บทที่ 2

ระบบหม้อไอน้ำ

ระบบหม้อไอน้ำที่จะกล่าวถึงนี้เป็นหม้อไอน้ำแบบท่อไฟ ซึ่งมีก๊าซร้อนไหลในท่อและรอบ ๆ ท่อล้อมรอบด้วยน้ำ โดยปกติเป็นหม้อไอน้ำขนาดเล็กที่มีความดันไม่เกิน 15 bar และผลิตไอน้ำไม่เกิน 10 ตัน/ชม. ไอน้ำที่ผลิตได้เป็นไอน้ำอิ่มตัวเท่านั้น

1. ลักษณะทั่วไปของหม้อไอน้ำ

หม้อไอน้ำที่ดี (8) จะมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ลำตัวหม้อไอน้ำ(Boiler proper) ห้องเผาไหม้(Combustion chamber) อุปกรณ์สนับสนุนหม้อไอน้ำ(Boiler auxiliary) และอุปกรณ์ส่วนประกอบสำหรับหม้อไอน้ำ(Boiler accessories)

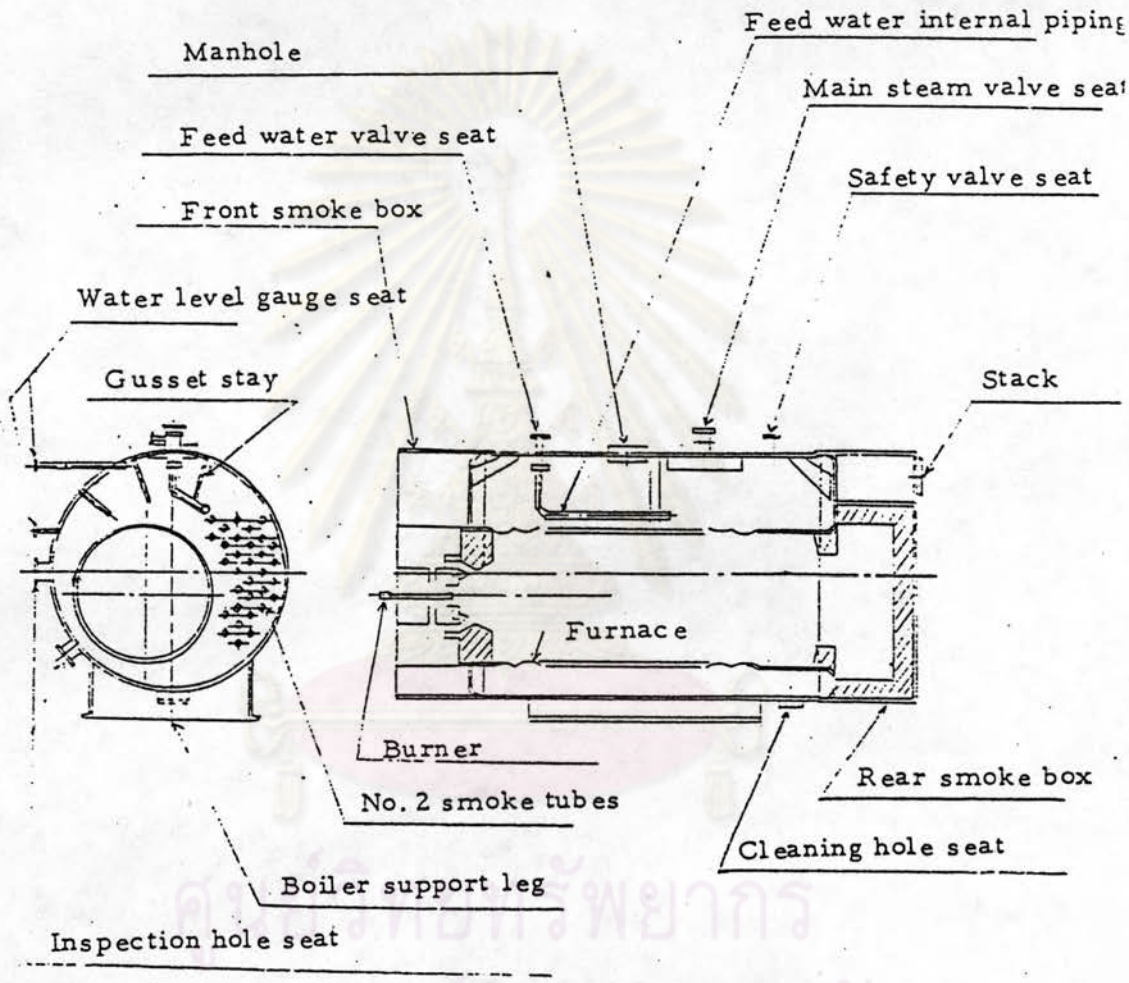
ลำตัวหม้อไอน้ำ เป็นลักษณะของภาชนะปิดที่ทนความดันซึ่งเกิดจากน้ำถูกทำให้ร้อนจนกลายเป็นไอน้ำอิ่มตัว เป็นผลให้มีความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศมาก

ห้องเผาไหม้ มีหน้าที่สร้างความร้อนขึ้นมาโดยการเผาไหม้จากน้ำมันเชื้อเพลิง ส่วนหนึ่งของความร้อนเกิดจากเตา จะถูกส่งไปยังพื้นผิวห้องเผาไหม้โดยตรง โดยการแผ่รังสี และอีกส่วนหนึ่งจะไปเพิ่มอุณหภูมิเผาไหม้ซึ่งสัมผัสกับพื้นผิวท่อไฟในระหว่างการไหลไป ดังนั้น ความร้อนจะถูกส่งผ่านไปถึงน้ำโดยผ่านพื้นผิวดังกล่าว เมื่อความร้อนส่งผ่านไปถึงน้ำจะเปลี่ยนสภาวะจากน้ำเป็นไอน้ำออกมา จากนั้นจะป้อนน้ำเข้าไปใหม่เมื่อระดับน้ำเริ่มลดลง

1.1 โครงสร้างของหม้อไอน้ำที่ศึกษาวิจัย

ลักษณะโครงสร้างของหม้อไอน้ำนี้เป็นแบบเผาไหม้ภายใน ประกอบด้วย เปลือกหม้อไอน้ำ ห้องเผาไหม้ ผนังหน้าและผนังหลัง ท่อไฟ เหล็กยึดโยง ช่องคนลอด ช่องทำความสะอาด และปล่องไฟ เป็นต้น

อุปกรณ์ส่วนประกอบสำหรับหม้อไอน้ำ เช่น เกจวัดความดัน เทอร์โมมิเตอร์ ลิ้นนิรภัย วาล์วถ่ายน้ำทิ้ง วาล์วกันกลับ หรือวาล์วและก๊อกอื่น ๆ เป็นต้น



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของหม้อไอน้ำ

อุปกรณ์ป้อนน้ำเข้าหม้อไอน้ำ ประกอบด้วย อุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพน้ำ ถังพักน้ำ มาตรวัดปริมาณน้ำ เครื่องปั๊มน้ำ และมาตรวัดความดันน้ำ เป็นต้น

อุปกรณ์สำหรับการเผาไหม้ ประกอบด้วย ชุดหัวฉีด เครื่องอุ่นน้ำมัน พัดลมเป่า กระจกดูการเผาไหม้ และตาไฟ เป็นต้น

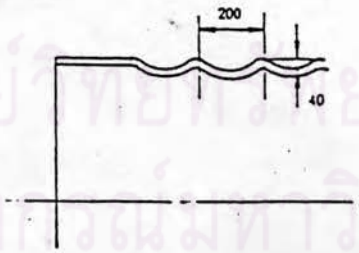
อุปกรณ์จ่ายไอน้ำ ประกอบด้วย วาล์วจ่ายไอน้ำ ท่อจ่ายไอน้ำ ท่อพักไอน้ำ และอุปกรณ์ดักไอน้ำ เป็นต้น

อุปกรณ์ควบคุม ประกอบด้วย อุปกรณ์ควบคุมความดันไอน้ำ อุปกรณ์ควบคุมระดับน้ำ อุปกรณ์ควบคุมการเผาไหม้ และสัญญาณเตือนเพื่อความปลอดภัย เป็นต้น

1.2 ลักษณะของส่าตัวหม้อไอน้ำ (Boiler proper)

ส่าตัวหม้อไอน้ำ ประกอบด้วยเปลือกหม้อไอน้ำซึ่งมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก มีความแข็งแรงและต่อกันด้วยการเชื่อมหรือใช้หมุดย้ำ โดยรอยเชื่อมทั้งหมดจะตรวจสอบด้วย รังสีวิทยา(Radio graphic) แม้ว่ามีช้อบกพร่องเพียงเล็กน้อยในรอยเชื่อมก็อาจจะเกิดอุบัติเหตุที่ร้ายแรงได้ ส่วนแผ่นที่ปิดอยู่ที่ปลายทั้งสองด้านของเปลือกเรียกว่าผนังหน้าและผนังหลัง ซึ่งมีการเชื่อมต่อในลักษณะรอยต่อเชื่อมชน (Butt-welding)

ห้องเผาไหม้ จะเป็นลักษณะท่อตรง หรือท่อโค้งเป็นลอน(Corrugated furnace) สำหรับท่อโค้งเป็นลอนมีข้อดีคือ มีความแข็งแรงและมีความยืดหยุ่นในการขยายตัวและหดตัว นอกจากนั้นจะทำให้พื้นผิวรับความร้อนมากขึ้น



Corrugated furnace

รูปที่ 2.2 ท่อโค้งเป็นลอน

หูช้าง (Gusset stay) มีหน้าที่ยึดผนังหน้าและผนังหลังของหม้อไอน้ำให้คงสภาพเดิม ไม่ให้แยกออกจากเปลือกหม้อไอน้ำ

ท่อเหล็กกลวง(Stay tube) คือท่อที่มีความหนา ซึ่งเชื่อมที่ผนังหน้า และหลัง และเป็นท่อไฟด้วย นอกจากนั้นยังมีท่อเหล็กตัน(Stay rod) ซึ่งทำหน้าที่เช่นเดียวกับท่อเหล็กกลวง ที่ด้านหน้าและด้านหลังจะมี Smoke boxes จะเป็นส่วนเชื่อมต่อระหว่างการไหลของก๊าซร้อนจากแต่ละกลับของท่อไฟ

