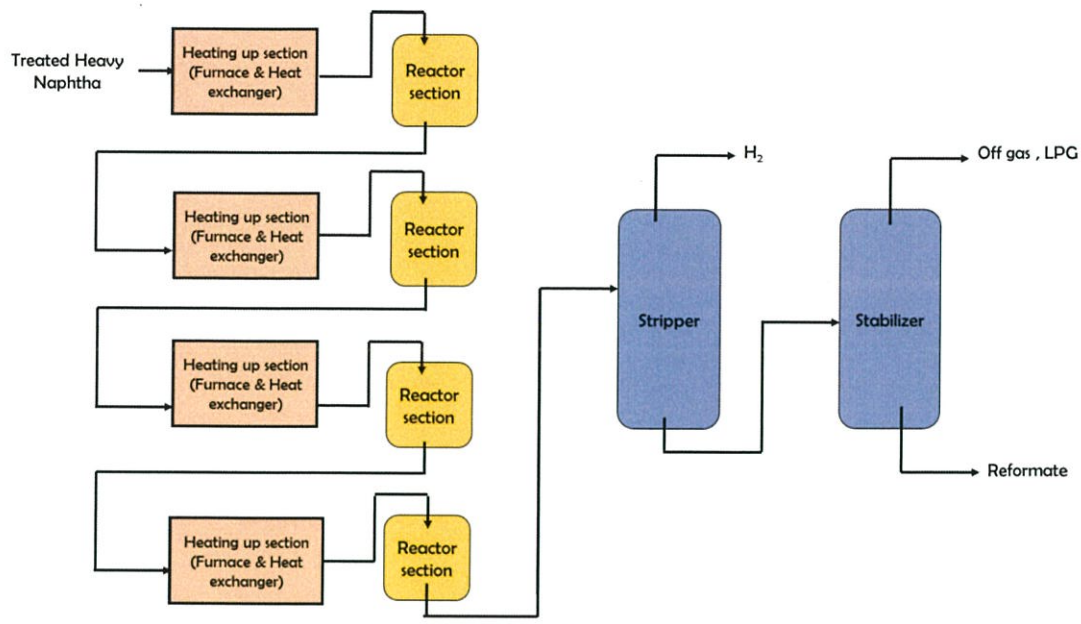
2.7.3 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง (Conversion) เป็นการทำให้โครงสร้างในระดับโมเลกุลของน้ำมันเปลี่ยนแปลง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและราคาสูงขึ้น

2.7.3.1 หน่วยไอโซเมอไรเซชัน (Light Naphtha Isomerization Unit) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่เปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลของน้ำมันแนฟทาชนิดเบาให้เป็นโครงสร้างที่มีค่าออกเทนสูงขึ้น ซึ่งเรียกว่า น้ำมันไอโซเมอร์เรท โดยใช้แก๊สไฮโดรเจนที่มีอุณหภูมิสูงและตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นตัวช่วย น้ำมันแนฟทาชนิดเบาจากหน่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำมันแนฟทา จะถูกส่งผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้เหมาะสม ก่อนส่งเข้าเครื่องปฏิกรณ์ ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลแบบที่เป็นเส้นตรงให้เป็นโมเลกุลแบบที่เป็นกิ่ง เรียกกระบวนการนี้ว่า ไอโซเมอไรเซชัน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าออกเทนสูงขึ้น น้ำมันไอโซเมอร์เรทที่ได้จะถูกส่งไปถังเก็บเพื่อรอการผสมเป็นน้ำมันแก๊สโซลีน



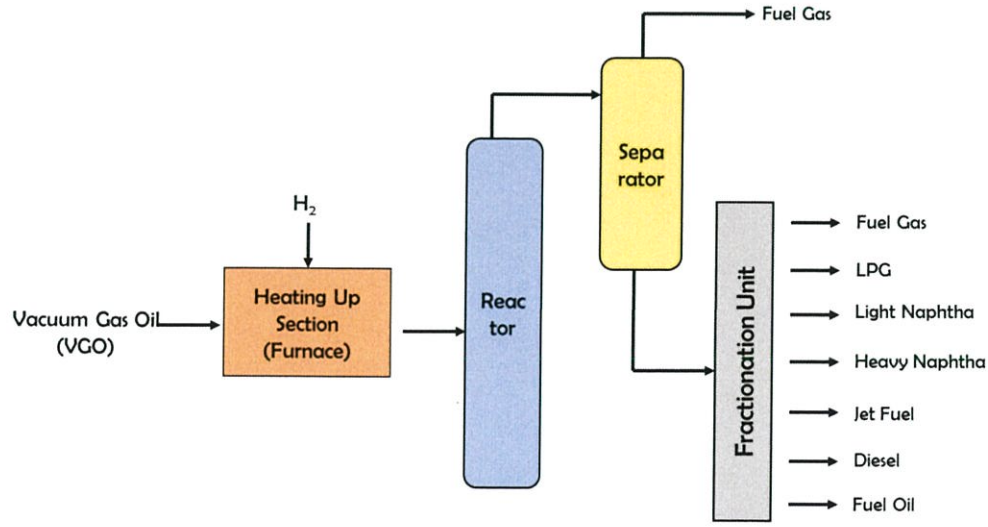
รูปที่ 2.24 หน่วยไอโซเมอไรเซชัน

2.7.3.2 หน่วยรีฟอร์เมอร์ (Catalytic Reforming Unit) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่เปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลของน้ำมันแนฟทาชนิดหนักให้เป็นโครงสร้างที่มีค่าออกเทนสูงขึ้น ซึ่งเรียกว่า น้ำมันรีฟอร์เมท โดยใช้แก๊สไฮโดรเจนที่มีอุณหภูมิสูงและตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นตัวช่วย น้ำมันแนฟทาชนิดหนักจากหน่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำมันแนฟทา จะถูกส่งผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและเตาต้มน้ำมันเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้เหมาะสม ก่อนส่งเข้าเครื่องปฏิกรณ์ ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลแบบต่างๆ ให้เป็นโมเลกุลแบบที่เป็นวงแหวน โดยเรียกกระบวนการแบบนี้ว่า รีฟอร์มมิง ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าออกเทนสูงขึ้น น้ำมันรีฟอร์เมทที่ได้จะถูกส่งไปถังเก็บเพื่อรอการผสมเป็นน้ำมันแก๊สโซลีนอื่น ๆ



รูปที่ 2.25 หน่วยรีฟอร์เมอร์

2.7.3.3 หน่วยแตกโมเลกุล (Hydrocracking Unit) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่แตกตัวน้ำมันหนักออกเป็นน้ำมันเบา โดยการเติมโมเลกุลของไฮโดรเจนลงในน้ำมันหนัก และกำจัดสารประกอบกำมะถัน สารประกอบไนโตรเจน และโลหะหนักออกจากน้ำมัน โดยเป็นปฏิกิริยาที่ใช้แก๊สไฮโดรเจน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากหน่วยแตกโมเลกุล ได้แก่ แก๊สเชื้อเพลิง แก๊สหุงต้ม น้ำมันแนฟทาชนิดเบา น้ำมันแนฟทาชนิดหนัก เคโรซีน น้ำมันดีเซล และน้ำมันเตา น้ำมันบางชนิดจะส่งเข้าถังผลิตภัณฑ์ และบางชนิดจะถูกส่งไปยังหน่วยกลั่นเดิมเพื่อเปลี่ยนแปลงโครงสร้างให้มีมูลค่าสูงขึ้น

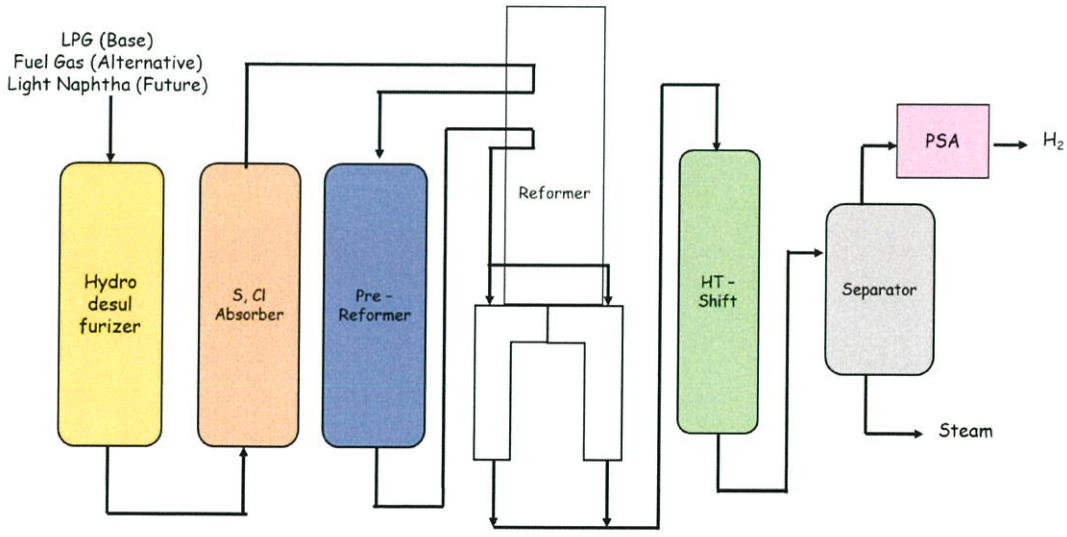


รูปที่ 2.26 หน่วยแตกโมเลกุล

2.7.4 การผสมผลิตภัณฑ์ (Blending) เป็นการผสมน้ำมันหรือผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ซึ่งอาจจะมีการเติมสารปรุงแต่งคุณภาพ (Additive) เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพตรงตามมาตรฐานที่กำหนดทั้งของกระทรวงพลังงานและลูกค้า การผสมผลิตภัณฑ์จะเกิดขึ้นเป็นขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการกลั่นน้ำมัน ผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป จะนำมาผสมกัน โดยอาจมีการเติมสารปรุงแต่งคุณภาพ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่มีคุณภาพตามมาตรฐานกำหนด

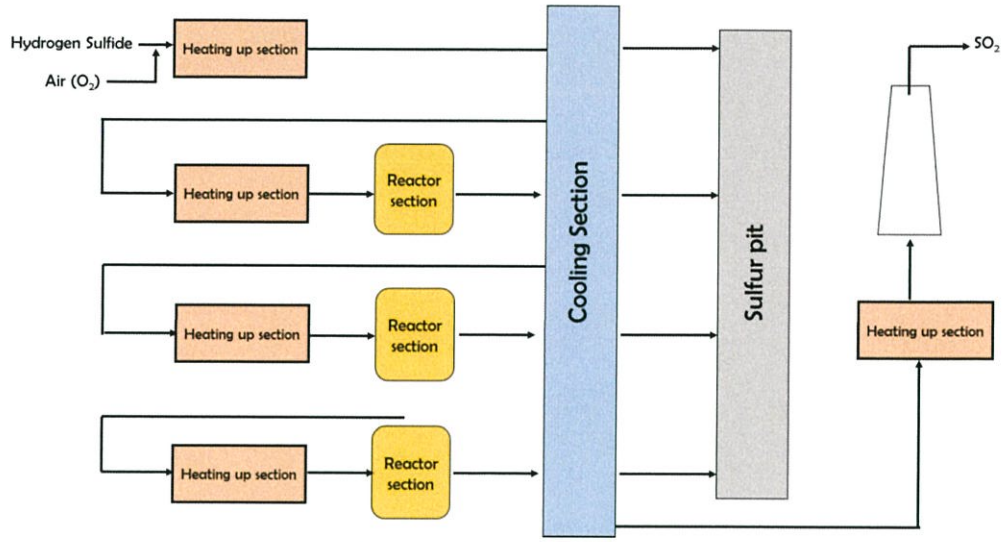
2.7.5 หน่วยสนับสนุน หรือ หน่วยควบคุมมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม เป็นหน่วยการผลิตพิเศษที่มีหน้าที่ในการสนับสนุนกระบวนการผลิต และควบคุมมลพิษของของเสียจากกระบวนการผลิต

2.7.5.1 หน่วยผลิตแก๊สไฮโดรเจน (Hydrogen Production Unit) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่สนับสนุนหน่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำมัน ทำหน้าที่ผลิตแก๊สไฮโดรเจน เพื่อส่งไปใช้ในหน่วยแตกโมเลกุล สารตั้งต้นอาจเป็นแก๊สหุงต้ม แก๊สเชื้อเพลิง หรือน้ำมันแนฟทาชนิดเบา โดยสารตั้งต้นจะถูกกำจัดกำมะถัน คลอไรด์ และโลหะหนักก่อนส่งเข้าทำปฏิกิริยา เพื่อแยกแก๊สไฮโดรเจนออกและทำให้บริสุทธิ์ก่อนส่งไปใช้



รูปที่ 2.27 หน่วยผลิตแก๊สไฮโดรเจน

2.1.5.2 หน่วยผลิตกำมะถัน (Sulfur Recovery Unit) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่เปลี่ยนรูปกำมะถันที่แยกออกจากแก๊สเชื้อเพลิงที่มีกำมะถันเจือปนอยู่ให้เป็นกำมะถันเหลว โดยใช้ความร้อน อากาศ และตัวเร่งปฏิกิริยา กำมะถันที่ได้จากกระบวนการจะถูกส่งเข้าถังเก็บเพื่อรอจำหน่าย



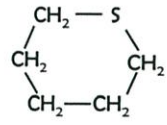
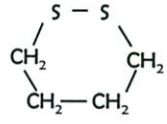
รูปที่ 2.28 หน่วยผลิตกำมะถัน

2.1.5.3 หน่วยบำบัดน้ำทิ้ง (Wastewater Treatment Unit) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่บำบัดน้ำทิ้งจากระบบต่าง ๆ ของโรงกลั่น โดยน้ำทิ้งที่ไม่มีการปนเปื้อนจะถูกปรับสภาพให้เป็นกลาง และระบายลงสู่บ่อพักน้ำ ส่วนน้ำทิ้งที่ได้จากกระบวนการผลิต จะต้องนำมาผ่านขั้นตอนการบำบัดทางกายภาพซึ่งเป็นการแยกน้ำมันที่ลอยอยู่บนผิวหน้าออกจากน้ำโดยใช้ WIER อุปกรณ์ตักเก็บน้ำมัน อุปกรณ์แยกน้ำมัน และการใช้ฟองอากาศจากระบบ DAF (Dissolved Air Floatation) ประกอบก่อนผ่านเข้าสู่ระบบบำบัดทางชีวภาพแบบตะกอนเร่ง (Activated sludge) ซึ่งประกอบด้วยบ่อเติมอากาศ บ่อตกตะกอน และถังกรองตะกอน เพื่อลดค่าความสกปรก BOD และค่าสารแขวนลอยให้น้อยลงจนมีคุณภาพได้มาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรม ก่อนส่งไปบ่อพักน้ำ และระบายลงคลองสาธารณะ

