

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การออกแบบและติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย

DESIGN AND INSTALLATION OF WATER TREATMENT SYSTEM FOR THE LEAK TESTING MACHINE OF DIFFERENTIAL HOUSING

นาย พงศกร ธนกิจเจริญ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิศวกรรมขนส่งทางราง

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา การออกแบบและติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นาย พงศกร ธนกิจเจริญ

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิศวกรรมขนส่งทางราง

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ.ดร.จิตราภรณ์ วงศางาม

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายปิยณัฐ น้อยโนนทอง

สถานประกอบการ บริษัท ฮีโน่มอเตอร์ แมนูแฟคเจอริ่ง (ประเทศไทย) จำกัด

บทคัดย่อ

ห้องเฟืองเพลาท้ายเมื่อผ่านกระบวนการผลิตเรียบร้อยแล้ว จำเป็นจะต้องมีการทดสอบการรั่วซึมของน้ำมันเฟืองเพลาท้าย โดยมีวิธีการทดสอบการรั่วซึม คือ การนำชิ้นงานแช่ในอ่างน้ำเพื่อดูฟองอากาศที่เกิดขึ้นเมื่อมีการรั่วซึม เนื่องจากชิ้นงานผ่านกระบวนการผลิตหลากหลายกระบวนการ ทำให้ให้มีการปนเปื้อนของสารเคมี และเมื่อนำชิ้นงานมาทดสอบการรั่วซึมในอ่างน้ำ ทำให้น้ำมีการปนเปื้อนสารเคมีเหล่านั้น และก่อให้น้ำเกิดความขุ่น ซึ่งส่งผลให้คุณภาพการตรวจสอบการรั่วซึมของชิ้นงานลดลง จึงมีความจำเป็นจะต้องทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำยา และทำความสะอาดบ่อน้ำ เป็นสาเหตุที่ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูง โครงงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและทำการติดตั้งเครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเสื้อเพลาหลัง เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว เครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำถูกออกแบบโดยใช้ตะแกรงกรองหยาบขนาด 600 ไมครอน และเครื่องกรองแผ่นดิสก์ขนาด 100 ไมครอน เพื่อดักจับตะกอนจากน้ำที่เข้ามาในระบบ และทำการวัดค่าความขุ่นของน้ำก่อน และหลังติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ผลจากการวัดค่าความขุ่นของน้ำที่จำนวนการผลิต 1000 ชิ้น พบว่าก่อนติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำมีค่าความขุ่น 170 NTU และหลังติดตั้งมีค่าความขุ่นของน้ำ 125 NTU จึงสามารถลดความถี่ในการเปลี่ยนถ่ายน้ำยาจากจำนวนการผลิต 2500 ชิ้น เป็น 3100 ชิ้น ทำให้ลดต้นทุนการผลิตลงได้จากราคาต้นทุนต่อหน่วยการผลิต จาก 1.72 บาทต่อหน่วยการผลิต เป็น 1.38 บาทต่อหน่วยการผลิต

คำสำคัญ : ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ , ความขุ่น , เครื่องกรองน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title : Design and Installation of Water Treatment System for the Leak Testing Machine of Differential Housing

Student intern name: Mr.Phongsakorn Thanakitcharoen

Faculty : Engineering **Department** : Mechanical Engineering

Advisor name : Asst. Prof. Dr. Jittraporn Wongsa-Ngam

Mentor name : Mr. Piyanat Noinonthong

Company : Hino motors manufacturing (Thailand) Co.,Ltd.

Abstract

Differential housing was tested of Leakage of Oil gear when processes of the part completed. The way of testing leak is to soak the part in the process tank to inspect the water bubbles. Due to the part is passed various processes that cause to contaminated by chemical. Water is contaminated with those chemical when the part soaked in the process tank. It causes to turbidity water that check leak ineffectively. It is necessary to change the water but the cost of production is high. The objectives of this research are to design and to install the water treatment system for leak test machine of Differential housing. The system is designed to improve water quality by using a coarse filter ability 600 micron and 100 micron of fine filter to trap sediment from the water through the system and then measuring the turbidity of water. It can be found that the recording datas of the turbidity of water were 170 NTU before installation the water treatment system of 1000 unit of production, and 125 NTU after installation the system of 1000 unit. The results show that the water quality is gradually increased. It can be reduced the frequency of changing water from 2500 unit to 3100 unit. Resulting in reduce cost production from 1.72 bath per unit to 1.38 bath per unit.

Keyword : water treatment system, turbidity, water purifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยอย่างดี ด้วยความอนุเคราะห์เป็นอย่างดีจากบุคคลหลายฝ่ายที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ คำชี้แนะ และคอยให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับการดำเนินงานในด้านต่าง ๆ ขอขอบคุณ ผศ.ดร.จิตราภรณ์ วงศางาม อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์อย่างสูง ที่คอยให้คำปรึกษา และคำแนะนำเป็นอย่างดี จนทำให้ปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณปิยณัฐ น้อยโนนทอง วิศวกรผู้ดูแล ที่คอยให้คำปรึกษา คำชี้แนะ และคอยให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับการดำนเนินงานในด้านต่าง ๆ และบริษัท ฮีโน่มอเตอร์ส แมนูแฟคเจอริ่ง (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความรู้และประสบการณ์ในการทำงาน และการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า - เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ติดต่อและประสานกับบริษัทตลอดการทำงานสหกิจศึกษา

พงศกร ธนกิจเจริญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ I

Abstract II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญรูปภาพ VII

สารบัญตาราง IX

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย 2

1.5 ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.6 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ 3

บทที่ 2 เนื้อหา ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 น้ำเสีย (Wastewater) 4

2.1.1 น้ำเสียอุตสาหกรรม (Industrial wastewater) 4

2.1.2 ปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended solids) 4

2.1.3 ความขุ่น (Turbidity) 5

2.2 การบำบัดน้ำเสีย 5

2.2.1 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย 5

2.2.2 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย 6

2.3 การกรองน้ำ (Filtration) 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ถังกรองทราย 8
2.3.2 กลไกของการกรองน้ำ....8
2.3.3 ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการกรองน้ำ 9
2.4 วัสดุและอุปกรณ์ของระบบท่อน้ำ.... 11
2.4.1 เส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาของท่อ 11
2.4.2 ชนิดและคุณสมบัติของวัสดุทำท่อ.... 12
2.4.3 วาล์ว 14
2.4.4 ปั๊ม.... 17
2.5 การเขียนแบบระบบท่อ.... 17
2.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการไหลในท่อ 18
2.6.1 คุณสมบัติของของไหลและลักษณะการไหล 18
2.6.2 สมการกลศาสตร์ของของไหล 20
2.6.3 การสูญเสียความดันในระบบท่อ 22
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 27
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย....29
3.1 การเลือกใช้รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ.... 29
3.1.1 รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยอาศัยหลักการปล่อยตกตะกอน.... 29
3.1.2 รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้สารเคมีเร่งในการตกตะกอน 30
3.1.3 รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้เพียงการบำบัดทางกายภาพ.... 31
3.2 การออกแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ.... 32
3.2.1 พื้นที่ในการติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ.... 32
3.2.2 อุปกรณ์ภายในระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำ.... 33
3.3 การทดสอบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ 36
3.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้วัดความขุ่น และความเข้มข้นของสารละลาย.... 36
3.3.2 การเก็บผลการทดสอบ โดยการวัดค่าความขุ่น และความเข้มข้นของสารละลาย 37
3.4 การคำนวณค่าความสูญเสียของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ.... 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย และอภิปรายผล 41

4.1 การเลือกใช้รูปแบบระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำ 41

4.2 รายละเอียดของอุปกรณ์ภายในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ 44

4.2.1 การเลือกใช้ปั๊มน้ำ 45

4.2.2 การเลือกใช้ท่อน้ำในการติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ 46

4.2.3 การเลือกใช้ตะแกรงกรองหยาบในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ 47

4.2.4 การเลือกใช้ไส้กรองการกรองละเอียดในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ 47

4.2.5 การออกแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ 49

4.3 การทดสอบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ 55

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 60

5.1 สรุปผลการวิจัย 60

5.2 ข้อเสนอแนะ 60

บรรณานุกรม 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1 Nephelometer 5
รูปที่ 2.2 แผ่นกรอง Microscreen 8
รูปที่ 2.3 Disc filter 7
รูปที่ 2.4 ท่อเหล็กดำ 13
รูปที่ 2.5 เกทวาล์วและภาพตัดของเกทวาล์ว 15
รูปที่ 2.6 บอลวาล์ว 16
รูปที่ 2.7 โซลินอยวาล์ว 16
รูปที่ 2.8 การไหลของของไหลไม่มีความหนืด 19
รูปที่ 2.9 การพัฒนาการไหลของของไหลภายในท่อกลม 20
รูปที่ 2.10 รูปแบบการไหลแบบราบเรียบ และรูปแบบการไหลแบบปั่นป่วน 20
รูปที่ 2.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความดันสูญเสีย และอัตราการไหลภายในท่อ 23
รูปที่ 2.12 กราฟของมูดี้ (Moody chart) 24
รูปที่ 3.1 รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยอาศัยหลักการปล่อยตกตะกอน 30
รูปที่ 3.2 รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้สารเคมีเร่งในการตกตะกอน 31
รูปที่ 3.3 รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้เพียงการบำบัดทางกายภาพ 31
รูปที่ 3.4 พื้นที่การติดตั้งระบบด้านหน้า ความยาว 1.5 เมตร 32
รูปที่ 3.5 พื้นที่การติดตั้งระบบด้านข้าง ความกว้าง 0.8 เมตร 33
รูปที่ 3.6 ปั๊มหอยโข่ง 34
รูปที่ 3.7 ปั๊มแช่ใต้น้ำ ประเภทบำบัดน้ำเสีย 34
รูปที่ 3.8 ท่อเหล็กดำ SCH 40 35
รูปที่ 3.9 ท่อเหล็กชุบสังกะสี 35
รูปที่ 3.10 ไส้กรอง Poly propylene ระดับ 10 ไมครอน 36
รูปที่ 3.11 เครื่องมือวัดความขุ่น DIGICON TU-216 36
รูปที่ 3.12 เครื่องมือวัดความเข้มข้นของสารละลาย ATAGO M10 37
รูปที่ 4.1 รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้เพียงการบำบัดทางกายภาพ 42
รูปที่ 4.2 รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยอาศัยหลักการปล่อยตกตะกอน 43
รูปที่ 4.3 น้ำในอ่างน้ำยาที่ไม่มีการดำเนินการผลิต 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้สารเคมีเร่งการตกตะกอน 44
รูปที่ 4.5 ชิ้นงานเกิดสนิม 44
รูปที่ 4.6 ปั๊มจุ่มใต้น้ำ ยี่ห้อ SUMO รุ่น SF250 45
รูปที่ 4.7 ปั๊มหอยโข่ง 46
รูปที่ 4.8 ข้องอ 90 องศา เหล็กชุบสังกะสี 46
รูปที่ 4.9 ท่อเหล็กชุบสังกะสี 46
รูปที่ 4.10 ไส้กรองการกรองละเอียด Disc filter 47
รูปที่ 4.11 คุณสมบัติการทำงานของไส้กรองละเอียด 48
รูปที่ 4.12 ขนาดของอุปกรณ์ไส้กรองกรองละเอียด 48
รูปที่ 4.13 แบบจำลองขนาดพื้นที่ติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ของเครื่องจักรตรวจสอบการรั่วซึมห้องเฟืองเพลาท้าย 49
รูปที่ 4.14 ภาพการออกแบบกล่องกรองหยาบ 50
รูปที่ 4.15 ภาพจำลองกล่องกรองหยาบ 50
รูปที่ 4.16 ภาพการออกแบบกรอบตะแกรงกรองหยาบ 51
รูปที่ 4.17 ภาพตะแกรงกรองหยาบ 51
รูปที่ 4.18 การจำลองการจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์ในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยใช้โปรแกรม Autodesk Autocad 52
รูปที่ 4.19 แผนผังกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ในรูป 2D Diagram 53
รูปที่ 4.20 Flowchart diagram ของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ 54
รูปที่ 4.21 การติดตั้งเครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำ สำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย 54
รูปที่ 4.22 ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย 55
รูปที่ 4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นที่เพิ่มขึ้น และจำนวนการผลิตชิ้นงาน 56
รูปที่ 4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นที่เพิ่มขึ้น ก่อน-หลังการติดตั้งเครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำ 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงระยะเวลาในการดำเนินโครงการ.....3
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางท่อเหล็กในระบบ NPS และ DN..... 12
ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงคุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุท่อชนิดต่าง ๆ..... 13
ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงสัญลักษณ์ที่นิยมใช้ในการเขียนแบบระบบท่อแบบเส้นเดี่ยว..... 18
ตารางที่ 2.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความหยาบของผิวท่อ 25
ตารางที่ 2.5 ค่าสัมประสิทธิ์ความสูญเสียของข้อต่อ..... 26
ตารางที่ 2.6 ค่าสัมประสิทธิ์ความสูญเสียของวาล์ว ขณะเปิดเต็มที่..... 26
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงอุปกรณ์ของระบบ 38
ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าความขุ่นของน้ำที่เพิ่มขึ้นตลอดทั้งการทดสอบชิ้นงาน 2500 ชิ้น 56
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงค่าความขุ่นของน้ำที่เพิ่มขึ้นก่อนการติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ และหลังการติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยเปรียบเทียบที่ยอดจำนวนการทดสอบ 1000 ชิ้น..... 57
ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของน้ำยา หลังการติดตั้งเครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำ 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

การจัดทำโครงงานสหกิจศึกษาเรื่อง การออกแบบและติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับเครื่องการตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย ประกอบไปด้วยความเป็นมาและความสำคัญ วัตถุประสงค์ ขอบเขต ขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินงาน และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ดังนี้

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันในประเทศไทยมีการเติบโตของอุตสาหกรรมการผลิตมิว่าจะเป็นอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า และอุตสาหกรรมรถยนต์ เป็นต้น ซึ่งการผลิตนั้นจะต้องมีการตรวจสอบคุณภาพก่อนที่จะออกนำสู่ขายท้องตลาด เพื่อมิให้เกิดข้อบกพร่องซึ่งอาจจะก่อเกิดอันตรายได้ ยกตัวอย่างเช่นในอุตสาหกรรมรถยนต์ การผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์นั้นขั้นตอนของการทดสอบคุณภาพ ความปลอดภัยของชิ้นงานก่อนที่จะส่งมอบให้กับผู้ใช้งานเป็นลำดับสุดท้ายจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากอุปกรณ์ต่าง ๆในชิ้นส่วนของการประกอบรถยนต์นั้น จะถูกกล่าวถึงความปลอดภัยต่อการใช้งานซึ่งอาจจะส่งผลถึงชีวิตของผู้ใช้งานได้หากเกิดข้อบกพร่อง การตรวจสอบคุณภาพของการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ มีหลากหลายขั้นตอนในแต่ละชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่แตกต่างกันออกไป โดยในที่นี้จะกล่าวถึงการทดสอบคุณภาพของห้องเฟืองเพลาท้าย ซึ่งชิ้นส่วนอุปกรณ์ส่วนนี้เป็นสิ่งที่ควบคุมการขับเคลื่อนของล้อหลังของรถยนต์ โดยจะประกอบไปด้วยชุดเกียร์ที่มีอัตราทด มีน้ำมันหล่อลื่นของชุดเกียร์ โดยขั้นตอนการผลิตจะมีขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพของอุปกรณ์ชิ้นนี้จะมีขั้นตอนการทดสอบการรั่วซึมของน้ำมันในชุดเกียร์ท้าย หากการรั่วซึมเกิดขึ้นอาจจะส่งผลให้ชุดเกียร์เกิดการสึกหรอที่รวดเร็วและอาจจะส่งผลถึงชีวิตของผู้ใช้งานได้ โดยการตรวจสอบคุณภาพของห้องเฟืองเพลาท้ายจะมีวิธีการตรวจสอบด้วยสายตา โดยการแช่ชิ้นงานลงในเครื่องตรวจสอบ ซึ่งเครื่องตรวจสอบนี้จะมีน้ำยาที่ทำหน้าที่ในการป้องกันสนิมของชิ้นส่วน และหากเกิดการรั่วซึมเกิดขึ้นจะเกิดฟองอากาศขึ้นบนผิวน้ำ ทำให้ผู้ตรวจสอบสามารถเห็นรอยรั่วได้ ซึ่งหลังจากที่การผลิตดำเนินไปประมาณ 2500 ชิ้น หรือประมาณ 1 สัปดาห์ น้ำยาในเครื่องตรวจสอบจะเกิดความขุ่น อันเนื่องมาจากคราบน้ำมันที่ติดมากับชิ้นงาน ผงเหล็กจากการเชื่อม และน้ำยาหล่อเย็นจากขั้นตอนการผลิตก่อนหน้า ทำให้ผู้ตรวจสอบไม่สามารถเห็นรอยรั่วได้อย่างชัดเจน อาจจะส่งผลให้เกิดข้อบกพร่องของชิ้นงานไปถึงลูกค้าได้ ผู้ควบคุมการผลิตจึงจำเป็นจะต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำยาใหม่ เพื่อให้การตรวจสอบมีคุณภาพ และแม่นยำ แต่ส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการที่สูง จึงส่งผลให้เกิดการออกแบบและติดตั้งเครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำของขั้นตอนการตรวจสอบการรั่วซึม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของห้องเฟืองเพลาท้าย ที่จะสามารถลดความถี่ในการถ่ายน้ำยาใหม่ และสามารถลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อออกแบบและติดตั้งสร้างเครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับเครื่องการตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย (Differential Housing)
2. กำหนดเกณฑ์ที่จะนำมาใช้ในการเปลี่ยนถ่ายน้ำของเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย
3. เพื่อลดต้นทุนของการผลิตห้องเฟืองเพลาท้าย

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. เครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำการกรองสารแขวนลอยผ่าน Disc Filter ในการผลิตห้องเฟืองเพลาท้าย
2. คุณภาพน้ำในที่นี้หมายถึงเฉพาะดัชนีชี้วัดความขุ่นของน้ำ (ความใส)

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1. รวบรวมข้อมูล ศึกษาคุณสมบัติของน้ำยา และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำและแผ่นกรอง
2. ศึกษาการทำงานของเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย
3. ทำการออกแบบและติดตั้งเครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำ
4. ทำการทดสอบเครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย
5. จัดทำแบบแผนการปฏิบัติงานให้แก่พนักงาน

1.5 ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้การตรวจสอบรอยรั่วมีคุณภาพ และแม่นยำ
2. ลดความถี่ในการเปลี่ยนถ่ายน้ำยา ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนการผลิตลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงระยะเวลาในการดำเนินโครงการ

ลำดับ	หัวข้องาน	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	ปรึกษาหัวข้อโครงงานวิจัยกับวิศวกรผู้ดูและ																
2.	ปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษา																
3.	ศึกษาข้อมูล ทฤษฎี ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง																
4.	ทำการออกแบบเครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำ																
5.	ประกอบและติดตั้งเครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำ																
6.	ศึกษาผลลัพธ์และปรับปรุงแก้ไข																
7.	สรุปผลการศึกษา																
8.	ทำรูปเล่มโครงงานวิจัย																

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เนื้อหา ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจัดทำโครงงานสหกิจศึกษาเรื่อง การออกแบบและติดตั้งเครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย เพื่อลดความถี่ของการเปลี่ยนถ่ายน้ำยา ประกอบไปด้วยทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 น้ำเสีย (Wastewater) [1]