ช่องคนลอด (Manhole) คือช่องสำหรับคนงานลงไปทำความสะอาดอยู่ที่ส่วนบนของเปลือกหม้อไอน้ำ

ในส่วนรองรับหม้อไอน้ำ จะมีขายึดติดแน่นในด้านหน้า ส่วนด้านหลังสามารถเคลื่อนที่ได้เล็กน้อย เพื่อทำให้หม้อไอน้ำมีอิสระในการขยายตัวอันเนื่องมาจากความร้อน

1.3 อุปกรณ์ส่วนประกอบสำหรับหม้อไอน้ำ (Boiler accessories)

ท่อป้อนน้ำ(Feed water internal piping) จะช่วยจ่ายน้ำเข้าสู่ภายในหม้อไอน้ำ และทำให้เกิดการหมุนเวียนน้ำในหม้อไอน้ำ เพื่อไม่ให้เกิดความเค้นทางความร้อน(Thermal stress) ซึ่งมีสาเหตุมาจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิน้ำป้อนกับอุณหภูมิของน้ำในหม้อไอน้ำ

ไอน้ำที่ได้จากหม้อไอน้ำจะต้องแห้งมากที่สุดเท่าที่จะมากได้ ดังนั้นจะต้องมีท่อจ่ายไอที่ด้านบนของหม้อไอน้ำ นอกจากนั้นยังมีท่อถ่ายน้ำทิ้งที่ส่วนล่าง เพื่อระบายสิ่งสกปรกออก มีผลทำให้ได้ไอน้ำที่แห้งและสะอาด

ส่วนประกอบที่จะเป็นที่จะต้องมีคือ ลิ้นนิรภัย วาล์วจ่ายไอน้ำ วาล์วกันกลับน้ำป้อน วาล์วถ่ายน้ำทิ้ง เกจวัดความดันและเกจวัดระดับน้ำ นอกจากนั้น จะต้องมีตัวตรวจจับความดันหม้อไอน้ำ และตัวตรวจจับระดับน้ำในหม้อไอน้ำ ซึ่งมีไว้สำหรับการทำงานแบบอัตโนมัติ

ลิ้นนิรภัย(Safety valve)มีหน้าที่ป้องกันการเพิ่มความดันภายในหม้อไอน้ำซึ่งน่าจะเป็นอันตราย โดยการระบายไอน้ำผ่านวาล์วออกไปอย่างอัตโนมัติ และจะปิดเมื่อความดันกลับคืนสู่สภาวะปกติ ในทางปฏิบัติลิ้นนิรภัยอาจทำงานไม่ได้ เนื่องจากเกิดความบกพร่องในตัวตรวจจับความดัน เช่น ตัวตรวจจับความดันทำงานก่อนที่จะถึงจุดที่จะระบายไอน้ำ ทำให้การเผาไหม้หยุดโดยอัตโนมัติเสียก่อนที่ลิ้นนิรภัยจะทำงาน

ไอน้ำที่ออกมาจากวาล์วจ่ายไอ(Main steam valve) จะเข้าไปสู่ท่อพัก (Steam header) แล้วแยกย้ายไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของโหลด ในกรณีความต้องการไอน้ำมีน้อยไอน้ำอาจผ่านตรงไปสู่โหลดโดยไม่ต้องผ่านท่อพัก

ในกรณีที่มีหม้อไอน้ำตั้งแต่ 2 ลูกขึ้นไป ต่อร่วมกันและท่อจ่ายไอน้ำต่อร่วมกัน ควรจะต้องมีวาล์วลดความดัน(Pressure reducing valve) มิเตอร์วัดการไหลไอน้ำ (Steam flow meter) และวาล์วกันกลับไอน้ำ(Steam check valve)ต่อถัดจากวาล์วจ่ายไอเพื่อป้องกันการย้อนกลับของไอน้ำ

วาล์วกันกลับน้ำป้อน(Feed water check valve) จะติดตั้งไว้ที่ด้านขาเข้าของท่อน้ำป้อนเข้า และเมื่อความดันของปั๊มสูงกว่าความดันของหม้อไอน้ำ น้ำจะจ่ายเข้าสู่หม้อไอน้ำ และในทางกลับกัน เมื่อความดันของหม้อไอน้ำสูงกว่าความดันของปั๊มน้ำ แล้ววาล์วกันกลับก็จะทำงานป้องกันไม่ให้น้ำในหม้อไอน้ำไหลกลับ

น้ำที่จ่ายแก่หม้อไอน้ำอาจจะมีสิ่งสกปรกเปื้อนปน เช่น โคลน และตะกรัน ซึ่งจะมีความหนาแน่นมากขึ้น ตามปริมาณการเป็นไอน้ำของน้ำในหม้อไอน้ำ และจะจับตัวอยู่บนพื้นผิวรับความร้อนนั้น ซึ่งจะทำให้เกิดการส่งผ่านความร้อนที่เลวลง และเกิดความเสียหายอันเนื่องมาจาก Overheating

บางครั้งอาจจะเกิดฟองอากาศ(Foaming) และการประทุ(Priming) ซึ่งมีสาเหตุมาจากน้ำผสมกับไอน้ำและพาเอาสิ่งสกปรกไปกับไอน้ำ จะกำจัดสิ่งปลอมปนดังกล่าวออกไปจากหม้อไอน้ำได้โดยการถ่ายน้ำทิ้ง ซึ่งอุปกรณ์ถ่ายน้ำทิ้งจะประกอบด้วยวาล์วถ่ายน้ำทิ้ง(Blow-off valve) และก๊อกถ่ายน้ำทิ้ง(Blow-off cock) การถ่ายน้ำทิ้งควรจะกระทำอย่างเหมาะสม

เกจวัดความดัน(Pressure gauge)มีไว้เพื่อทราบความดันไอน้ำที่เกิดจากหม้อไอน้ำ

ในการทำงานของหม้อไอน้ำควรจะแน่ใจได้ว่าระดับน้ำอยู่ในช่วงที่เหมาะสม-ตามเกจวัดระดับน้ำ(Water level gauge) และตำแหน่งล่างสุดของเกจจะต้องมองเห็นระดับน้ำต่ำสุดได้ ในการควบคุมระดับน้ำควรให้ระดับน้ำอยู่เหนือท่อไฟขึ้นไป 6 นิ้ว เป็นอย่างน้อย แต่ไม่ควรเกิน 6 นิ้ว 6 หุน เกจวัดระดับน้ำที่เป็นแก้วควรเป็นแบบสะท้อนแสงเสมอ และควรมี 2 ชุด ในกรณีที่ระดับน้ำสูงขึ้นมากเกินไปจะเกิด Carry over และถ้าระดับน้ำต่ำมากเกินไปส่วนผิวรับความร้อนที่โผล่พ้นน้ำขึ้นมาจะได้รับความเสียหาย

ในกรณีที่ระดับน้ำเกินหรือลดลงจากช่วงระดับน้ำปกติ การเผาไหม้ควรหยุดด้วยเหตุนี้ ตัวตรวจจับระดับน้ำในหม้อไอน้ำ(Water level detector) จะใช้วัดระดับน้ำ และส่งสัญญาณไปหยุดปั๊มน้ำหรือหยุดการเผาไหม้โดยอัตโนมัติ

ในการกำเนิดไอน้ำขึ้นมา ควรรักษาความดันให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการทำงาน ดังนั้น การจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงควรจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างเป็นสัดส่วนกับการใช้ไอน้ำ

ในการควบคุมปริมาณการเผาไหม้และรักษาความดันให้อยู่ในช่วงที่กำหนดนั้น จะต้องมีตัวตรวจจับความดันไอน้ำ(Pressure detector) เพื่อทำงานตรวจจับความดันและส่งสัญญาณไปควบคุมให้หยุดการเผาไหม้

นอกจากนั้นก็มีตัวตรวจจับเปลวไฟ (Flame detector) ใช้สำหรับตรวจจับสภาวะการเผาไหม้อีกด้วย

1.4 อุปกรณ์สำหรับการเผาไหม้ (Combustion equipments)

อุปกรณ์ที่ใช้ในขบวนการเผาไหม้ (1) จะขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้และปริมาณความร้อนที่ต้องการจากการเผาไหม้ องค์ประกอบที่ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มี 3 ประการคือ

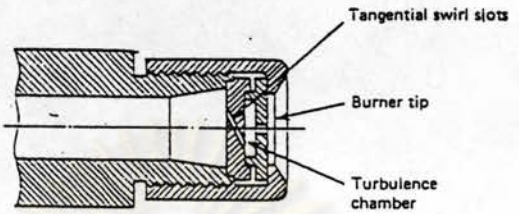
1) อุณหภูมิ(Temperature) ในระหว่างการเผาไหม้ อุณหภูมิในห้องเผาไหม้จะต้องสูงพอที่จะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ต่อเนื่องกัน

2) เวลา(Time) จะต้องมีเวลาเพียงพอที่จะไม่ให้เชื้อเพลิงที่ยังไม่ถูกเผาไหม้ออกไปจากห้องเผาไหม้ได้

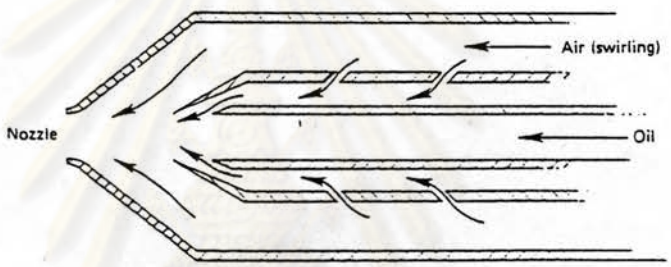
3) การผสมคลุกเคล้า(Turbulence) ระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศจะต้องเป็นไปอย่างทั่วถึง เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเผาไหม้สำหรับหม้อไอน้ำคือหัวฉีด (14) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงแตกเป็นฝอยเล็ก ๆ เพื่อที่จะพ่นเข้าไปผสมกับอากาศในห้องเผาไหม้ หัวฉีดแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