2.8 การปรับปรุงคุณภาพในน้ำมัน

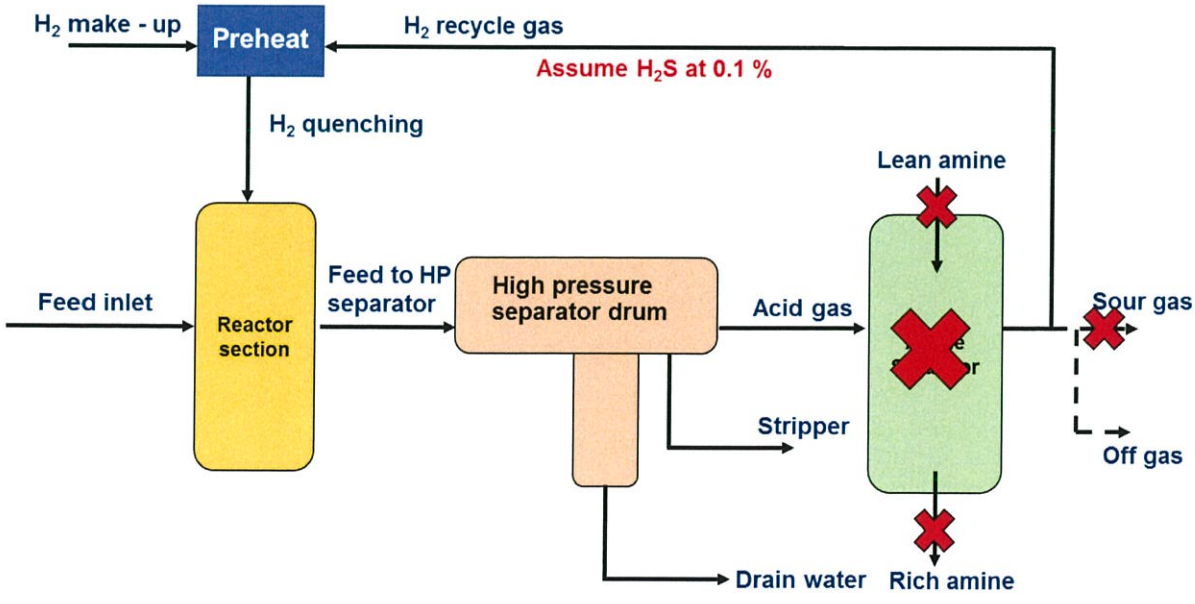
การที่น้ำมันมีคุณภาพต่ำลงกว่าเดิม มีสาเหตุมาจากการที่มีกำมะถันจากการกลั่นน้ำมันติดปะปนเข้ามาในน้ำมัน โดยกำมะถันที่ติดปะปนเข้ามาในน้ำมัน จะประกอบไปด้วยกันทั้งหมด 5 รูปแบบ ได้แก่ เมอร์แคปแทน ซัลไฟด์ ไดซัลไฟด์ ซัลไฟด์แบบวง และ ไทรโอฟีน จากนั้นทำการเปลี่ยนรูปกำมะถันเหล่านี้ ให้อยู่ในรูปแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ เพื่อให้สามารถระบายแก๊สออกไปเพื่อไปบำบัดและนำกลับมาใช้งานใหม่

ตารางที่ 2.2 ปฏิกิริยาการเปลี่ยนรูปกำมะถัน

ชนิดของกำมะถัน	ปฏิกิริยาเคมี
เมอร์แคปแทน	$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2SH + H_2 \rightarrow CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3 + H_2S$
ซัลไฟด์	$CH_3\text{-}CH_2\text{-}S\text{-}CH2\text{-}CH_3 + H_2 \rightarrow 2\ (CH_3\text{-}CH_3) + H_2S$
ไดซัลไฟด์	$CH_3\text{-}CH_2\text{-}S\text{-}S\text{-}CH2\text{-}CH3 + H_2 \rightarrow 2\ (CH_3\text{-}CH_3) + 2\ H_2S$
ซัลไฟด์แบบวง	 $+ 2H_2 \rightarrow CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}\ CH_2\text{-}CH_2CH_3 + H_2S$
ไทรโอพีน	 $+ 4H_2 \rightarrow CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}\ CH_2\text{-}CH_2CH_3 + H_2S$

2.9 กระบวนการบำบัดแก๊สในหน่วยปรับปรุงน้ำมัน [9]

สำหรับกระบวนการบำบัดแก๊สในหน่วยปรับปรุงแก๊สออยล์ มีวัตถุประสงค์หลัก คือ ต้องการให้แก๊สที่ออกมาจากหอแยกความดันสูง สามารถนำกลับมาใช้งานเป็นแก๊สไฮโดรเจนสำรองของเตาปฏิกรณ์ สำหรับกระบวนการบำบัดแก๊ส จะมีอุปกรณ์หลัก ๆ ด้วยกันทั้งหมด 3 ส่วน คือ เตาปฏิกรณ์ หอแยกความดันสูง และ หอบำบัดแก๊สด้วยเอมีน



รูปที่ 2.29 กระบวนการบำบัดแก๊สในหน่วยปรับปรุงแก๊สออยล์

2.9.1 เตาปฏิกรณ์

เตาปฏิกรณ์ของหน่วยปรับปรุงน้ำมันของแก๊สออยล์ เป็นเตาปฏิกรณ์ขนาดใหญ่ ที่มีลักษณะโครงสร้างเป็นหอ 2 หอติดกัน มีลักษณะการไหลเข้ามาจากด้านบนและไหลออกที่ด้านล่างของหอ โดยภายในเตาปฏิกรณ์จะเกิดปฏิกิริยาการแยกสารกำมะถันออกจากน้ำมัน ซึ่งจะทำหน้าที่เปลี่ยนสารกำมะถันทุกรูปแบบให้กลายเป็นแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ ดังสมการ

$$S + H_2 \rightarrow H_2S + \text{ความร้อนที่คายออกมา}$$

จากสมการพบว่าปฏิกิริยาการเปลี่ยนรูปกำมะถันเป็นปฏิกิริยาที่คายความร้อน (Exothermic Reaction) จึงจำเป็นต้องมีการเติมแก๊สไฮโดรเจนเพิ่มเข้าเตาปฏิกรณ์ ซึ่งแก๊สไฮโดรเจนที่เติมเข้าไป จะทำหน้าที่ 2 ประการคือ ทำให้เตาปฏิกรณ์มีอุณหภูมิเย็นลงและเพิ่ม Hydrogen Partial Pressure ในด้านล่างของหอ ให้มีปริมาณสูงเพียงพอ เพื่อป้องกันการเกิด Coke ที่อุณหภูมิสูงและส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาแยกกำมะถัน ให้ปฏิกิริยาเปลี่ยนไปทางขวาคือเกิดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์มากขึ้น แต่ปฏิกิริยาการเปลี่ยนสารกำมะถันให้กลายเป็นแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ ด้วยแก๊สไฮโดรเจน นั้นสามารถจะเกิดปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนกำมะถันได้น้อยกว่าเดิมได้ คือแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ เปลี่ยนกลับมาเป็นกำมะถัน และแก๊สไฮโดรเจนได้ส่วนหนึ่ง ที่สภาวะที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น จึงต้องรู้วิธีที่จะต้องควบคุมให้ปฏิกิริยาผลักไปข้างหน้า คือเกิดเป็นแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ ด้วยการมีแก๊สไฮโดรเจนที่มากพอและมีอุณหภูมิที่เหมาะสม โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาในปฏิกิริยานี้เป็น โคบอลต์ และ โมลิดิเนียม

ผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมาคือน้ำมัน Diesel หรือ Gas Oil แต่หากว่าน้ำมันที่ผ่านการบำบัดออกมาแล้วกำมะถันมีปริมาณไม่ลดลงตามที่ต้องการ จะทำการแก้ไขโดยเพิ่มอุณหภูมิขึ้นไปให้ปฏิกิริยาเกิดมากขึ้น ทั้ง ๆ ที่ อุณหภูมิยิ่งสูง โอกาสการเกิดการแลกเปลี่ยนกำมะถันได้ลงน้อยก็มีโอกาสเพิ่มมากขึ้น กรณีเช่นนี้ควรเพิ่มปริมาณแก๊สไฮโดนเจนแทน จะทำให้ได้ผลทางปฏิกิริยาดีกว่าที่เพิ่มอุณหภูมิ เพราะการเพิ่มแก๊สไฮโดรเจนจะผลักปฏิกิริยาไปทางขวามือทำให้แยกกำมะถันได้ดี และยังไปเพิ่ม Hydrogen Partial Pressure ป้องกันการเกิด Coke ที่ตัวเร่งปฏิกิริยาได้ดีกว่า ทำให้ ตัวเร่งปฏิกิริยามีคุณภาพดีกว่าในระยะยาวซึ่งจะทำให้ประหยัดทั้ง ตัวเร่งปฏิกิริยาและพลังงาน

2.9.2 หอแยกความดันสูง และหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีน

หอแยกในหน่วยปรับปรุงแก๊สออยล์ เป็นแบบหอแยกความดันสูง มีหน้าที่หลายประการ ดังเช่น

2.9.2.1 ควบคุมความดัน (Pressure System) ทั้งระบบที่อยู่ในกระบวนการบำบัดแก๊สในหน่วยปรับปรุงแก๊สออยล์ การควบคุมความดันมีวัตถุประสงค์ที่จะทำให้ความดันในเตาปฏิกรณ์มีค่าคงที่ที่เหมาะสมกับการเกิดปฏิกิริยา ความดันยิ่งมีค่าสูงขึ้น จะส่งผลให้มีสาร Hydrogen Partial Pressure สูงมากขึ้นตาม จะทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ดีขึ้น และทำให้สารกำมะถันเปลี่ยนเป็นแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้มากขึ้น แต่ความดันจะถูกจำกัดอยู่ที่ข้อกำหนดของการออกแบบเนื่องจากอุปกรณ์ ซึ่งมีความดันอยู่ที่ 40.00 barg

2.9.2.2 ต้องการที่จะแยกเอาแก๊สเบาคือแก๊สไฮโดรเจนที่เหลือออกแล้วทำการบำบัดให้มีความบริสุทธิ์สูงเพื่อนำกลับไปใช้งานเป็นแก๊สใช้งานในระบบ เพื่อให้ Compressor Loading ลดลง เมื่อมีปริมาณแก๊สไฮโดรเจนลดลงจะต้อง Load Compressor มากขึ้น เพราะมีแก๊สชนิดอื่นๆ เช่น มีเทน และ อีเทน มากยิ่งขึ้น ส่งผลให้เกิดการสูญเสียพลังงาน เพราะแก๊สที่นำมาใช้งานในระบบต้องการแก๊สไฮโดรเจนเป็นหลัก หอแยกความดันสูงจึงใช้ความดันสูงกดให้แก๊สหนักควบแน่นและปล่อยแก๊สตัวเบาออกมาก่อน คือ แยกแก๊สไฮโดรเจนออกมา แต่ในการปฏิบัติงานจริงจะต้องควบคุมให้มีปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์อยู่ในแก๊สใช้งานในระบบจำนวนหนึ่ง เพื่อให้กลับไปรักษาระดับสมดุลกำมะถันบนตัวเร่งปฏิกิริยาให้เหมาะสมกับการเกิดปฏิกิริยา พร้อมกับทำให้เกิดการสมดุลของปฏิกิริยาการเปลี่ยนกำมะถัน ให้เป็นแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้มากขึ้น พร้อมป้องกันการเกิดปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนกำมะถันน้อยลงกว่าเดิมด้วย ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในแก๊สใช้งานในระบบ จะต้องไม่มีปริมาณมากจนเกินกว่ากำหนด เพราะว่าถ้ามากไปก็จะไปทำให้มีแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ อยู่มากในทางปฏิกิริยาก็จะทำให้เกิดปฏิกิริยาลดลง คือสารกำมะถันในน้ำมันก็จะเปลี่ยนเป็นแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้น้อยลงทำให้แยกกำมะถันออกจากน้ำมันไม่ดี ดังนั้นในการออกแบบจึงต้องมีหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีนเอาไว้ เพื่อควบคุมปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ใน Recycle Gas ให้เหมาะสมตามที่ต้องการ

2.9.2.3 แยกน้ำมันออกจากแก๊ส เพื่อเอาน้ำมันไปผลิตเป็นผลผลิต ซึ่งการแยกจะเกิดขึ้นได้ดีเมื่ออุณหภูมิต่ำที่ระดับใกล้เคียงกับบรรยากาศ

2.9.2.4 ทำหน้าที่ควบคุมความปลอดภัยของถังความดันและอุปกรณ์อื่น ๆ ในระบบ

2.10 ระบบควบคุม [10], [11]

ระบบควบคุมคือรูปแบบของระบบใด ๆ ที่มีการจัดองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในระบบเพื่อให้มีผลตอบสนองของระบบเป็นไปตามที่ต้องการ ส่วนใหญ่จะอาศัยพื้นฐานทฤษฎีระบบเชิงเส้นมาช่วยในการวิเคราะห์พิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุผล (Cause - effect) ของแต่ละองค์ประกอบของระบบไม่ว่าระบบควบคุมนั้นจะมีความซับซ้อนมากน้อยเพียงไรก็ตาม พื้นฐานของระบบควบคุมจะมีองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วนดังนี้

1. อินพุต (Input) คือ วัตถุประสงค์ของการควบคุม
2. กระบวนการ (Process) คือ ขั้นตอน หรือหลักการที่ใช้ในการควบคุม
3. เอาต์พุต (Output) คือ ค่าที่ได้รับจริง

จากองค์ประกอบต่าง ๆ ข้างล่างต้นสามารถนำมาเขียนแทนบล็อกไดอะแกรมอย่างง่าย ๆ ดังรูปที่ 2.30

รูปที่ 2.30 พื้นฐานระบบควบคุม

2.10.1 วัตถุประสงค์ของระบบควบคุม

1. เพิ่มประสิทธิภาพการผลิต
2. ป้องกันความเสียหายของระบบ และผู้ปฏิบัติงาน
3. ลดค่าใช้จ่ายในการผลิต เช่นใช้เวลาใน operate น้อยลง
4. ใช้กับขบวนการผลิตแบบต่อเนื่องและจำนวนมาก

2.10.2 รายละเอียดความเป็นมาของลำดับการพัฒนาระบบควบคุม

ตารางที่ 2.3 รายละเอียดความเป็นมาของลำดับการพัฒนาระบบควบคุม

ปี (ค.ศ.)	รายละเอียดความเป็นมา
1769	เจมส์ วัตต์ (James Watt) ได้ทำการประดิษฐ์คิดค้นเครื่องจักรพลังไอน้ำ พร้อมทั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วโดยอาศัยหลักการพื้นฐานของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ ซึ่งก็เป็นจุดเริ่มต้นของการปฏิวัติทางอุตสาหกรรมครั้งใหญ่ในเครือสหราชอาณาจักร
1800	อีลิ วิทนี่ (Eli Whitney) ได้เสนอแนวความคิดของระบบควบคุมการผลิตปืนที่สามารถเปลี่ยนส่วนประกอบต่าง ๆ ภายในได้โดยการพัฒนาระบบการผลิตของอีลินั้นจะต้องคำนึงถึงผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในปริมาณมาก ๆ เป็นหลัก
1868	เจซี แมกซ์เวล (J.C. Maxwell) ได้นำเอาสมการ หรือ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มาอธิบายระบบควบคุมความเร็วของเครื่องจักรพลังไอน้ำ
1913	เฮนรี่ ฟอร์ด (Henry Ford) ได้ทำการประกอบเครื่องจักรกลที่เป็นผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับรถยนต์
1927	เฮช ดับบลิว โบด (H.W.Bode) ได้นำเสนอหลักการวิเคราะห์วงจรขยายสัญญาณแบบป้อนกลับ
1932	เฮช ไนควิสท (H.Nyquist) ได้นำเสนอหลักการวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบควบคุม
1952	สถาบันเทคโนโลยีแมซซาซูแซส (Massachusetts Institute of Technology)ได้ทำการพัฒนาการควบคุมเชิงเลข (Numerical Control ; NC) ขึ้นเพื่อนำมาใช้ในการควบคุมแขนกล
1954	จอร์จ เดวอล (George Devol) ได้ทำการพัฒนาโปรแกรม “Article -transfer” เพื่อใช้ในการออกแบบหุ่นยนต์อุตสาหกรรม
1960	ได้มีการนำเอาวิธีการออกแบบของเดวอลมาออกแบบหุ่นยนต์เพื่อช่วยงานเป็นครั้งแรก
1970	ได้นำเอาระบบควบคุมแบบออปติมัล และแบบจำลองของตัวแปรสเตท (State -variable model) นำมาใช้ในระบบควบคุม
1980	ได้มีการศึกษาและออกแบบระบบควบคุมแบบโรบัส (Robust - control) อย่างแพร่หลาย
1990	ได้นำเอาระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ มาใช้ในโรงงานมากขึ้น
1994	ได้นำระบบควบคุมแบบป้อนกลับถูกนำมาใช้งานแพร่หลายขึ้น เช่น ในอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ ตามความต้องการในการผลิตด้วยเครื่องจักรอันทันสมัย