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่าง ๆ แล้ว ตัวอย่างเช่น การใช้ในชีวิตประจำวันของประชากร เช่น การอุปโภคและบริโภค การประกอบอาหาร การชำระล้างร่างกาย การใช้ในอุตสาหกรรม เช่น การล้างวัตถุดิบ วัสดุอุปกรณ์ การหล่อเย็น ซึ่งทำให้น้ำดังกล่าวมีลักษณะสมบัติที่ต่างไปจากเดิมเนื่องจากการปนเปื้อนของสิ่งสกปรก โดยสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนในน้ำเสียจะขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่ใช้ประโยชน์จากน้ำ นอกจากนี้แล้วสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนในน้ำเสียจะเป็นสาเหตุที่ทำให้น้ำเสียมีลักษณะสมบัติที่แตกต่างกันออกไป เช่น จุลินทรีย์ ตะกอนแขวนลอย สารพิษ สีและความขุ่น น้ำมันและไขมัน เป็นต้น

2.1.1 น้ำเสียอุตสาหกรรม (Industrial wastewater)

น้ำเสียอุตสาหกรรมจะเป็นน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนสิ่งสกปรกที่แตกต่างกันและปริมาณของสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนก็แตกต่างกันด้วย เช่น สารพิษ หรือสารเคมีโลหะหนัก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของอุตสาหกรรม วัตถุดิบที่ใช้ ตลอดจนขบวนการผลิตที่ใช้ โดยสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนอาจเป็นสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ หรืออาจจะเป็นทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ก็ได้ น้ำเสียอุตสาหกรรมส่วนใหญ่เกิดจากขบวนการล้างวัตถุดิบ การล้างเครื่องจักรอุปกรณ์ การระบายความร้อน รวมทั้งกิจกรรมต่าง ๆ ของพนักงาน เป็นต้น

2.1.2 ปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended solids)

ของแข็งแขวนลอย หมายถึง ของแข็งส่วนที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ แต่จะแขวนลอยอยู่ในน้ำ เช่น เกลือสารอนินทรีย์หรือสารอินทรีย์ ค่าของแข็งแขวนลอยมีความสำคัญในการควบคุมคุณภาพของแหล่งน้ำ ตลอดจนใช้ในการออกแบบและเลือกชนิดของระบบบำบัดน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ความขุ่น (Turbidity)

ความขุ่นของน้ำเสียส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากสารแขวนลอย (Suspended solids) ที่ปนเปื้อนในน้ำเสียนั้นเอง และสารแขวนลอยนี้จะกั้นหรือบังไม่ให้แสงส่องลงใต้น้ำเช่นเดียวกับสีที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย การวัดความขุ่นของน้ำเสียสามารถใช้เครื่องมือเฉพาะที่สามารถวัดค่าความขุ่นได้โดยตรง เช่น Turbidity meter หรือ Nephelometer โดยหน่วยวัดคือ NTU (Nephelometric turbidity Units) โดยเครื่องวัดเฉพาะนี้จะอาศัยการวัดการดูดกลืนของแสงของความขุ่นในตัวอย่างน้ำนั้น ซึ่งค่าความขุ่นมีความสำคัญต่อระบบบำบัดน้ำเสียอย่างมากทั้งในกรณีการคำนวณออกแบบและการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย



รูปที่ 2.1 Nephelometer

2.2 การบำบัดน้ำเสีย [2]

การบำบัดน้ำเสียเป็นการกำจัดสารต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสีย ซึ่งน้ำเสียจะมีการปนเปื้อนที่แตกต่างกันออกไปตามลักษณะการใช้งาน เช่น การใช้อุปโภคและบริโภค การผ่านกระบวนการชำระล้างจากกระบวนการอุตสาหกรรม การทำการเกษตร ทำให้การบำบัดน้ำเสียจะเป็นต้องใช้หลายวิธีและหลายกระบวนการ ซึ่งกระบวนการบำบัดน้ำเสียสามารถแบ่งออกได้ 4 กระบวนการหลัก คือ กระบวนการทางกายภาพ (Physical unit operation) กระบวนการทางเคมี (Chemical unit processes) กระบวนการทางชีวภาพ (Biological unit processes) และกระบวนการทางกายภาพ - เคมี (Physicochemical unit processes)

2.2.1 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย

1. กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ (Physical unit operation)

กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ คือ วิธีการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยแรง ต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในการแยกของแข็งที่ไม่ละลายน้ำออกจากน้ำเสีย โดยส่วนมากจะเป็นขั้นตอนแรกของการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ การดักด้วยตะแกรง (Screening) การ-ตกตะกอน (Sedimentation) การกวาด (Skimming) และการกรอง (Filtration) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมี (Chemical unit processes)

กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมี คือ กระบวนการที่อาศัยสารเคมีผสมกับน้ำเสียเพื่อให้เกิดปฏิกริยาเคมี เพื่อแยกเอามวลสารต่าง ๆ ออกจากน้ำเสีย ได้แก่ การตกตะกอนผลึก (Precipitation) การทำให้เป็นกลาง หรือการสะเทิน (Neutralization) การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) เป็นต้น

3. กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ (Biological unit processes)

กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ คือ กระบวนการที่อาศัยจุลชีพที่จะทำการย่อยสลายและเปลี่ยนสารอินทรีย์ต่าง ๆ ไปเป็นก๊าซลอยขึ้นสู่อากาศและจะได้จุลชีพเพิ่มขึ้น ได้แก่ Activated Sludge, Trickling Filter, Aerated Lagoon, Anaerobic Filter เป็นต้น

4. กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ - เคมี (Physicochemical unit processes)

กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ - เคมี คือ กระบวนการที่อาศัยทั้งทางกายภาพและทางเคมีมารวมกัน จะใช้ในการกำจัดสารอนินทรีย์ และสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย ได้แก่ Ion Exchange, Carbon Adsorption, Reverse Osmosis, Electrodialysis เป็นต้น

2.2.2 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย

1. ระบบบำบัดก่อนขั้นต้น (Preliminary treatment)

เป็นระบบที่อยู่ในขั้นแรก ของระบบบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ การดักด้วยตะแกรง การกำจัดตะกอนหนัก การบดตัด เป็นต้น

2. ระบบบำบัดขั้นตอน (Primary treatment)

เป็นระบบที่อยู่ในขั้นที่ต้องการแยกสารตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสียและกำจัดสารอินทรีย์บางส่วนออกจากน้ำเสีย ได้แก่ การดักด้วยตะแกรง การตกตะกอน เป็นต้น

3. ระบบบำบัดขั้นที่สอง (Secondary treatment)

เป็นระบบที่กำจัดสารอินทรีย์ และตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย โดยมากจะเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้กระบวนการทางชีวภาพ สำหรับระบบฆ่าเชื้อโรคในน้ำทิ้ง เช่น การเติมคลอรีนก็จัดอยู่ในขั้นที่สองด้วย

4. ระบบบำบัดขั้นที่สาม (Tertiary treatment)

เป็นระบบที่แยกและกำจัดสารตะกอนแขวนลอยที่หลงเหลือจากระบบบำบัดขั้นสอง การกำจัดสารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสออกจากน้ำเสีย และการกำจัดสารปนเปื้อนอื่น ๆ ที่ลงเหลือจากระบบบำบัดขั้นที่สอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การกรองน้ำ (Filtration) [5]

การกรองน้ำเกิดขึ้นได้ 2 ลักษณะ คือ การกรองแบบติดผิวชั้นกรอง (Surface filtration) และการกรองแบบติดค้างในชั้นกรอง (In – depth filtration)

การกรองแบบติดผิว เป็นรูปแบบที่ตะกอนแขวนลอยหรือความขุ่น ถูกดักจับและติดค้างอยู่บนผิวของสารกรองซึ่งอาจจะเป็น ผ้าแผ่นใยสังเคราะห์ แท่งกรอง เครื่องกรองที่อาศัยหลักการกรองแบบติดผิวอาจแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้

1. เครื่องกรองแบบใช้แผ่นกรอง ซึ่งอาจจะเป็นผ้า แผ่นโลหะ หรือแผ่นใยสังเคราะห์ ตัวอย่างเช่น Microscreen (รูปที่ 2.2) Filter Press และ Vacuum Filter

2. เครื่องกรองแบบใช้แท่งกรอง (Porous media)

แท่งกรองมักเป็นแท่งวัสดุที่มีรูพรุนจำนวนมาก ซึ่งยอมให้น้ำผ่านเท่านั้น โดยตะกอนความขุ่นต่าง ๆ จะติดค้างอยู่บนผิวของแท่งกรอง ตัวอย่างเช่น Disc filter (รูปที่ 2.3)

3. เครื่องกรองแบบที่มีสารกรองชั่วคราว (Pre coated filter)

เครื่องกรองประเภทนี้จะต้องใช้สารกรองที่เตรียมขึ้นจากสารบางอย่าง ซึ่งเมื่อใช้จนหมดประสิทธิภาพ จำเป็นจะต้องทิ้งสารกรอง และทำการเปลี่ยนใหม่ก่อนที่จะนำไปบำบัดน้ำครั้งต่อไป



รูปที่ 2.2 แผ่นกรอง Microscreen



รูปที่ 2.3 Disc filter

การกรองแบบติดค้างในชั้นกรอง เป็นการกรองน้ำแบบธรรมดาที่ใช้กันในโรงงานผลิตน้ำประปา โดยสารกรองที่นิยมใช้มากที่สุดคือ ทราย เนื่องจากขนาดของสารกรองมักมีขนาดใหญ่กว่าการกรองน้ำแบบติดผิว ทำให้ตะกอนความขุ่นมีโอกาสเข้าไปภายในชั้นกรองได้ ตัวอย่างเช่น ถังกรองทราย และเครื่องกรองถ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ถังกรองทราย

ถังกรองทรายถูกจำแนกประเภทออกเป็น 2 รูปแบบตามอัตราการกรองของถังกรอง คือ ถังกรองทรายแบบช้า (slow sand filter) และถังกรองทรายแบบเร็ว (Rapid sand filter)

2.3.1.1 ถังกรองทรายแบบช้า (slow sand filter)

ในกรณีที่น้ำมีค่าความขุ่นต่ำ การกรองน้ำด้วยอัตราต่ำ สามารถกำจัดความขุ่นโดยไม่ต้องใช้สารเคมีช่วยในการรวมตะกอนเพื่อให้สารแขวนลอยรวมกันเป็นกลุ่ม (Flocculation) และไม่ต้องใช้ถังตกตะกอนเพื่อกำจัดความขุ่น ทำให้ระบบการบำบัดเป็นรูปแบบที่มีอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องกลน้อยที่สุด ทำให้สามารถกรองน้ำโดยไม่ต้องใช้ไฟฟ้าจึงเหมาะสมใช้ในชนบท และการควบคุมถังกรองสามารถทำได้โดยง่ายโดยไม่ต้องการผู้ที่มีความรู้พิเศษ

2.3.1.2 ถังกรองทรายแบบเร็ว (Rapid sand filter)

ถังกรองเร็วสามารถกรองน้ำได้ในอัตราที่สูงกว่าถังกรองช้า การทำความสะอาดสามารถทำได้โดยง่ายโดยใช้วิธีปล่อยให้น้ำไหลย้อนทิศการกรอง (Backwash) ชั้นกรองจะขยายตัวทำให้เกิดมีช่องว่างเพิ่มขึ้น ความขุ่นที่จับอยู่ภายในสามารถหลุดออกไปกับน้ำสะอาด การล้างจะได้ผลดียิ่งขึ้น ถ้ามีการช่วยให้เม็ดทรายเสียดสีกัน เพื่อขจัดเอาความสกปรกที่จับอยู่บริเวณผิวทรายออกไป เช่นการฉีดลม หรือน้ำที่มีแรงดันสูงไปกระทบกับผิวของชั้นทราย

โดยวิธีการกรองเร็วมี 2 ลักษณะ คือ

1. การกรองเร็ว (Direct filtration) เป็นวิธีการกรองเร็วที่ไม่ต้องมีการกำจัดความขุ่นออกก่อนด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชัน และตกตะกอน การกรองโดยตรงอาจมีการเติมสารเคมีให้กับน้ำก่อนเข้าเครื่องกรอง หรือไม่เติมก็ได้

2. การกรองน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน และตกตะกอนมาก่อนแล้ว

2.3.2 กลไกของการกรองน้ำ

การกรองน้ำเป็นการเคลื่อนย้ายสารแขวนลอยในน้ำมาไว้บนสารกรอง หรือมาไว้ที่ช่องว่างระหว่างสารกรอง ดังนั้น กลไกในการกรองน้ำจึงเกี่ยวกับวิธีการเคลื่อนย้าย (transport) สารแขวนลอยในน้ำ ให้เข้าไปหาสารกรอง ซึ่งอยู่นิ่งๆ และวิธีการทำให้สารแขวนลอยเกาะจับอยู่กับสารกรอง หรือสิ่งที่ติดอยู่บนสารกรองก่อนแล้ว (Attachment)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.1 กลไกเคลื่อนย้ายสารแขวนลอยเข้าหาสารกรอง (Transport mechanism)

สารแขวนลอยจะเคลื่อนที่เข้าหาสารกรองได้ 2 วิธี คือ การเคลื่อนที่ตามธรรมชาติของสารที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน และเป็นการเคลื่อนที่ระดับโมเลกุลที่จะเกิดการแพร่กระจายแบบบราวเนียน (Brownian diffusion) จะเคลื่อนที่แบบไม่มีทิศทาง และการเคลื่อนที่ตามกระแสการไหลของน้ำ สารแขวนลอยที่มีอนุภาคขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอน จะวิ่งเบียดเข้าหาสารกรอง (interception) ในขณะที่ผ่านช่องว่างขนาดเล็ก นอกจากนี้ สารแขวนลอยขนาดใหญ่ ยังอาจจะตกตะกอนในทิศทางที่เคลื่อนที่เข้าหาสารกรองได้ ซึ่งขนาดและการกระจายขนาด (Size distribution) ของสารแขวนลอยมีความสำคัญต่อกลไกการเคลื่อนย้ายเป็นอย่างมาก กล่าวคือ เมื่อขนาดของสารแขวนลอยเล็กกว่า 1 ไมครอน ประสิทธิภาพของการเคลื่อนย้ายจะแปรผกผันกับขนาด นั่นคือการแพร่กระจายทำให้สารขนาดเล็กเคลื่อนที่ได้มากกว่า

2.3.2.2 กลไกจับสารแขวนลอย (Attachment mechanism)

สารแขวนลอยขนาดใหญ่ อาจตกตะกอนและเกาะติดอยู่บนสารกรอง หรืออาจตกค้างอยู่ในช่องว่างระหว่างสารกรอง ทำให้สามารถกรองออกจากน้ำได้ ซึ่งกลไกลนี้อาจไม่ได้เกิดจากทางกายภาพอาจจะต้องใช้กระบวนการโคแอกกูเลชันด้วย

2.3.3 ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการกรองน้ำ

2.3.3.1 การเตรียมน้ำก่อนกรอง (Pretreatment)

เนื่องจากการกรองน้ำไม่ใช่อิทธิพลจากการกรองทางกายภาพเพียงอย่างเดียว การกรองน้ำดิบที่มีความขุ่นโดยตรง จึงมักไม่ให้น้ำใสเท่าที่ควร แม้จะใช้อัตราการกรองที่ต่ำมาก ความขุ่นบางส่วนเท่านั้นที่จะติดอยู่ในชั้นกรอง และจะมีความขุ่นที่ลอดผ่านชั้นกรองไปได้เสมอ สาเหตุมาจาก สารแขวนลอย และสารกรองมักมีประจุลบทั้งคู่ ดังนั้นโอกาสในการสัมผัสกันจึงมีไม่มาก การเตรียมน้ำก่อนกรอง ซึ่งได้แก่การทำโคแอกกูเลชัน เพื่อทำลายประจุลบของสารแขวนลอย และเปลี่ยนให้เป็นประจุบวก จึงมีความสำคัญต่อการกรองเป็นอย่างยิ่ง การทำลายประจุของสารกรองก็อาจจะได้ผลเช่นเดียวกันกับการทำลายประจุของสารแขวนลอย แต่จะปฏิบัติได้ยากกว่า

2.3.3.2 ความแปรปรวนของอัตราการกรอง

อัตราการกรองที่มีความแปรปรวนกะทันหัน เป็นสาเหตุที่ทำให้คุณภาพของน้ำลดต่ำลงได้มาก ด้วยเหตุนี้จึงนิยมรักษาระดับของอัตราการกรองให้คงที่อยู่ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.3 ชนิดของสารกรอง

สารกรองที่นิยมใช้กันมานานและยังคงใช้กันอยู่ คือ ทรายธรรมดา (Silica - sand) แต่เนื่องจากการเรียงขนาดของทรายจากอนุภาคเล็กไปใหญ่ ตามทิศทางการไหลของน้ำที่ผ่านชั้นกรอง ทำให้ไม่สามารถใช้สมรรถนะของเครื่องกรองได้เต็มที่ จึงมีการพัฒนาเครื่องกรองที่มี 2 ชั้นกรองขึ้นมา โดยเพิ่มถ่านแอนทราไซด์ไว้บนชั้นทราย เนื่องจากถ่านแอนทราไซด์ มีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าทราย แม้จะมีขนาดที่ใหญ่กว่า ทำให้เมื่อมีการล้างย้อนกลับ (Backwash) จะทำให้เกิดการเรียงตัวแบบขนาดใหญ่ไปเล็กหรือแบบ 3 ชั้นกรองซึ่งชั้นล่างสุดคือ ทรายกาเนต (Garnet sand) แต่เนื่องจาก สารกรอง 2 ชนิดนี้ไม่ใช่สิ่งที่อยู่ในท้องถิ่นของประเทศไทย ทำให้มีราคาที่สูงกว่าทรายธรรมดา โดยการปรับปรุงเครื่องกรองที่ใช้ทรายเพียงอย่างเดียว ให้มีประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น ทำได้โดย การคัดเลือกทรายให้มีขนาดใกล้เคียงกันจนมีค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอ (Uniform coefficient, U.C) ต่ำประมาณ 1.3 ซึ่งโดยปกติแล้วเครื่องกรองทรายธรรมดามีค่า U.C ไม่น้อยกว่า 1.3

2.3.3.4 ขนาดของสารกรอง

ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกขนาดของสารกรอง คือ คุณภาพของน้ำที่กรองได้ และค่าการสูญเสียสำหรับการกรอง ซึ่งทั้ง 2 ปัจจัยนี้มีอิทธิพลต่อการเลือกขนาดของสารกรองในทางตรงข้าม สรุปได้คือ ถ้าสารกรองมีขนาดเล็ก น้ำที่ผลิตได้จะมีคุณรูปที่ดี แต่จะมีค่าการสูญเสียที่สูง ส่งผลให้ต้องมีการล้างเครื่องกรองบ่อย โดยทั่วไปถ้าใช้ทรายเป็นสารกรองจะมีขนาดสัมฤทธิ์ (Effective size) ประมาณ 0.4 ถึง 0.6 และมีค่า U.C ประมาณ 1.5

2.3.3.5 คุณภาพของน้ำดิบ

น้ำดิบที่เข้าเครื่องกรอง มีความสำคัญในการกำหนดค่า ต้องมีการทำความสะอาดหรือเตรียมน้ำก่อนกรองหรือไม่ โดยปกติ ถ้าน้ำดิบมีความขุ่นไม่เกิน 20 ถึง 25 หน่วย การกรองอาจเป็นแบบการกรองโดยตรง (Direct filtration) ที่ไม่ต้องมีการลดความขุ่นก่อนเข้าถังกรอง แต่สำหรับน้ำที่ขุ่นกว่านั้น ควรมีการกำจัดความขุ่นออกก่อนด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชันและการตกตะกอน จึงจะสามารถนำเข้าเครื่องกรองได้