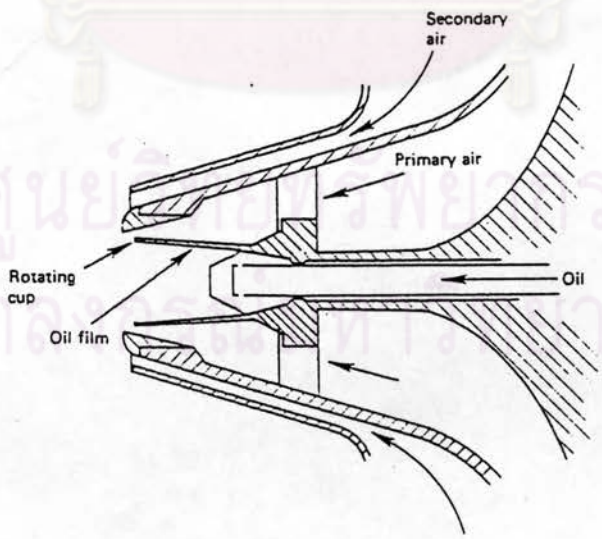
ก. หัวฉีดแบบใช้ความดันน้ำมันสเปรย์ให้เป็นฝอย (Pressure jet burner) ทำงานโดยการปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงภายใต้ความดันสูง(5 - 21กก./ตร.ซม.) และความหนืดประมาณ 50-120 sec RW No.1 ผ่านไปยังช่องทางเล็ก ๆ ซึ่งจะสเปรย์เป็นฝอยออกมา หัวฉีดแบบนี้ใช้งานสะดวก เพราะสามารถปรับความดันและอัตราการไหลของน้ำมันได้ง่าย แต่มีข้อเสียคือรูของหัวฉีดจะมีฝุ่นผงหรือสิ่งสกปรกอื่น ๆ ไปอุดตันง่าย ทำให้ต้องทำความสะอาดบ่อย



Pressure jet burner head



Air atomising burner head



Rotary cup burner

รูปที่ 2.3 หัวฉีดชนิดต่าง ๆ

ข. หัวฉีดแบบใช้ลมหรือไอน้ำสเปรย์ให้เป็นฝอย (Air atomising burner) ทำงานโดยอาศัยน้ำมันไหลผ่านท่อขนาดเล็กซึ่งอยู่ด้านใน แล้วให้อากาศหรือไอน้ำที่มีความดันสูงไหลผ่านท่อด้านนอกเข้าไปตีน้ำมันให้กระจายเป็นฝอยเล็ก ๆ

ค. หัวฉีดแบบใช้แรงหนีศูนย์กลางสเปรย์ให้เป็นฝอย (Rotary cup burner) ทำงานโดยอาศัยน้ำมันที่ถูกป้อนด้านในของกรวยที่กำลังหมุนด้วยแรงหนีศูนย์กลาง จะทำให้น้ำมันถูกเหวี่ยงไปอยู่ด้านริมกรวยและหลุดออกจากปลายกรวย ในขณะที่อากาศถูกเป่าเข้ามาตีน้ำมันให้กระจายเป็นฝอยเล็ก ๆ หัวฉีดแบบนี้เหมาะที่จะใช้กับน้ำมันที่มีความหนืดสูงได้

สำหรับในที่นี้ จะศึกษาหม้อไอน้ำที่ใช้หัวฉีดแบบใช้ความดันน้ำมันสเปรย์ให้เป็นฝอย ซึ่งมีข้อดีคือ มีการหยดของน้ำมันน้อยมากและเปลวไฟมีขนาดเล็ก

ในส่วนของการป้อนอากาศสำหรับการเผาไหม้ จะใช้วิธีเป่าลมเข้าโดยใช้พัดลมเป่า(Forced draft fan)

ในส่วนของการป้อนน้ำมันสำหรับการเผาไหม้ จะจ่ายมาจากปั๊มส่งน้ำมัน (Fuel oil tranfer pump) ซึ่งดูดมาจากถังบริการน้ำมัน(Oil service tank) โดยผ่านไส้กรองน้ำมัน(Oil strainer) หลังจากนั้นจะผ่านไปยังเครื่องอุ่นน้ำมัน (Oil heater) ซึ่งจะมีความดันตามที่กำหนดไว้จากปั๊มน้ำมัน

น้ำมันซึ่งถูกทำให้ร้อนในเครื่องอุ่นน้ำมัน จนได้ความหนืดที่เหมาะสมสำหรับการเผาไหม้ และป้อนเข้าสู่หัวฉีดโดยผ่านวาล์วโซลินอยด์ (Fuel oil solenoid valve) แล้วจะถูกสเปรย์ให้เป็นฝอย เพื่อจะได้การเผาไหม้ที่สมบูรณ์

การจุดไฟจะเป็นลักษณะจุดด้วยประกายไฟ(Electric spark) และจุดนำด้วยหัวฉีดนำ (Pilot burner) โดยใช้ก๊าซ แล้วจุดต่อไปยังหัวฉีดน้ำมัน (Oil burner) ต่อไป

1.5 อุปกรณ์ป้อนน้ำเข้าหม้อไอน้ำ (Feed water equipments)

ในการป้อนน้ำเข้าหม้อไอน้ำ จะมีอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องดังนี้

อุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพน้ำ(Water softener) สำหรับปรับปรุงคุณภาพน้ำให้เหมาะสมให้กับหม้อไอน้ำ

ถังพักน้ำ(Feed water tank) ใช้สำหรับเก็บสำรองน้ำที่จะจ่ายให้กับหม้อไอน้ำ ถังพักน้ำควรมีอุปกรณ์บอกระดับน้ำและวาล์วถ่ายน้ำ ความจุของถังพักควรมีมากพอที่

หม้อไอน้ำจะใช้ในวันหนึ่ง ๆ

มาตรวัดปริมาณน้ำ(Feed water flow meter) ใช้วัดปริมาณน้ำที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำ เพื่อที่จะได้ทราบปริมาณน้ำที่ใช้สำหรับหม้อไอน้ำในระยะเวลาหนึ่ง ๆ

เครื่องปั๊มน้ำ(Feed water pump) ทำหน้าที่ส่งน้ำจากถังพักเข้าหม้อไอน้ำ ปั๊มน้ำจะต้องมีความสามารถป้อนน้ำเข้าหม้อไอน้ำได้มากกว่าอัตราการผลิตไอ นอกจากนั้นจะต้องสามารถอัดน้ำให้มีความดันสูงกว่าความดันใช้งานหม้อไอน้ำอย่างน้อย 1.5 เท่า

เครื่องปั๊มน้ำมีหลายแบบดังนี้

ก. ปั๊มน้ำแบบหอยโข่ง(Centrifugal pump) มีทั้งแบบแนวนอนและแนวตั้ง มีการอัดน้ำเพียงครั้งเดียวหรือหลายครั้ง ให้อัตราการไหลสูง

ข. ปั๊มน้ำแบบโรตารี่(Rotary pump) ประกอบด้วยเกียร์สองชุดหรือมากกว่า ให้อัตราการไหลปานกลางแต่ความดันสูง

ค. ปั๊มชัก(Reciprocating pump) ใช้ลูกสูบปั๊มของไหลโดยตรง ให้อัตราการไหลต่ำแต่ความดันสูง

ง. ปั๊มอินเจคเตอร์(Injector pump) เป็นปั๊มสำรองสำหรับปั๊มน้ำหลักของหม้อไอน้ำ อัตราการไหลขึ้นอยู่กับความดันไอน้ำที่ส่งเข้ามาขับปั๊ม

1.6 อุปกรณ์ควบคุม (Control equipments)

จุดมุ่งหมายของอุปกรณ์ควบคุมคือ รักษาระดับแรงดันและอุณหภูมิของไอน้ำในช่วงที่กำหนดไว้ และเพื่อที่จะให้ได้ไอน้ำที่แห้งอย่างต่อเนื่อง นอกจากนั้นจะเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องให้ต่ำสุด ซึ่งหมายถึงการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงให้น้อยที่สุด และได้ไอน้ำมากที่สุด

หม้อไอน้ำในที่นี้จะมีการควบคุมดังต่อไปนี้

1. การควบคุมการเผาไหม้อัตโนมัติ (Automatic Combustion Control)
2. การควบคุมการป้อนน้ำอัตโนมัติ (Automatic Feedwater Control)
3. การควบคุมการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงอัตโนมัติ (Automatic Fuel Oil Supply Control)
4. การควบคุมเพื่อความปลอดภัย (Safety Control)

1.7 สรุปการทำงานของระบบหม้อไอน้ำ

พิจารณาจากรูปที่ 2.4 แสดงวงจรรวมทั้งหมดของระบบหม้อไอน้ำที่ศึกษาวิจัย ซึ่งมีการทำงานดังนี้

ก. ระบบส่งน้ำเข้าหม้อไอน้ำ น้ำจากแหล่งน้ำจะถูกเก็บไว้ในถังเก็บน้ำดิบ (Raw water tank) จากนั้นจะถูกปั๊มเข้าถังพักน้ำ(Feed water tank) โดยผ่านอุปกรณ์ปรับปรุงสภาพน้ำภายนอกหม้อไอน้ำ(Water softener) ซึ่งจะทำหน้าที่กำจัดสิ่งแขวนลอยและวัตถุอินทรีย์ กำจัดสารละลายในน้ำ และกำจัดก๊าซละลายน้ำ

ปั๊มน้ำ(Feed water pump) จะส่งน้ำจากถังพักน้ำเข้าหม้อไอน้ำ โดยผ่านมาตรวัดปริมาณน้ำ(Feed water flow meter) เกจวัดความดันน้ำ ไส้กรองน้ำ และวาล์วกันกลับ ก่อนเข้าหม้อไอน้ำ

อุปกรณ์ป้อนสารเคมี (Chemical feeder) เป็นอุปกรณ์สำหรับปรับปรุงสภาพน้ำภายในหม้อไอน้ำ โดยจะเติมสารเคมีที่ทำหน้าที่ป้องกันการเกิดตะกรัน ป้องกันการกัดกร่อน และป้องกันแคร์รี่โอเวอร์ของน้ำในหม้อไอน้ำ