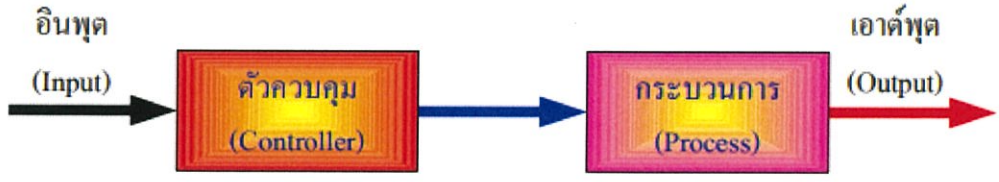
2.10.3 ประเภทของระบบควบคุม

ในการจำแนกประเภทของการควบคุมมีหลายหลักเกณฑ์ด้วยกัน ซึ่งสามารถแบ่งได้ตามลักษณะงาน ตามลักษณะสมบัติของค่าเป้าหมาย เป็นต้น ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะกล่าวอย่างแน่นอนและตายตัวกว่าการควบคุมมีกี่ประเภท เพื่อเป็นการลดความสับสนและสอดคล้องกับองค์ประกอบการควบคุม การแบ่งประเภทของการควบคุมจะแบ่งตามเกณฑ์เป็น 2 ประเภทด้วยกันคือ

1. ระบบควบคุมแบบเปิด (Open loop control system)
2. ระบบควบคุมแบบปิด (Closed loop control system)

2.10.3.1 ระบบควบคุมแบบเปิด (Open loop control system)

ระบบควบคุมแบบเปิดหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าระบบควบคุมแบบไม่มีการป้อนกลับ ระบบนี้เป็นระบบที่ง่ายที่สุดและมีอุปกรณ์ภายในที่ไม่ยุ่งยาก ระบบนี้ค่าเอาต์พุตที่ได้จะไม่มีผลต่อการควบคุมกระบวนการของระบบ นั่นหมายความว่าจะไม่มีการนำเอาค่าของเอาต์พุตที่ได้กลับมาทำการเปรียบเทียบกับค่าอินพุตที่อ้างอิง ที่ป้อนให้กับระบบ ตัวอย่างเช่นการควบคุมการเปิด ปิดไฟสัญญาณไฟจราจร การควบคุมสายพานลำเลียง และการควบคุมระบบของน้ำในถังเป็นต้น ซึ่งสามารถแสดงลักษณะระบบควบคุมแบบเปิด ได้ดังรูปที่ 2.31



รูปที่ 2.31 ระบบควบคุมแบบเปิด

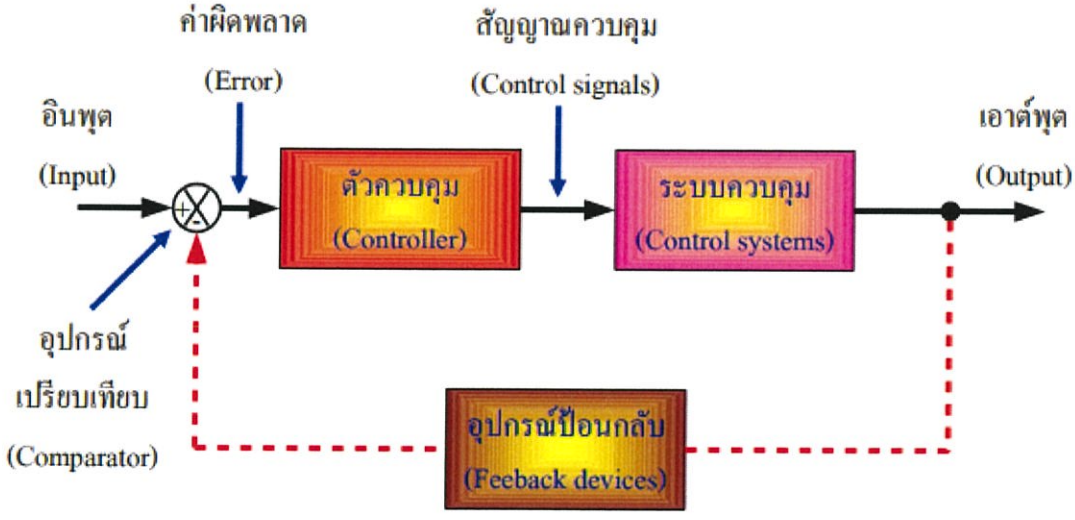
ข้อสังเกตการควบคุมของระบบแบบเปิด คือ

1. ไม่มีการนำสัญญาณทางด้านเอาต์พุตป้อนกลับมาทางด้านอินพุต
2. ระบบไม่มีความซับซ้อน
3. ระบบใช้กับงานที่ไม่ต้องการความแม่นยำ เที่ยงตรงและแน่นอน
4. เป็นระบบควบคุมที่ประหยัด

2.10.2.2 ระบบควบคุมแบบปิด (Close loop control system)

ระบบการควบคุมแบบปิด เป็นระบบการควบคุมที่สัญญาณทางด้านเอาต์พุตมีผลโดยตรงต่อการควบคุม ดังนั้นการควบคุมแบบปิดก็คือการควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback control) นั่นเองสัญญาณป้อนกลับ นี้อาจจะเป็นสัญญาณเอาต์พุตโดยตรง ระบบการควบคุมแบบปิด จะเห็นได้ทั่ว ๆ ไปทั้งในงานอุตสาหกรรมหรือตามบ้านเรือน ตัวอย่างการควบคุมแบบปิดได้แก่ การควบคุมอุณหภูมิการควบคุมความดัน การควบคุมอัตราการไหล ระบบการควบคุม กระบวนการตู้เย็นที่ใช้ตามบ้านเรือน

เมื่อระบบควบคุมแบบเปิดนั่นไม่เกิดความแม่นยำในการควบคุม ดังนั้นจึงมีการส่งสัญญาณเอาต์พุต ซึ่งจะมีผลโดยตรงกับระบบควบคุมมาใช้งาน โดยการนำสัญญาณจากเอาต์พุตของระบบป้อนกลับมาเปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุตที่ป้อนให้กับระบบ ซึ่งจะนำเอาผลของสัญญาณทั้งสองมาเปรียบเทียบก็จะเป็นสัญญาณค่าผิดพลาด (Error) เพื่อใช้เป็นสัญญาณป้อนเข้าตัวควบคุม เพื่อลดความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นในระบบและทา ให้เอาต์พุต ของระบบเข้าสู่ค่าที่เราต้องการ (Set- point) ดังแสดงในรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.32 ระบบควบคุมแบบปิด

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

ส่วนที่ 1 การวางระบบท่อจากบ่อน้ำบาดาลเข้าระบบน้ำใช้มีวิธีการดำเนินงานดังต่อไปนี้

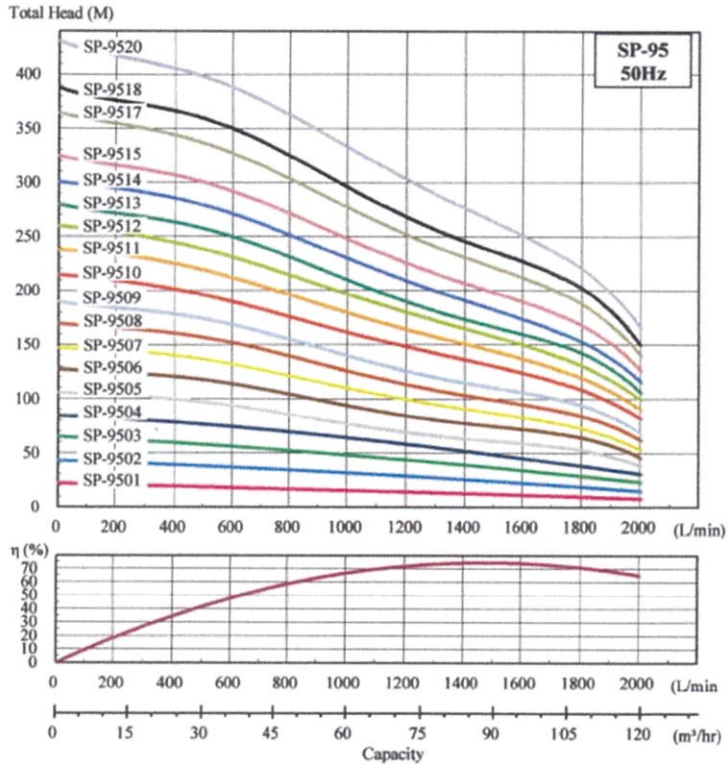
3.1 ศึกษาเส้นทางที่จะทำการวางระบบท่อจากบ่อน้ำบาดาลเข้าระบบน้ำใช้

การออกแบบเส้นทางที่จะทำการวางระบบท่อส่งน้ำบาดาลเข้าสู่ระบบน้ำใช้ของโรงกลั่น จะอ้างอิงจากระบบท่อน้ำประปาและระบบท่อสาธารณูปโภคอื่นๆที่มีการติดตั้งก่อนหน้านี้เป็นหลัก เพื่อให้ระบบท่อภายในโรงกลั่นอยู่ในทิศทางเดียวกัน และไม่ซับซ้อนเกินไป โดยจะทำการวางระบบท่อ โดยเริ่มต้นจากบ่อบาดาลที่ทำการขุดเจาะใหม่ของหน่วยสาธารณูปโภคสำรองไประบบท่อสาธารณูปโภคต่าง ๆ ภายในโรงกลั่นโดยน้ำบาดาลจากบ่อบาดาลที่ขุดเจาะใหม่ จะไหลเข้าไปบ่อหล่อเย็นของหน่วยการผลิตที่ 4 และเข้าถังกักเก็บน้ำสำรอง แต่เนื่องจากระบบท่อสาธารณูปโภคไปบ่อหล่อเย็นของหน่วยการผลิตที่ 4 และเข้าถังกักเก็บน้ำสำรองได้มีการวางระบบท่ออยู่ไว้ก่อน ทำให้ระยะทางที่ทำการติดตั้งระบบท่อเหลือระยะทางแค่จากบ่อบาดาลไปถึงระบบท่อสาธารณูปโภค โดยจะเลือกใช้ท่อ ปั๊ม และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เหมาะสมในการขนส่งน้ำบาดาลเข้าระบบท่อสาธารณูปโภคในครั้งนี้

รูปที่ 3.1 ระบบท่อสาธารณูปโภคสำรองของ และบริเวณที่จะทำการขนส่งน้ำบาดาล
ที่มา : บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)

3.2 กำหนดอัตราการไหลของปั๊มและคำนวณหาความดันที่ออกมาจากปั๊ม

ความสูงของปั๊มที่สามารถดันของไหล สามารถหาได้จากอัตราการไหลและชนิดของปั๊มบาดาลที่ใช้งาน ซึ่งในการออกแบบระบบท่อน้ำบาดาลในครั้งนี้จะใช้ปั๊มชนิดจุ่มใต้น้ำรุ่น SP-9510 และอัตราการไหลที่ 18 , 36 , 60 , 90 และ 120 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงตามลำดับ เพื่อทำการตรวจสอบว่าอัตราการไหลสูงสุดของปั๊มที่สามารถส่งน้ำบาดาลเข้าระบบน้ำใช้ แล้วไม่ส่งความเสียหายต่อระบบท่ออยู่ที่อัตราการไหลเท่าใด โดยสามารถหาค่าได้จากกราฟประสิทธิภาพของปั๊มบาดาลชนิดจุ่มใต้น้ำ ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 กราฟประสิทธิภาพของปั๊มบาดาลชนิดจุ่มใต้น้ำ (Submersible pump)
ที่มา : บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)

จากนั้นทำการนำค่าความสูงของปั๊มที่สามารถดันของไหล มาคำนวณหาความดันที่ออกมาจากปั๊ม ซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ 3-1

$$P_{pump} = 0.0981 \times S.G. \times H \qquad (3\text{-}1)$$

เมื่อ P_{pump} = ความดันที่ออกจากปั๊มบาดาล (barg)

S.G. = ความถ่วงจำเพาะของน้ำ

H = ความสูงของปั๊มที่สามารถดันของไหลขึ้นไป (m)

3.3 คำนวณอัตราเร็วของน้ำบาดาลภายในระบบท่อ

การคำนวณอัตราเร็วของน้ำบาดาลภายในระบบท่อ มีความสำคัญต่อปริมาณน้ำบาดาลที่เข้าในระบบน้ำใช้ของโรงกลั่น แต่อัตราเร็วภายในท่อจะถูกจำกัดอัตราเร็วไว้ที่ 2.5 ตารางเมตรต่อวินาที ตามมาตรฐานที่ทางบริษัทบางจากได้กำหนด เพื่อป้องกันกำลังการผลิตไม่มากเกินไป จนส่งผลต่อความเสียหายภายในระบบท่อ โดยสามารถคำนวณหาอัตราเร็วภายในระบบท่อได้จากสมการ Continuity ดังต่อไปนี้

$$Q_{pump} = 3600AV \qquad (3\text{-}2)$$

เมื่อ Q_{pump} = อัตราการไหลของน้ำบาดาลที่ออกจากปั๊มบาดาล (m^3/h)

A = พื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อน (m^2)

V = อัตราเร็วของน้ำบาดาลภายในระบบท่อ (m/s)

3.4 คำนวณความดันตกคร่อมภายในระบบท่อจากบ่อบาดาลไประบบน้ำใช้

การคำนวณความดันตกคร่อมไปภายในระบบท่อ เป็นวิธีการตรวจสอบน้ำที่ออกจากปั๊มของบ่อบาดาลสามารถเข้ามาใช้งานในระบบน้ำใช้ของโรงกลั่นได้หรือไม่ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้จากการคำนวณ ดังต่อไปนี้

3.4.1 คำนวณความดันแต่ละจุด

3.4.1.1 คำนวณความดันที่ออกจากปั๊มบาดาล

$$P_{pump} = 0.0981 \times S.G. \times H \qquad (3\text{-}1)$$

3.4.1.2 คำนวณความดันสูงสุดของถังกักเก็บน้ำ

$$P_{tank} = P_0 + \left(\frac{\rho g h_{max}}{100000}\right) \qquad (3\text{-}3)$$

เมื่อ P_{tank} = ความดันสูงสุดของถังกักเก็บน้ำ (barg)

P_0 = ความดันบรรยากาศ (barg)

h_{max} = ปริมาณน้ำสูงสุดของถังกักเก็บน้ำ (m)

ρ = ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m^2/s)

3.4.2 คำนวณความดันขาออกจากระบบท่อน้ำบาดาล

สามารถคำนวณหาความดันขาออกจากระบบได้จากความดันเริ่มต้น – (ความดันตกคร่อมภายในระบบท่อ + ความดันไหลย้อนกลับจากระบบ) โดยที่ความดันตกคร่อมสามารถหาได้จาก

$$\frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} + \frac{P_1 - P_2}{\rho g} + z_1 - z_2 = H_f + H_L \qquad (3\text{-}4)$$

โดยที่ H_f หาได้จาก

$$H_f = \frac{V_2^2}{2g} x \left[\frac{fl}{d} + \sum K_L \right] \qquad (3\text{-}5)$$

ส่วนความดันไหลย้อนกลับจากระบบสามารถหาได้จากสมการ

$$\frac{P_{back}}{\rho g} = \left[\frac{fl}{d} x \frac{V_2^2}{2g} \right] + \frac{V_2^2}{2g} + Z_1 - Z_2 \qquad (3\text{-}6)$$

เมื่อ V_1 = อัตราเร็วของน้ำในบ่อบาดาล (m/s)

V_2 = อัตราเร็วของน้ำในระบบท่อ (m/s)

$P_1 - P_2$ = ความดันตกคร่อมภายในระบบท่อ (Pa)

P_{back} = ความดันไหลย้อนกลับจากระบบ (Pa)

$z_1 - z_2$ = ความสูงของระบบท่อ (m)

H_f = ความสูญเสียจากระบบท่อ (m.)

H_L = ความสูญเสียจากปั๊ม (m.)

ρ = ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m^2/s)

f = สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

l = ความยาวทั้งหมดของระบบท่อ (m)

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของระบบท่อ (m)

$\sum K_L$ = ผลรวมความสูญเสียจากอุปกรณ์ภายในระบบท่อ (m.)