2.3.3.6 ความหนาของชั้นกรอง

จากการศึกษาพบว่า ค่าการสูญเสียส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ระดับประมาณ 3 นิ้ว ลึกจากผิวชั้นทราย ทำให้ดูเหมือนว่ามีเพียงความลึก 3 นิ้วเท่านั้นที่ใช้ในการกรอง แต่เนื่องจากความหนาของชั้นกรองเป็นพารามิเตอร์ที่กำหนดโอกาสสัมผัสระหว่างสารแขวนลอยและสารกรอง ซึ่งมีความสำคัญต่อสมรรถนะของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกรองน้ำเป็นอย่างมาก ความหนาของชั้นกรองทั่วไปมีความลึกประมาณ 0.6 ถึง 0.75 เมตร (สารกรองเป็นทรายที่มีขนาดสัมฤทธิ์ 0.45 ถึง 0.65 มิลลิเมตร และมีค่า U.C. ประมาณ 1.4 - 1.7)

2.4 วัสดุและอุปกรณ์ของระบบท่อน้ำ [7]

ในการออกแบบท่อผู้ออกแบบจะไม่สามารถกำหนดขนาดได้อย่างอิสระ เนื่องจากผู้ผลิตท่อจะกำหนดขนาดมาตรฐานของท่อซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ดังต่อไปนี้

2.4.1 เส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาของท่อ

สำหรับการกำหนดขนาดของท่อเหล็ก (Iron pipe size - IPS) ซึ่งระบบนี้จะ กำหนดขนาดท่อตามเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเป็นหน่วยนิ้ว เช่น IPS 6 คือท่อขนาดนี้จะมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน เท่ากับ 6 นิ้ว ภายหลังผู้ผลิตมีการผลิตขนาดท่อที่ความหนาต่างกัน ระบบกำหนดขนาดท่อจึงเปลี่ยนไปอ้างอิงกับเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก และมีการให้รหัสสำหรับความหนาของท่อเป็น Standard (STD) , extra strong (XS) หรือ extra heavy (XH) เป็นต้น ซึ่งต่อมาการผลิตท่อที่มีความหนาหลากหลายขึ้นอีกจึงมีการเปลี่ยนระบบการให้ขนาดท่อเป็นขนาดระบบ (Nominal pipe size - NPS) และใช้สเกดูล (schedule – SCH) ระบบ NPS ระบบขนาดท่อเป็นขนาดประมาณในหน่วยนิ้ว เช่น NPS 2 คือท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 2.375 นิ้ว ซึ่งในท่อที่มีขนาดตั้งแต่ NPS 12 ลงไปจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกใหญ่กว่าขนาดที่ระบบ ขณะที่ท่อขนาดตั้งแต่ 14 นิ้วขึ้นไป จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเท่ากับขนาดระบบ ส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางภายในจะแปรเปลี่ยนตามความหนาของท่อ ซึ่งท่อที่มีสเกดูลสูง หมายถึงท่อที่มีความหนามากก็จะมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเล็กกว่าท่อที่มีสเกดูลต่ำ การระบุขนาดท่อในระบบเมตริก จะระบุเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางระบบ (Diameter nominal - DN) โดยเส้นผ่านศูนย์กลางระบุจะมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร เช่น DN 50 มีความหมายเหมือน NPS 2 ดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางท่อเหล็กในระบบ NPS และ DN

NPS (นิ้ว)	DN (มม.)	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (มม.)
1/8	-	10.3
1/4	6	13.7
3/8	10	17.1
1/2	15	21.34
3/4	20	26.67
1	25	33.4
1-1/4	32	42.16
1-1/2	40	48.26
2	50	60.32
2-1/2	65	73.02
3	80	88.9
3-1/2	90	101.6
4	100	114.3
5	125	141.3
6	150	168.3
8	200	219.1
10	250	273
12	300	323.9
14	350	355.6
16	400	406.4
18	450	457.2
20	500	508
22	550	558.8
24	600	609.6
26	650	660.4
28	700	711.2
30	750	762
32	800	812.8
34	850	863.6
36	900	914.4
40	1000	1016
42	1050	
44	1100	
46	1200	
48	1300	
52	1400	
56	1500	
60	1600	
64	1700	
68	1800	
72	1900	
80	2000	

2.4.2 ชนิดและคุณสมบัติของวัสดุทำท่อ

การเลือกวัสดุของท่อจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยหลากหลายประการ โดยมีปัจจัยหลักดังนี้

1. อุณหภูมิของของไหลและความดันที่ใช้งาน
2. ชนิดของของไหลที่ทำให้เกิดปฏิกริยาต่อท่อ
3. สภาพแวดล้อม ความเปียกชื้นของระบบ ส่งผลให้เกิดการผุกร่อนของท่อ
4. แรงที่กระทำกับท่อ ซึ่งส่งผลต่อการเลือกชนิดและความหนาของท่อ
5. ราคา
6. ความยากง่ายต่อการหาวัสดุท่อ

ท่อสามารถแบ่งเป็นกลุ่มตามชนิดของวัสดุได้เป็น ท่อพลาสติก ท่อโลหะ ท่อคอนกรีต และอื่น ๆ ซึ่งวัสดุแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติ และข้อดี ข้อเสียต่างกัน ดังในตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงคุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุท่อชนิดต่าง ๆ

วัสดุ	ความหนาแน่น ρ (kg/m^3)	ความเค้นครากต่ำสุด S_y (MPa)	ความเค้นสูงสุด S_u (MPa)	โมดูลัสความยืดหยุ่น E (Gpa)	สัมประสิทธิ์การขยายตัว α (10^{-6} K^{-1})	สัมประสิทธิ์การนำความร้อน k (W/mK)	ความจุความร้อนจำเพาะ c_p (J/kgK)	จุดหลอมเหลว °C
โลหะ								
อลูมิเนียม	2,800	72	97	72	22.5	192	910	660
ทองแดง	8,940	69	220	110	16.5	398	385	1,082
ทองเหลือง	8,530	75	303	110	20	110	377	905
สเตนเลส 316	8,000	193	552	207	16	16	490	1,510
เหล็กเหนียวคาร์บอนปานกลาง	7,850	350	520	207	11.3	52	490	1,425
พลาสติก								
ABS	1,080	40	55	2.5	95	0.26	1,400	105
PVC	1,400	41	47	3.4	100	0.18	2,400	80
HDPE	950	27	30	3	225	0.42	2,000	130

ท่อโลหะ

เป็นท่อที่มีความแข็งแรงทนทานและเป็นที่นิยมใช้ในงานทั่วไป โดยแบ่งเป็นประเภท หลัก ๆดังนี้

ท่อเหล็กเหนียว (steel pipe)

ท่อเหล็กเหนียว (steel pipe) เป็นที่นิยมใช้ในงานส่งของเหลวที่มีความดัน ท่อชนิดนี้มีความแข็งแรง ทนทาน และมีผิวที่ค่อนข้างเรียบทำให้มีการไหลที่ราบรื่น แต่มีข้อเสียคือไม่ทนทานต่อการกัดกร่อน จึงต้องแก้ปัญหาโดยการเคลือบด้วยสารป้องกันการกัดกร่อน เช่น สังกะสี

ท่อเหล็กเหนียวมีทั้งแบบที่ผลิตดด้วยการรีด (Extrude) จะเป็นท่อแบบ ไร้ตะเข็บ (Seamless) ทำให้ได้ท่อที่มีความแข็งแรงมากกว่าท่อที่ผลิตด้วยการเชื่อม หรือแบบมีตะเข็บ (Seam, welded) และมีทั้งแบบที่ไม่มีการชุบผิวแต้จะมีการอาบน้ำยาสีดำไว้จึงมักเรียกว่า ท่อเหล็กดำ (Black steel pipe) ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ท่อเหล็กดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ท่อเหล็กที่นิยมใช้ในงานส่งของเหลวและไอน้ำทั่วไป ได้แก่ท่อเหล็กตามมาตรฐาน ASTM A53 ซึ่งแบ่งเป็น

Type F – Furnace-butt-welded, continuous welded Grade A

Type E – Electric-resistance-welded, Grades A and B

Type S – Seamless, Grades A and B

ขนาดท่อจะระบุเป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสำหรับการซื้อขาย (Nominal diameter) ซึ่งนิยมระบเป็นหน่วยนิ้ว (Nominal pipe size - NPS) และ มิลลิเมตร (Diameter nominal - DN) เช่น ท่อ 2 นิ้ว หรือ DN50 ซึ่งไม่ได้หมายความว่าท่อจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเท่ากับ 2 นิ้ว แต่ก็จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในใกล้เคียงกับขนาดที่ระบุ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหนาของท่อ ส่วนความยาวของท่อมักจะอยู่ที่ท่อนละ 6 เมตร โดยขนาดของความหนาที่เป็นที่นิยมใช้ในงานส่งของไหลทั่วไปคือ สเกดูล 40 ทั้งนี้ในการเลือกความหนาจะต้องคำนึงถึงขนาดของท่อและความดันภายในท่อเป็นสำคัญ

ท่อเหล็กเหนียวกัลวาไนซ์ชุบสังกะสี (Galvanized steel pipe)

ท่อเหล็กกัลวาไนซ์ คือ ท่อเหล็กดำที่นำไปชุบสังกะสี เพื่อให้สังกะสีเป็นตัวทำปฏิกริยากับออกซิเจน จึงเป็นสนิมได้ยากขึ้นเหมาะกับการใช้งานที่ต้องการป้องกันการเกิดสนิม เช่น เครื่องจักรในโรงงาน การเดินท่อประปา เป็นต้น โดยทั่วไปท่อเหล็กอาบสังกะสีจะถูกแบ่งตามระดับความหนาของท่อเป็น 3 ประเภท คือ ท่อเหล็กอาบสังกะสี BS-S (คาดเหลือง), ท่อเหล็กอาบสังกะสี BS-M(คาดน้ำเงิน), ท่อเหล็กอาบสังกะสี BS-H(คาดแดง)

โดยที่ท่อเหล็ก BS-H จะเป็นประเภทที่มีความหนาของท่อมากที่สุด ซึ่งเหมาะกับการใช้งานที่ต้องทนต่อแรงดันมาก รองลงมาคือ ท่อเหล็กอาบสังกะสี BS-M และท่อเหล็ก BS-S ตามลำดับ

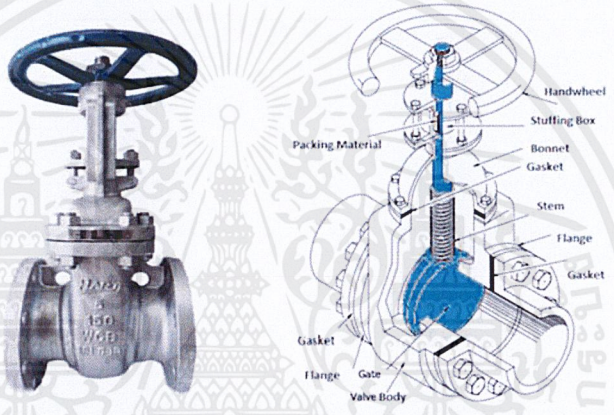
2.4.3 วาล์ว

วาล์วมีหน้าที่หลักคือการเปิด – ปิดช่องทางการไหล วาล์วแต่ละแบบมีหน้าที่และคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป เช่น วาล์วทำหน้าที่เปิด - ปิด วาล์วทำหน้าที่ควบคุมอัตราการไหล และวาล์วทำหน้าที่กันการไหลกลับ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ประตูน้ำ (Gate valves)

ประตูน้ำเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในกลุ่มวาล์วที่ทำหน้าที่ประเภทเดียวกัน โดยประตูน้ำจะทำหน้าที่แค่เปิด และปิดเพียงเท่านั้น ไม่เหมาะกับหน้าที่ควบคุมอัตราการไหล เนื่องจากอาจจะเกิดการขัดสีของขอบประตูทำให้เสียหายได้ เกทวาล์วทำงานด้วยการเลื่อนใบปิดขึ้น - ลง โดยในการเปิด - ปิด จะต้องหมุนก้านวาล์วหลายรอบ ซึ่งเกทวาล์วจะมีทั้งแบบก้านวาล์วเลื่อนขึ้น-ลง (Rising stem) และแบบก้านวาล์วอยู่กับที่ (Non-rising stem ข้อดีของเกทวาล์วคือ ความดันตกจะมีค่าที่น้อย เนื่องจากช่องทางการไหลเป็นเส้นตรง และของไหลสามารถไหลได้ทั้งสองทิศทาง ข้อเสียของเกทวาล์วคือ มีขนาดใหญ่ เปิด-ปิดช้า

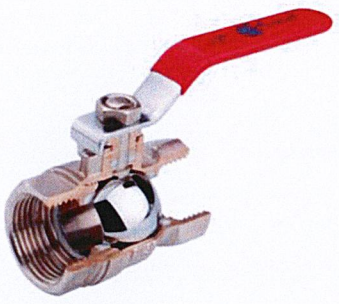


รูปที่ 2.5 เกทวาล์วและภาพตัดของเกทวาล์ว

2. บอลวาล์ว (Ball valve)

บอลวาล์วทำงานด้วยการหมุนของลูกบอลเจาะรู การเปิด-ปิดจะใช้การหมุนเป็นมุมเพียง 90 องศา เหมาะกับการใช้งานเป็นวาล์วปลายทางสำหรับเปิด-ปิด สามารถใช้เป็นการหรี่ของของไหลได้ แต่ไม่เหมาะที่จะใช้กับการควบคุมปริมาณการไหล ซึ่งวาล์วชนิดนี้เป็นวาล์วที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในระบบของเหลวทั่วไป เช่น ระบบก๊าซ ระบบไอน้ำ ซึ่งข้อดีของวาล์วชนิดนี้คือ ความดันตกที่มีค่าน้อยมากเทียบเท่ากับเกทวาล์ว สามารถที่จะเปิด-ปิดได้อย่างรวดเร็ว และสนิทเกิดการรั่วไหลได้ยาก แต่ข้อเสียของวาล์วชนิดนี้คือ ไม่เหมาะกับการใช้งานในท่อขนาดใหญ่ เนื่องจากมีน้ำหนักมาก และมีราคาแพงเมื่อเทียบกับวาล์วชนิดอื่น

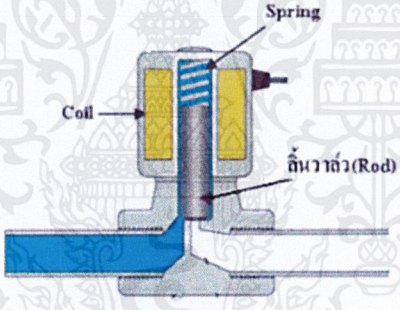
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 บอลวาล์ว

3. โซลินอยวาล์ว (Solenoid valve) [6]

โซลินอยวาล์ว เป็นวาล์วควบคุมการไหลประเภทหนึ่งที่มีคอยล์หรือขดลวดไฟฟ้าอยู่ภายใน ซึ่งขดลวดดังกล่าว จะทำหน้าที่ในการรับกระแสไฟฟ้าและสร้างเป็นสนามแม่เหล็ก เพื่อไปกระตุ้นให้วาล์ว หรือ Plunger ที่อยู่ในโซลินอยวาล์ว ทำการเปิดหรือปิดวาล์ว ซึ่งการทำงานของโซลินอยวาล์วจะถูกแบ่งหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับชนิดของของไหล



รูปที่ 2.7 โซลินอยวาล์ว

โซลินอยวาล์วจะถูกแบ่งสถานการณ์ทำงานออกเป็น 2 ลักษณะ คือสถานะปรกติปิด (NC) และ สถานะปรกติเปิด (NO)

สถานะปรกติปิด หรือ Normally close หมายถึง เมื่อเราไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวด วาล์วจะทำการปิดไม่ให้ของเหลวไหลจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่ง แต่เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้ากับขดลวด โซลินอยจะทำงานและเปิดวาล์วเพื่อให้ของเหลวไหลผ่านไปได้

สถานะปรกติเปิด หรือ Normally open หมายถึง หากไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวด วาล์วจะมีการเปิดให้ของเหลวไหลผ่านไปอีกด้านหนึ่งได้ แต่เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวด โซลินอยวาล์วจะทำการปิดวาล์วเพื่อไม่ให้ของเหลวไหลผ่านได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 ปั๊ม

ปั๊ม หรือเครื่องสูบ เป็นส่วนประกอบสำคัญในส่วนหนึ่งของระบบของไหล การไหลในท่อจะเกิดขึ้นได้จะต้องมีความดันที่แตกต่างกันระหว่างต้นทางและปลายทาง ซึ่งเป็นผลมาจากระดับความสูงของของไหล โดยปั๊มจะทำหน้าที่สร้างแรงดันในการขับเคลื่อนของไหลให้มีความดันที่เพียงพอสำหรับการไหล

ปั๊มใต้น้ำ (Submersible pump)

ปั๊มใต้น้ำ คือปั๊มประเภทที่รองรับการใช้งานในน้ำ ในการเพิ่มแรงดันน้ำทางต้นทางเพื่อส่งไปยังปลายทาง ซึ่งปั๊มประเภทนี้ถือเป็นอีกรูปแบบหนึ่งของปั๊มหอยโข่ง เนื่องจากมีการออกแบบโดยใช้หลักการของแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเช่นเดียวกับปั๊มหอยโข่ง

ซึ่งข้อดีของปั๊มใต้น้ำคือ

1. ปั๊มชนิดนี้ไม่จำเป็นต้องมีการรองพื้น
2. ปั๊มประเภทนี้มีความเสี่ยงต่ำต่อการเกิด Cavitation ทำให้ลดค่าซ่อมบำรุงได้
3. ปั๊มมีเสียงรบกวนที่น้อย

โดยปั๊มใต้น้ำสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างหลากหลาย สามารถทำงานได้ดีในสภาวะที่ไม่เอื้ออำนวย เช่น การบำบัดน้ำเสีย การสูบน้ำทิ้ง การขุดลอก และการทำเหมืองแร่ ทำให้ปั๊มประเภทนี้เป็นปั๊มที่นิยมใช้งานเมื่อต้องการใช้งานสูบน้ำใต้น้ำ

2.5 การเขียนแบบระบบท่อ [7]

ในการเขียนแบบแปลนนิยมใช้สัญลักษณ์ที่ดูง่ายแทนส่วนประกอบต่าง ๆ ในระบบท่อ บริษัทผู้รับออกแบบต่าง ๆ อาจจะใช้สัญลักษณ์ที่ต่างกัน แต่สัญลักษณ์ที่นิยมใช้ในการเขียนแบบมีดังแสดงในตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงสัญลักษณ์ที่นิยมใช้ในการเขียนแบบระบบท่อแบบเส้นเดี่ยว

SYMBOLS	DESCRIPTION
	BLIND FLANGED END
	CAP END
	ELBOW 45 DEGREE
	ELBOW 90 DEGREE
	LATERAL
	ELBOW TURNED DOWN
	ELBOW TURNED UP
	FLANGED PIPE CONNECTION
	TEE
	TEE , OUTLET DOWN
	TEE , OUTLET UP
	TEE , BOTTOM CONNECTION
	TEE , TOP CONNECTION
	FLOW IN DIRECTION OF ARROW
	PRESSURE GAUGE
	FLEXIBLE CONNECTION
	STRAINER
	CLEANOUT
	FLOOR CLEANOUT
	FLOOR DRAIN
	ROOF DRAIN
	WATER METER
	FLOW REGULATOR
	VALVE (UNSPECIFIED)
	GLOBE VALVE

SYMBOLS	DESCRIPTION
	CHECK VALVE
	BALL VALVE
	BUTTERFLY VALVE
	PRESSURE REGULATING VALVE
	MOTORIZING VALVE
	MULTIPURPOSE BALANCING VALVE
	SOLENOID VALVE
	AUTOMATIC AIR VENT WITH VALVE
	SAFETY OR RELIEF VALVE
	MODULATING FLOAT VALVE
	FLOAT VALVE
	FOOT VALVE
	CONDUCTIVE LEVEL SWITCH
	PUMP
	OS & Y GATE VALVE
	ANGLE VALVE
	SIGHT FLOW INDICATOR
	EQUIPMENT DRAIN
	OPEN WASTE CONE
	CLOSED WASTE CONE
	UNION
	REDUCER
	REDUCER CONCENTRIC
	REDUCER ECCENTRIC STRAIGHT INVERT
	REDUCER ECCENTRIC STRAIGHT CROWN