ในกรณีที่ปั๊มน้ำหลักเสียในขณะที่หม้อไอน้ำทำงาน จะมีปั๊มอินเจคเตอร์ช่วยโดยอาศัยแรงดันไอน้ำมาดึงน้ำเข้าหม้อไอน้ำ

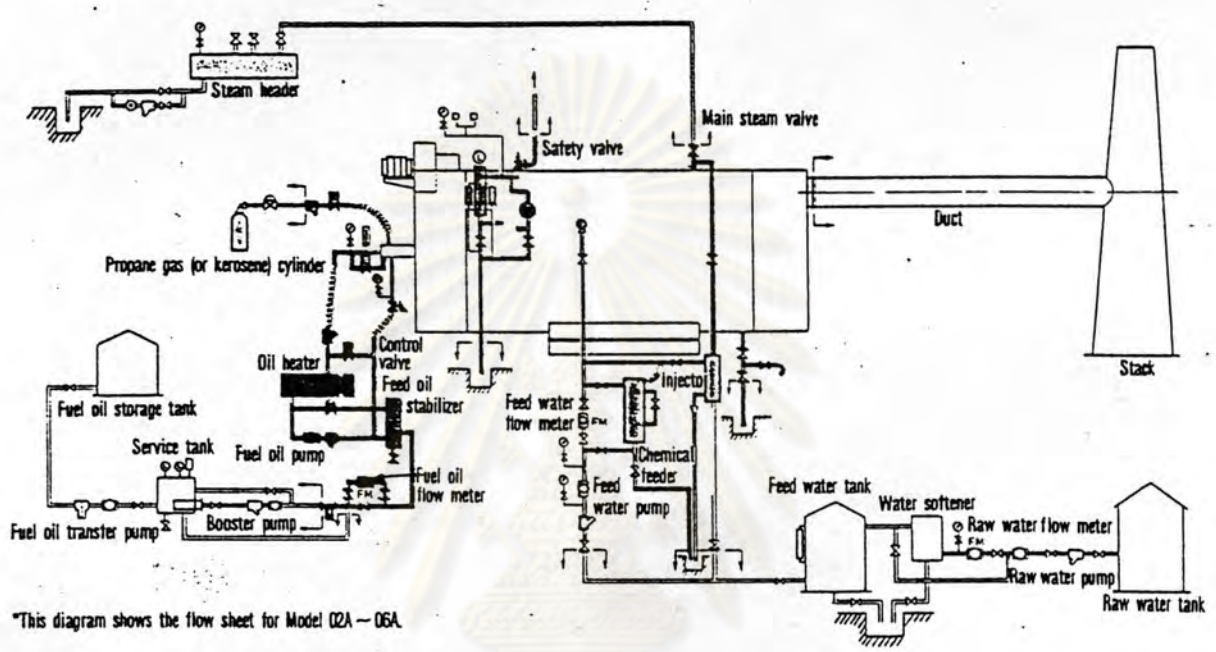
ข. ระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันที่เก็บไว้ในถังเก็บน้ำมัน(Fuel oil storage tank) จะถูกปั๊มเข้าถังบริการน้ำมัน(Service tank) โดยปั๊มส่งน้ำมัน (Fuel oil tranfer pump) จากนั้น จะถูกปั๊มโดยปั๊มน้ำมัน(Fuel oil pump) ผ่านเครื่องอุ่นน้ำมัน(Oil heater) มาตรวัดปริมาณน้ำมัน(Oil flow meter) ไส้กรองน้ำมันแล้วเข้าสู่ชุดหัวฉีด

น้ำมันที่เป็นส่วนเกินจากกระบอกฉีดจะไหลผ่านท่อไหลกลับ(Return line) และเข้าปั๊มเพื่อจ่ายน้ำมันต่อไป

ในส่วนของการจุดน่าด้วยก๊าซ จะมีถังก๊าซโพรเพน(Propane gas cylinder) จะส่งก๊าซผ่าน เกจวัดความดันก๊าซ วาล์วปิด-เปิด(Shut-off valve) อุปกรณ์รักษาความดัน(Pressure reducing regulator) แล้วเข้าหัวฉีดน่า

ค. ระบบจ่ายไอน้ำ ไอน้ำที่ได้ซึ่งเป็นไอน้ำอิ่มตัวจะผ่านวาล์วจ่ายไอ (Main steam valve) เข้าสู่ท่อพักไอน้ำ(Steam header) เพื่อเตรียมเข้าสู่โหลดต่อไป

ในส่วนของไอน้ำที่ส่งไปตามท่อ อาจจะเกิดการสูญเสียความร้อนและเกิดการการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำไปเกาะตามผิวท่อ ทำให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของไอน้ำเสียไป ดังนั้นจึงมีการแยกน้ำออกจากไอน้ำโดยใช้อุปกรณ์ดักไอน้ำ(Steam trap) ติดตั้งไว้ในระบบจ่ายไอน้ำด้วย



รูปที่ 2.4 วงจรรวมทั้งหมดของระบบหม้อไอน้ำ

2. ระบบควบคุมอัตโนมัติ

2.1 ระบบควบคุมการเผาไหม้อัตโนมัติ

หม้อไอน้ำในปัจจุบันมีระบบควบคุมการเผาไหม้ใน 3 ลักษณะ คือ

ก. ควบคุมแบบเปิด-ปิด (ON-OFF control) ลักษณะนี้การเผาไหม้จะแบ่งเป็น 2 ระดับคือ เผาไหม้ และหยุดการเผาไหม้

ข. ควบคุมแบบเป็นสัดส่วน(Proportional control) ลักษณะนี้จะแบ่งระดับการเผาไหม้ออกเป็นหลายระดับ เช่น ระดับการเผาไหม้สูง ระดับการเผาไหม้ต่ำ และหยุดการเผาไหม้ เป็นต้น

ค. ควบคุมแบบเร่งหรี่(Modulating control) ลักษณะนี้ปริมาณการเผาไหม้จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงจะแปรตามความต้องการของโหลดอย่างต่อเนื่องแบบเชิงเส้น

017596

สำหรับในการศึกษาวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะระบบควบคุมการเผาไหม้แบบเป็นสัดส่วน(Proportional control)เท่านั้น

2.1.1 อธิบายการทำงาน

เพื่อให้การควบคุมหม้อไอน้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ การเผาไหม้ควรจะปรับให้ขึ้นอยู่กับความต้องการของไอน้ำ คือเมื่อปริมาณการใช้ไอน้ำมากขึ้น ปริมาณการเผาไหม้ก็ควรเพิ่มขึ้น ในทางกลับกัน เมื่อปริมาณการใช้ไอน้ำลดลง ปริมาณการเผาไหม้ก็ควรลดลงด้วย นอกจากนั้นถ้าปริมาณการใช้ไอน้ำลดลงจนหมดแล้ว การเผาไหม้จะหยุด

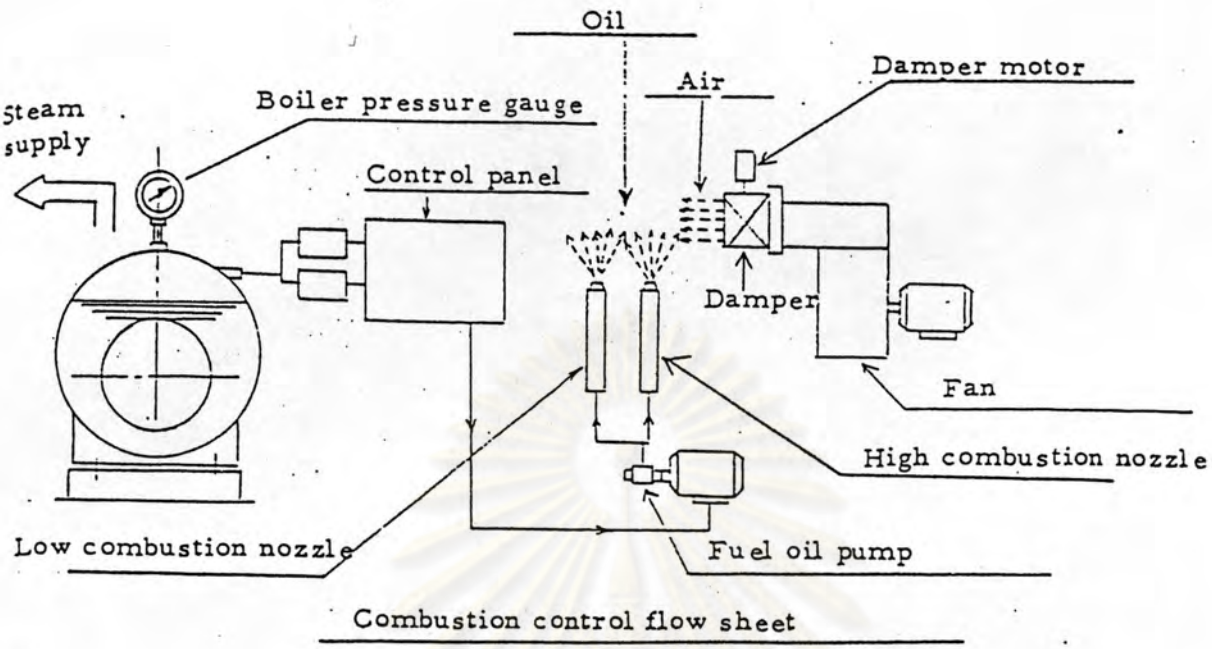
การเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณการใช้ไอน้ำ จะแปรผันตามความดันไอน้ำหม้อไอน้ำ ดังนั้น ปริมาณการเผาไหม้จะแปรตามความดันไอน้ำที่ตรวจจับได้โดยตัวควบคุมความดันหม้อไอน้ำ

ถ้าปริมาณการเผาไหม้เปลี่ยนแปลงโดยการลดลง หรือการเพิ่มขึ้นจากการป้อนน้ำมัน จะก่อให้เกิดอากาศเกินหรืออากาศขาด ถ้าอากาศเกินหม้อไอน้ำจะเย็นตัวลง ถ้าอากาศขาดจะเกิดเขม่า ซึ่งทั้ง 2 อย่างทำให้ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำลดลง