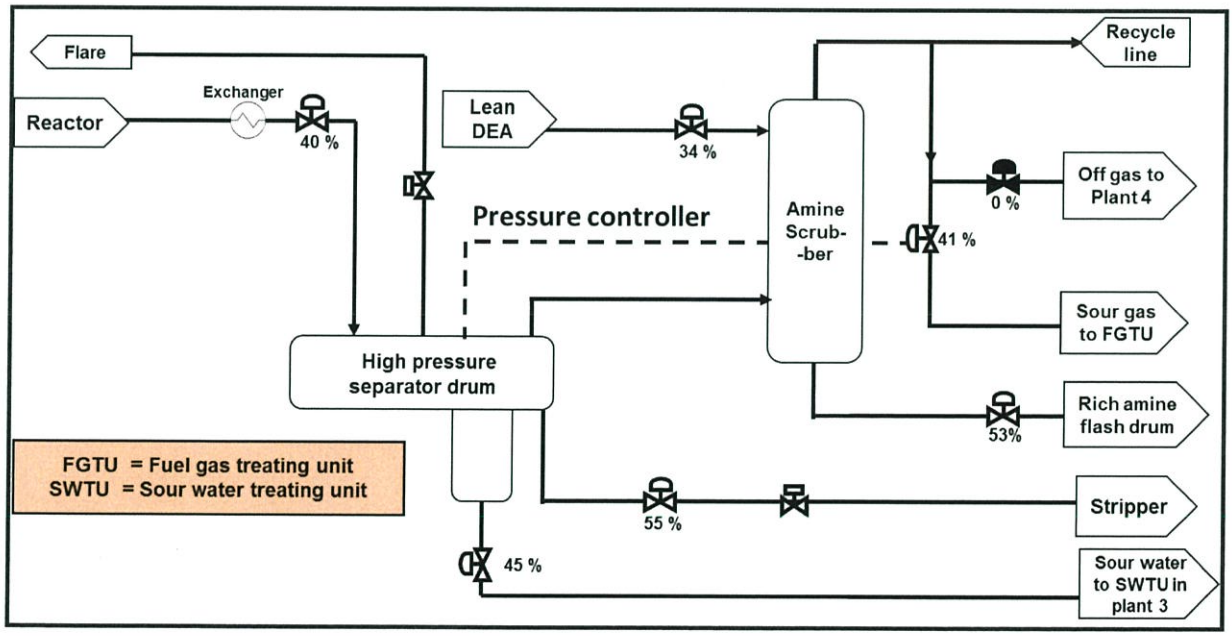
3.5 คำนวณค่าใช้จ่ายเบื้องต้นในการก่อสร้างระบบท่อบาดาล

ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบท่อบาดาลจะแบ่งออกเป็นด้วยกันเป็น 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ ส่วนอุปกรณ์ที่ทำการติดตั้งไม่ว่าจะเป็น ท่อ วาล์ว อุปกรณ์วัดค่า หรือข้อต่อต่าง ๆ และอีกส่วนเป็นส่วนแรงงานที่ใช้ในการติดตั้งระบบท่อ รวมไปถึงค่าเชื่อมท่อ

ส่วนที่ 2 การปรับปรุงระบบควบคุมความดันที่หน่วยกำจัดกำมะถันมีวิธีการดำเนินงานดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษาระบบควบคุมภายในหอแยกความดันสูงและหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีนแก๊สด้วยเอมีนและทำการปรับปรุงระบบควบคุมความดัน

จากการศึกษาพบว่า แต่เดิมระบบควบคุมภายในหอแยกความดันสูง มีตัวควบคุมความดันเป็นตัวควบคุมการเปิดวาล์วระบายแก๊สออกไปเมื่อความดันในหอแยกความดันสูงมีค่าความดันมากเกิน 40.00 barg โดยจะระบายแก๊สออกไปที่หน่วยกำจัดกำมะถันในเชื้อเพลิงเพียงทางเดียว ส่วนวาล์วปล่อยแก๊สทิ้งออกไปหน่วยการผลิตที่ 4 จะไม่เกี่ยวข้องกับตัวควบคุมความดัน จึงทำการปรับปรุงระบบควบคุมความดันให้สามารถควบคุมวาล์วปล่อยแก๊สทิ้งออกไปหน่วยการผลิตที่ 4 ด้วย เพื่อรองรับในสถานการณ์ที่หน่วยกำจัดกำมะถันในเชื้อเพลิงมีปัญหา



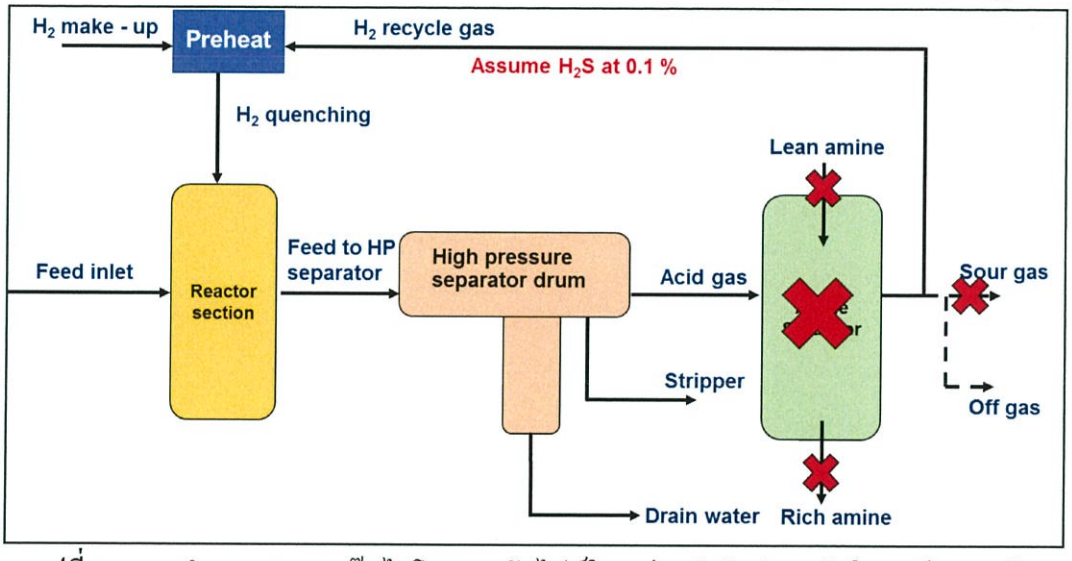
รูปที่ 3.3 ระบบภายในของหน่วยกำจัดกำมะถันในแก๊สออยล์

ที่มา : บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)

3.2 คำนวณหาสัดส่วนแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เข้าระบบ เมื่อหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีนไม่ทำงาน

แก๊สที่สามารถนำกลับมาใช้งานใหม่ได้ จะมีสัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในแก๊สทั้งหมดอยู่ไม่เกิน 1.0 % โดยทั่ว ๆ ไปแก๊สที่ออกจากหอแยกความดันสูงจะเข้าหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีนเพื่อทำให้แก๊สมีความบริสุทธิ์เพียงพอก่อนนำกลับมาใช้งาน แต่หากว่าหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีนไม่สามารถทำการบำบัดเอมีนได้เนื่องจากเกิดปัญหามาจากหน่วยกำจัดกำมะถัน จะทำให้แก๊สที่ออกมาไม่มีความบริสุทธิ์มากเพียงพอ ส่งผลให้แก๊สที่เข้ามายังไม่สามารถใช้งานในระบบได้ จึงทำการคำนวณหาปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่เข้าระบบ และปริมาณแก๊สไฮโดรเจนที่เติมเข้าไปเพื่อรักษาสมดุลในระบบ จากการทำสมดุลมวลภายในหน่วยกำจัดกำมะถัน โดยอ้างอิงข้อมูลจากค่าออกแบบในตอนแรกเป็นหลัก

3.2.1 กรณีที่มีการระบายแก๊สออก (ความดันของหอแยกความดันสูงมากกว่า 40.0 barg)



รูปที่ 3.4 การทำสมดุลมวลแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในหน่วยกำจัดกำมะถันในกรณีความดันน้อยกว่า 40 barg

ที่มา : บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)

3.2.1.1 คำนวณปริมาณและสัดส่วนแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เข้าและระบายออกระบบ

สามารถคำนวณได้โดยการทำการคำนวณสมดุลของแก๊สที่บริเวณทางเข้าและทางออกของหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีน

สมดุลของแก๊สทั้งหมด

ปริมาณแก๊สทั้งหมดที่เข้าหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีน = ปริมาณแก๊สที่ออกจากหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีน

ปริมาณแก๊สที่ออกจากหอแยกความดันสูง = ปริมาณแก๊สที่เข้าระบบ +

ปริมาณแก๊สที่ระบายออก (3-7)

สมดุลแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์

กำหนดให้สัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เข้าไปในระบบตอนเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 0.1 % ของแก๊สทั้งหมด

สัดส่วนแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เข้าหอ = สัดส่วนแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ออกจากหอ

สัดส่วนแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ออกจากหอแยกความดันสูง

= สัดส่วนแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ของแก๊สที่เข้าไปในระบบ

= สัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ของแก๊สที่ระบายออกจากระบบ (3-8)

นำสมการที่ (3-7) กับสมการที่ (3-8) มาเทียบกัน จะได้ปริมาณและสัดส่วนของแก๊สที่เข้าและระบายออกจากระบบ ทั้งแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์และแก๊สทั้งหมดออกมา

3.2.1.2 คำนวณปริมาณแก๊สที่เติมเข้าไปเพื่อรักษาสมดุลแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในระบบ

เมื่อทราบปริมาณและสัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เข้ามาในระบบ แล้วพบว่าสัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์มีค่าเกิน 1.0 % ทำให้ต้องมีการเติมแก๊สไฮโดรเจนสำรอง (สัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ = 0.48 %) เพื่อทำให้แก๊สที่เข้ามาในระบบมีสัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์น้อยกว่า 1.0 % ถึงจะสามารถนำมาใช้งานได้

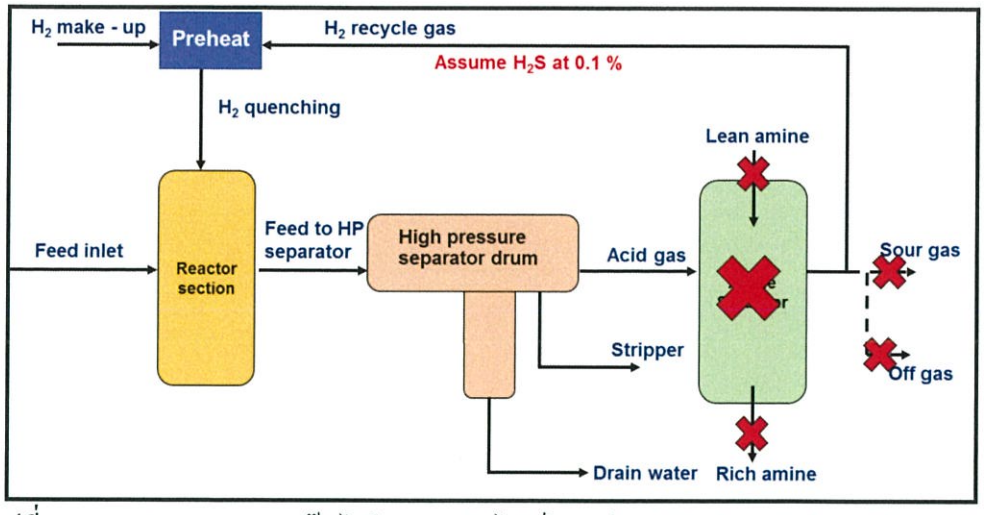
สมดุลแก๊สที่เข้าในระบบ

แก๊สไฮโดรเจนสำรอง + แก๊สไหลเข้าระบบ = แก๊สไฮโดรเจนที่เข้าเตาปฏิกรณ์

สัดส่วนแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เข้าไปในระบบ x ปริมาณแก๊สที่เข้าระบบทั้งหมด

= (สัดส่วนแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์จากแก๊สที่ออกจากหอบำบัดแล้วกลับเข้ามาในระบบ x ปริมาณของแก๊สออกจากหอบำบัดแล้วกลับเข้ามาในระบบ) + (สัดส่วนแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์จากแก๊สไฮโดรเจนสำรอง x ปริมาณแก๊สที่ไฮโดรเจนสำรองที่ต้องเติมเข้าไป) (3-9)

3.2.2 กรณีที่มีไม่มีการระบายแก๊สออก (ความดันของหอแยกความดันสูงไม่เกิน 40.0 barg) หากว่าในระบบมีความดันน้อยกว่า 40.00 barg จะทำให้ไม่มีการเปิดวาล์วระบายแก๊สออกมา ส่งผลให้แก๊สที่ออกจากหอแยกความดันสูง จะกลับเข้ามาในระบบเป็นแก๊สนำกลับมาใช้งานใหม่ และ หากว่าแก๊สที่ออกมาจากหอแยกความดันสูง ไม่ได้ผ่านการบำบัดจากหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีน จะทำให้แก๊สเหล่านั้นมีความบริสุทธิ์ไม่เพียงพอต่อการกลับมาใช้งานในระบบ (ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ > 1.0 %) จะทำให้ปฏิกิริยาการเปลี่ยนรูปกำมะถันในน้ำมันเปลี่ยนรูปได้น้อยลง ทำให้กำมะถันในน้ำมันเพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อน้ำมันที่ออกมาได้ จึงทำการคำนวณหาเวลาที่ระบบสามารถรองรับแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยไม่มีการระบายแก๊สออกจากระบบได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.5 การทำสมดุลมวลแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในหน่วยกำจัดกำมะถันในกรณีความดันมากกว่า 40 barg

ที่มา : บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)

คำนวณสัดส่วนแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เข้าระบบ

แก๊สไฮโดรเจนสำรอง + แก๊สไหลเข้าระบบ = แก๊สไฮโดรเจนที่เข้าเตาปฏิกรณ์

สัดส่วนแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เข้าระบบ =

[(สัดส่วนแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ออกจากหอแยกความดันสูง x ปริมาณแก๊สที่ออกจาก หอแยกความดันสูง) + (สัดส่วนแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในสายไฮโดรเจนสำรอง x ปริมาณแก๊สที่ในไฮโดรเจนสำรอง) / (แก๊สที่ออกจากหอแยกความดันสูง + แก๊สไฮโดรเจนสำรอง)] (3-10)

เวลาที่ระบบสามารถรองรับแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยไม่มีการระบายแก๊สออก

เวลาที่ระบบรองรับแก๊สได้ (นาที) = 60 / สัดส่วนแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เข้าระบบ (3-11)

3.3 คำนวณค่าใช้จ่ายในการเติมแก๊สไฮโดรเจนสำรอง

ประเมินค่าใช้จ่ายในการนำเข้าแก๊สไฮโดรเจนสำรองในการทำให้แก๊สในระบบสามารถนำกลับมาใช้งานได้ พร้อมกับประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยหาได้จาก

ราคาของแก๊สไฮโดรเจนสำรองที่เติมเข้าไป = ปริมาณแก๊สที่เพิ่ม x ความหนาแน่นแก๊ส x ราคา