2.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการไหลในท่อ [7]

2.6.1 คุณสมบัติของของไหลและลักษณะการไหล

คุณสมบัติของของไหล หมายถึง คุณสมบัติที่ของของไหลมีอยู่และจะมีผลโดยตรงต่อระบบในการเดินท่อ เช่น ความหนาแน่นของของไหล ความหนืดของของไหลปริมาณที่ใช้ในการอธิบายลักษณะของการไหล คือ ตัวเลขเรย์โนลด์ (Reynold number) โดยค่าปริมาณนี้จะเป็นปริมาณไร้หน่วย ซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ 2.1

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{vD}{V} \qquad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล (kg/m^3)

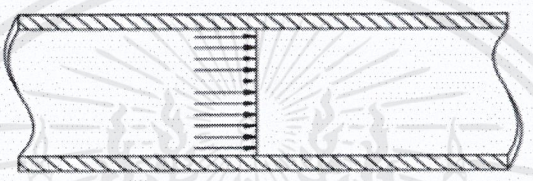
v คือ ความเร็วของของไหล (m/s)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อ (m)

μ คือ ความหนืดสัมบูรณ์ของของไหล ($N.s/m^2$)

และ V คือ ความหนืดเชิงจลน์ศาสตร์ (m^2/s)

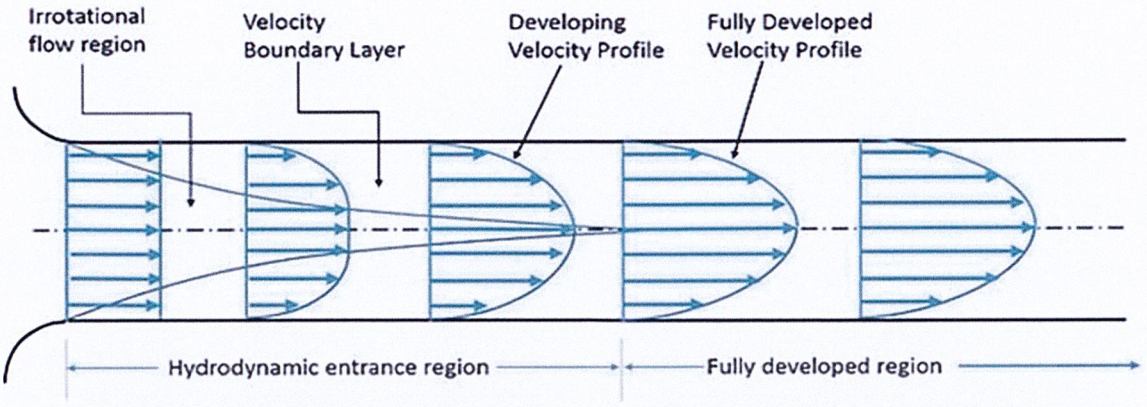
เลขเรย์โนลด์นัมเบอร์บ่งบอกถึงสัดส่วนระหว่างอิทธิพลของโมเมนตัมของการไหลต่ออิทธิพลของความหนืด หากของไหลไม่มีความหนืด การไหลในท่อจะมีลักษณะของความเร็วเป็นเส้นตรง ดังรูปที่ 2.8



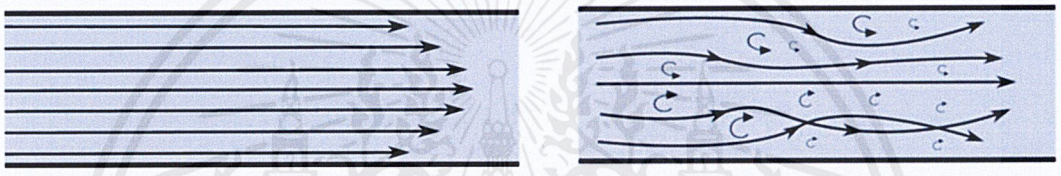
รูปที่ 2.8 การไหลของของไหลไม่มีความหนืด

หากเป็นกรณีของไหลที่มีความหนืด จะถูกแบ่งรูปแบบการไหลด้วยค่า เรย์โนลด์นัมเบอร์วิกฤต Re_c โดยรูปแบบการไหลภายในท่อกลม ที่บริเวณทางเข้า ชั้นขอบเขตของความเร็วจะค่อย ๆ พัฒนาเพิ่มขึ้นทีละเล็กน้อย จนถึงระยะทางค่าหนึ่ง (Le) ชั้นของความเร็วจะซ้อนกันทั้งบน และล่าง หลังจากนั้นการกระจายความเร็วจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง จึงเรียกได้ว่าการไหลได้พัฒนาอย่างสมบูรณ์ (Fully Developed) เมื่อตัวเลขเรย์โนลด์นัมเบอร์มากกว่า 2300 จะถูกแบ่งเป็นการไหลแบบราบเรียบ (Laminar flow) และเมื่อตัวเลขเรย์โนลด์นัมเบอร์มากกว่า 4000 การไหลจะถูกพัฒนาเป็นการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความปั่นป่วนในการไหล ความขรุขระภายในท่อ หรือรูปทรงและสภาพทางเข้าของท่อ ส่วนค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ที่ต่ำกว่า 2000 ไม่ว่าท่อจะมีความยาวมากเพียงใด รูปแบบการไหลจะไม่ถูกเปลี่ยนแปลงไปสู่การไหลแบบปั่นป่วน แต่จะยังคงรักษาสภาพการไหลแบบราบเรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 การพัฒนาการไหลของของไหลภายในท่อกลม



2.10 ก. รูปแบบการไหลแบบราบเรียบ 2.10 ข.รูปแบบการไหลแบบปั่นป่วน

รูปที่ 2.10 รูปแบบการไหลแบบราบเรียบ และรูปแบบการไหลแบบปั่นป่วน

2.6.2 สมการกลศาสตร์ของของไหล

การไหลภายในท่อจะเป็นไปตามกฎ 3ข้อ คือ การสมดุลของมวล การสมดุลของพลังงาน และการสมดุลของโมเมนตัม ดังนี้

การสมดุลมวล

การสมดุลมวล คือ มวลของไหลภายในท่อจากจุดที่ 1 ไปจนถึงจุดที่2 มวลจะต้องมีการคงที่

$$\rho_1 Q_1 = \rho_2 Q_2 = \text{ค่าคงที่} \qquad (2.2)$$

โดยที่ ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล (kg/m^3)

Q คือ อัตราการไหล (m^3/s)

ในกรณีที่ของไหลเป็นของเหลว เช่นน้ำ ความหนาแน่นจะมีค่าคงที่ จึงได้ว่าอัตราการไหลมีค่าคงที่ ดังสมการที่ 2.3

$$A_1V_1 = A_2V_2 = Q \qquad (2.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ A คือ พื้นที่หน้าตัดของช่องทางการไหลภายในท่อ (m^2)

V คือ ความเร็วในการไหล (m/s)

การสมดุลพลังงาน

สมดุลพลังงาน คือ ของไหลที่เคลื่อนที่จากจุดที่ 1 ไปถึงจุดที่ 2 พลังงานของของไหลสามารถที่จะเปลี่ยนรูปแบบได้ หรือสามารถสูญเสียได้ แต่พลังงานรวมของของไหลจะต้องมีค่าคงที่ เช่น เมื่อของไหลเคลื่อนที่จากท่อขนาดใหญ่ ไปยังท่อขนาดเล็ก จะทำให้มีค่าความเร็วที่เพิ่มขึ้น และความดันที่มีค่าลดลง หรือ มีการสูญเสียพลังงานจากแรงเสียดทานภายในท่อ ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยสมการของแบร์นูลลี่ (Bernoulli's equation) ดังนั้นสมการของการสมดุลพลังงาน สามารถที่จะเขียนได้ดังนี้

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{{v_1}^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{{v_2}^2}{2g} + h_L \qquad (2.4)$$

โดยที่ h_L คือ การสูญเสียพลังงานของของไหลจากแรงเสียดทานภายในท่อ

P คือ ความดันสัมบูรณ์ของของไหล (Bar)

Z คือ ระดับความสูง (m

ความดันสัมบูรณ์ และความดันเกจ

ความดันสัมบูรณ์ (Absolute Pressure, P_{abs}) คือความดันจริงที่วัดเทียบกับสูญญากาศ ซึ่งความดันสัมบูรณ์ในบรรยากาศที่ผิวโลก ณ ระดับน้ำทะเลคือ P_{atm} = 101.3 kPa หรือ 1.013 barA โดยการวัดด้วยมาตราวัดความดันจะให้ค่าเป็นความดันเมื่อเทียบกับความดันบรรยากาศ หรือเรียกว่า ความดันเกจ (Guage Pressure, P_{gauge}) โดยจะมีความสัมพันธ์ระหว่าง ความดันเกจ และความดันสัมบูรณ์ ดังสมการ 2.5

$$P_{gauage} = P_{abs} - P_{atm} \qquad (2.5)$$

ทั้งนี้การคำนวณการสมดุลพลังงานในของเหลวนิยมใช้ความดันเกจ เนื่องจากพจน์ของความดันในสมการสมดุลพลังงานมีอยู่ทั้ง 2 ข้างของสมการส่งผลให้การคำนวณความดันเกจจึงมีผลเช่นเดียวกับการใช้ความดันสัมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสมดุลโมเมนตัม

เมื่อของไหลมีมวล และมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว สามารถเขียนสมการโมเมนตัมได้ดังสมการ2.6

$$\vec{F} = m\frac{d\vec{v}}{dt} = \rho Q\Delta\vec{v} = \rho Q\left(\vec{v}_2 - \vec{v}_1\right) \qquad (2.6)$$

2.6.3 การสูญเสียความดันในระบบท่อ

การสูญเสียพลังงานจากการไหลในท่อเกิดจากสองสาเหตุหลัก คือ การสูญเสียที่เกิดขึ้นระหว่างของไหลและผิวด้านข้างของท่อ หรือเรียกว่าสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานภายในท่อ และ การสูญเสียที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม เช่น เปลี่ยนแปลงทิศทางและความเร็ว ซึ่งการสูญเสียประเภทนี้มักเกิดจาก การใส่อุปกรณ์เข้าไปในระบบ เช่น ข้อต่อ ข้องอ และวาล์วประเภทต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งการสูญเสียทั้งสองส่วนนี้จะทำให้พลังงานของของไหลลดลง โดยจะไปหักล้างส่วนของพลังงานศักย์ในรูปของความดันสถิตย์ในของไหล โดยความดันสถิตที่ลดลงนี้จะถูกเขียนอยู่ในรูปของเฮดน้ำจะอยู่ในรูปของความสูงของของไหล ดังสมการที่ 2.7

$$\frac{\Delta P}{\rho g} = h_L = h_f + h_m + total\ lift\ head \qquad (2.7)$$

โดยที่ ΔP คือ ความดันที่เปลี่ยนแปลงไป

h_L คือ พลังงานที่สูญเสียทั้งหมด

h_f คือ พลังงานที่สูญเสียหลักเนื่องจากแรงเสียดทานของท่อ

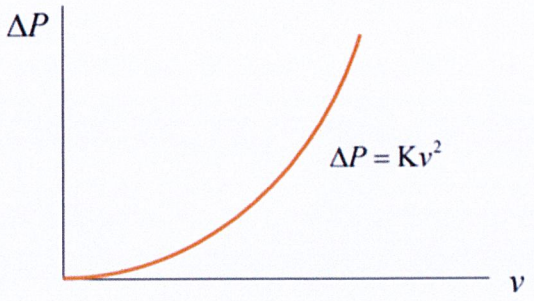
h_m คือ พลังงานที่สูญเสียรองเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม

การสูญเสียหลัก (Major loss)

การสูญเสียหลักเกิดขึ้นจากแรงเสียดทานระหว่างของไหลและผิวสัมผัสของท่อ ซึ่งแรงเสียดทานนี้จะสัมพันธ์กับความหนืดของของไหล ความหยาบของผิวท่อ ความเร็วของของไหล โดยความสูญเสียนี้จะมีอัตราคงที่ต่อความยาวท่อ ดังนั้นในการไหลในท่อจากจุดที่ 1 ไปยังจุดที่ 2 ความดันสถิตในของไหลจะลดลงอย่างสม่ำเสมอ โดยความดันลดจะแปรผันกับความเร็วในการไหลยกกำลังสอง ดังสมการที่ 2.8

$$\Delta p\ \alpha\ v^2 \text{ หรือ } \Delta p = kv^2 \qquad (2.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความดันสูญเสีย และอัตราการไหลภายในท่อ

โดยสามารถหาค่าความสูญเสียหลักได้จากการใช้สมการของ ดาร์ซี่และไวซบัค (Darcy - Weisbach) ดังนี้

สมการของ Darcy – Weisbach $$H_f = f(\frac{L}{D})(\frac{V^2}{2g})$$ (2.9)

โดย H_f คือ ค่าความสูญเสียหลักที่เกิดจากแรงเสียดทานภายในท่อ

f คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (Friction Factor)

L คือ ความยาวของเส้นท่อ

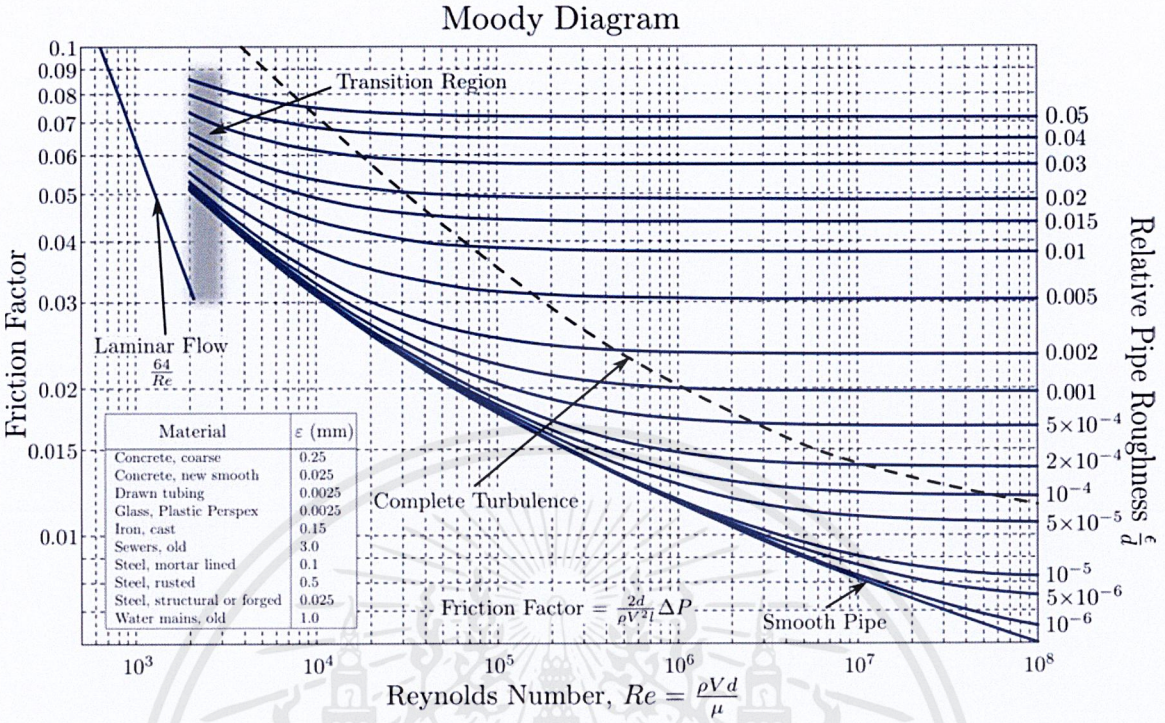
D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นท่อ

V คือ ความเร็วของของไหลเฉลี่ยในเส้นท่อ

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก = 9.81 m/s^2

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (Friction Factor) สามารถหาได้จากกราฟของมูดี้ (Moody chart)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 กราฟของมูดี้ (Moody chart)

หรือ สามารถคำนวณได้จากสมการ Friction Factor ซึ่งจะถูกแบ่งเป็น 2 กรณี คือ การไหลแบบราบเรียบ (Larminar Flow) ดังสมการที่ 2.10 และการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulence Flow) ดังสมการที่ 2.11

$$f = \frac{64}{Re} \qquad \text{สำหรับ Re < 2300} \qquad (2.10)$$

และ

$$f = \frac{0.25}{[\log(\frac{\frac{\varepsilon}{D}}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}})]^2} \qquad \text{สำหรับ Re > 10,000} \qquad (2.11)$$

โดย **ε** คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความหยาบของผิวท่อ

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ

สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ความหยาบของผิวท่อได้จากตารางที่ 2.4 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความสูงของผิวขรุขระของท่อ : ε และค่าสัมประสิทธิความขรุขระของผิวภายในท่อ : C

ลักษณะผิว	Surface	Absolute Roughness - k (ε)		Hazen-Williams
		(m)	(feet)	Coefficient : C
ทองแดง, ตะกั่ว, ทองเหลือง, อลูมิเนียม, (ใหม่)	Copper, Lead, Brass, Aluminum (new)	$1.0 - 2.0 \times 10^{-6}$	$3.3 - 6.7 \times 10^{-6}$	130
ท่อพีวีซี ท่อพลาสติก, ท่อแก้ว	PVC, Plastic and Glass Pipes	$1.5 - 7.0 \times 10^{-6}$	$0.5 - 2.33 \times 10^{-5}$	150
ท่ออีพ็อกซี่, ไวนิลเอสเตอร์	Epoxy, Vinyl Ester	5.2×10^{-6}	1.7×10^{-5}	140
เหล็กกล้าไร้สนิม	Stainless steel	1.52×10^{-5}	5×10^{-5}	130
ท่อเหล็กเชิงพาณิชย์	Steel commercial pipe	$4.5 - 9.14 \times 10^{-5}$	$1.5 - 3 \times 10^{-4}$	100
เหล็กยืด	Stretched steel	1.52×10^{-5}	5×10^{-5}	140
เหล็กผิวเชื่อม	Weld steel	4.5×10^{-5}	1.5×10^{-4}	100
เหล็กชุบสังกะสี	Galvanized steel	1.52×10^{-4}	5×10^{-4}	120
เหล็กมีสนิม (ถูกกัดกร่อน)	Rusted steel (corrosion)	$1.52 - 4.0 \times 10^{-4}$	$5 - 13.3 \times 10^{-4}$	120
เหล็กหล่อใหม่	New cast iron	$2.44 - 8.23 \times 10^{-4}$	$8 - 27 \times 10^{-4}$	130
เหล็กหล่อสึกกร่อน	Worn cast iron	$8.23 - 15.2 \times 10^{-4}$	$2.7 - 5 \times 10^{-3}$	89 - 100
เหล็กหล่อเป็นสนิม	Rusty cast iron	$1.52 - 2.5 \times 10^{-3}$	$5 - 8.3 \times 10^{-3}$	64 - 83
เหล็กแผ่น หรือถูกเคลือบผิวด้วยแอสฟัลท์	Sheet or asphalted cast iron	$1.0 - 1.52 \times 10^{-5}$	$3.33 - 5 \times 10^{-5}$	130 - 140
คอนกรีตฉาบผิวเรียบ	Smoothed cement	3.05×10^{-4}	1×10^{-3}	130
คอนกรีตผิวธรรมดา	Ordinary concrete	$0.3 - 1.0 \times 10^{-3}$	$1 - 3.33 \times 10^{-3}$	120
คอนกรีตผิวหยาบ	Coarse concrete	$0.3 - 5.0 \times 10^{-3}$	$1 - 16.7 \times 10^{-3}$	100 - 110
ไม้ใสผิวเรียบ	Well planed wood	$1.83 - 9.4 \times 10^{-4}$	$6 - 30 \times 10^{-4}$	89 - 100