ดังนั้นปริมาณการป้อนอากาศจะต้องเป็นสัดส่วนกับการป้อนน้ำมัน และความสัมพันธ์อันนี้จะต้องคงตัว ณ เวลาใด ๆ หรืออีกนัยหนึ่ง อัตราส่วนดังกล่าวจะต้องเหมือนกันทั้งที่ภาวะโหลดต่ำและโหลดสูง

น้ำมันจะฉีดจากกระบอกฉีดของการเผาไหม้ต่ำ และการเผาไหม้สูง เมื่อไอน้ำทำงานภายใต้ระดับการเผาไหม้ต่ำ น้ำมันจะฉีดจากกระบอกฉีดอันเดียว (กระบอกฉีดเผาไหม้ต่ำ) และปริมาณของน้ำมันที่ใช้ประมาณ 1/3 ของการเผาไหม้สูงสุด

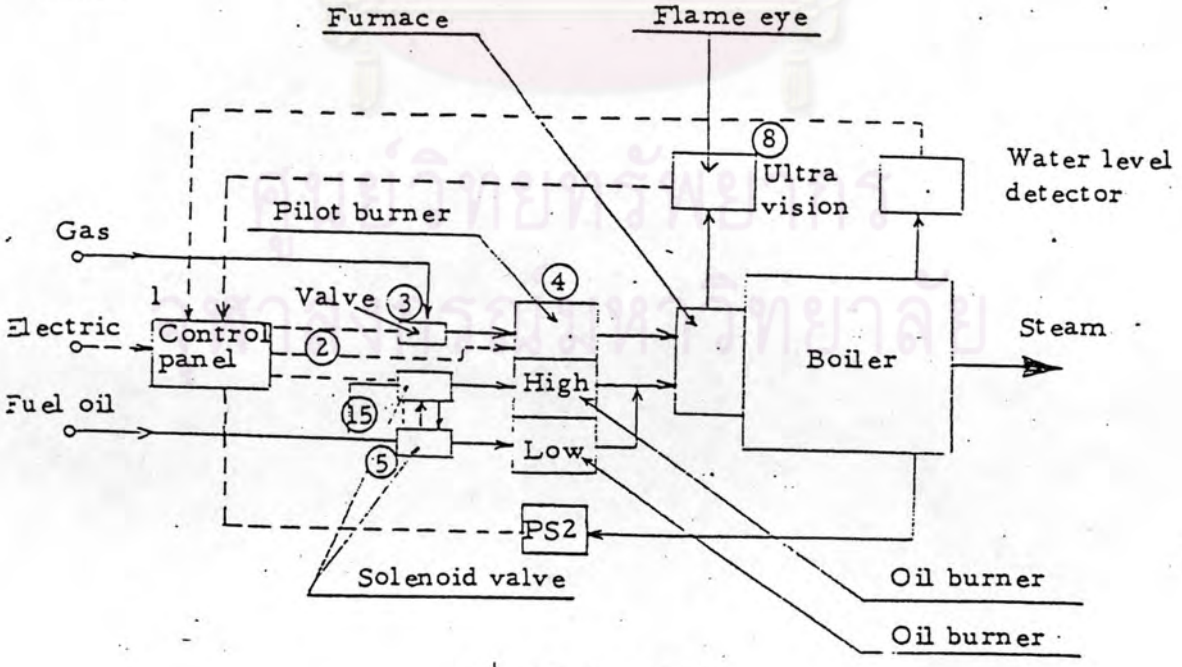
เมื่อการทำงานภายใต้ระดับการเผาไหม้สูง น้ำมันเชื้อเพลิงจะฉีดจากกระบอกฉีด 2 อัน คือ การเผาไหม้ต่ำ และเผาไหม้สูง ดังนั้นจะเห็นว่า กำลังการผลิต (หรือโหลดของการเผาไหม้) สามารถควบคุมที่อัตราส่วน 2/3, 1/3, 0 คือที่การทำงานทั้งสองกระบอกฉีด การทำงานหนึ่งกระบอกฉีดและหยุด ซึ่งเป็นสัดส่วนกับจำนวนกระบอกฉีดและปริมาณน้ำมันที่ฉีดจากแต่ละกระบอกฉีด



รูปที่ 2.5 ระบบควบคุมการเผาไหม้

2.1.2 การจุดไฟ

สำหรับการจุดไฟหม้อไอน้ำในที่นี้จะยกตัวอย่างหม้อไอน้ำที่มีระบบควบคุมการเผาไหม้แบบเป็นสัดส่วน(Proportional control) ซึ่งมีการทำงานตามหัวข้อ 2.1.1



รูปที่ 2.6 การจุดไฟ

การจุดไฟหม้อไอน้ำเริ่มต้นด้วยหัวฉีดน่าโดยการจุดประกายไฟ แล้วจากนั้นหัวฉีดน้ำมันจะจุดไฟต่อจากเปลวไฟของหัวฉีดน่า

1. กดปุ่มทำงาน มอเตอร์ตั้งเวลา (Timer motor) จะสตาร์ท พัดลมเป่าจะหมุน และปั๊มน้ำมันจะสตาร์ทในเวลาเดียวกัน

แดมเปอร์ (damper) ซึ่งควบคุมอากาศสำหรับเผาไหม้ จะทำงานในช่วงระยะเวลาหนึ่ง นับจากเริ่มสตาร์ท ซึ่งจะอยู่ในภาวะปิด (ระดับการเผาไหม้ต่ำ) และหลังจากนั้น จะทำการเปิดอากาศทำความสะอาดเตา ซึ่งจะอยู่ในภาวะเปิด (ระดับการเผาไหม้สูง) หลังจากเสร็จกระบวนการดังกล่าวแล้ว แดมเปอร์จะอยู่ในภาวะปิด และพร้อมที่จะจุดไฟและเผาไหม้ต่อไป

2. ในช่วงเวลาต่อมา จะจ่ายไฟฟ้าไปที่ spark rod (2) ที่ติดกับหัวฉีดน่าแล้วเกิดประกายไฟขึ้น ในขณะเดียวกัน จะจ่ายไฟฟ้าไปยังวาล์วโซลินอยด์ก๊าซ (3) และวาล์วนี้จะเปิดเพื่อจ่ายก๊าซให้กับหัวฉีดน่า (4) สำหรับการจุดไฟด้วยประกายไฟ

3. ตาไฟ (8) จะจับเปลวไฟก๊าซของหัวฉีดน่าได้แล้วส่งสัญญาณไปยังรีเลย์เปลวไฟ (Flame relay) บอกว่าหัวฉีดน่า (4) อยู่ในสภาวะเผาไหม้

4. ในช่วงเวลาต่อมา ประกายไฟที่หัวฉีดน่า (4) จะหยุดลงแต่หัวฉีดน่ายังคงดำเนินการเผาไหม้ต่อไป

5. ต่อมาขณะหนึ่ง จะจ่ายไฟฟ้าไปยังวาล์วโซลินอยด์ (5) (สำหรับกระบอกฉีดเผาไหม้ต่ำ) จากนั้นวาล์วโซลินอยด์จะเปิด แล้วน้ำมันเชื้อเพลิงก็จะฉีดออกมาจากหัวฉีดน้ำมัน

น้ำมันที่ฉีดออกจากหัวฉีดน้ำมัน จะสัมผัสกับเปลวไฟก๊าซของหัวฉีดน่าที่ติดไฟอยู่ก่อนแล้ว และหัวฉีดน้ำมันก็จะเริ่มต้นเผาไหม้ในระดับการเผาไหม้ต่ำต่อไป

6. หลังจากนั้นขณะหนึ่ง จากไฟฟ้าที่จ่ายไปยังวาล์วโซลินอยด์ (5) จะมีไฟฟ้าจ่ายไปยังวาล์วโซลินอยด์ (15) (ระดับการเผาไหม้สูง) ซึ่งจะฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงออกมา และน้ำมันเชื้อเพลิงที่ฉีดออกมานี้ จะสัมผัสกับเปลวไฟของการเผาไหม้ต่ำ ที่เผาไหม้อยู่ก่อนแล้วทำให้หัวฉีดน้ำมันเริ่มต้นเผาไหม้สูงต่อไป

7. หัวฉีดน่าจะยังคงทำการเผาไหม้ต่อไปในช่วงระยะเวลาหนึ่งพร้อมกับหัวฉีดน้ำมัน เพื่อให้แน่ใจว่าหัวฉีดน้ำมันมีการเผาไหม้แล้ว

8. เมื่อมีการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง ตาไฟจะจับเปลวไฟของการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงกับเปลวไฟของหัวฉีดน่า และส่งสัญญาณยืนยันว่าหัวฉีดทั้ง 2 นั้นทำ

งานอยู่

9. แม้ว่าหัวฉีดน่าจะหยุดเผาไหม้ ตาไฟ (8) ก็ยังคงทำงานต่อไป ในการตรวจจับเปลวไฟของการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง และส่งสัญญาณบอกว่าการเผาไหม้ยังดำเนินต่อไป ทำให้มีการจ่ายไฟฟ้าไปยังวาล์วโซลินอยด์ (5) หรือวาล์วโซลินอยด์ (5) กับวาล์วโซลินอยด์ (15) เพื่อให้วาล์วเปิดและจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงต่อไป

10. ถ้ามีปัญหาเกิดขึ้นในระหว่างจุดไฟ ระหว่างการเผาไหม้และการตรวจจับเปลวไฟ หลอดไฟสัญญาณแจ้งการไม่มีไฟและสัญญาณเตือนบัชเชอร์จะทำงาน และพัดลมเป่ากับปั๊มน้ำมันจะหยุดอย่างอัตโนมัติ เพื่อป้องกันมิให้เกิดอันตราย

11. ในกรณีที่มีปัญหาเกี่ยวกับท่อน้ำ และระดับน้ำในหม้อไอน้ำตกลงมาในระดับที่ไม่ปกติ หรือต่ำกว่าระดับปลอดภัย (ระดับน้ำปกติ) ตัวตรวจจับระดับน้ำจะส่งสัญญาณไปทำให้ตัวแสดงระดับน้ำผิดปกติ ทำงานและไปหยุดการเผาไหม้โดยอัตโนมัติ