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

ส่วนที่ 1 การวางระบบท่อจากบ่อน้ำบาดาลเข้าระบบน้ำใช้มีผลการดำเนินงานเป็นดังนี้

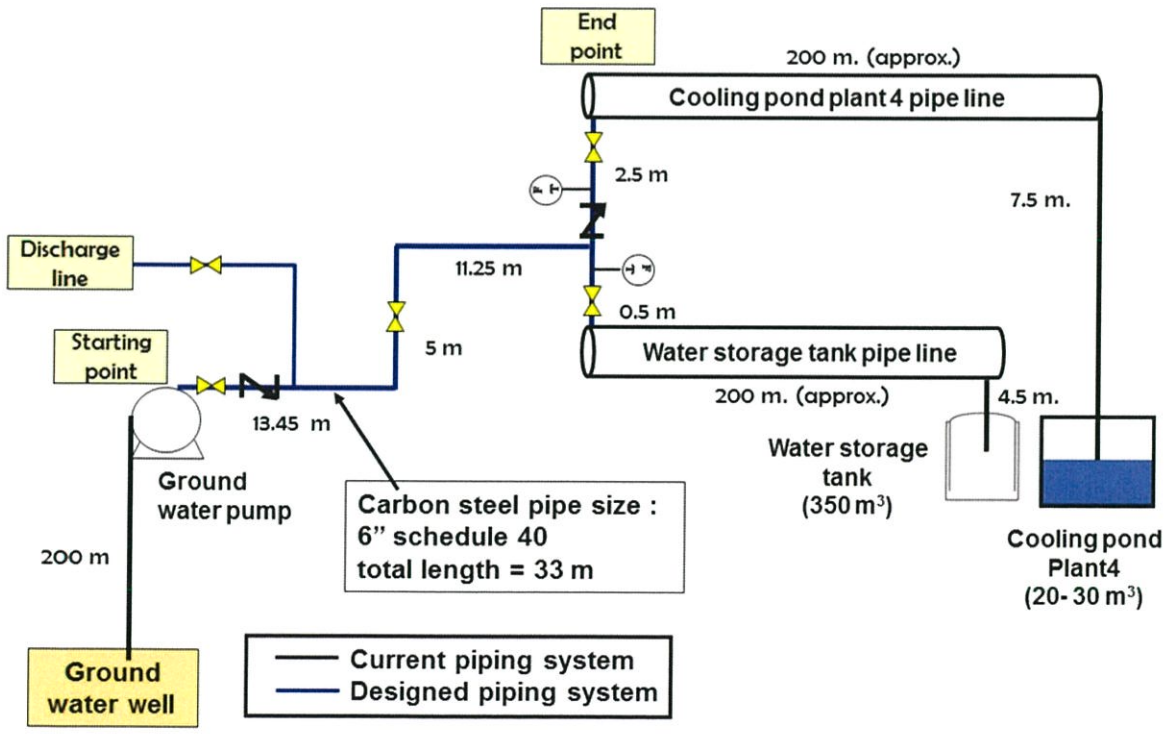
จากการวางระบบท่อจากบ่อน้ำบาดาลเข้าระบบน้ำใช้ สามารถแบ่งออกเป็นได้ 3 ส่วนด้วยกัน ได้แก่ ส่วนการออกแบบระบบท่อที่ใช้ขนส่งน้ำบาดาล การคำนวณหาอัตราการไหลของปั๊มและภายในท่อ และการคำนวณความดันตกคร่อมภายในระบบท่อ โดยมีผลการดำเนินงานดังต่อไปนี้

4.1 ผลการออกแบบระบบท่อที่ใช้ขนส่งน้ำบาดาลเข้าระบบน้ำใช้

การออกแบบระบบท่อที่ใช้ขนส่งน้ำบาดาลเข้าระบบน้ำใช้ภายในโรงกลั่นตรงบริเวณบ่อพักน้ำหล่อเย็นของหน่วยการผลิตที่ 4 และถังกักเก็บน้ำสำรอง จะอ้างอิงการติดตั้งของระบบท่อมาจากทิศทางของระบบท่อสาธารณูปโภคอื่น ๆ เป็นหลัก เพื่อให้ระบบท่อไปไหนทิศทางเดียวกันกับระบบท่อสาธารณูปโภคอื่น ๆ โดยเริ่มต้นจากปั๊มชนิดจุ่มใต้น้ำ (Submersible pump) รุ่น SP-9510 ที่ได้ทำการติดตั้งไว้ก่อนหน้านี้แล้ว เป็นตัวปั๊มสูบน้ำบาดาลขึ้นมา ส่วนระบบท่อที่ใช้ขนส่งน้ำบาดาลจะเป็นท่อเหล็กกล้าคาร์บอนขนาด 6 นิ้ว โดยมีระยะทางจากปั๊มถึงระบบท่อสาธารณูปโภคของบ่อพักน้ำหล่อเย็นของหน่วยการผลิตที่ 4 และ ถังกักเก็บน้ำสำรองเป็นระยะทางทั้งหมด 32.2 เมตร 30.2 เมตร ตามลำดับ พร้อมทั้งทำการติดตั้งวาล์วควบคุมการเปิดปิดของน้ำ วาล์วกันน้ำไหลกลับ และเครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำ

รูปที่ 4.1 เส้นทางของระบบท่อที่ส่งน้ำบาดาลไปบ่อน้ำหล่อเย็นของหน่วยกลั่นที่ 4 และถังกักเก็บน้ำ

ที่มา : บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)



รูปที่ 4.2 เส้นทางของระบบท่อบาดาลที่ทำการออกแบบ

4.2 ผลการคำนวณความดันที่ออกมาจากปั๊ม

สามารถหาค่าความดันที่ออกมาจากปั๊มได้จากการอ่านกราฟประสิทธิภาพของปั๊มบาดาลชนิดจุ่มใต้น้ำ (Submersible pump) รุ่น SP-9510 จะได้ค่าความสูงของปั๊มที่สามารถดันของไหลขึ้นไปได้ จากนั้นจะนำค่าความสูงของปั๊มที่สามารถดันของไหลขึ้นไปได้มาคำนวณหาความดันที่ออกจากปั๊ม จะได้ค่าความดันออกมาดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการคำนวณความดันที่ออกจากปั๊มน้ำบาดาล

อัตราการไหลของปั๊ม (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)	ความสูงของปั๊มที่สามารถดันของไหลขึ้นไป (เมตร)	ความดันที่ออกจากปั๊มน้ำบาดาล (barg)
18.00	206.00	20.14
36.00	190.00	18.57
60.00	162.00	15.84
90.00	124.00	12.12
120.00	82.00	8.02

4.3 ผลการคำนวณอัตราเร็วภายในระบบท่อน้ำบาดาล

การคำนวณอัตราเร็วภายในระบบท่อน้ำบาดาลจะใช้สมการ Continuity เป็นสมการในการคำนวณ โดยใช้อัตราการไหลของปั๊มที่ 18, 36, 60, 90 และ 120 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และท่อเหล็กกล้าขนาด 6 นิ้วเป็นตัวแปรในการคำนวณ จะได้อัตราการเร็วภายในระบบท่อน้ำบาดาลออกมาดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการคำนวณอัตราเร็วภายในระบบท่อ

อัตราการไหลของปั๊ม (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)	อัตราเร็วภายในระบบท่อ (ตารางเมตรต่อวินาที)
18.00	0.27
36.00	0.54
60.00	0.89
90.00	1.43
120.00	1.79

จากตารางผลการคำนวณอัตราเร็วภายในระบบท่อ จะพบว่าอัตราการไหลของปั๊มที่กำหนดมาทุกค่า ให้อัตราเร็วภายในระบบท่อไม่เกินค่าความเร็วที่กำหนดไว้ คือที่ 2.5 ตารางเมตรต่อวินาที ทำให้สามารถเลือกใช้อัตราการไหลของปั๊มที่มากที่สุดที่ปั๊มสามารถทำงานได้ คือที่อัตราการไหล 120 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

4.4 ผลการคำนวณความดันที่ตกคร่อมภายในท่อ

4.4.1 ผลการคำนวณความดันสูงสุดของระบบน้ำใช้ในโรงกลั่น

จากการสำรวจสถานที่จริงในโรงกลั่น พบว่าบ่อพักน้ำหล่อเย็นของหน่วยการผลิตที่ 4 มีลักษณะเป็นบ่อเปิด ทำให้ความดันสูงสุดของบ่อพักน้ำหล่อเย็นของหน่วยการผลิตที่ 4 เท่ากับความดันบรรยากาศ ส่วนถังกักเก็บน้ำสำรอง เป็นถังเปิดความสูง 10 เมตร แต่จะรับน้ำเพียง 90 % ของถังทั้งหมด จะได้ค่าความดันออกมาเป็น

ความดันสูงสุดของบ่อพักน้ำหล่อเย็นของหน่วยการผลิตที่ 4 = 1.01 barg

ความดันสูงสุดถังกักเก็บน้ำสำรอง = 1.89 barg

4.4.2 ผลการคำนวณความดันขาออกจากระบบท่อน้ำบาดาล

ความดันขาออกจากระบบท่อน้ำบาดาล สามารถหาได้จากความดันเริ่มต้น – ความดันตกคร่อม โดยความดันตกคร่อมภายในระบบท่อสามารถเกิดได้จากปัจจัยต่างหลากหลายปัจจัย ไม่ว่าจะเป็น อัตราเร็วของสารในระบบท่อ ความสูงของระบบท่อ ความยาวของท่อ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ติดเข้ามาในระบบท่อ โดยนำปัจจัยทั้งหมดสามารถนำมาเขียนให้อยู่ในรูปของสมการ Bernoulli และทำการหาค่าตัวแปรต่าง ๆ ออกมา พร้อมทั้งคำนวณหาค่าความดันตกคร่อมภายในระบบท่อ จะได้ออกมาเป็น

ความสูงของระบบท่อน้ำบาดาลไปบ่อพักน้ำหล่อเย็น = 7.50 m.

ความสูงของระบบท่อน้ำบาดาลไปถังกักเก็บน้ำสำรอง = 5.50 m.

ระยะทางจากปั๊มน้ำบาดาลไปบ่อพักน้ำหล่อเย็น = 32.20 m.

ระยะทางจากปั๊มน้ำบาดาลไปถังกักเก็บน้ำสำรอง = 30.20 m

ความสูญเสียจากปั๊มบาดาล = 0.00 m.

ตารางที่ 4.3 ผลการคำนวณความสูญเสียเนื่องจากระบบท่อของสายไปบ่อพักน้ำหล่อเย็นของหน่วยการผลิตที่ 4

อัตราการไหลของปั๊ม (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)	ความสูญเสียจากระบบท่อ (เมตร)	ความสูญเสียจากอุปกรณ์ต่าง ๆ (เมตร)	ความสูญเสียรวม (เมตร)
18.00	0.0042	0.0193	0.0235
36.00	0.0149	0.0771	0.0920
60.00	0.0384	0.2142	0.2526
90.00	0.0931	0.5484	0.6415
120.00	0.1424	0.8569	0.9993

ตารางที่ 4.4 ผลการคำนวณความสูญเสียเนื่องจากระบบท่อของสายไปถังกักเก็บน้ำสำรอง

อัตราการไหลของปั๊ม (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)	ความสูญเสียจากระบบท่อ (เมตร)	ความสูญเสียจากอุปกรณ์ต่าง ๆ (เมตร)	ความสูญเสียรวม (เมตร)
18.00	0.0039	0.0138	0.0177
36.00	0.0140	0.0551	0.0690
60.00	0.0360	0.1530	0.1890
90.00	0.0873	0.3917	0.4791
120.00	0.1335	0.6121	0.7456

ตารางที่ 4.5 ผลการคำนวณความดันขาออกจากระบบท่อน้ำบาดาล

อัตราการไหลของปั๊ม (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)	ความดันขาออกจากระบบท่อของสายไปบ่อหล่อเย็น (เมตร)	ความดันขาออกจากระบบท่อของสายไปถังกักเก็บ (เมตร)
18.00	18.67	19.25
36.00	17.08	17.67
60.00	14.31	14.91
90.00	10.51	11.12
120.00	6.33	6.94

จากการคำนวณความดันที่ออกมาจากระบบท่อน้ำบาดาลพบว่า ที่อัตราการไหลทุกอัตราการไหลที่นำมาคำนวณ ความดันที่ออกจากระบบท่อ มีความดันมากกว่าความดันสูงสุดในระบบ แสดงว่าระบบท่อที่เราทำการออกแบบ สามารถขนส่งน้ำบาดาลจากปั๊มบาดาลเข้าสู่ระบบน้ำภายในโรงกลั่นได้ทั้งบริเวณบ่อบำบัดน้ำหล่อเย็นของหน่วยการผลิตที่ 4 และถังกักเก็บน้ำสำรอง

4.5 ผลการคำนวณค่าใช้จ่ายเบื้องต้นในการก่อสร้างระบบท่อบาดาล

ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการดำเนินงานติดตั้งระบบท่อบาดาลสามารถสรุปออกมาได้ตามตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการดำเนินงานติดตั้งระบบท่อบาดาล

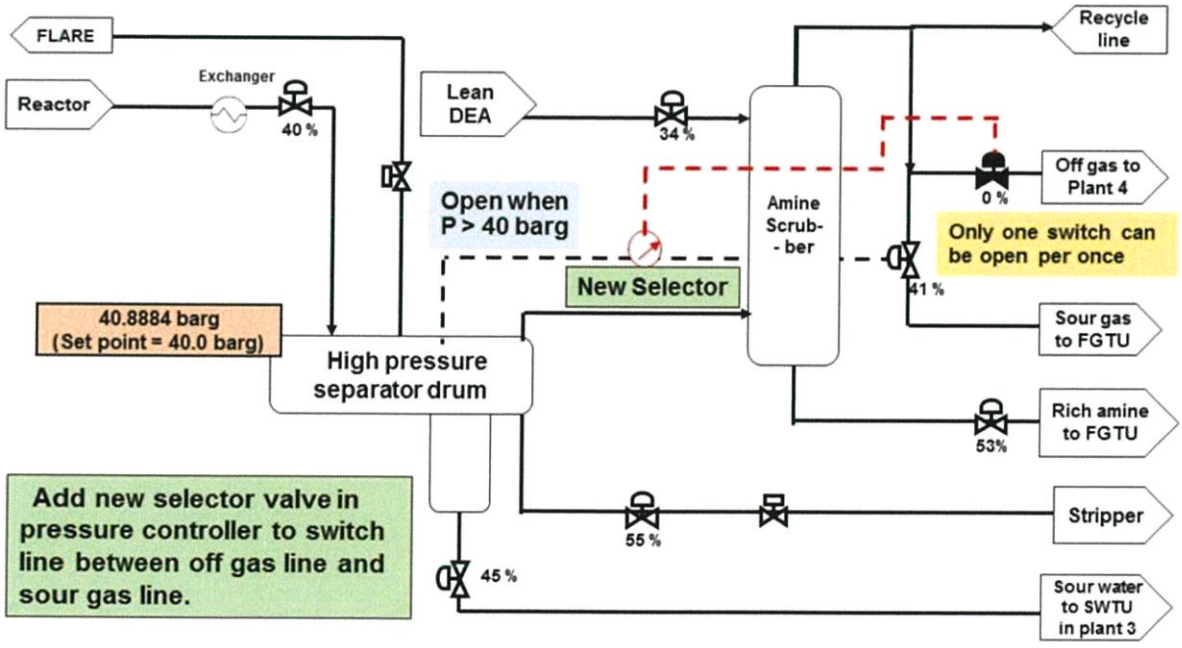
รายการค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
1. ค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งระบบท่อ	150,000
2. ค่าแรงงาน + ค่าเชื่อมท่อ	350,000
รวม	500,000

ส่วนที่ 2 การปรับปรุงระบบควบคุมความดันที่หน่วยกำจัดกำมะถันมีผลการดำเนินงานเป็นดังนี้

จากการปรับปรุงระบบควบคุมความดันของหอแยกความดันสูงในหน่วยกำจัดกำมะถันในแก๊สออยล์ สามารถแบ่งออกเป็นได้ 3 ส่วนด้วยกัน ได้แก่ส่วนการปรับปรุงระบบควบคุมของหอแยกความดันสูง ส่วนการคำนวณปริมาณแก๊สไฮโดรเจนที่ต้องเติมเข้ามา เมื่อมีการเปิดวาล์วระบายไปหน่วยการผลิตที่ 4 และส่วนการคำนวณหาระยะเวลาที่ระบบสามารถรองรับแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยไม่มีการระบายแก๊สออกจากระบบ โดยมีผลการดำเนินงานดังต่อไปนี้

4.1 ผลการปรับปรุงระบบควบคุมความดันในหอแยกความดันสูง

การปรับปรุงระบบควบคุมความดันในหอแยกความดันสูง สามารถทำการปรับปรุงโดยติดตั้งตัวควบคุมการเปิดปิดวาล์ว (Selector) แบบควบคุมด้วยมือ เพื่อให้ผู้ควบคุมสามารถทำการเลือกเปิดปิดวาล์วระบายแก๊สออกได้ตามสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งโดยทั่วไปหากความดันในหอแยกความดันสูงมีความดันเกิน 40.00 barg จะเปิดวาล์วระบายแก๊สไปที่หน่วยกำจัดกำมะถันในเชื้อเพลิงเพื่อให้บำบัดแก๊สกลับมาใช้งานใหม่ได้ แต่หากหน่วยกำจัดกำมะถันในเชื้อเพลิงมีปัญหา จะเปิดวาล์วระบายออกไปหน่วยการผลิตที่ 4 แต่ถ้าความดันในหอแยกความดันสูงมีความดันน้อยกว่า 40.00 barg ก็จะไม่มีการเปิดวาล์วระบายแก๊สออกไป



รูปที่ 4.3 การปรับปรุงระบบควบคุมความดันในหอแยกความดันสูง
ที่มา : บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)

4.2 ผลการคำนวณหาสัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ เมื่อหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีนไม่ทำงาน

4.2.1 กรณีที่มีการระบายแก๊สออก (ความดันของหอแยกความดันสูงมากกว่า 40.0 barg)

เนื่องจากหน่วยกำจัดกำมะถันในเชื้อเพลิงมีปัญหา ทำให้หอบำบัดแก๊สด้วยเอมีนไม่มีเอมีนเข้ามาในหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีน ส่งผลให้ไม่สามารถทำการบำบัดแก๊สกลับมาใช้งานได้ จึงต้องทำการเปิดแก๊สระบายออกไปหน่วยการผลิตที่ 4 เพื่อระบายแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกไปบางส่วน แต่ก็ยังไม่มากพอที่จะนำเข้ามาใช้งานในระบบได้ จึงต้องมีการนำแก๊สไฮโดรเจนสำรองเข้ามาในระบบเพิ่มขึ้น โดยสามารถหาปริมาณที่นำแก๊สไฮโดรเจนที่ต้องเพิ่มเข้ามาได้จากตารางที่ 4.7 และ 4.8 ได้ค่าออกมาเป็น 2,410 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4.7 สัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในตอนเข้าและออกจากระบบ

	ค่าในตอนแรก (ค่าสมมุติ)	ค่าที่ออกมา
สัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในสายเข้า Reactor (%)	1.00	
สัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ระบายออกจากระบบ (%)		1.20
สัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่กลับเข้ามาในระบบ (%)		1.20
สัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในแก๊สไฮโดรเจนสำรอง(%)	0.48	

ตารางที่ 4.8 ปริมาณของแก๊สทั้งหมดที่เข้าและออกจากระบบ

	ปริมาณแก๊สทั้งหมด (kg/h)
ปริมาณแก๊สที่ออกจากหอแยกความดันสูง	11,657.81
ปริมาณแก๊สที่ระบายออกจากระบบ	296.57
ปริมาณแก๊สที่กลับเข้ามาในระบบ	11,361.24
ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนสำรองตอนแรก	2,100
ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนสำรองที่ต้องให้เพื่อรักษาสมดุลในระบบ	4,510
ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนสำรองที่ต้องเติมเข้ามา	2,410

4.2.2 กรณีที่ไม่มีการระบายแก๊สออก (ความดันของหอแยกความดันสูงไม่เกิน 40.0 barg)

จากการเกิดปัญหาที่วาล์วไม่สามารถปล่อยระบายแก๊สออกมา เนื่องจากความดันในหอแยกความดันสูงน้อยกว่า 40.00 barg และหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีนมีปัญหาจนไม่สามารถบำบัดแก๊สได้ ทำให้แก๊สที่กลับเข้าไปในระบบไม่บริสุทธิ์ ทำให้ปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนกำมะถัน แลกเปลี่ยนได้น้อยลง ทำให้มีกำมะถันในน้ำมันมากขึ้น จึงทำการหาเวลามากสุดที่ระบบสามารถรองรับแก๊สก่อนที่ปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนจะลดน้อยลง ซึ่งคิดได้ออกมาเป็น 54 นาที โดยหาได้จากเวลา (60 นาที) หารด้วยสัดส่วนแก๊สไฮโดรเจนที่เข้ามาในระบบ

ตารางที่ 4.9 ปริมาณและสัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในระบบที่ไม่มีการระบายแก๊ส

	ปริมาณทั้งหมด (kg/h)	สัดส่วนแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (%)
สายแก๊สที่กลับเข้ามาในระบบ (ค่าสมมุติ)	11,235.24	1.00
สายแก๊สที่ออกจากหอแยกความดันสูง	11,657.80	1.21
สายแก๊สกลับเข้ามาในระบบ	11,657.80	1.21
สายแก๊สไฮโดรเจนสำรอง	2,100.00	0.48
สายที่เข้ามาในระบบ	13,757.80	1.10

4.3 การประเมินค่าใช้จ่ายในการเติมแก๊สไฮโดรเจนสำรองเข้ามาในระบบ

ราคาของแก๊สไฮโดรเจนสำรองที่เติมเข้าไป = ปริมาณแก๊สที่เพิ่ม x ความหนาแน่นแก๊ส x ราคา

= 2,410 x 3.524 x 0.28

= 2,378 บาท / ชั่วโมง

จากการคำนวณปริมาณแก๊สไฮโดรเจนที่ต้องเติมเข้ามา พบว่าจะต้องใช้ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนสำรองถึง 2,410 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งคิดมูลค่าเป็น 2,378 บาทต่อชั่วโมง ซึ่งถือว่ามีมูลค่าค่อนข้างสูง จึงต้องทำการแก้ไขปัญหาในหน่วยกำจัดกำมะถันในเชื้อเพลิงให้เร็วที่สุด เพื่อลดมูลค่าการสูญเสียจากหน่วยกำจัดกำมะถันในแก๊สออยล์

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

ส่วนที่ 1 การศึกษาการวางระบบท่อจากบ่อน้ำบาดาลเข้าระบบน้ำใช้

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

การศึกษาการวางระบบท่อจากบ่อบาดาลที่ทำการขุดเจาะมาใหม่บริเวณสถานีย่อยตรงข้างหน่วยการผลิตที่ 4 เข้าระบบน้ำใช้ของโรงกลั่นตรงส่วนบ่อพักน้ำหล่อเย็นของหน่วยการผลิตที่ 4 และถังกักเก็บน้ำสำรองบริเวณใกล้เคียงกัน ทำได้โดยการวางระบบท่อเหล็กกล้าคาร์บอนขนาด 6 นิ้ว เริ่มจากปั๊มชนิดจุ่มใต้น้ำรุ่น SP-9510 ของบ่อบาดาลเข้าสู่ระบบท่อสาธารณูปโภคของบ่อพักน้ำหล่อเย็นของหน่วยการผลิตที่ 4 และถังกักเก็บน้ำสำรองเป็นระยะทางทั้งหมด 32.2 และ 30.2 เมตร ตามลำดับ โดยเปิดปั๊มใช้งานที่อัตราการไหลสูงสุดของปั๊มคือ 120 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง จะได้อัตราเร็วภายในท่อออกมา 1.79 ตารางเมตร/วินาที ซึ่งไม่เกินที่ทางบริษัทได้กำหนดไว้ที่ 2.5 ตารางเมตร/วินาที และมีความดันที่ตกคร่อมไปประมาณ 1-2 barg ซึ่งมีความดันเหลือมากพอที่จะขนส่งน้ำบาดาลเข้าใช้งานในระบบน้ำใช้ในบ่อพักน้ำหล่อเย็นของหน่วยการผลิตที่ 4 และมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบท่อบาดาลรวมเป็นเงินทั้งหมด 500,000 บาท

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 น้ำบาดาลไม่เหมาะสมแก่การนำมาใช้ผลิตเป็นไอน้ำให้กับระบบ เนื่องจากไอน้ำที่ใช้งานในโรงกลั่น จำเป็นต้องมีความบริสุทธิ์ค่อนข้างสูง เพื่อป้องกันไม้ให้มีสารปนเปื้อนเข้าไปในอุปกรณ์และผลิตภัณฑ์ที่ออกมา หากจะนำมาใช้งาน ต้องทำให้น้ำบาดาลบริสุทธิ์ก่อน

5.2.2 ในระบบน้ำใช้ในโรงกลั่นจะใช้น้ำประปาเป็นหลัก และจะใช้น้ำบาดาลในกรณีที่น้ำประปามีปัญหาเท่านั้น รวมกับเหตุผลในข้อ 5.2.1 จึงอาจจะไม่คุ้มค่าต่อการติดตั้งระบบท่อบาดาลในครั้งนี้ เพราะน้ำบาดาลจะใช้เป็นน้ำหล่อเย็นได้เพียงอย่างเดียว

5.2.3 ค่าที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่ได้จากการใช้โปรแกรม Crane อาจจะมีค่าไม่เท่ากัน เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์ของท่อ ข้อต่อและอุปกรณ์ต่าง ๆ

ส่วนที่ 2 การปรับปรุงระบบควบคุมความดันของหอแยกความดันสูงในหน่วยกำจัดกำมะถันในแก๊สออยล์

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

การปรับปรุงระบบควบคุมความดันของหอแยกความดันสูงในหน่วยกำจัดกำมะถันในแก๊สออยล์ของหน่วยการผลิตที่ 2 เพื่อปรับปรุงระบบระบายแก๊สในหน่วยกำจัดมะถันให้สามารถระบายออกไปได้ทั้งทางหน่วยกำจัดกำมะถันในเชื้อเพลิง และทางหน่วยการผลิตที่ 4 สามารถทำได้โดยการติดตั้งตัวควบคุมการเปิดปิดวาล์ว (Selector) แบบควบคุมด้วยมือ เนื่องจากต้องการเลือกเปิดในสถานการณ์ที่หน่วยกำจัดกำมะถันมีปัญหาเท่านั้น และหากหน่วยกำจัดกำมะถันมีปัญหา จะส่งผลทำให้แก๊สที่เข้ามาในระบบมีสัดส่วนแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์มากเกินกว่าที่กำหนด ทำให้แก๊สที่นำกลับเข้ามาไม่สามารถใช้งานในระบบ จึงต้องมีการเติมแก๊สไฮโดรเจนสำรองเพิ่มเข้าไป 2,410 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ทำให้ต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 2,378 บาทต่อชั่วโมง แม้ว่าจะมีการเปิดระบายแก๊สออกไปแล้วก็ตาม แต่หากว่าในกรณีที่ความดันในหอแยกความดันสูงมีค่าน้อยกว่า 40.00 barg จะทำให้ไม่สามารถระบายแก๊สออกมาจากระบบได้ จะทำให้แก๊สที่เข้าไปในระบบเป็นแก๊สที่ไม่บริสุทธิ์ ซึ่งจะทำให้ปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนกำมะถันแลกเปลี่ยนกำมะถันได้แย่กว่าเดิม ส่งผลต่อคุณภาพของน้ำมันที่ออกมา โดยจะมีเวลาประมาณ 54 นาที ในการทำการแก้ไขก่อนที่ปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนกำมะถันจะแลกเปลี่ยนได้น้อยลงกว่าเดิม

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อมูลที่ใช้อ้างอิงในการคำนวณเป็นข้อมูลเริ่มต้นของหน่วยกำจัดกำมะถันในแก๊สออยล์ทำให้ค่าปริมาณแก๊สทั้งหมดและสัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เข้าไปและระบายออกไปในระบบมีความคลาดเคลื่อนได้

5.2.2 ค่าใช่จ่ายในการนำเข้าแก๊สไฮโดรเจนสำรองและเวลาที่ปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนกำมะถันจะแลกเปลี่ยนได้น้อยลงกว่าเดิม อาจมีความคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากเหตุผลในข้อ 5.2.1

5.2.3 ทำการติดตั้งระบบควบคุมเพิ่มอีกตัว เพื่อให้สามารถเลือกเปิดวาล์วไปหน่วยกำจัดกำมะถันหรือหน่วยการผลิตที่ 4 โดยไม่ต้องให้ผู้ควบคุมมาเปิดเอง ซึ่งอาจจะใช้ตัวตรวจจับเป็นตัวช่วยส่งสัญญาณในการเปิดปิดวาล์ว

บรรณานุกรม

[1] บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชัน จำกัด (มหาชน)

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2553. **คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (โรงงาน)**

[3] มัญชลี ปรีชานนท์. 2549. **การพัฒนาระบบบำรุงรักษาของอุปกรณ์หอหล่อเย็น.** ปริญญานิพนธ์ วิทยาลัยนวัตกรรมอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[4] การประปาส่วนภูมิภาค. 2559. **ขั้นตอนการผลิตน้ำประปา** [Online]. http://www.pwa.co.th/contents/service/treatment

[5] กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2553. **น้ำบาดาลน่ารู้**

[6] ดุลยโชติ ชลศึกษ์. 2560. **การออกแบบระบบท่อทางวิศวกรรม.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[7] ฝ่ายวิชาการและมาตรฐาน ส่วนโรงงาน สำนักเครื่องจักรกลกรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2559. **การเลือกใช้ท่อในงานก่อสร้างและส่งน้ำ**

[8] นิพนธ์ ลักขณาอดิศร. 2557. **นิตยสารคบเด็กสร้างบ้าน ตอน มารู้จักท่อในงานก่อสร้าง** [Online]. บริษัท เอพี จำกัด (มหาชน)

[9] ร.ท. จรัญ ศรีรัชเพชร. 2551. **Operation philosophy: Gas Oil Hydrotreating Unit.** บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชัน จำกัด (มหาชน)

[10] F.G Shinskey . 1998. **Process Control Systems (Third Edition)**

[11] คมกริช แสงสุรินทร์. 2546. **เอกสารประกอบการสอนประจำรายวิชา ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม.** เชียงราย : แผนกวิชาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคเชียงราย

[12] Cengel Y. , Cimbala J. .2014. **Fluid Mechanics: Fundamentals and applications.** New York : McGraw-Hill

[13] Ron Darby. 2001. **Chemical Engineering Fluid Mechanics.** 2nd Edition, Revised and Expanded. Basel, Switzerland

[14] ผศ.สันติ วัฒนานุสรณ์. 2560. **เอกสารประกอบการสอนวิชา Fluid Mechanics.** วิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

[15] Felder, R. M. and R. W. Rousseau. 2000. **"Elementary Principles of Chemical Processes"** 3rd Edition. John Wiley & Sons, Inc., New York

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลการคำนวณและการวิเคราะห์

ภาคผนวก ก แสดงข้อมูลที่ใช้เป็นพื้นฐานหรือ ใช้ในการอ้างอิงของการคำนวณหาค่าต่าง ๆ ที่ต้องการ โดยจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ตามเนื้อหาของงาน

ส่วนที่ 1 การศึกษาการวางระบบท่อจากบ่อน้ำบาดาลเข้าระบบน้ำใช้

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลรายละเอียดของน้ำบาดาลภายในท่อ

ตัวแปร	ค่าที่ได้
ความดันของน้ำบาดาล (barg)	1.01
อุณหภูมิของน้ำบาดาล (^{o}C)	25.00
ความหนาแน่นของน้ำบาดาล (kg/cm^{3})	997.00
ความหนืดจำเพาะของน้ำบาดาล (Pa.s)	0.00089
ความถ่วงจำเพาะของน้ำบาดาล	0.9965

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลรายละเอียดของระบบน้ำใช้ของโรงกลั่น

ตัวแปร	ค่าที่ได้ (m.)
ความสูงจากระบบท่อสาธารณูปโภคไปท่อของบ่อน้ำหล่อเย็น	4.50
ความสูงจากระบบท่อสาธารณูปโภคไปท่อของถังกักเก็บน้ำสำรอง	7.50
ความสูงของถังกักเก็บสำรอง	10.00
ปริมาณน้ำสูงสุดของถังกักเก็บน้ำสำรอง	9.00
ความยาวจากระบบท่อสาธารณูปโภคไปท่อของบ่อน้ำหล่อเย็น	200.00
ความยาวจากระบบท่อสาธารณูปโภคไปท่อของถังกักเก็บน้ำสำรอง	200.00

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลรายละเอียดของท่อที่ใช้ในระบบท่อน้ำบาดาล

ตัวแปร	ค่าที่ได้
ชนิดของท่อ	ท่อเหล็กกล้าคาร์บอน
ขนาดของท่อ	6 นิ้ว – schedule 40
ความขรุขระสัมพัทธ์ของผิวท่อ (Relative roughness)	4.50×10^{-5}

ตารางที่ ก.4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเหล็กกล้าคาร์บอน

ท่อเหล็กกล้าคาร์บอน - Schedule 40			
ขนาดท่อ (นิ้ว)	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (นิ้ว)	ขนาดความหนาของท่อ (นิ้ว)	เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (นิ้ว)
½	0.84	0.109	0.622
¾	1.05	0.113	0.824
1	1.315	0.133	1.049
1 ¼	1.66	0.14	1.38
1 ½	1.9	0.145	1.61
2	2.375	0.154	2.067
2 ½	2.875	0.203	2.469
3	3.5	0.216	3.068
4	4.5	0.237	4.026
5	5.563	0.258	5.047
6	6.625	0.28	6.065
8	8.625	0.322	7.981
10	10.75	0.365	10.02
12	12.75	0.406	11.938
14	14	0.437	13.124
16	16	0.5	15