ตารางที่ 2.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความหยาบของผิวท่อ

การสูญเสียรอง (minor loss)

การสูญเสียรอง (Minor loss) เกิดจากการเปลี่ยนทิศทางและความเร็วของของไหล เป็นผลมาจากการที่ของไหลไหลผ่านข้อต่อ และวาล์ว ซึ่งสามารถเขียนได้ในรูปของสมการที่ 2.12

$$h_m = K\frac{V^2}{2g} \qquad (2.12)$$

โดย h_m คือ ค่าความสูญเสียรอง

V คือ ความเร็วของของไหล

และ K คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความสูญเสียของข้อต่อ และวาล์ว

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ความสูญเสียของข้อต่อ และวาล์วขณะเปิดเต็มที่ สามารถหาได้จากตารางที่ 2.5 และ 2.6 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อต่อ	K
ข้องอฉาก	0.25
ข้องอฉากรัศมีใหญ่	0.18
ข้องอ 45 องศา	0.18
ข้อต่อสามทาง (ไหลตรง)	0.30
ข้อต่อสามทาง (ท่อกิ่ง)	0.75
ข้อต่อตัววาย	0.50
ทางเข้า	
-ปากแตร	0.05
-ขอบมน	0.25
-ขอบเหลี่ยม	0.50
-ท่อยื่น	0.80
ทางออก	1.00

ตารางที่ 2.5 ค่าสัมประสิทธิ์ความสูญเสียของข้อต่อ

วาล์ว	K
บอลวาล์ว	0.04
วาล์วปีกผีเสื้อ	0.16 – 0.35
โกล้บวาล์ว	4.0 – 6.0
โกล้บวาล์วหักมุม (Angle valve)	1.8-2.9
เกทวาล์ว	0.1 – 0.3
เช็ควาล์วแบบสวิง	0.6 – 2.2

ตารางที่ 2.6 ค่าสัมประสิทธิ์ความสูญเสียของวาล์ว ขณะเปิดเต็มที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Zheng, X., Mehrez, R., Jekel, M., & Ernst , M. [3] ได้ทำการศึกษาเรื่องการใช้การกรองช้าเพื่อเตรียมน้ำสำหรับการกรองเมมเบรนในขั้นต่อไปทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดมีความบริสุทธิ์สูง เนื่องจากน้ำเสียในระบบการบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 2 มีความขุ่นจากสารอินทรีย์สูงมีผลทำให้เมมเบรนอุดตันได้ง่าย งานวิจัยมีจุดประสงค์เพื่อหาอัตราการกรองที่เหมาะสมในการกำจัดสารอินทรีย์จำพวก โปรตีน โพลีแซคคาไรด์ และโพลีเมอร์ชีวภาพ (Biopolymer) โดยทำการทดลองโดยใช้ถังกรองทรายขนาด 2 ตารางเมตร ชั้นทรายหนา 0.7 เมตร และน้ำเหนือชั้นทราย 0.6 เมตร กำหนดอัตราการกรองที่ 0.25 หรือ 0.5 เมตร/ชั่วโมง และใช้ทรายกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 ถึง 2 มิลลิเมตร ผลการทดลองพบว่า ถังกรองทรายสามารถลดความขุ่นได้ร้อยละ 85 และ 76 ในอัตราการกรอง 0.25 และ 0.5 เมตร/ชั่วโมง ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการกำจัดโปรตีน โพลีแซคคาไรด์ และโพลีเมอร์ชีวภาพ เฉลี่ยมีเท่ากับร้อยละ 10 27 และ 34 ในอัตราการกรอง 0.25 เมตร/ชั่วโมง และร้อยละ 6 19 และ 26 ในอัตราการกรอง 0.5 เมตร/ชั่วโมง ซึ่งถังกรองสามารถกำจัดโพลีเมอร์ชีวภาพได้มากที่สุด

งานวิจัยนี้พบว่า การกรองน้ำผ่านถังกรองทรายแบบช้าสามารถช่วยลดปัญหาการอุดตันของเมมเบรนและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเมมเบรน นอกจากความขุ่นแล้ว ถังกรองทรายยังสามารถกำจัดโปรตีน โพลีแซคคาไดร์ และโพลีเมอร์ชีวภาพได้อีกด้วย ซึ่งสามารถลดบีโอดีของน้ำได้ การลดอัตราการกรองอาจจะสามารถกำจัดโปรตีน โพลีแซคคาไรด์ และโพลีเมอร์ชีวภาพได้เพิ่มมากขึ้น

Thanakorn, E. [4] ได้ทำการศึกษาโดยการประยุกต์ใช้การกรองทรายแบบเร็วและแบบช้าเข้ามาใช้ในระบบการบำบัดน้ำจากระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยผลการทดลองพบว่า ถังตกตะกอนที่มีอัตราเร็วน้ำล้น 4.07 เมตร/ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการกำจัดอนุภาคของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 70 % ขณะที่ถังกรองแบบชั้นกรอง 2 ชั้น ที่มีถ่านแอนทราไซด์ขนาดสัมฤทธิ์ 2 มิลลิเมตร และทรายกรองน้ำขนาดสัมฤทธิ์ 0.5 มิลลิเมตร (ชั้นถ่านแอนทราไซด์หนา 0.15 เมตร และทรายกรองน้ำ 0.55 เมตร) พบว่ามีประสิทธิภาพการบำบัดสูงที่สุดเท่ากับ 93 % ระยะเวลาในการเดินระบบเท่ากับ 130 นาที ปริมาตรน้ำที่กรองได้ และอัตราเร็วในการกรองเท่ากับ 445 ลิตร และ 13.2 เมตร/ชั่วโมง ตามลำดับ แต่ถังกรองแบบเร็วนั้นไม่สามารถกำจัดไนเตรทออกจากน้ำเสียได้ ทำให้มีการใช้ถังกรองแบบกรองช้าเพื่อใช้ในการบำบัดไนเตรท ซึ่งถังกรองทรายโดยทั่วไปที่มีอัตราเร็วในการกรองเท่ากับ 0.4 เมตร/ชั่วโมง ไม่สามารถกำจัดไนเตรทออกจากน้ำได้ ดังนั้นจึงมีการเติมเอทานอลเพื่อใช้เป็นแหล่งคาร์บอนสำหรับการเจริญเติบโตของจุลชีพในกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน โดยมีการเติมเอทานอลลงไปในน้ำเสียก่อนเข้าสู่ถังกรองทรายแบบช้า ผลการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองพบว่าในส่วนของถังกรองแบบช้า มีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน และอัตราเร็วในการกรองที่เหมาะสมเท่ากับ 2.1 :1 และ 0.2 เมตร/ชั่วโมง ตามลำดับ โดยเมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ในการเดินระบบระหว่างถังกรองแบบชั้นกรอง 2 ชั้น และระบบบำบัดน้ำเสียอื่น ๆ ในการบำบัดน้ำปริมาตร 1,000 ลูกบาศก์เมตร พบว่า ระบบกรองใช้พื้นที่ในการเดินระบบเท่ากับ 61.34 ตารางเมตร ซึ่งน้อยกว่าระบบการตกตะกอน และรบบทำลายสเถียรภาพและรวมตะกอนที่ใช้พื้นที่ 119.05 ตารางเมตร และ 155.1 ตารางเมตร ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การออกแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย มีความจำเป็นจะต้องทำการเลือกใช้รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ และอุปกรณ์ที่จะนำมาติดตั้งในระบบ เพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตห้องเฟืองเพลาท้าย และมีค่าใช้จ่ายของระบบที่ไม่มาก

3.1 การเลือกใช้รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

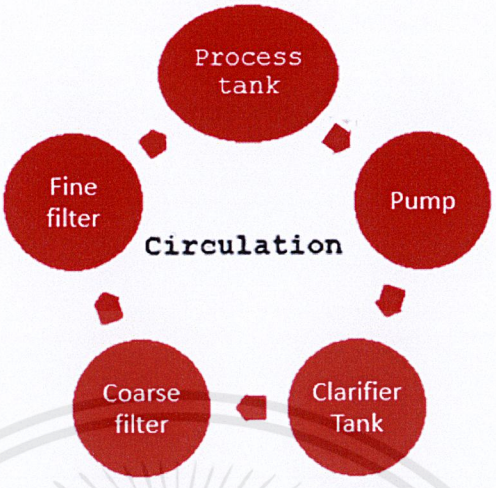
การเลือกใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการพิจารณาเพื่อที่จะนำไปออกแบบกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้มีประสิทธิภาพ และอุปกรณ์ในระบบที่จะถูกนำมาเลือกใช้งาน โดยในการการออกแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจะถูกพิจารณาจากความเป็นไปได้ของระบบ ต้นทุนในการลงทุน และค่าใช้จ่ายในระยะยาว โดยในโครงงานวิจัยนี้ได้พิจารณาถึง 3 รูปแบบของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ปัจจุบันมีการใช้ในระบบชลประทานโดยทั่วไป และสามารถนำมาประยุกต์ใช้โครงงานวิจัยฉบับนี้ได้ ดังนี้

1. รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยอาศัยหลักการปล่อยตกตะกอน
2. รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้สารเคมีเร่งในการตกตะกอน
3. รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้เพียงการบำบัดทางกายภาพ

3.1.1 รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยอาศัยหลักการปล่อยตกตะกอน

รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยอาศัยหลักการปล่อยตกตะกอน เป็นรูปแบบของการบำบัดน้ำขั้นต้นที่มีการใช้ในระบบชลประทานโดยทั่วไป โดยระบบรูปแบบนี้น้ำที่จะถูกนำมาปรับปรุงคุณภาพจะต้องมีคุณสมบัติในการตกตะกอนด้วยตัวเองได้ ซึ่งข้อดีของระบบนี้คือ สามารถแยกสารแขวนลอยออกจากน้ำ และมีต้นทุนที่ต่ำ แต่ข้อเสียคือ ระบบจะต้องใช้พื้นที่ในการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม เช่น ถังตกตะกอน และน้ำในระบบจะต้องมีเวลาในการตกตะกอนเพียงพอในการปล่อยตกตะกอน ซึ่งเวลาตกตะกอนจะขึ้นอยู่กับสารแขวนลอยที่เจือปนในน้ำเสียที่ถูกนำมาปรับปรุงคุณภาพของน้ำ โดยในโครงงานวิจัยฉบับนี้ ได้ออกแบบรูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยอาศัยหลักการปล่อยตกตะกอน ประกอบไปด้วย ปั๊มน้ำที่ทำหน้าที่สูบน้ำจากอ่างน้ำยา เพื่อส่งไปยังถังตกตะกอน และทำการกรองเศษตะกอนผ่านตะแกรงกรองหยาบ และไส้กรองการกรองละเอียด ดังรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

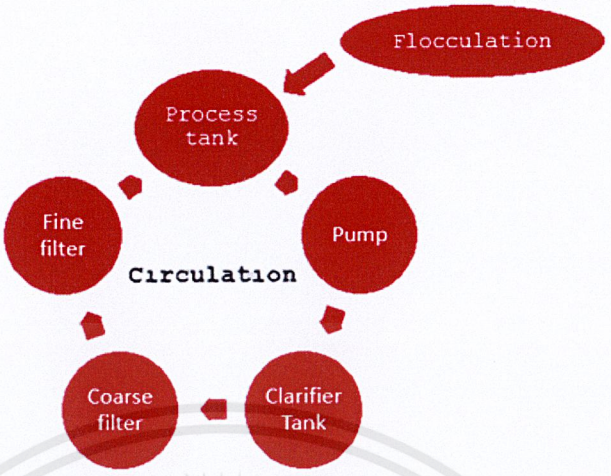


รูปที่ 3.1 รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยอาศัยหลักการปล่อยตกตะกอน

3.1.2 รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้สารเคมีเร่งในการตกตะกอน

รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้สารเร่งช่วยในการตกตะกอน เป็นรูปแบบของการบำบัดน้ำขั้นต้น เช่นเดียวกับรูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยอาศัยหลักการปล่อยตกตะกอน แต่รูปแบบของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้สารเร่งช่วยในการตกตะกอนจะถูกใช้กับน้ำเสียที่สิ่งเจือปน หรือสารแขวนลอยไม่มีคุณสมบัติในการตกตะกอนด้วยตัวเองได้ หรือไม่มีเวลาเพียงพอในการทิ้งทำให้ตกตะกอนด้วยตัวเอง จึงจำเป็นจะต้องใช้สารเคมีในการช่วยเร่งการตกตะกอน ซึ่งรูปแบบของระบบชนิดนี้ มีข้อดีคือ สามารถเพิ่มคุณสมบัติในการตกตะกอนของสารแขวนลอยในน้ำเสีย และสามารถเร่งการตกตะกอนของสารแขวนลอย ทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัดน้ำมีเวลาที่สั้นลง ซึ่งเหมาะกับระบบที่มีปริมาณน้ำเสียในการบำบัดที่มาก แต่ข้อเสียของระบบนี้คือ มีค่าใช้จ่ายในการใช้สารเคมีเพิ่มเติม ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดสิ่งเจือปนในน้ำ และปริมาณของน้ำเสียที่ถูกนำมาบำบัด โดยในโครงงานวิจัยฉบับนี้จะศึกษาการใช้สารเคมีที่ช่วยในการตกตะกอน คือ เฟอริกคลอไรด์ ($FeCl_3$) และปูนขาว (CaO)

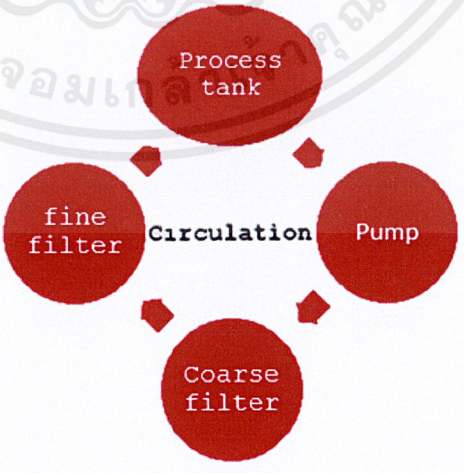
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้สารเคมีเร่งในการตกตะกอน

3.1.3 รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้เพียงการบำบัดทางกายภาพ

รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้เพียงการบำบัดทางกายภาพ เป็นรูปแบบของการบำบัดน้ำขั้นต้น ที่ไม่ต้องใช้คุณสมบัติในการตกตะกอนของสารแขวนลอย และไม่มีการใช้สารเคมีช่วยในการตกตะกอน โดยรูปแบบของระบบนี้จะใช้เพียงการกรองหยาบเพื่อกรองเศษตะกอน และการใช้กรองละเอียดเพื่อกรองสารแขวนลอยที่เจือปนในน้ำเสีย อาจทำให้รูปแบบของระบบนี้มีประสิทธิภาพที่ต่ำกว่า 2 รูปแบบข้างต้น ของระบบที่มีการปล่อยตกตะกอน และการใช้สารเคมีในการช่วยตกตะกอน แต่ข้อดีของระบบรูปแบบนี้คือ มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่ต่ำ และไม่มีค่าใช้จ่ายในด้านของการใช้สารเคมีในการลงทุนระยะยาว



รูปที่ 3.3 รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้เพียงการบำบัดทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

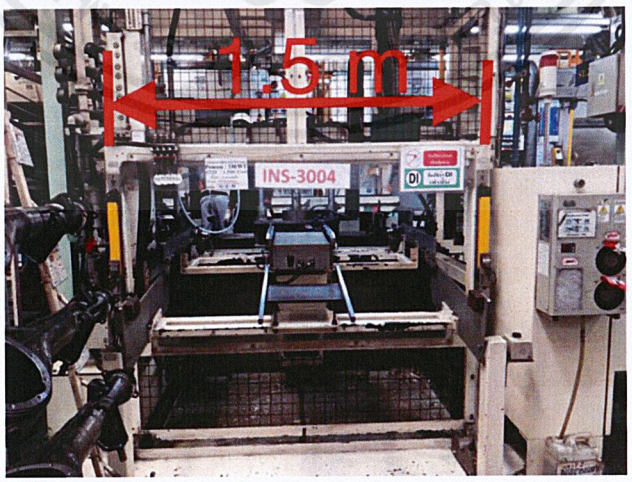
3.2 การออกแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

การออกแบบระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยทั่วไป จะต้องคำนึงถึงพื้นที่ในการติดตั้งระบบให้มีความเพียงพอต่อความต้องการของระบบ เช่น ขนาดของถังตกตะกอน ขนาดถังกรองหยาบ หรือพื้นที่ในการเดินท่อเพื่อเชื่อมต่อในแต่ละกระบวนการ และระบบควรจะมีการลงทุนที่ต่ำ รวมถึงค่าใช้จ่ายในระยะยาวที่ไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำเสียที่ถูกนำมาบำบัด โดยในโครงงานวิจัยฉบับนี้ จะถูกพิจารณาถึงพื้นที่ในการติดตั้งระบบ ต้นทุนในการลงทุนการสร้างระบบ การเลือกใช้อุปกรณ์ภายในระบบ ค่าใช้จ่ายในระยะยาว เช่น อายุการใช้งานของอุปกรณ์ และระบบจะต้องไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของชิ้นงาน รวมถึงการผลิตชิ้นงานในกระบวนการตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย

3.2.1 พื้นที่ในการติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ สำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย

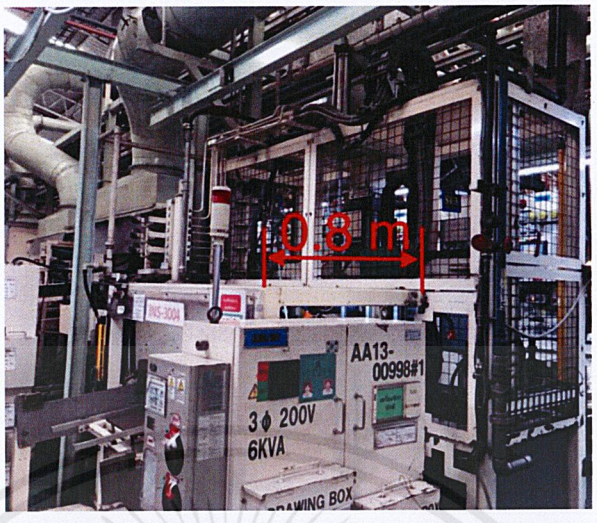
พื้นที่ในการติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ของเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย จะถูกออกแบบในการที่มีพื้นที่ที่ถูกจำกัด ทางด้านการซ่อมบำรุงเครื่องจักร และพื้นที่ที่ถูกใช้ในการดำเนินการผลิต ซึ่งการติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ จะต้องไม่สร้างผลกระทบต่อการปฏิบัติงานของพนักงานการผลิต และการดำเนินการผลิตห้องเฟืองเพลาท้าย

การติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ จะถูกออกแบบบนพื้นที่ที่จำกัด ความยาว 1.5 เมตร และความกว้าง 0.8 เมตร ซึ่งขนาดพื้นที่ที่กล่าวถึงนี้ ถูกพิจารณาถึงพื้นที่ที่ปัจจุบันไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ของเครื่องจักรตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย การติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำไม่ส่งผลกระทบต่อการปฏิบัติงานของพนักงานการผลิต และไม่ส่งผลกระทบต่อการซ่อมบำรุงเครื่องจักรตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย



รูปที่ 3.4 พื้นที่การติดตั้งระบบด้านหน้า ความยาว 1.5 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 พื้นที่การติดตั้งระบบด้านข้าง ความกว้าง 0.8 เมตร

3.2.2 อุปกรณ์ภายในระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำ สำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย

การเลือกใช้อุปกรณ์ภายในระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำ สำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย จะถูกคำนึงถึงปัจจัยหลัก 4 ปัจจัย ดังนี้