อย่างไรก็ตาม เมื่อระดับน้ำถึงระดับสูงเกินไป หลอดไฟแสดงระดับน้ำผิดปกติจะสว่าง และสัญญาณเตือนบัสเชอร์จะดัง แต่การเผาไหม้ไม่หยุด

2.2 ระบบป้อนน้ำอัตโนมัติ

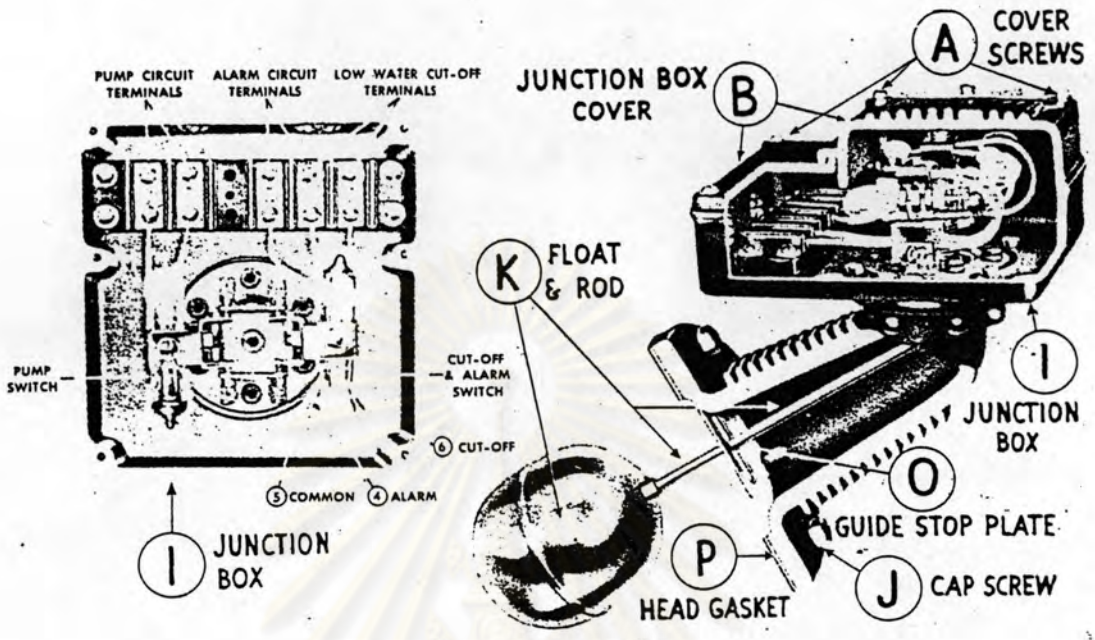
ในระบบป้อนน้ำอัตโนมัติจะมีอุปกรณ์ควบคุมระดับน้ำ ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการป้อนน้ำเข้าหม้อไอน้ำ เพื่อรักษาระดับน้ำในหม้อไอน้ำให้อยู่ในช่วงที่กำหนด

อุปกรณ์ควบคุมระดับน้ำ โดยทั่วไปจะทำงานโดยอาศัยความแตกต่างของระดับน้ำ ส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ กล่าวคือ เมื่อระดับน้ำสูง จะส่งสัญญาณไปให้ปั๊มน้ำหยุดทำงาน แต่ถ้าระดับน้ำต่ำ จะส่งสัญญาณไปให้ปั๊มน้ำทำงาน

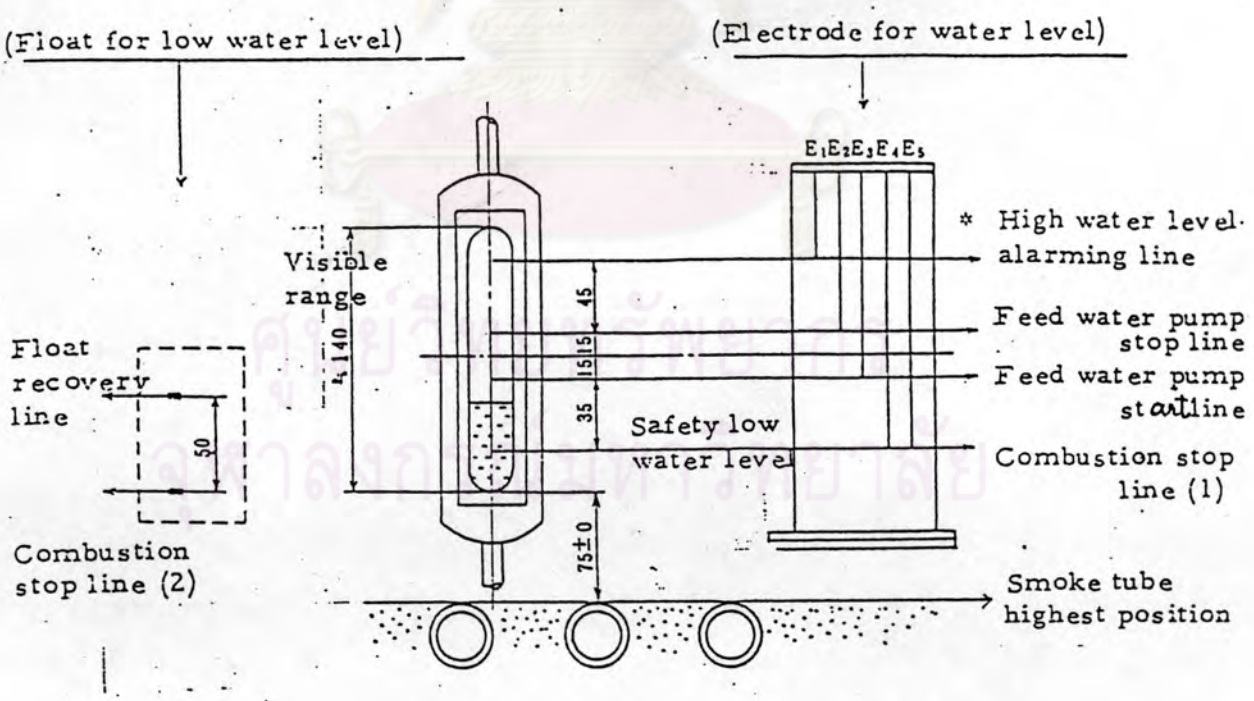
อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมระดับน้ำมีหลายแบบดังนี้ (2)

ก. แบบลูกลอย(Float type) อุปกรณ์ควบคุมระดับน้ำแบบนี้อาศัยลูกลอยในการส่งสัญญาณไปควบคุมปั๊มน้ำ โดยมีแกนลูกลอยและหลอดแก้วซึ่งภายในบรรจุปรอท ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรไฟฟ้าที่ไปควบคุมปั๊มน้ำ

ข. แบบอิเลคโตรด(Electrode type) อุปกรณ์ควบคุมระดับน้ำแบบนี้อาศัยการสื่อนำไฟฟ้าของแท่งอิเลคโตรด ซึ่งมีความนำไฟฟ้าจะแปรตามระดับน้ำในหม้อไอน้ำ แล้วส่งสัญญาณไปควบคุมปั๊มน้ำ ความนำไฟฟ้าของอิเลคโตรดนี้จะมีผลต่อความสะอาดของน้ำ ดังนั้น จะต้องรักษาน้ำให้มีความสะอาดตลอดเวลา มิฉะนั้นการควบคุมปั๊มน้ำจะบกพร่องไปด้วย



รูปที่ 2.7 อุปกรณ์ควบคุมระดับน้ำแบบลูกลอย



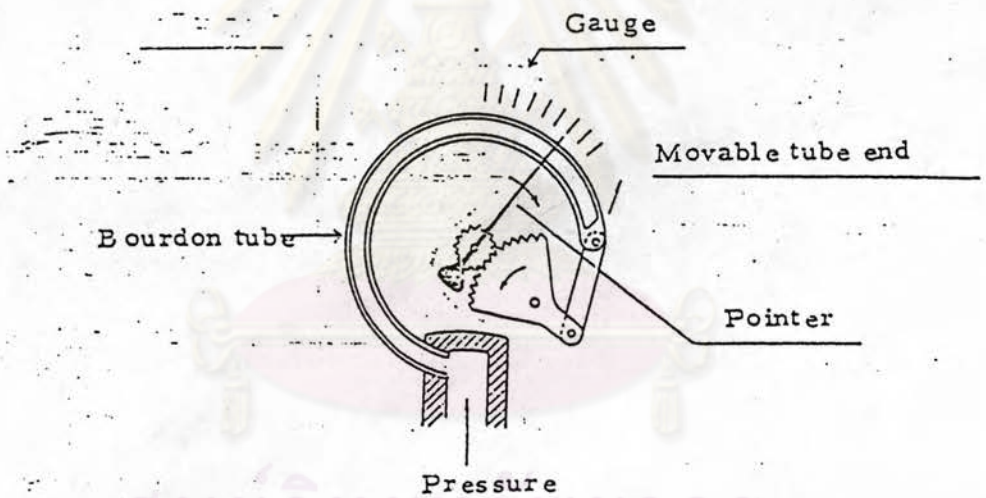
รูปที่ 2.8 อุปกรณ์ควบคุมระดับน้ำแบบอิเลคโตรด และ
สัญญาณเตือนที่ระดับน้ำต่าง ๆ

3. อุปกรณ์สำหรับหม้อไอน้ำ

3.1 เกจวัดความดัน (Pressure gauge)

เป็นลักษณะเกจแบบบูดอนทิว ซึ่งด้านหนึ่งยึดติดแน่น อีกด้านหนึ่งเคลื่อนที่ได้ด้วยปลายท่อ เมื่อมีความดันเข้ามา ท่อบูดอนจะยืดตัว และเมื่อความดันลดลงท่อจะหดตัว จึงใช้เป็นเครื่องชี้ค่าความดันได้