ตารางที่ ก.5 สัมประสิทธิ์การสูญเสียภายในข้อต่อ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในระบบท่อ

ชนิดของอุปกรณ์	ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย (m.)
1. ข้อต่อ	
Regular 90 degree , flanged	0.3
Regular 90 degree , threaded	1.5
Long radius 90 degree, flanged	0.2
Long radius 90 degree, threaded	0.7
Long radius 45 degree , flanged	0.2
Regular 45 degree , threaded	0.4
2. ข้องอ 180 องศา	
180 degree bend , flanged	0.2
180 degree bend , threaded	1.5
3. ทางแยก	
Line flow , flanged	0.2
Line flow , threaded	0.9
Branch flow , flanged	1.0
Branch flow , threaded	2.0
4. วาล์ว	
Globe valve fully open	10.0
Angle valve fully open	2.0
Gate valve fully open	0.15
Gate valve ¼ closed	0.26
Gate valve ½ closed	2.1
Gate valve ¾ closed	17
Swing check valve , forward flow	2
Swing check valve , backward flow	Infinity
Ball valve fully open	0.05
Ball valve 1/3 closed	5.5
Ball valve 2/3 closed	210.0

ส่วนที่ 2 การปรับปรุงระบบควบคุมความดันของหอแยกความดันสูงในหน่วยกำจัดกำมะถันในแก๊สออยล์

ตารางที่ ก.6 ปริมาณแก๊สที่เข้าหน่วยกำจัดกำมะถันในแก๊สออยล์ในตอนเริ่มระบบ (kg/h)

ชื่อสาย	C1	C2	C3	C4	C5	Wild gasoline	Gas Oil
Reactor	6044	2849	483	316	623	850	102682
Stripper	250	399	154	175	550	842	102681
Drain water							
Acid gas	5793	2450	329	142	73	1	9
Lean DEA							
Rich DEA	4	4	1				
Sour gas	143	58	7	4	2		
Off gas							
Hydrogen line	5646	2388	321	138	71	1	9
Gas oil							105256
Hydrogen makeup	363	434	125	141	552		
Feed preheat	3395	1715	297	214	591	5	105256
Hydrogen recycle	3390	1714	297	214	591	5	
Quenching line	2620	1108	149	64	33	4	

ชื่อสาย	H_2	H_2S	Water	Total
Reactor	2643	2372	5394	124256
Stripper	19	441		105511
Drain water		0	5297	5297
Acid gas	2623	1931	97	13448
Lean DEA		29	29474	29503
Rich DEA		1574	29474	31057
Sour gas	67	10	3	294
Off gas				
Hydrogen line	2556	376	94	11600
Gas oil				105256
Hydrogen makeup	474	10		2100
Feed preheat	1840	212	50	113574
Hydrogen recycle	1845	212	50	8318
Quenching line	1186	175	44	5382

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างการคำนวณอัตราเร็วและความดันตกคร่อมภายในระบบท่อ

ภาคผนวก ข แสดงตัวอย่างการคำนวณอัตราเร็วและความดันตกคร่อมภายในระบบท่อบาดาลจากปั๊มบาดาลไปบ่อพักน้ำหล่อเย็นของหน่วยการผลิตที่ 4 และถังกักเก็บน้ำสำรอง

1. ข้อมูลการคำนวณ [1]

ความหนาแน่นของน้ำบาดาล	=	997.00	kg/cm^3
ความหนืดจำเพาะของน้ำบาดาล	=	0.0009	Pa.s
ความถ่วงจำเพาะของน้ำบาดาล	=	0.9965	
ความสูงจากระบบท่อสาธารณูปโภคไปท่อของบ่อน้ำหล่อเย็น	=	4.50	m
ความสูงจากระบบท่อสาธารณูปโภคไปท่อของถังกักเก็บน้ำสำรอง	=	7.50	m
ความสูงของถังกักเก็บสำรอง	=	10.00	m
ปริมาณน้ำสูงสุดของถังกักเก็บน้ำสำรอง	=	9.00	m
ความยาวจากปั๊มไประบบท่อสาธารณูปโภคของบ่อน้ำหล่อเย็น	=	32.20	m
ความยาวจากปั๊มไประบบท่อสาธารณูปโภคของถังกักเก็บน้ำสำรอง	=	30.20	m
ความยาวจากระบบท่อสาธารณูปโภคไปท่อของบ่อน้ำหล่อเย็น	=	200.00	m
ความยาวจากระบบท่อสาธารณูปโภคไปท่อของถังกักเก็บน้ำสำรอง	=	200.00	m
ความขรุขระสัมพัทธ์ของผิวท่อ	=	4.5×10^{-5}	
ขนาดของท่อที่ใช้ในระบบท่อ	=	6	นิ้ว
เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ	=	0.1540	m
จำนวนวาล์วเปิดปิดน้ำในระบบท่อของบ่อน้ำหล่อเย็น	=	3	อัน
จำนวนวาล์วเปิดปิดน้ำในระบบท่อของถังกักเก็บน้ำสำรอง	=	3	อัน
จำนวนวาล์วกันน้ำไหลกลับในระบบท่อของบ่อน้ำหล่อเย็น	=	2	อัน
จำนวนวาล์วกันน้ำไหลกลับในระบบท่อของถังกักเก็บน้ำสำรอง	=	1	อัน
สัมประสิทธิ์การสูญเสียของวาล์วเปิดปิดน้ำ	=	0.15	
สัมประสิทธิ์การสูญเสียของวาล์วควบคุมอัตราการไหลของน้ำ	=	1.50	
ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก	=	9.81	m^2/s

2. คำนวณอัตราเร็วของน้ำบาดาลภายในระบบท่อ

$$Q_{pump} = 3600AV \qquad (3\text{-}1)$$

เมื่อ Q_{pump} = อัตราการไหลของน้ำบาดาลที่ออกจากปั๊มบาดาล (m^3/h)

= 18 , 36 , 60 , 90 , 120 m^3/h

A = พื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อน (m^2)

$$= \frac{\pi d^2}{4}$$

$$= \frac{0.154^2 \pi}{4}$$

$$= 0.0186 \ m^2$$

V = อัตราเร็วของน้ำบาดาลภายในระบบท่อ (m/s)

จะได้ค่าอัตราเร็วของน้ำบาดาลภายในระบบท่อ ออกมาดังนี้

ที่อัตราการไหลของน้ำบาดาลที่ออกจากปั๊มบาดาล = 18 m^3/h

$$V = \frac{18}{3600x0.0186} \quad m/s$$

$$= 0.2684 \quad m/s$$

ที่อัตราการไหลของน้ำบาดาลที่ออกจากปั๊มบาดาล = 36 m^3/h

$$V = \frac{36}{3600x0.0186} \quad m/s$$

$$= 0.5369 \quad m/s$$

ที่อัตราการไหลของน้ำบาดาลที่ออกจากปั๊มบาดาล = 60 m^3/h

$$V = \frac{60}{3600x0.0186} \quad m/s$$

$$= 0.8948 \quad m/s$$

ที่อัตราการไหลของน้ำบาดาลที่ออกจากปั๊มบาดาล = 90 m^3/h

$$V = \frac{90}{3600x0.0186} \quad m/s$$

$$= 1.4317 \quad m/s$$

ที่อัตราการไหลของน้ำบาดาลที่ออกจากปั๊มบาดาล = 120 m^3/h

$$V = \frac{120}{3600x0.0186} \quad m/s$$

$$= 1.7896 \quad m/s$$

เมื่อทำการคำนวณทุกอัตราการไหล พบว่าอัตราเร็วที่ได้ออกมา มีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานที่จะทำให้ระบบท่อเกิดความเสียหายได้ คือที่ 2.5 m/s ดังนั้นจึงใช้อัตราการไหลของปั๊มที่มากที่สุดคือเท่ากับ 120 m^3/h เพื่อที่จะส่งน้ำให้ได้เร็วสุด

3. คำนวณความดันตกคร่อมภายในระบบท่อ

โดยทำการคำนวณที่อัตราการไหลของปั๊มมากที่สุดคือที่ 120 m^3/h

3.1 คำนวณหาค่าความดันในแต่ละจุด

3.1.1 คำนวณความดันที่ออกจากปั๊มบาดาล

$$P_{pump} = 0.0981xS.G.xH \qquad (3\text{-}2)$$

เมื่อ P_{pump} = ความดันที่ออกจากปั๊มบาดาล (barg)

H = ความสูงของปั๊มที่สามารถดันของไหลขึ้นไป (m)

= 82.00 m

S.G. = ความถ่วงจำเพาะของน้ำ

= 0.9965

จะได้

$$P_{pump} = 0.0981x0.9965x82$$

$$= 8.0160 \text{ barg}$$

3.1.2 คำนวณความดันสูงสุดของถังกักเก็บน้ำ

$$P_{tank} = P_0 + (\frac{\rho g h_{max}}{100000}) \qquad (3\text{-}3)$$

เมื่อ P_{tank} = ความดันสูงสุดของถังกักเก็บน้ำ (barg)

P_0 = ความดันบรรยากาศ (barg)

= 1.01325 barg

ρ = ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)

= 997.00 kg/m^3

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m^2/s)

= 9.81 m^2/s

h_{max} = ปริมาณน้ำสูงสุดของถังกักเก็บน้ำ (m)

= 9.00 m

จะได้

$$P_{tank} = 1.01325 + (\frac{9x997x9.81}{100000})$$

= 1.8935 barg

3.2 คำนวณความดันขาออกจากระบบท่อน้ำบาดาล

3.2.1 คำนวณหาค่า Reynolds number

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu} \qquad (ข\text{-}1)$$

เมื่อ v = อัตราเร็วภายในท่อ (m/s)

= 1.7896 m/s

ρ = ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)

= 997.00 kg/m^3

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (m)

= 0.1540 m

μ = ความหนืดจำเพาะของน้ำบาดาล (Pa.s)

= 0.00089 Pa.s

จะได้

$$\mathrm{Re} = \frac{997 x 0.1540 x 1.7896}{0.00089}$$

$$= \quad 308{,}726.06$$

3.2.2 คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

สามารถคำนวณหาได้จากสูตรหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน หรือใช้กราฟ Moody diagram ในการช่วยหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน ซึ่งสำหรับการคำนวณนี้จะใช้วิธีสูตร

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -3.6 \log_{10} \left[\frac{6.9}{\mathrm{Re}} + \frac{\left(\varepsilon / d\right)}{3.7} \right]^{10/9} \qquad \text{(ข-2)}$$

โดยที่สูตรนี้สามารถใช้ได้ก็ต่อเมื่อค่า Reynold number อยู่ในช่วง 40000 ถึง 10^7 และค่า $\varepsilon / d < 0.05$

เมื่อ f = สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

Re = Reynolds number

= 308,726.06

ε = ความขรุขระสัมพัทธ์ของผิวท่อ

= 4.5×10^{-5}

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (m)

= 0.1540 m

จะได้

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -3.6 \log_{10} \left[\frac{6.9}{308726.06} + \frac{\left(4.5 x 10^{-5} / 0.154\right)}{3.7} \right]^{10/9}$$

$$= \quad 15.4838$$

f = 0.0042

3.2.3 คำนวณหาค่าความดันสูญเสียภายในท่อและอุปกรณ์ต่าง ๆ

$$H_f = \frac{V_2^2}{2g} x \left[\frac{fl}{d} + \sum K_L \right] \qquad (3\text{-}5)$$

เมื่อ

v = อัตราเร็วภายในท่อ (m/s)

= 1.7896 m/s

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m^2/s)

= 9.81 m^2/s

f = สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

= 0.0042

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (m)

= 0.1540 m

l = ความยาวจากท่อไประบบน้ำใช้ของโรงกลั่น (m)

= 232.20 m จากปั๊มไปบ่อพักน้ำหล่อเย็น

= 230.20 m จากปั๊มไปถังกักเก็บน้ำสำรอง

K_L = ความสูญเสียจากอุปกรณ์ภายในระบบท่อ (m.)

= 0.15 สำหรับวาล์วเปิดปิดน้ำ

= 1.50 สำหรับวาล์วกันน้ำไหลกลับ

= 0.30 สำหรับข้อต่อท่อ

$\sum K_L$ = ผลรวมความสูญเสียจากอุปกรณ์ภายในระบบท่อ (m.)

= 5.25 สำหรับระบบท่อไปบ่อพักเก็บน้ำหล่อเย็น

= 3.75 สำหรับระบบท่อไปถังกักเก็บน้ำสำรอง

สำหรับสายไปบ่อพักน้ำหล่อเย็น

จะได้

$$H_f = \frac{1.7896^2}{2 \times 9.81} x \left[\frac{0.0042 \times 232.2}{0.154} + 5.25 \right]$$

= 0.9993 m

สำหรับสายไปถังกักเก็บน้ำสำรอง

จะได้

$$H_f = \frac{1.7896^2}{2 \times 9.81} \times \left[\frac{0.0042 \times 230.2}{0.154} + 3.75 \right]$$

$$= 0.7456 \text{ m}$$

3.2.4 คำนวณความดันตกคร่อมภายในระบบท่อ

$$\frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} + \frac{P_1 - P_2}{\rho g} + Z_1 - Z_2 = H_f + H_L \qquad (3\text{-}4)$$

เมื่อ $P_1 - P_2$ = ความดันตกคร่อมภายในระบบท่อ (Pa)

V_1 = อัตราเร็วภายในบ่อบาดาล (m/s) = 0 m/s

V_2 = อัตราเร็วภายในท่อ (m/s)

= 1.7896 m/s

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m^2/s)

= 9.81 m^2/s

ρ = ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)

= 997.00 kg/m^3

$Z_1 - Z_2$ = ความสูงของระบบท่อ (m)

= 7.50 m จากปั๊มไประบบท่อของบ่อพักน้ำหล่อเย็น

= 4.50 m จากปั๊มไประบบท่อของถังกักเก็บน้ำสำรอง

H_f = ความสูญเสียจากระบบท่อ (m)

= 0.9993 สำหรับระบบท่อไปบ่อพักน้ำหล่อเย็น

= 0.7456 สำหรับระบบท่อไปถังกักเก็บน้ำสำรอง

H_L = ความสูญเสียจากปั๊ม (m)

= 0

สำหรับสายไปบ่อพักน้ำหล่อเย็น

จะได้

$$\frac{0^2 - 1.7896^2}{2 \times 9.81} + \frac{P_1 - P_2}{9.81x997} + 7.5 = 0.9993 + 0$$

$P_1 - P_2$ = 84,724.52 Pa = 0.8472 barg

สำหรับสายไปถังกักเก็บน้ำสำรอง

จะได้

$$\frac{0^2 - 1.7896^2}{2 \times 9.81} + \frac{P_1 - P_2}{9.81x997} + 4.5 = 0.7456 + 0$$

$P_1 - P_2$ = 52,901.63 Pa = 0.5290 barg

3.2.5 คำนวณความดันขาออกจากระบบท่อ

ความดันขาออกจากระบบ = ความดันเริ่มต้นจากปั๊ม – (ความดันตกคร่อม + ความดันไหลกลับ)

โดยที่ความดันไหลกลับสามารถหาได้จากสูตร

$$\frac{P_{back}}{\rho g} = \left[\frac{fl}{d} x \frac{V_2^2}{2g} \right] + \frac{V_2^2}{2g} + Z_1 - Z_2 \quad (3\text{-}6)$$

เมื่อ P_{back} = ความดันไหลย้อนกลับจากระบบ (Pa)

ρ = ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)

= 997.00 kg/m^3

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m^2/s)

= 9.81 m^2/s

V_2 = อัตราเร็วภายในท่อ (m/s)

= 1.7896 m/s

f = สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

= 0.0042

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m^2/s)

= 9.81 m^2/s

l = ความยาวจากท่อไประบบน้ำใช้ของโรงกลั่น (m)

= 207.5 m. จากระบบท่อสาธารณูปโภคไปบ่อหล่อเย็น

= 204.5 m. จากระบบท่อสาธารณูปโภคไปถังกักเก็บน้ำ

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (m)

= 0.1540 m.