1. คุณสมบัติของอุปกรณ์มีความเหมาะสมกับการใช้งาน
2. ค่าใช้จ่ายทางด้านการลงทุน
3. การไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย
4. การไม่ส่งผลกระทบต่อเครื่องจักรตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย

โดยอุปกรณ์ภายในระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำ จะมีอุปกรณ์ที่จะต้องนำมาถูกพิจารณา มีดังนี้

1. ปั๊มน้ำ
2. ท่อน้ำ
3. ตะแกรงกรองละเอียด
4. ไส้กรองการกรองละเอียด

3.2.2.1. ปั๊มน้ำ

ปั๊มน้ำ มีหลากหลายประเภทตามลักษณะของการใช้งาน ซึ่งแต่ละประเภทจะมีข้อดี และข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป เช่น ปั๊มหอยโข่ง มีความสามารถในการส่งปริมาณน้ำที่มาก ซ่อมบำรุงง่าย แต่ลักษณะของใบพัดถูกออกแบบมาให้เหมาะกับน้ำที่มีคุณภาพที่ดี ไม่มีเศษตะกอนแข็งเจือปน หรือถ้าหากมีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำเป็นจะต้องนำไปใช้ในระบบบำบัดน้ำเสีย ปั๊มประเภทนี้ควรที่จะมีตะแกรงกรองหยาบก่อนที่น้ำจะถูกส่งเข้าปั๊มน้ำ เพื่อป้องกันการเสียหายของใบพัด หรือจะเป็นปั๊มอีกประเภทหนึ่ง คือ ปั๊มแช่ใต้น้ำ ที่ถูกออกแบบมาเพื่อมีความสามารถในการใช้งานใต้น้ำ สามารถส่งน้ำในปริมาณที่มาก ซึ่งปั๊มประเภทนี้มีการออกแบบมาให้เหมาะสมกับงานบำบัดน้ำเสีย สามารถดูดน้ำที่มีตะกอนแข็งเจือปนได้ในระดับหนึ่ง โดยไม่ส่งผลกระทบต่อใบพัดของตัวปั๊มน้ำ ซึ่งอุปกรณ์ปั๊มน้ำจะถูกนำมาพิจารณาในการออกแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำในโครงงานวิจัยฉบับนี้



รูปที่ 3.6 ปั๊มหอยโข่ง



รูปที่ 3.7 ปั๊มแช่ใต้น้ำ ประเภทบำบัดน้ำเสีย

3.2.2.2 ท่อน้ำ

ท่อน้ำ มีหลากหลายวัสดุตามประเภทของการใช้งาน เช่น ท่อพีวีซี ที่ใช้เพื่อการอุปโภค และบริโภค ตามอาคารบ้านเรือน หรือท่อเหล็กดำ SCH 40 ที่ใช้ในด้านของอุตสาหกรรมการขนส่ง เช่น การขนส่งน้ำมัน การขนส่งแก๊สความดันสูงที่ต้องคำนึงถึงความแข็งแรงของวัสดุท่อน้ำ หรือท่อบางประเภทมีการประยุกต์หลากหลายวัสดุเข้าด้วยกันเพื่อให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของการใช้งาน เช่น ท่อเหล็กชุบสังกะสี ซึ่งท่อเหล็กชนิดนี้ เหมาะกับงานที่ต้องการความแข็งแรง แต่จะถูกเคลือบสังกะสี เพื่อป้องกันการเกิดสนิมของท่อ ซึ่งอุปกรณ์ท่อน้ำจะถูกนำมาพิจารณาในการออกแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำในโครงงานวิจัยฉบับนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ท่อเหล็กดำ SCH 40



รูปที่ 3.9 ท่อเหล็กชุบสังกะสี

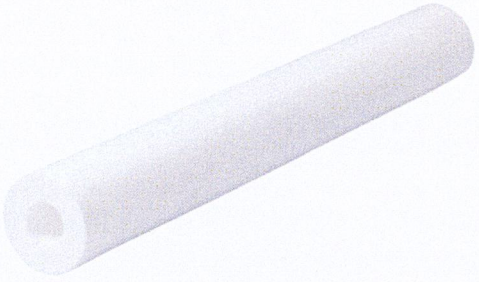
3.2.2.3 ตะแกรงกรองหยาบ

ตะแกรงกรองหยาบ ในปัจจุบันถูกใช้ในระบบชลประทานทั่วไป ในขั้นตอนของการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพขั้นต้น เพื่อทำการกรองเศษตะกอนที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับความละเอียดของเศษตะกอนที่เจือปนในน้ำเสีย และความต้องการทางด้านประสิทธิภาพของระบบการบำบัดน้ำเสีย ก่อนที่จะถูกส่งไปในกระบวนการบำบัดน้ำขั้นต่อไป เพื่อลดการอุดตันของการกรองละเอียด หรือเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการอื่น ๆ ซึ่งในโครงงานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการพิจารณาการเลือกใช้ตะแกรงกรองหยาบที่มีความสามารถการดักจับเศษตะกอนใหญ่ หรือสิ่งเจือปนในน้ำเสีย เพื่อลดการอุดตันของไส้กรองการกรองละเอียด

3.2.2.4 ไส้กรองการกรองละเอียด

ระบบการบำบัดน้ำ หรือการกรองน้ำที่มีไส้กรองละเอียดในระบบ ในปัจจุบันมีให้เห็นโดยทั่วไป เช่น เครื่องกรองน้ำดื่มที่ใช้ตามสำนักงาน ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณน้ำเสียที่มาก และต้องการประสิทธิภาพของระบบที่ดี ที่จะต้องการกรองเศษตะกอนแบบละเอียดก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำต่อไป โดยไส้กรองการกรองละเอียด มีหลากหลายประเภทตามลักษณะของน้ำที่ถูกส่งเข้ามากรองหรือบำบัด เช่น กลิ่น สี ปริมาณสารแขวนลอย หรือตามความละเอียดระดับไมครอนที่ระบบการบำบัดน้ำต้องการ เช่น 5 ไมครอน 10 ไมครอน หรือ 100 ไมครอน เป็นต้น ซึ่งในโครงงานวิจัยฉบับนี้จะพิจารณาการเลือกใช้ไส้กรองการกรองละเอียด ทางด้านความละเอียดของการกรองสารแขวนลอย ค่าใช้จ่ายระยะยาวในการเปลี่ยนอุปกรณ์เมื่อครบอายุการใช้งาน รวมถึงความรวดเร็วในการอุดตันของไส้กรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 ไส้กรอง Poly propylene ระดับ 10 ไมครอน

3.3 การทดสอบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

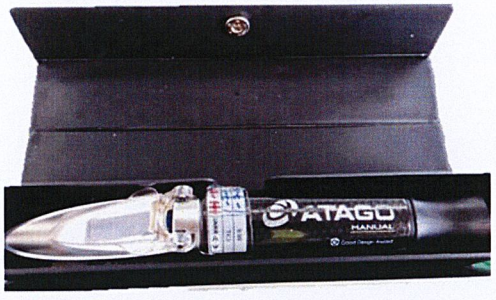
การทดสอบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจะมีการเก็บผลของการทดสอบ ทางด้านดัชนีชี้วัดความขุ่นของน้ำ โดยใช้เครื่องวัดค่าความขุ่น และการติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจะต้องไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของชิ้นงานในระบบการผลิต โดยจะมีการเก็บผลค่าความเข้มข้นของน้ำยาที่ถูกใช้ในกระบวนการผลิต โดยใช้เครื่องวัดความเข้มข้นของสารละลาย

3.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้วัดความขุ่น และความเข้มข้นของสารละลาย



รูปที่ 3.11 เครื่องมือวัดความขุ่น DIGICON TU-216

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 เครื่องมือวัดความเข้มข้นของสารละลาย ATAGO M10

3.3.2 การเก็บผลการทดสอบ โดยการวัดค่าความขุ่น และความเข้มข้นของสารละลาย

การติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ มีจุดประสงค์เพื่อที่จะลดความขุ่นของน้ำที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งความขุ่นที่เกิดขึ้นส่งผลให้พนักงานมีการตรวจสอบรอยรั่วของห้องเฟืองเพลาท้ายได้อย่างลำบาก โดยในการทดสอบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจะใช้เครื่องมือวัดค่าความขุ่น และ เครื่องวัดความเข้มข้นของสารละลายในการเก็บข้อมูล โดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วัดค่าความขุ่นของน้ำที่มีค่ามากที่สุดก่อนที่จะมีการเปลี่ยนเปลี่ยนถ่ายครั้งต่อไป เพื่อจัดทำเป็นค่ามาตรฐานในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ

ขั้นตอนที่ 2 วัดค่าความขุ่นของน้ำเปรียบเทียบระหว่าง ก่อนปรับปรุง และหลังการปรับปรุง

ขั้นตอนที่ 3 วัดความเข้มข้นของน้ำยาที่ใช้งานในการผลิต เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การคำนวณค่าความสูญเสียของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

จากคุณสมบัติของปั๊มน้ำ Sumo SF250 มีคุณสมบัติในการส่งน้ำด้วยอัตราการไหลสูงสุด 5500 ลิตรต่อชั่วโมง คิดเป็นอัตราการไหลของน้ำ 25 แกลอนต่อนาที สามารถหาค่าความสูญเสียของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ สำหรับท่อขนาด 1 นิ้ว จากสมการที่ 2.7

$$\frac{\Delta P}{\rho g} = h_L = h_f + h_m + total\ lift\ head$$

โดยคิดค่าความยาวท่อและอุปกรณ์ข้อต่อ ดังนี้

อุปกรณ์	จำนวน
Tee – side flow	2
90 elbow standard	4
Ball valve	1
Length of pipe	0.6 เมตร
Diameter of pipe	1 นิ้ว
Total lift head	1.545 เมตร

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงอุปกรณ์ของระบบ

หาความเร็วการไหล จากสมการที่ 2.3

$$Q = Av$$

โดยที่ Q = 25 GPM เมื่อ 1 GPM = 0.227125 m^3/hr

จะได้ $Q = 25 \times \frac{0.227125\ m^3}{1\ \mathrm{hr}} \times \frac{1\ \mathrm{hr}}{3600\ \mathrm{sec}}$ = 0.001577 m^3/s

และ ท่อขนาด 1 นิ้ว มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 26.6 มิลลิเมตร คิดเป็นพื้นที่หน้าตัดคือ 0.0005557 m^2

แทนค่า จะได้ $v = \frac{0.001577\ \mathrm{m^3/s}}{0.0005557\ \mathrm{m^2}}$ = 2.8383 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสูตร Reynold number

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{vD}{V}$$

โดย ความหนาแน่น V คือ ค่าความหนืดเชิงจลน์ศาสตร์ มีค่าเท่ากับ $1x10^{-6}$ m^2/s

แทนค่า Re = $\frac{2.8383}{10^{-6}}$ x 0.0266 = 75498.78 > 10,000 รูปแบบการไหลคือ Turbulance flow

$$H_f = f(\frac{L}{D})(\frac{V^2}{2g})$$

หาค่า major loss จากสมการ Darcy - weisbach

โดยความยาวท่อของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ คือ 0.6 เมตร

และสามารถหาค่า friction factor ได้จากสมการที่ 2.11 สำหรับรูปแบบการไหล turbulence

$$f = \frac{0.25}{[\log(\frac{\frac{\varepsilon}{D}}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}})]^2}$$

โดยค่า ε คือค่าความหยาบของผิวท่อ สามารถหาได้จากตารางที่ 2.4 โดยในการออกแบบนี้ ใช้วัสดุท่อคือท่อเหล็กชุบสังกะสี (Galvanized steel pipe) จึงได้ค่าความหยาบของผิวท่อ คือ 0.152 สามารถแทนค่าในสมการได้ ดังนี้

$$f = \frac{0.25}{[\log(\frac{\frac{0.152}{26.6}}{3.7} + \frac{5.74}{75498.78^{0.9}})]^2}$$

f = 0.0331

แทนค่าสมการ Darcy – weisbach เพื่อหา Major loss ของระบบ

$$H_f = 0.0331(\frac{0.6}{0.0266})(\frac{2.8383^2}{2x9.81})$$

$H_f = 0.3066$ เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาค่าการสูญเสียรอง (Minor loss) จากสมการที่ 2.12

$$h_m = K\frac{V^2}{2g}$$

โดยค่า สัมประสิทธิ์ความสูญเสียของข้อต่อ (K) ได้จาก ตารางที่ 2.5

จะได้ว่า ค่า K_1 ของ Tee side flow มีค่าเท่ากับ 0.75

ค่า K_2 ของ 90 elbow standard มีค่าเท่ากับ 0.25

และ ค่า K_3 ของ Ball valve มีค่าเท่ากับ 0.04

สามารถหาค่าความสูญเสียรองรวมได้

$$h_{m,total} = K_1\frac{V^2}{2g} + K_2\frac{V^2}{2g} + K_3\frac{V^2}{2g}$$

แทนค่า

$$h_{m,total} = 1.5x\frac{2.8383^2}{2x9.81} + 1x\frac{2.8383^2}{2x9.81} + 0.04x\frac{2.8383^2}{2x9.81}$$

$$h_{m,total} = 1.043 \text{ เมตร}$$

ดังนั้น ค่าความสูญเสียรวมของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำมีค่าเท่ากับ

$H_L = h_f + h_m$ + total lift head

= 0.3066 + 1.043 + 1.545

H_L = 2.8945 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย และอภิปรายผล

จากการศึกษารูปแบบของระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำ และการศึกษาคุณสมบัติของอุปกรณ์เพื่อมาเลือกใช้งานในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย โดยการศึกษาจะถูกพิจารณาจากหลักเกณฑ์ ความเป็นไปได้ของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่จะนำมาประยุกต์ใช้ ต้นทุนในการสร้างระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ และค่าใช้จ่ายในระยะยาว รวมถึงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจะต้องไม่สร้างผลกระทบต่อกระบวนการผลิตห้องเฟืองเพลาท้าย และไม่ส่งผลกระทบต่อการดำเนินการผลิตของพนักงานการผลิต โดยแบ่งเป็นหัวข้อผลการดำเนินงานวิจัยได้ดังนี้

1. การเลือกใช้รูปแบบระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำ สำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย

2. รายละเอียดของอุปกรณ์ภายในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย

3. การทดสอบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

4.1 การเลือกใช้รูปแบบระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำ สำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย

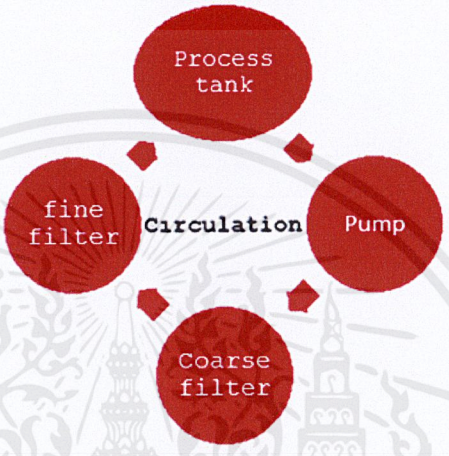
การเลือกใช้รูปแบบระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย จะถูกพิจารณาจาก พื้นที่ในการติดตั้งระบบ ค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบ ค่าใช้จ่ายของระบบในระยะยาว และจะต้องไม่สร้างผลกระทบต่อการซ่อมบำรุงเครื่องจักรตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย

จากการศึกษารูปแบบระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำ เพื่อที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย ในโครงงานวิจัยฉบับนี้ได้เลือกใช้รูปแบบระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้เพียงการบำบัดทางกายภาพ โดยสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้เพียงการบำบัดทางกายภาพ

จากการศึกษาระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้เพียงการบำบัดทางกายภาพ เมื่อนำมาศึกษากับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย พบว่าระบบรูปแบบนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ เนื่องจากระบบรูปแบบนี้ ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของชิ้น ไม่ส่งผลกระทบต่อการดำเนินการผลิต และมีต้นทุนในการลงทุนที่ต่ำ รวมถึงไม่มีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มเติมในระยะยาว

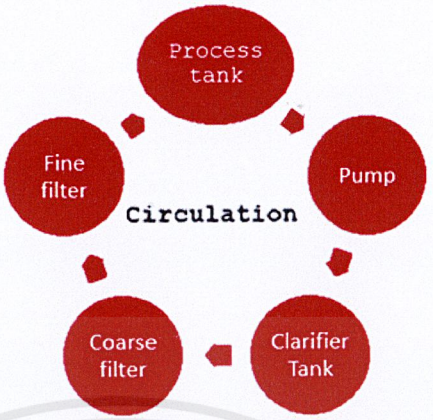


รูปที่ 4.1 รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้เพียงการบำบัดทางกายภาพ

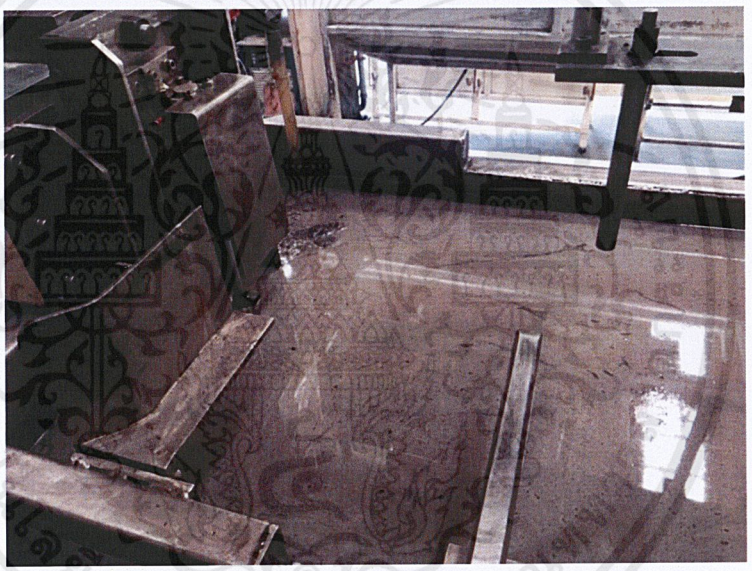
2. รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยอาศัยหลักการปล่อยตกตะกอน

จากการศึกษารูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยอาศัยหลักการปล่อยตกตะกอนเมื่อนำมาศึกษากับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย พบว่าน้ำที่อยู่ในอ่างน้ำยายังคงมีความขุ่น เมื่อไม่มีการดำเนินการผลิตชิ้นงาน จึงสามารถสรุปผลได้ว่า รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยอาศัยหลักการปล่อยตกตะกอน ไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้ายได้ เนื่องจากสารแขวนลอยที่เจือปนในน้ำเสียไม่มีคุณสมบัติในการตกตะกอนด้วยตัวเองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยอาศัยหลักการปล่อยตกตะกอน



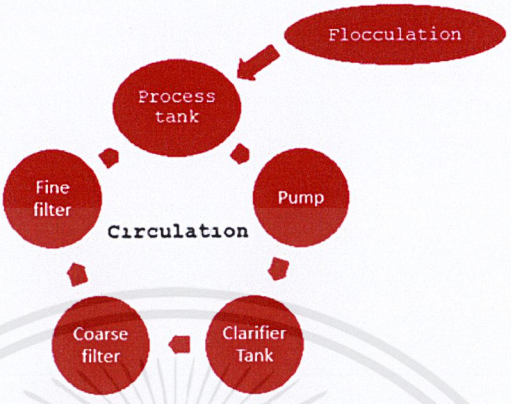
รูปที่ 4.3 น้ำในอ่างน้ำยาที่ไม่มีการดำเนินการผลิต

3. รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้สารเคมีเร่งการตกตะกอน

จากการศึกษาระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้สารเคมีเร่งการตกตะกอน เมื่อนำมาศึกษากับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย โดยสารเคมีที่ใช้ในการศึกษานี้คือ เฟอริกคลอไรด์ ($FeCl_3$) และปูนขาว (CaO) เมื่อใช้สารเคมีในการช่วยการตกตะกอน มาทำการทดสอบกับชิ้นงาน เพื่อสังเกตถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับชิ้นงาน โดยการศึกษานี้ได้ทำการจุ่มชิ้นงานลงในสารเคมี เป็นระยะเวลา 2 วัน พบว่าชิ้นงานเกิดปฏิกริยาสนิมขึ้นในเวลาที่รวดเร็วกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปกติ ทำให้รูปแบบระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้สารเคมีเร่งการตกตะกอน ไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้ายได้



รูปที่ 4.4 รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้สารเคมีเร่งการตกตะกอน



รูปที่ 4.5 ชิ้นงานเกิดสนิม

4.2 รายละเอียดของอุปกรณ์ภายในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย

จากการศึกษารูปแบบของระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำ และนำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย ได้ผลการศึกษา คือการใช้รูปแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้เพียงการบำบัดทางกายภาพ ซึ่งอุปกรณ์ภายในระบบที่ต้องถูกพิจารณา มีดังนี้

1. ปั๊มน้ำ
2. ท่อน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ตะแกรงกรองหยาบ

4. ไส้กรองสำหรับการกรองละเอียด

โดยการออกแบบจะอ้างอิงจากพื้นที่ในการติดตั้งระบบ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ค่าใช้จ่ายในระยะยาว และจะต้องไม่ส่งผลกระทบต่อการดำเนินการผลิต

4.2.1 การเลือกใช้ปั๊มน้ำ

จากการพิจารณาการเลือกใช้อุปกรณ์ปั๊มน้ำในระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้เพียงการบำบัดทางกายภาพ โดยจะถูกพิจารณาจากหลักเกณฑ์ คุณสมบัติของการใช้งาน และต้นทุนค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบ โดยในโครงงานวิจัยฉบับนี้ได้เลือกอุปกรณ์ปั๊มน้ำ คือประเภทปั๊มจุ่มใต้น้ำ ยี่ห้อ SUMO รุ่น SF250 ซึ่งปัจจุบันมีการใช้งานอยู่ในเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย ที่ทำหน้าที่เพียงการหล่อเย็นชิ้นงาน จึงสามารถที่จะต่ออุปกรณ์ท่อน้ำเพิ่มเติม เพื่อต่อเข้ากับระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำ และจากการตรวจสอบคุณสมบัติการใช้งานปั๊มน้ำ พบว่าปั๊มน้ำมีคุณสมบัติเพียงพอต่อการใช้งานในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนี้ สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. ปั๊มจุ่มใต้น้ำ (submersible pump)

ปั๊มจุ่มใต้น้ำที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน คือ ยี่ห้อ Sumo รุ่น SF250 มีกำลังวัตต์มอเตอร์ 250 วัตต์ สามารถส่งน้ำได้สูง 6 เมตร มีคุณสมบัติการใช้งานที่เพียงพอต่อระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำ สามารถดูดตะกอนแข็ง หรือสิ่งสกปรกที่เจือปนในอ่างน้ำ มีกำลังวัตต์มอเตอร์ที่เพียงพอต่อการใช้งาน และไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในการลงทุนสร้างระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ สำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย



รูปที่ 4.6 ปั๊มจุ่มใต้น้ำ ยี่ห้อ SUMO รุ่น SF250

2. ปั๊มหอยโข่ง (Centrifugal pump)

ปั๊มหอยโข่งเป็นปั๊มประเภทที่ต้องใช้กับน้ำที่มีคุณภาพที่ดี ไม่มีเศษตะกอนแข็งเจือปน หรือถ้าหากต้องการใช้กับระบบบำบัดน้ำเสียที่มีตะกอนแข็ง จะต้องใช้ตะแกรงกรองหยาบก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

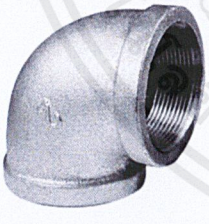
เข้าปั๊มเพื่อป้องกันใบพัดสึกหรอ และค่าใช้จ่ายที่เพิ่มเติมในการลงทุนติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ทำให้ปั๊มหอยโข่งไม่เหมาะกับการใช้งานในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ สำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย



รูปที่ 4.7 ปั๊มหอยโข่ง

4.2.2 การเลือกใช้ท่อน้ำในการติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ สำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย

การเลือกใช้ท่อน้ำจะถูกพิจารณาในหลักเกณฑ์ของความแข็งแรง และความคงทนต่อการกัดกร่อนโดยของเหลวในระบบคือน้ำ ซึ่งมีความสามารถในการทำปฏิกริยากับวัสดุเหล็ก ส่งผลให้เกิดสนิมขึ้นที่ท่อเหล็ก และอาจจะส่งต่อความแข็งแรงในอนาคต ในโครงงานวิจัยฉบับนี้จึงพิจารณาเลือกที่จะเดินระบบด้วยท่อน้ำเหล็กกัลป์วาไนซ์ หรือท่อเหล็กชุบสังกะสี ซึ่งท่อเหล็กชนิดนี้มีความสามารถในการป้องกันการเกิดสนิม และมีความแข็งแรง ไม่แตกหักง่าย



รูปที่ 4.8 ข้องอ 90 องศา เหล็กชุบสังกะสี



รูปที่ 4.9 ท่อเหล็กชุบสังกะสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การเลือกใช้ตะแกรงกรองหยาบในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ สำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย

การเลือกใช้ตะแกรงกรองหยาบในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ สำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย มีจุดประสงค์เพื่อดักจับเศษตะกอนขนาดใหญ่ที่เจือปนในอ่างน้ำยา เพื่อลดการอุดตันของไส้กรองการกรองละเอียด โดยจากการวิเคราะห์เศษตะกอนขนาดใหญ่ที่เจือปนในอ่างน้ำ พบว่า มี 2 สิ่งคือ เศษผ้าถุงมือของพนักงานการผลิตที่ติดกับชิ้นงาน ก่อนที่จะนำชิ้นงานแช่ลงในอ่างน้ำ และเศษผงเชื่อมที่ติดมากับชิ้นงานตามจุดเชื่อมข้อต่อต่าง ๆ โดยในโครงงานวิจัยนี้ ได้เลือกใช้ตะแกรงกรองหยาบขนาด 30 mesh หรือเทียบเท่าความละเอียด 600 ไมครอน โดยขนาดความละเอียดดังกล่าวมีคุณสมบัติเพียงพอที่จะดักจับเศษตะกอนขนาดใหญ่ เช่น เศษผ้าถุงมือ และผงเชื่อมได้

4.2.4 การเลือกใช้ไส้กรองการกรองละเอียดในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ สำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย

การเลือกใช้ไส้กรองการกรองละเอียดจะถูกพิจารณาจากหลักเกณฑ์ของ ความละเอียดในการกรองระดับไมครอน ความรวดเร็วในการอุดตันของไส้กรอง และค่าใช้จ่ายในระยะยาวของการเปลี่ยนไส้กรองเมื่ออุดตัน โดยจากการศึกษาการเลือกใช้ไส้กรองการกรองละเอียด ในโครงงานวิจัยฉบับนี้ได้เลือกใช้ไส้กรองการกรองละเอียด คือ Disc filter เนื่องจากไส้กรองประเภทนี้มีความละเอียดในการกรองได้ในระดับหนึ่ง และสามารถถอดไส้กรองออกมาทำความสะอาด แล้วนำกลับไปใช้ใหม่ได้ จึงทำไม่มีค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนไส้กรองเมื่อเกิดการอุดตัน



รูปที่ 4.10 ไส้กรองการกรองละเอียด Disc filter

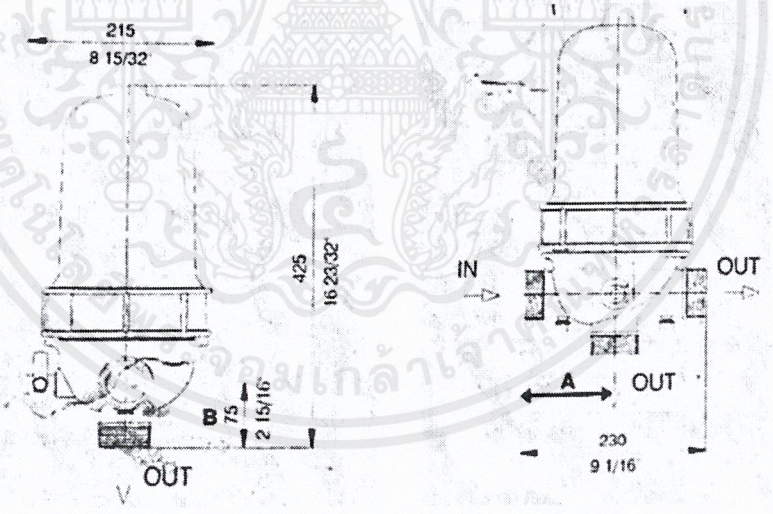
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยไส้กรองละเอียด หรือ Disc filter ที่ในโครงงานวิจัยฉบับนี้เลือกใช้ มีคุณสมบัติการทำงาน และขนาดของอุปกรณ์ ดังรูปที่ 4.11 และรูปที่ 4.12 ตามลำดับ

Technical Data

Inlet/Outlet diameter	2" Male Thread	2" Male Thread
Max. Pressure	10 bar	145 psi
Max. Flow rate 400-100 micron	≤25 m^3/h (6.9 l/sec)	≤110 gpm
55 micron	≤16 m^3/h (4.4 l/sec)	≤70 gpm
20 micron	≤8 m^3/h (2.2 l/sec)	≤35 gpm
Total filtration area	950 cm^2	147 in^2
Total filtration volume	1225 cm^3	75.7 in^3
Filter length L	425 mm	$16\ ^{23}/_{32}$"
Filter width W	230 mm	$9\ ^{1}/_{16}$"
Distance between connections	A. 115 mm B. 75 mm	A. $4\ ^{17}/_{32}$" B. $2\ ^{15}/_{16}$"
Weight	3.2 Kg	7 lbs
Maximum temperature	60° C	140° F
pH	2-13	2-13

รูปที่ 4.11 คุณสมบัติการทำงานของไส้กรองละเอียด

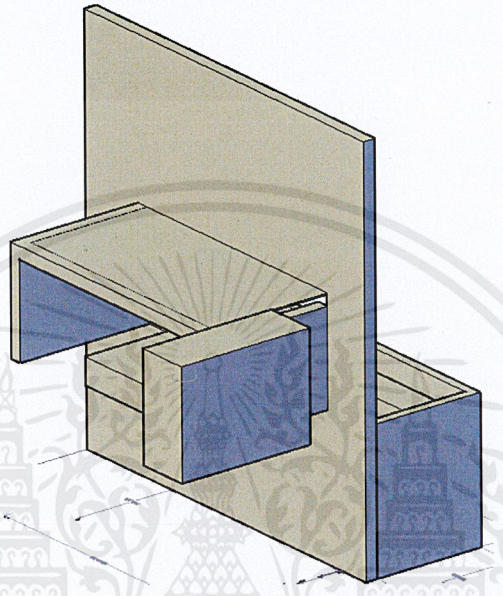


รูปที่ 4.12 ขนาดของอุปกรณ์ไส้กรองกรองละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 การออกแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ สำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย

การออกแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ สำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย ถูกจำกัดด้วยขนาดพื้นที่ของการติดตั้งระบบ ด้วยความกว้าง 0.8 เมตร และความยาว 1.5 เมตร สามารถสร้างแบบจำลองขนาดพื้นที่ โดยการใช้โปรแกรม Autocad ได้ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 แบบจำลองขนาดพื้นที่ติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ของเครื่องจักรตรวจสอบการรั่วซึมห้องเฟืองเพลาท้าย

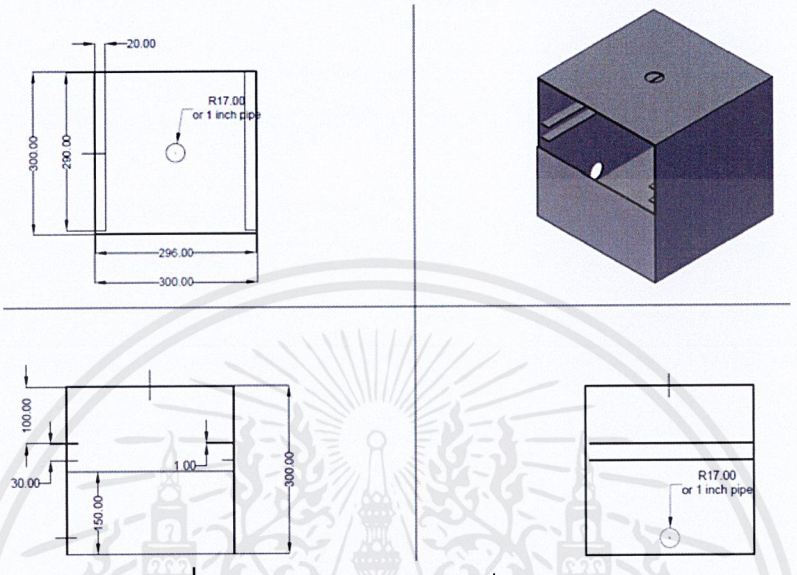
โดยแบบจำลองนี้จะถูกนำมาอ้างอิงในการจัดวางตำแหน่งการวางอุปกรณ์ในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำหลังจากที่มีการออกแบบกล่องกรองหยาบ และการกำหนดขนาดระยะท่อน้ำตามการวัดระยะจริง

4.2.5.1 การออกแบบกล่องกรองหยาบ

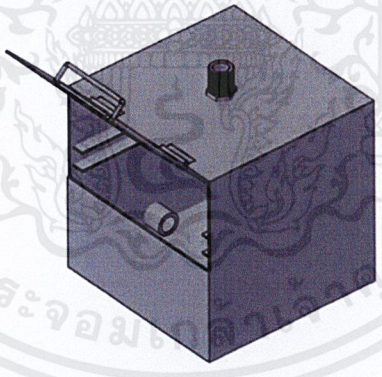
เนื่องจากน้ำที่ผ่านเข้ามาในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ จะมีการปนเปื้อนของเศษผงเหล็กที่เกิดจากกระบวนการเชื่อมตกตะกอนอยู่บริเวณข้างใต้อ่างน้ำ และเศษผ้าถุงมือที่ติดมากับชิ้นงานจากถุงมือที่พนักงานการผลิตสวมใส่เป็น ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้น้ำในเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของเสื้อเพลาหลังเกิดความขุ่น จึงได้มีการออกแบบกล่องกรองหยาบเพื่อทำการดักจับเศษผงเหล็ก และเศษถุงมือเบื้องต้น เนื่องจากวิศวกรผู้ดูและมีความต้องการในการออกแบบกล่องกรองหยาบจะต้องไม่เกิดการอุดตันเร็วเกินไป สามารถรองรับน้ำที่ขึ้นมากรองได้เพียงพอ สามารถทำความสะอาดได้ง่าย มีขนาดที่เหมาะสม และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แข็งแรง ทนทานต่อการกัดกร่อน จึงออกแบบให้กล่องกรองหยาบมีขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร และสูง 30 เซนติเมตร หนา 2 มิลลิเมตร โดยวัสดุที่นำมาใช้คือ สเตนเลส 304



รูปที่ 4.14 ภาพการออกแบบกล่องกรองหยาบ

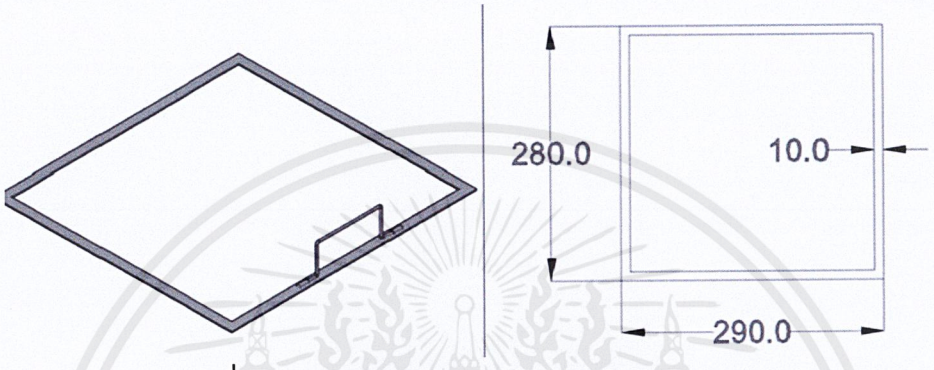


รูปที่ 4.15 ภาพจำลองกล่องกรองหยาบ

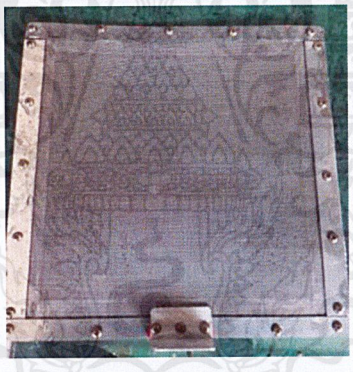
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5.2 การทำตะแกรงกรองหยาบ

จากการเลือกใช้อุปกรณ์ตะแกรงกรองหยาบ ในโครงงานวิจัยฉบับนี้ได้เลือกใช้ตะแกรงกรองหยาบความละเอียด 30 mesh หรือ 600 ไมครอน จากนั้นได้ทำการสร้างกรอบตะแกรงกรองหยาบ เพื่อนำมาใส่ในกล่องกรองหยาบ มีจุดประสงค์เพื่อกรองเศษตะกอนขนาดใหญ่เบื้องต้น ก่อนที่จะเข้าสู่ไส้กรองกรองละเอียด



รูปที่ 4.16 ภาพการออกแบบกรอบตะแกรงกรองหยาบ

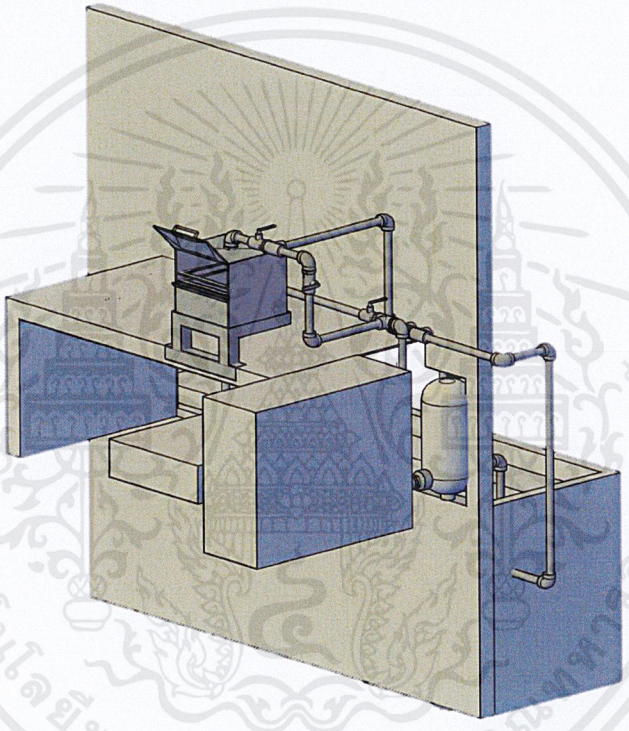


รูปที่ 4.17 ภาพตะแกรงกรองหยาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5.3 การจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์ในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ สำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย

เมื่อทำการวัดขนาดพื้นที่ในการติดตั้งระบบตามระยะจริง และทำการออกแบบกล่องกรองหยาบเพื่อนำมาติดตั้งในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเรียบร้อยแล้ว จึงทำการออกแบบการจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์ต่าง ๆ คือ กล่องกรองหยาบ และไส้กรองละเอียด โดยการจำลองผ่านโปรแกรม Autodesk Autocad ดังรูปที่ 4.18