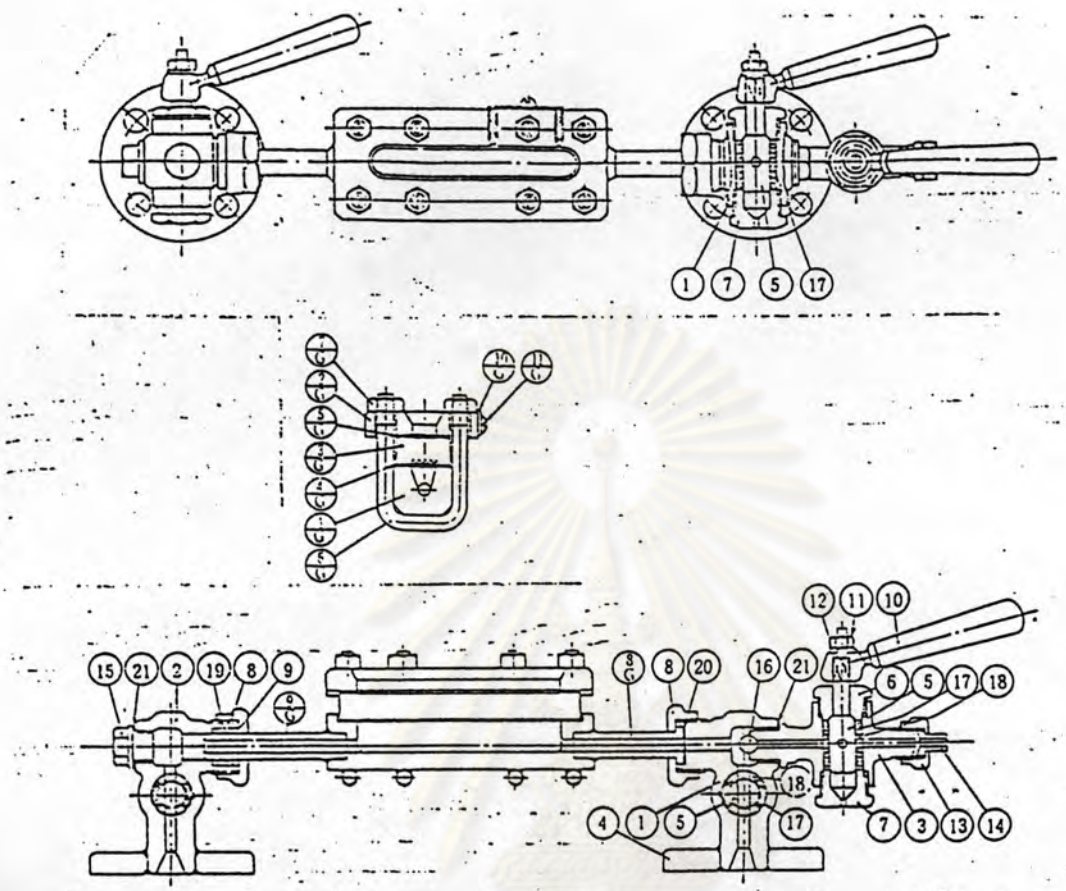
เกจวัดความดันสำหรับวัดความดันน้ำ ความดันน้ำมัน ความดันไอน้ำ ก็ใช้หลักการเดียวกันนี้



รูปที่ 2.9 เกจวัดความดันแบบบูดอนทิว

3.2 เกจวัดระดับน้ำ (Water level gauge)

ใช้ชนิดสะท้อนแสงประกอบด้วยแก้วอยู่ในแผ่นเหล็ก และบากเป็นรูปสามเหลี่ยม ที่ด้านหลังแก้วระดับน้ำจะสูงกว่าท่อไฟ 6 นิ้วเป็นอย่างน้อย แต่ไม่ควรเกิน 6 นิ้ว 6 หุน และเพื่อป้องกันไม่ให้ระดับน้ำลดลงเมื่อแก้วเกิดการแตกขึ้นมา ที่ก๊อกด้านล่างควรเป็นแบบบอลวาล์ว และทำหน้าที่เป็นวาล์วกันกลับด้วย



No.	Description	No.	Description
1	Lower gauge cock body	18	Eyelet
2	Upper gauge cock body	19	OBK grand packing I. D. 16ø
3	Drain cock body	20	Copper packing
4	Flange	21	Copper packing
5	Cock		
6	Cover nut		
7	Tightening nut	G-1	Center piece
8	Cap nut	G-2	Cover
9	Packing retainer	G-3	OBK reflection type gauge glass
10	Handle	G-4	Sheet packing
11	Nut	G-5	Sheet packing
12	Washer	G-6	U bolt
13	Drain pipe cap nut	G-7	Nut
14	Drain pipe	G-8	Lower lead pipe
15	Screw plug	G-9	Upper lead pipe
16	Ball valve	G-10	Indication plate
17	OBK sleeve packing AB/18	G-11	Round small screw

รูปที่ 2.10 เกจวัดระดับน้ำ

3.3 ลิ้นนิรภัย (Safety valve)

ลิ้นนิรภัยเป็นวาล์วแบบลูกสูบ มีกำลังการระบายไอน้ำสูง สามารถปรับความดันระบายไอน้ำได้(Blowing pressure) โดยปรับที่ Adjusting ring หรือ Adjusting bolt และสามารถปรับความดันหยุดระบายไอน้ำ(Blow-stop pressure) โดยปรับที่ Back pressure orifice valve เพื่อให้แน่ใจว่าวาล์วได้ปิดหลังจากระบายไอน้ำออกไปแล้ว

หลักเกณฑ์สำหรับลิ้นนิรภัยที่ใช้สำหรับหม้อไอน้ำ

1. หม้อไอน้ำที่มีพื้นที่ผิวรับความร้อนมากกว่า 50 ตารางเมตร จะต้องมีลิ้นนิรภัยอย่างน้อย 2 ชุด

2. ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางบ่าลิ้นต้องไม่เล็กกว่า 15 มม. (5 หุน)

3. ลิ้นนิรภัยต้องมีความสามารถระบายไอน้ำได้มากกว่าอัตราการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำ

4. ติดตั้งลิ้นนิรภัยให้ใกล้หม้อไอน้ำมากที่สุด และห้ามติดตั้งวาล์วใด ๆ คั่น

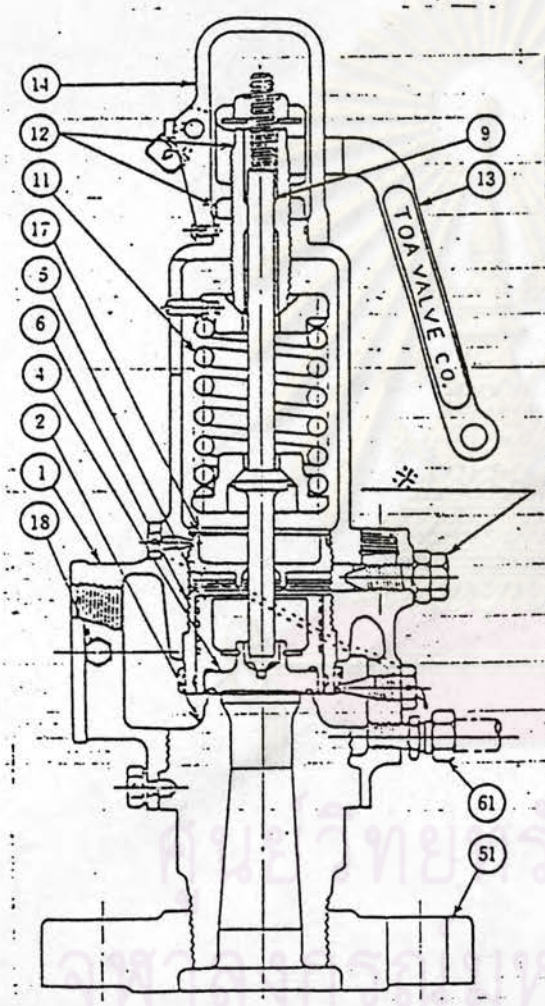
5. ตั้งลิ้นนิรภัยให้ระบายไอที่ความดันไม่เกิน 10 % ของความดันใช้งานปกติ แต่ต้องไม่สูงเกินความดันใช้งานสูงสุดของหม้อไอน้ำที่ได้ออกแบบไว้

6. ท่อทางออกที่ใช่ระบายไอน้ำจากลิ้นนิรภัยต้องไม่เล็กกว่าท่อทางเข้าและไม่ควรมีข้องอเกิน 2 แห่ง

7. ลิ้นนิรภัยแบบสปริง ต้องมีคานงัดสำหรับทดสอบสภาพการใช้งานได้

8. ลิ้นนิรภัยต้องทดสอบการใช้งานอยู่เสมอ อย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