$Z_1 - Z_2$ = ความสูงของระบบท่อ (m)

= 7.50 จากปั๊มไประบบท่อของบ่อพักน้ำหล่อเย็น

= 4.50 จากปั๊มไประบบท่อของถังกักเก็บน้ำสำรอง

สำหรับสายไปบ่อพักน้ำหล่อเย็น

จะได้

$$\frac{P_{back}}{997X9.81} = \left[\frac{0.0042x207.5}{0.154} x \frac{1.7896^2}{2 \times 9.81} \right] + \frac{1.7896^2}{2x9.81} + 7.5$$

P_{back} = 83,923.02 Pa = 0.8392 barg

สำหรับสายไปถังกักเก็บน้ำสำรอง

จะได้

$$\frac{P_{back}}{997X9.81} = \left[\frac{0.0042x207.5}{0.154} x \frac{1.7896^2}{2 \times 9.81} \right] + \frac{1.7896^2}{2x9.81} + 7.5$$

P_{back} = 54451.59 Pa = 0.5445 barg

สำหรับสายไปบ่อพักน้ำหล่อเย็น

จะได้

ความดันขาออกจากระบบ = 8.0160 – (0.8472 + 0.8392)

= 6.3296 barg

สำหรับสายไปถังกักเก็บน้ำสำรอง

จะได้

ความดันขาออกจากระบบ = 8.0160 – (0.5290 + 0.5445)

= 6.9425 barg

จากการคำนวณความดันขาออกของระบบท่อจากปั๊มบาดาลไประบบน้ำใช้ภายในโรงกลั่น สามารถมาสรุปได้ว่า ค่าความดันที่ออกจากระบบมีค่าความดันมากกว่าความดันของระบบน้ำใช้ ทำให้ระบบท่อบาดาลที่ออกแบบสามารถขนส่งน้ำบาดาลเข้าระบบน้ำใช้ได้

ภาคผนวก ค
การคำนวณสมดุลแก๊สในหน่วยกำจัดกำมะถัน

ภาคผนวก ค แสดงการคำนวณสมดุลของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์และแก๊สทั้งหมด ภายในหน่วยกำจัดกำมะถันของแก๊สออยล์ในหน่วยการผลิตที่ 2

1 ข้อมูลการคำนวณ [1]

ข้อมูลในการคำนวณสามารถหาได้จากค่าออกแบบระบบในตอนแรก ซึ่งสามารถหาได้จาก P & IDs ของหน่วยกำจัดกำมะถันของแก๊สออยล์

ตารางที่ ค.1 ปริมาณและสัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในเตาปฏิกรณ์ในกรณีระบบทำงานได้ปกติ

	แก๊สทั้งหมด (kg/h)	ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (kg/h)	สัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์(%)
น้ำมันที่เข้าเตาปฏิกรณ์	105,256	0	0
แก๊สไฮโดรเจนสำรอง	2,100	10	0.48
แก๊สไฮโดรเจนที่กลับเข้ามาในระบบ	11,253.24	11.24	0.1
สายออกจากเตาปฏิกรณ์	122,057	172.96	0.14

ตารางที่ ค.2 ปริมาณและสัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในหอแยกความดันสูงในกรณีระบบทำงานได้ปกติ

	แก๊สทั้งหมด (kg/h)	ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (kg/h)	สัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (%)
สายเข้าหอแยกความดันสูง	122,057	172.96	0.14
น้ำที่ระบายออก	5297	0	0
สายเข้าหอแยกน้ำมัน	105,102.2	32.16	0.03
แก๊สออกจากหอแยกความดันสูง	11,657.81	140.81	1.21

ตารางที่ ค.3 ปริมาณและสัดส่วนตอนแรกของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีนในกรณีระบบทำงานได้ปกติ

		แก๊สทั้งหมด (kg/h)	ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (kg/h)	สัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (%)
แก๊สเข้าหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีน		11,657.81	140.81	1.21
แก๊สกลับเข้าไปในระบบ		11,235.24	11.24	0.1
แก๊สที่ระบายออก	FGTU	284.3	0.3	0.1
	Plant 4	0	0	0
เอมีนที่เข้าหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีน		29,476.11	2.11	0.01
เอมีนที่ออกจากหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีน		29,614.39	131.39	0.44

2 คำนวณปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นในเตาปฏิกรณ์

2.1 ข้อมูลของการแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นในเตาปฏิกรณ์

อัตราการไหลภายในเตาปฏิกรณ์ = 119.6 m^3/h

ปริมาณกำมะถันในเตาปฏิกรณ์ = 1500 ppm

ความถ่วงจำเพาะ = 0.796

มวลโมเลกุลของกำมะถัน = 32 กรัม/โมล

มวลโมเลกุลของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ = 34 กรัม/โมล

จำนวนโมลของกำมะถันในปฏิกิริยา = 1 โมล

จำนวนโมลของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในปฏิกิริยา = 1 โมล

2.2 การคำนวณหาปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นในเตาปฏิกรณ์

ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดขึ้น = ปริมาณกำมะถันที่ถูกใช้งานในระบบ

$$= \frac{MW.\ H_2S}{MW.\ S} \times \text{Sulfur in reactor} \quad \text{(ค-1)}$$

โดยที่ปริมาณซัลเฟอร์ที่เกิดขึ้นภายในระบบหาได้จาก

$$\text{Sulfur in reactor} = \frac{\text{Sulfur content} \times \text{flow rate} \times S.G}{1000} \quad \text{(ค-2)}$$

จะได้

$$\text{Sulfur in reactor} = \frac{1500 \times 0.796 \times 119.6}{1000}$$

$$= 142.80 \text{ kg/h}$$

$$\text{ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดขึ้น} = \frac{0.034}{0.032} \times 142.80$$

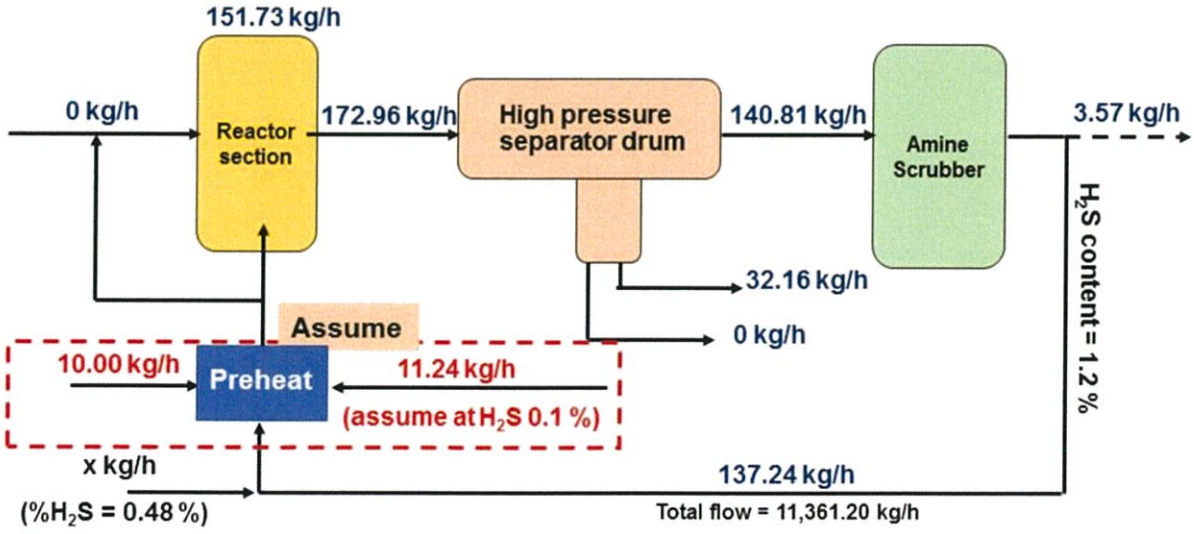
$$= 151.73 \text{ kg/h}$$

3 คำนวณปริมาณและสัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่กลับเข้าไปในระบบในกรณีที่หอบำบัดแก๊สด้วยเอมีนไม่ทำงาน

3.1 กรณีที่ความดันของหอแยกความดันสูงมีค่ามากกว่า 40 barg

การที่หอแยกความดันสูงมีความดันมากกว่า 40 barg จะทำให้มีการเปิดวาล์วระบายแก๊สออกไปที่หน่วยการผลิตที่ 4 เพื่อทำการลดความดันของหอแยกความดันสูง

จากนั้นทำการหาสมดุลมวลของระบบ เพื่อหาปริมาณและสัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ว่ามีค่ามากเกินกว่าที่กำหนดหรือไม่ หากเกินจะทำการแก้ไขโดยการเติมแก๊สไฮโดรเจนสำรองไปจำนวนเท่าใด ซึ่งเมื่อทำวาดระบบและค่าจากการออกแบบจะได้รายละเอียดออกมาเป็นดังนี้



รูปที่ ค.1 การทำสมดุลของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในกรณีความดันมากกว่า 40.0 barg

3.1.1 คำนวณหาปริมาณและสัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์

สมมุติให้สัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เข้าระบบตอนแรก = 0.1 %

การทำสมดุลมวลของปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีน

Mass in = Mass out

แก๊สที่ออกมาจากหอแยกความดันสูง = แก๊สที่ระบายออก + แก๊สที่ไหลเข้าระบบ (3-7)

11,557.81 kg/h = (293 + A) + (11224 + B) kg/h

การทำสมดุลมวลของสัดส่วนแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีน

Sulphur in = Sulphur out

แก๊สที่ออกมาจากหอแยกความดันสูง = แก๊สที่ระบายออก + แก๊สที่ไหลเข้าระบบ (3-8)

140.81 kg/h = x [(293 + A) + (11224 + B) kg/h]

เมื่อ

A = ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ระบายออกจากระบบ

B = ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ไหลเข้าระบบ

x = สัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ออกจากหอบำบัดแก๊สด้วยเอมีน

จะได้

A = 3.57 kg/h

B = 137.24 kg/h

x = 1.21 %

3.1.2 คำนวณหาปริมาณแก๊สไฮโดรเจนสำรองที่ต้องเติมเข้ามา

เนื่องจากว่าสัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ออกมามีค่าเกินกว่าที่กำหนด คือ 1.0 % จึงต้องมีการเติมแก๊สไฮโดรเจนสำรอง เพื่อรักษาสมดุลในระบบ

การทำสมดุลมวลของแก๊สไฮโดรเจนที่เข้าในเตาปฏิกรณ์

Sulphur in = Sulphur out

แก๊สไฮโดรเจนสำรอง + แก๊สไหลเข้าระบบ = แก๊สไฮโดรเจนที่เข้าเตาปฏิกรณ์ (3-9)

0.0048C + 137.24 kg/h = 0.01(C+11,361.24) kg/h

เมื่อ

C = ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนสำรองที่ต้องใช้

จะได้

C = 4510 kg/h

ดังนั้น ปริมาณของแก๊สไฮโดรเจนสำรองที่ต้องเพิ่มเข้าไป = 4,510 – 2,100 = 2,410 kg/h

3.1.3 คำนวณค่าใช้จ่ายในการเติมแก๊สไฮโดรเจนสำรอง

อ้างอิงข้อมูลจาก Budget ปี 2560 จะได้

ราคาของแก๊สไฮโดรเจนสำรอง = 0.28 บาท / (m^3/h)

อ้างอิงข้อมูลจากค่าการออกแบบจะได้

ความหนาแน่นของแก๊สไฮโดรเจนสำรอง = 3.524 kg /m^3

จะได้

ราคาของแก๊สไฮโดรเจนสำรองที่เติมเข้าไป = ปริมาณแก๊สที่เพิ่ม x ความหนาแน่นแก๊ส x ราคา

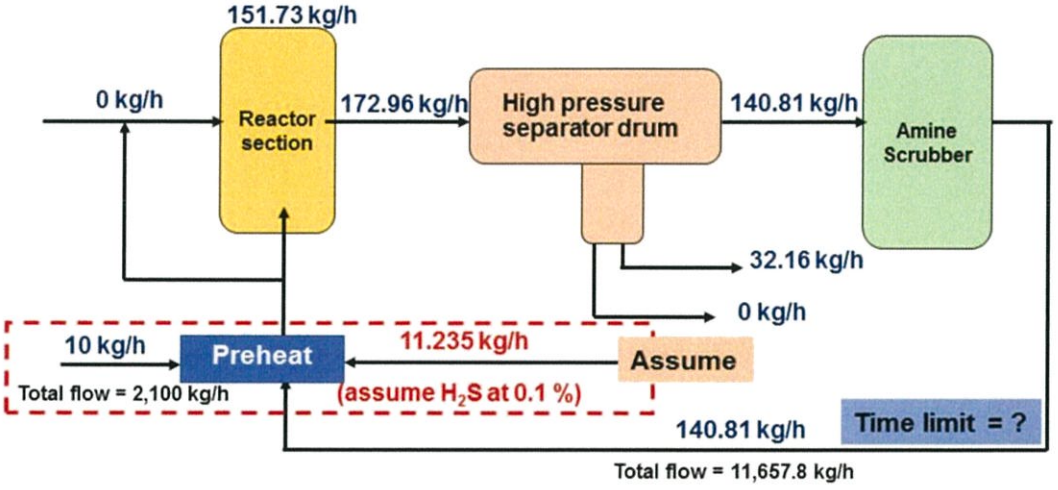
= 2,410 x 3.524 x 0.28

= 2,378 บาท / ชั่วโมง

3.2 กรณีที่ความดันของหอแยกความดันสูงมีค่าน้อยกว่า 40 barg

การที่หอแยกความดันสูงมีความดันน้อยกว่า 40 barg จะส่งผลให้ไม่มีการเปิดวาล์วระบายแก๊สออกไปจากระบบ ทำให้กลายเป็นระบบปิด เนื่องจากจะทำให้ความดันในระบบลดลง และส่งผลต่อปริมาณการเกิดปฏิกิริยาในเตาปฏิกรณ์

นอกจากนี้ยังส่งผลให้กับแก๊สที่ไหลเข้ามาในระบบด้วย เนื่องจากว่าการที่หอบำบัดแก๊สด้วยเอมีนไม่ทำงาน จะส่งผลให้ไม่สามารถบำบัดแก๊สที่ออกจากหอแยกความดันสูง ทำให้แก๊สที่ไหลเข้ามาในระบบ เป็นแก๊สคุณสมบัติเดียวกันกับที่ออกจากหอแยกความดันสูง ดังนั้นจึงทำการคำนวณหาเวลาที่ระบบสามารถรองรับแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ก่อนจะส่งผลเสียหายต่อระบบ



รูปที่ ค.2 การทำสมดุลของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในกรณีความดันน้อยกว่า 40.0 barg

การทำสมดุลมวลของสัดส่วนแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เข้าเตาปฏิกรณ์

Sulphur in = Sulphur out

แก๊สไฮโดรเจนสำรอง + แก๊สไหลเข้าระบบ = แก๊สไฮโดรเจนที่เข้าเตาปฏิกรณ์ (3-10)

10 + 140.81 kg/h = y (2,100 + 11,657.81) kg/h

เมื่อ y = สัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เข้าเตาปฏิกรณ์

จะได้ y = 1.10 %

การคำนวณหาเวลาที่ระบบสามารถรองรับแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์

เวลาที่ระบบรองรับแก๊สได้ (นาที) = 60 / สัดส่วนแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เข้าระบบ (3-11)

$= {}^{60}\!/_{1.10}$ = 54 นาที

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายสตางค์ สุคติ

วัน เดือน ปีเกิด 28 มิถุนายน 2539

ที่อยู่ 53/27 หมู่ 1 ถ.รังสิต-นครนายก ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

E-mail satang.skt@gmail.com

โทรศัพท์ 089-815-6075

ประวัติการศึกษา

- พ.ศ. 2551 - 2556 ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนมัธยมสาธิตวัดพระศรีมหาธาตุ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
- พ.ศ. 2557 - ปัจจุบัน วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์การทำงาน

- นักศึกษาฝึกงาน แผนกพนักงานตรวจสอบน้ำมัน
  คลังน้ำมันพระโขนง บริษัท พีทีที จำกัด (มหาชน)
  ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน 2560 ถึงวันที่ 1 สิงหาคม 2560
- นักศึกษาโครงการสหกิจศึกษา แผนกวิศวกรส่วนเทคนิคโรงกลั่น
  บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)
  ตั้งแต่วันที่ 7 สิงหาคม 2560 ถึงวันที่ 24 พฤศจิกายน 2560