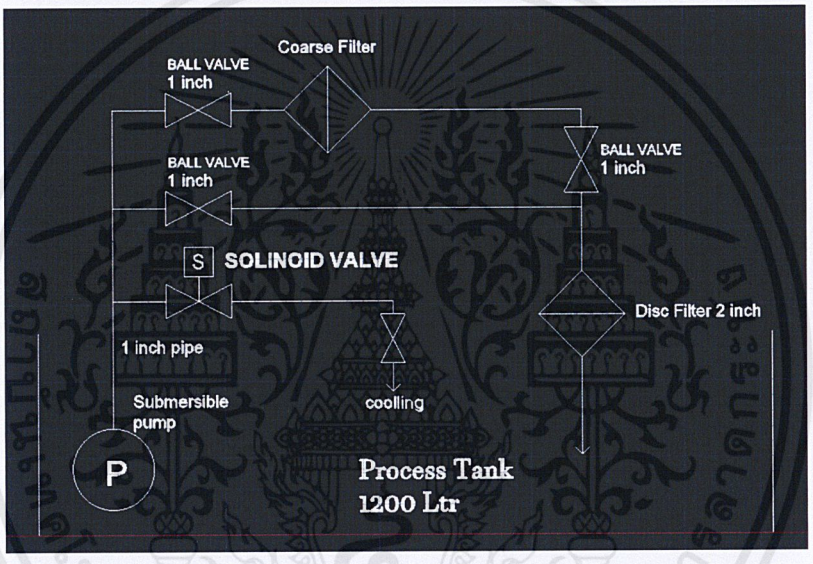


รูปที่ 4.18 การจำลองการจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์ในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยใช้โปรแกรม Autodesk Autocad

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5.4 การออกแบบกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ สำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย

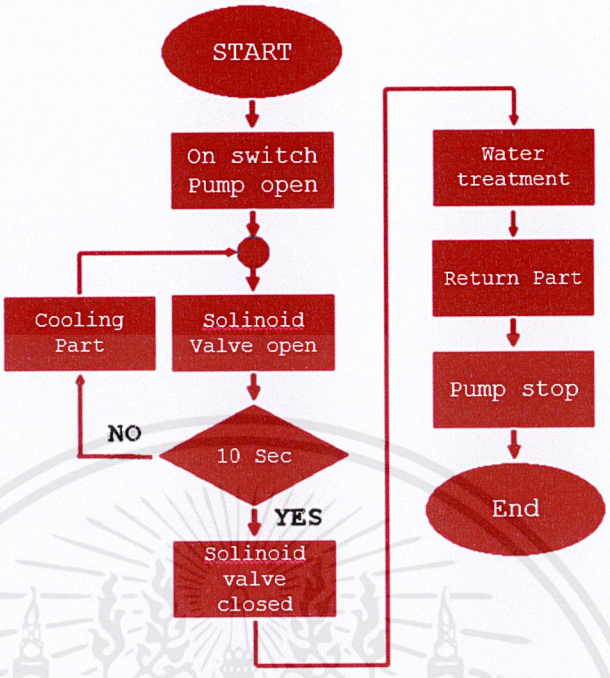
การออกแบบกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ จะถูกออกแบบระบบให้ทำงานร่วมกับระบบหล่อเย็นชิ้นงานที่ปัจจุบันมีการใช้งานอยู่ร่วมกับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย โดยในโครงงานวิจัยฉบับนี้ได้ใช้อุปกรณ์ทางไฟฟ้า คือ โซลินอยด์ วาล์ว (Solinoid valve) เพื่อแยกระบบการทำงานระหว่างระบบหล่อเย็นชิ้นงาน และระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ติดตั้งเพิ่มเข้าไปในเครื่องจักร โดยสามารถเขียนแผนผังการจัดวางอุปกรณ์ภายในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำในรูปของ 2D Diagram ได้ดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 แผนผังกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ในรูป 2D Diagram

และสามารถเขียนแผนผังกระบวนการทำงานร่วมกันระหว่าง ระบบหล่อเย็นชิ้นงาน และระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ในรูปของ Flow chart diagram ได้ดังรูปที่ 4.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



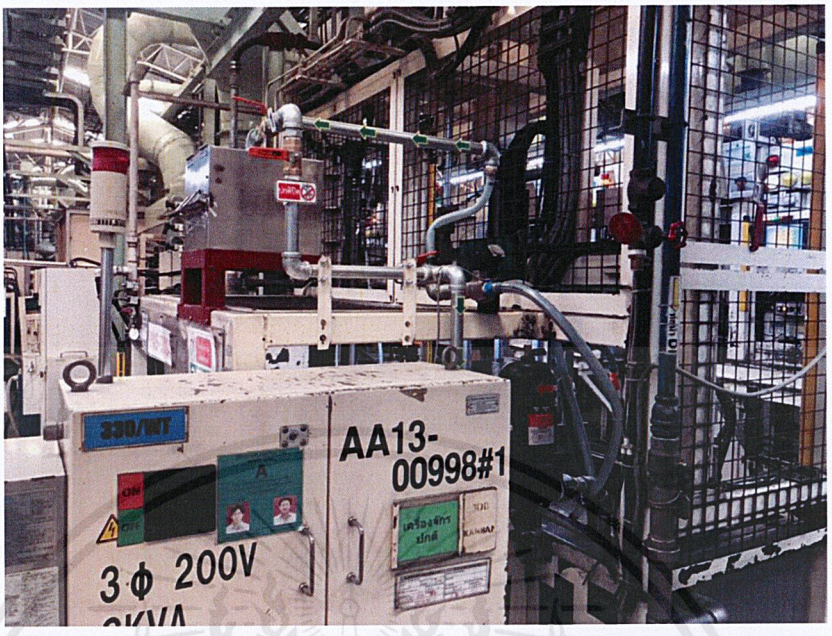
รูปที่ 4.20 Flowchart diagram ของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

เมื่อทำการออกแบบการจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์ และการออกแบบกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเรียบร้อยแล้ว จึงทำการติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ สำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย ณ บริเวณเครื่องจักร ตามรูปแบบการจำลองที่ได้ออกแบบไว้



รูปที่ 4.21 การติดตั้งเครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำ สำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย

4.3 การทดสอบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

จากการทดลองการทำงานของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ สำหรับเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย โดยได้ทำการวัดคุณภาพน้ำจากค่าความขุ่นของน้ำ ทั้งก่อน และหลังการปรับปรุง ซึ่งใช้เครื่องมือวัดคือ Turbidity meter และทำการวัดความเข้มข้นของน้ำยา หลังจากออกจากระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้เครื่องมือวัดความเข้มข้นของสารละลาย เทียบกับยอดจำนวนการผลิตชิ้นงาน โดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังที่อ้างอิงไว้ในบทที่ 3

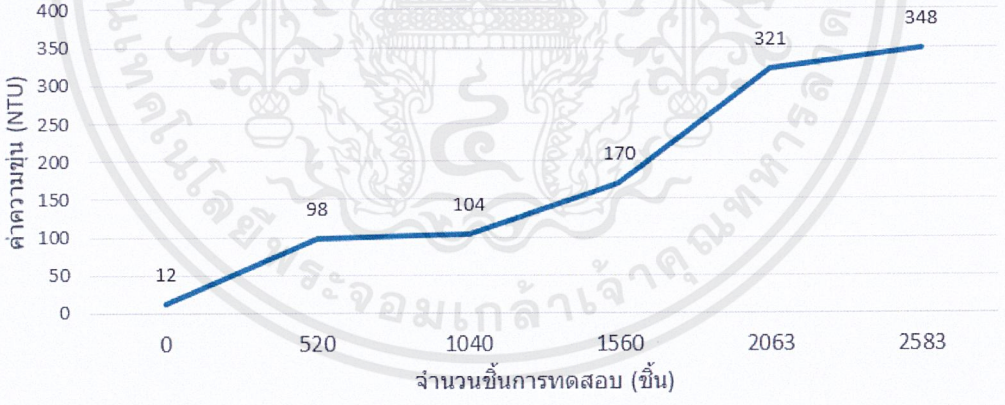
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 1 วัดค่าความขุ่นของน้ำของกระบวนการผลิต ตั้งแต่หลังการเปลี่ยนถ่ายน้ำ จนถึงการเปลี่ยนถ่ายน้ำครั้งต่อไป เพื่อจัดทำเป็นมาตรฐานในการตรวจสอบ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าความขุ่นของน้ำที่เพิ่มขึ้นตลอดทั้งการทดสอบชิ้นงาน 2500 ชิ้น

จำนวนยอดการทดสอบชิ้นงาน (ชิ้น)	ค่าความขุ่นของน้ำที่เพิ่มขึ้น (NTU)
0	12
520	98
1040	104
1560	170
2063	321
2583	348

จากตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าความขุ่นของน้ำที่เพิ่มขึ้นตลอดการทดสอบชิ้นงาน 2500 ชิ้น สามารถแสดงค่าแนวโน้มความขุ่นที่เพิ่มขึ้นในรูปแบบของการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความขุ่นที่เพิ่มขึ้น และจำนวนชิ้นการทดสอบ ได้ดังรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นที่เพิ่มขึ้น และจำนวนชิ้นการทดสอบ

จากรูปที่ 4.23 จะพบว่าค่าความขุ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามจำนวนชิ้นที่ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญ และหากพิจารณาถึงคุณภาพของน้ำที่ยังตรวจสอบการรั่วซึมได้อย่างมีคุณภาพ จะให้ค่าความขุ่น 348 NTU ที่จำนวนชิ้นงานทดสอบ 2583 ชิ้น โดยค่าความขุ่น 348 NTU จะถูกนำมาเป็นเกณฑ์สำหรับการเปลี่ยนถ่ายน้ำในการทดสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย

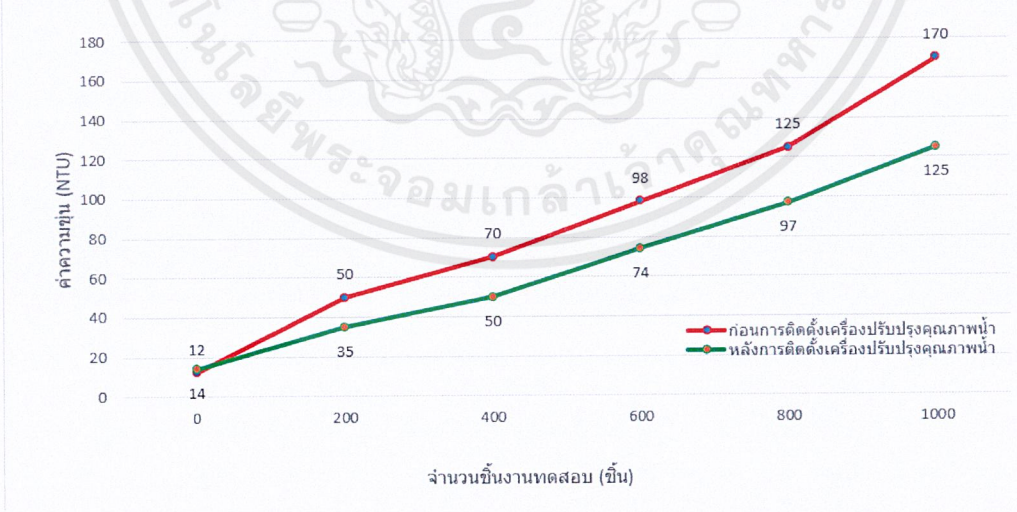
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 ทำการวัดค่าความขุ่นของน้ำก่อน และหลังการติดตั้งเครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำ ที่จำนวนยอดการทดสอบ 1000 ชิ้น ได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงค่าความขุ่นของน้ำที่เพิ่มขึ้นก่อนการติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ และหลังการติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยเปรียบเทียบที่ยอดจำนวนการทดสอบ 1000 ชิ้น

จำนวนยอดการทดสอบ ชิ้นงาน (ชิ้น)	ค่าความขุ่นของน้ำ ก่อนการปรับปรุง (NTU)	ค่าความขุ่นของน้ำ หลังการปรับปรุง (NTU)
0	12	14
200	50	35
400	70	50
600	98	74
800	125	97
1000	170	125

ข้อมูลจากตารางที่ 4.2 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นที่ของน้ำก่อนการติดตั้งเครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำ และหลังการติดตั้งเครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยเปรียบเทียบที่ยอดจำนวนการทดสอบ 1000 ชิ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นที่เพิ่มขึ้น ก่อน-หลังการติดตั้งเครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นก่อนและหลังการติดตั้งเครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำ เมื่อเปรียบเทียบที่ยอดจำนวนการทดสอบ 1000 ชิ้น จะพบว่าค่าความขุ่นมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นตามจำนวนชิ้นงานทดสอบในทั้งสองกรณี แต่ข้อมูลในกรณีก่อนการติดตั้งเครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำมีความชันมากกว่ากรณีหลังการติดตั้งเครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำ นั่นคือการเพิ่มขึ้นของค่าความขุ่นของน้ำหลังการติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำมีค่าลดลง หรือกล่าวได้ว่าระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสามารถทำให้ค่าความขุ่นของน้ำลดลง หรืออายุการใช้งานของน้ำยาวนานขึ้น เมื่อนำค่าความขุ่นหลังการติดตั้งเครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำมาทำการสร้างสมการ แสดงความสัมพันธ์ของค่าความขุ่นและจำนวนชิ้นงานการทดสอบ โดยใช้สมการเส้นตรง จะได้ความสัมพันธ์ดังแสดงในสมการที่ 4.1

$$NTU = 0.1093unit + 11.19 \quad (4.1)$$

เมื่อ NTU คือค่าความขุ่นของน้ำ (NTU) และ unit คือจำนวนชิ้นงานการทดสอบ (ชิ้น)

เมื่อทำการแทนค่า NTU = 348 (ค่าความขุ่นสูงสุดที่แสดงคุณภาน้ำที่ยังสามารถใช้ในการตรวจสอบรอยรั่วได้) ลงในสมการที่ 4.1 จะสามารถประมาณจำนวณชิ้นการผลิต เพื่อจัดทำเป็นเกณฑ์ในการเปลี่ยนถ่ายน้ำของเครื่องตรวจสอบการรั่วซึมของห้องเฟืองเพลาท้าย โดยในสมการนี้สามารถประมาณจำนวนชิ้นการผลิต คือ 3100 ชิ้นการผลิต ทำให้สามารถยืดอายุการเปลี่ยนถ่ายน้ำจาก 2500 ชิ้นการผลิต เป็น 3100 ชิ้นการผลิต สามารถลดต้นทุนในการผลิตจาก 1.72 บาท / หน่วยชิ้นงาน เป็น 1.38 บาท / หน่วยชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 ทำการวัดค่าความเข้มข้นของน้ำยา โดยปกติแล้วค่าที่ยอมรับได้อยู่ที่ 1 – 1.5 % เพื่อไม่ให้กระทบต่อคุณภาพของการผลิต ได้ผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของน้ำยา หลังการติดตั้งเครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำ ที่ยอดจำนวนการทดสอบ 1000 ชิ้น

จำนวนยอดการทดสอบ (ชิ้น)	**ค่าความเข้มข้นของน้ำยา (%)**
0	1.5
200	1.5
400	1.5
600	1.4
800	1.4
1000	1.4

จากข้อมูลตารางที่ 4.3 จะพบว่าค่าความเข้มข้นของน้ำยาจะมีค่าลดลงเล็กน้อยเนื่องจากสารละลายที่ติดไปกับชิ้นงานในบางส่วน และอีกบางส่วนถูกผ่านระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำ จึงทำให้มีค่าที่ลดลงดังกล่าว แต่ทั้งนี้ ค่าความเข้มข้นของน้ำยายังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการทำและติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยในโครงงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำรูปแบบกายภาพเพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตของชิ้นงาน และได้มาซึ่งการจัดทำค่าความขุ่นมาตรฐานให้กับกระบวนการผลิต โดยอ้างอิงค่าความขุ่นจากค่าที่สูงที่สุด ซึ่งวัดได้จากระยะเวลาของการเปลี่ยนถ่ายน้ำครั้งล่าสุด จนถึงการเปลี่ยนถ่ายน้ำครั้งต่อไปโดยไม่มีชิ้นงานบกพร่องจากการตรวจสอบคือ 348 NTU และจากการทดลองเดินระบบเป็นจำนวนยอดการผลิต 1000 ชิ้น พบว่าการเพิ่มขึ้นของค่าความขุ่นของน้ำมีแนวโน้มที่ลดลง โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังการติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ทำให้บริษัทสามารถยืดอายุการเปลี่ยนถ่ายน้ำ จากจำนวนการผลิต 2500 ชิ้น เป็น 3100 ชิ้น ซึ่งสามารถลดต้นทุนลงได้จาก 1.72 บาทต่อหน่วยการผลิต เหลือเพียง 1.38 บาทต่อหน่วยการผลิต และระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจะมีการพัฒนาต่อไป และขยายผลไปสู่กระบวนการผลิตอื่น ๆ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. สำหรับระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ทำขึ้นนั้นยังได้ผลที่ยังไม่บรรลุเป้าหมายเท่าที่ควร ซึ่งสามารถพัฒนาและต่อยอดโดยนำสารกรองน้ำเข้ามาติดตั้งในระบบเพิ่มเติม เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดค่าความขุ่นมากยิ่งขึ้น

2. สำหรับเครื่องกรองระบบแผ่นดิสก์ในระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำยังคงต้องมีการถอดนำไส้กรองออกมาล้าง ทำให้มีค่าใช้จ่ายในด้านเงินล่วงเวลาของพนักงาน ซึ่งสามารถพัฒนาและต่อยอดให้มีกระบวนการล้างย้อนกลับในตัวเองได้

3. การออกแบบระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ได้จัดทำขึ้น เป็นเพียงระบบต้นแบบที่ยังมีขนาดเล็ก เนื่องจากมีการจำกัดทางด้านพื้นที่ของระบบ และค่าใช้จ่ายของระบบเมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนที่ลดลงได้ ส่งผลให้ระบบรองรับปริมาณน้ำที่เข้ามาในระบบได้น้อย ซึ่งสามารถขยายกล่องกรองหยาบ และเพิ่มจำนวนของตัวกรองแผ่นดิสก์เพื่อรองรับอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้นได้

4. ควรมีการตรวจสอบค่าแรงดันตกคร่อมระหว่างทางเข้า และทางออกของตัวกรองแผ่นดิสก์ เพื่อที่จะสามารถดูการอุดตันของไส้กรอง เพื่อนำออกมาทำความสะอาดได้

5. ควรที่จะมีเครื่องมือพิเศษที่สามารถตรวจสอบการปนเปื้อนของน้ำ และอนุภาคของสารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] รศ.ดร.สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์. (2549). **ระบบบำบัดน้ำเสีย** : การเลือกใช้ การออกแบบ การควบคุม และการแก้ไขปัญหา. กรุงเทพฯ : ท้อป, 2549, 1-14.

[2] ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. **การบำบัดน้ำเสีย.** พิมพ์ครั้ง 2. กรุงเทพฯ. หจก.สยามสเตชั่นเนอรี่ซัพพลายส์, 2542, 71-73.

[3] Zheng, X., Mehrez, R., Jekel, M., & Ernst, M. 2009**. Effect of slow sand filtration of treated wastewater as pre-treatment to UF**. Desalination. 249: 591-595.

[4] Thanakorn, E. 2012. **Application of rapid and slow sand filtration for water treatment in aquaculture system.,** Chulalongkorn University

[5] มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. **วิศวกรรมการประปา.** เล่ม2. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

[6] ห้างหุ้นส่วนจำกัด เด่นศักดา. **หลักการทำงานของโซลินอยวาล์ว** [online]

ที่มา : https://www.densakda.com/โซลินอยด์วาล์วมีประโยชน์มากกว่าที่คิด

[7] ดุลยโชติ ชลศึกษ์. **การออกแบบระบบท่อทางวิศวกรรม.** ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2560, 9-63.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้