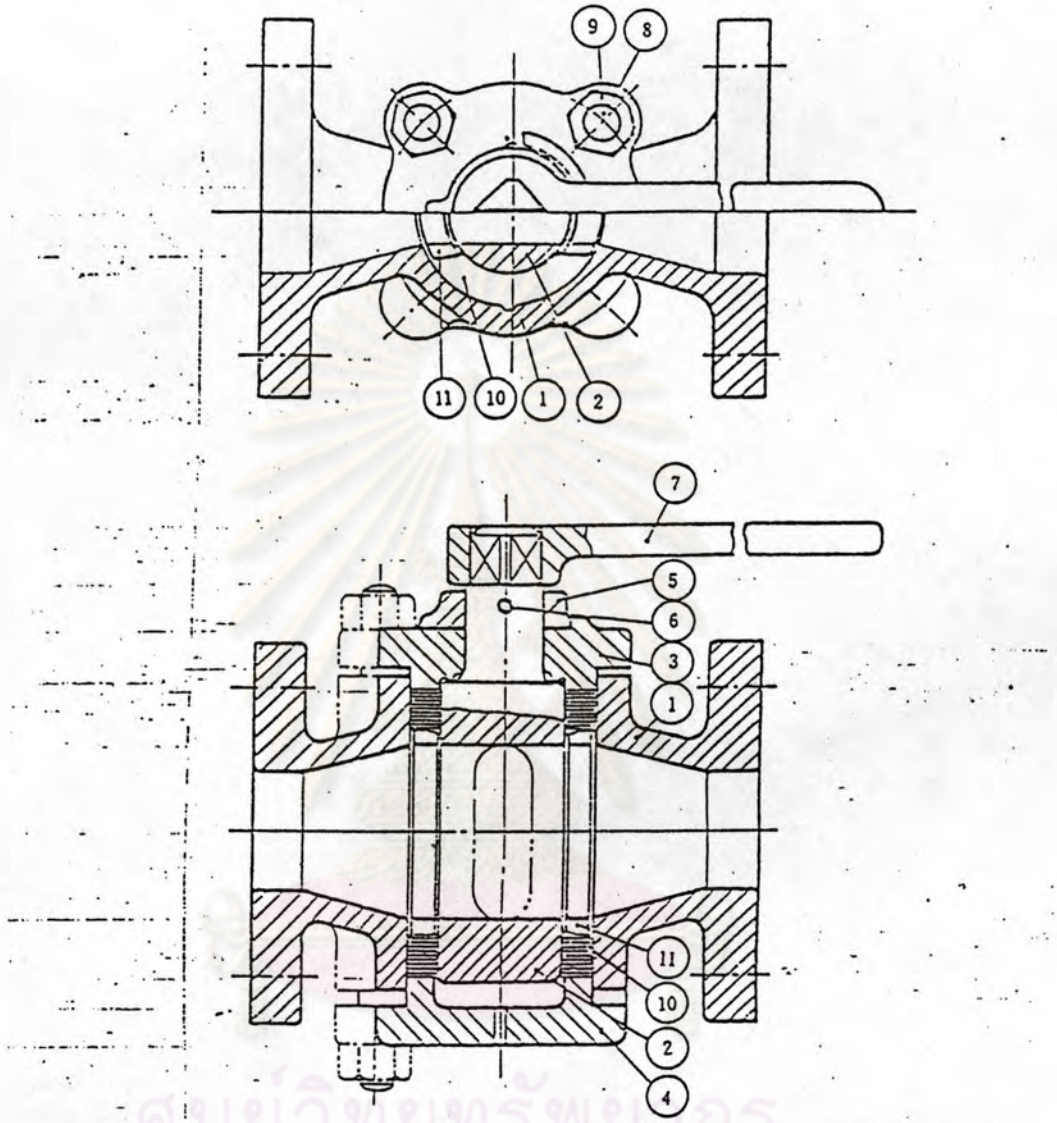
No.	Description
1	Valve box
2	Valve seat
4	Valve body
5	Valve cylinder
6	Adjusting ring
9	Valve stem
11	Spring
12	Adjusting bolt & nut
13	Top lever
14	Cap
17	Lift stopper
18	Set bolt
51	Flange
61	Nipple

※ Back pressure orifice valve

Full bore safety valve

รูปที่ 2.11 ลิ้นนิรภัย

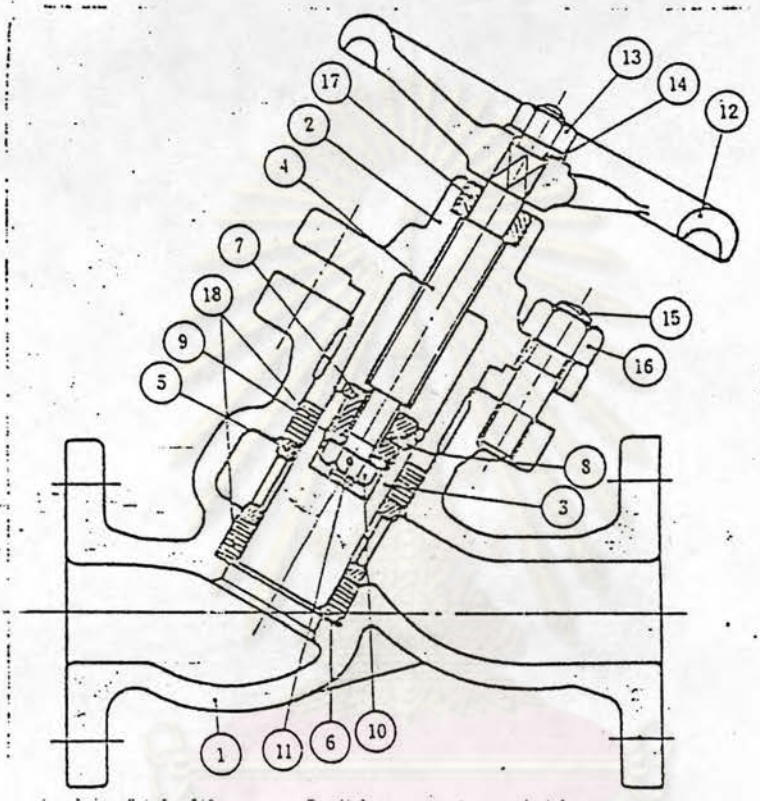
3.4 ก๊อกถ่ายน้ำทิ้ง (Blow off cock)



No.	Description	No.	Description
1	Cock body	7	Handle
2	Cock plug	8	Stud bolt
3	Upper cover	9	Nut for stud bolt
4	Lower cover	10	Sleeve packing AB/40
5	Locking cover	11	Eyelet (for sleeve packing)
6	Taper pin		

รูปที่ 2.12 ก๊อกถ่ายน้ำทิ้ง

3.5 วาล์วถ่ายน้ำทิ้ง (Blow off valve)



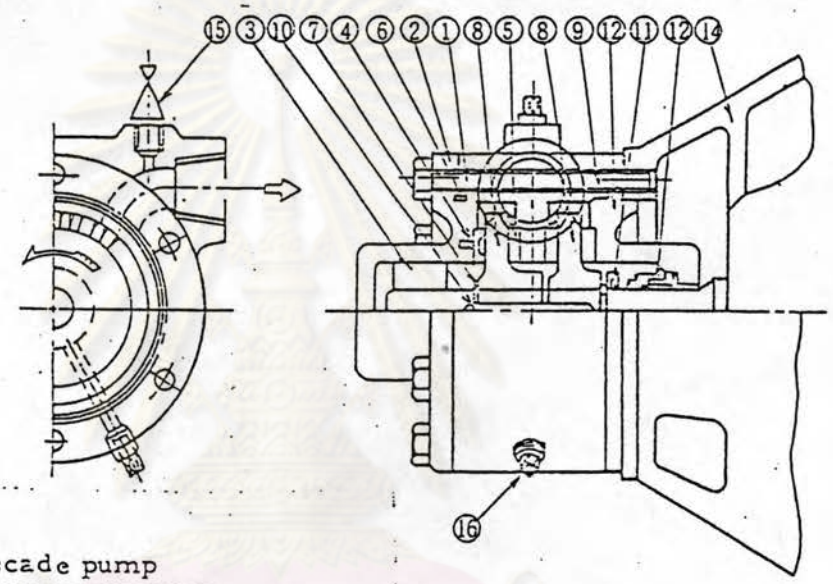
Blow-off valve

No.	Description	No.	Description	No.	Description
1	Valve body	7	Piston hanger nut	13	Nut
2	Valve cover	8	Lock screw	14	Washer
3	Piston	9	Washer	15	Stud bolt
4	Spindle	10	Nut	16	Stud bolt nut
5	Lantern bushing	11	Cotter pin	17	"Open"-"Close" indicator
6	Packing washer	12	Handle	18	Valve ring

รูปที่ 2.13 วาล์วถ่ายน้ำทิ้ง

3.6 ปั๊มคาสเคด (Cascade pump)

ใช้สำหรับป้อนน้ำเข้าหม้อไอน้ำ โดยต่อโดยตรงกับมอเตอร์ เฟืองปั๊มจะหมุนด้วยความเร็วสูงในลักษณะซึ่งจะทำให้น้ำมีความดันสูงโดยแรงเหวี่ยง จะมีไส้กรองอยู่ที่ด้านดูดของปั๊มน้ำ



Cascade pump

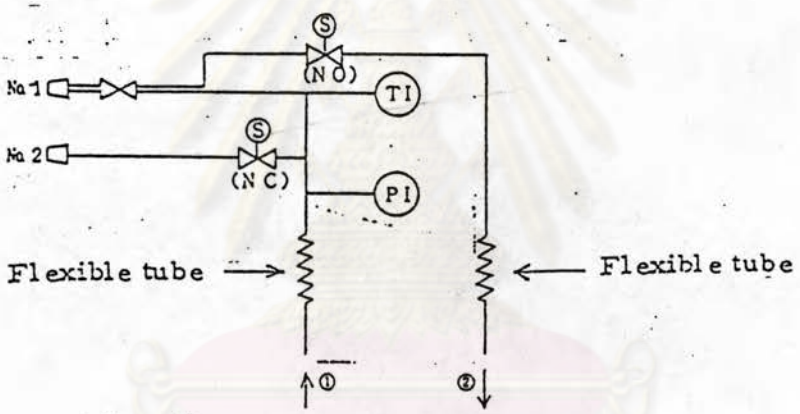
No.	Description	No.	Description
1	Fitting bolt	9	Casing
2	Discharge side cover	10	Round key
3	Water side bearing	11	Spring receiver
4	Flat vis for guide fitting	12	Mechanical seel
5	Guide	13	Suction side cover
6	O ring	14	Setting flange
7	Stop ring	15	Air vent cock
8	Runner	16	Drain plug

รูปที่ 2.14 ปั๊มแบบคาสเคด

3.7 หัวฉีดน้ำมัน (Oil burner)

หัวฉีดน้ำมันประกอบด้วยหัวฉีด ช่องเปลวไฟ (Flame channel) โซลินอยด์วาล์ว ปลายกระบอกฉีด(Nozzle tip) เป็นต้น ประกอบเข้าด้วยกัน

อากาศที่ใช้สำหรับการเผาไหม้จากจ่ายมาจากพัดลมเป่า (Forced draft fan) และไหลเข้าไปในห้องลม (Windbox) และปรับอากาศให้เหมาะสมโดย Damper ต้องปรับการไหลของอากาศใน Windbox ให้สม่ำเสมอและเหมาะสมกับการเผาไหม้ จากนั้นอากาศจะถูกป้อนเข้าไปในห้องเผาไหม้โดยผ่านช่องเปลวไฟ ในทางกลับกัน น้ำมันที่มีความดันสูงกว่าจากปั๊มน้ำมัน ก็จะพุ่งออกมาจากปลายกระบอกฉีดหมายเลข 1 และหมายเลข 2 โดยผ่านท่ออ่อน (1) ดังรูปที่ 2.15



Burner fuel oil flow sheet

รูปที่ 2.15 วงจรป้อนน้ำมันหัวฉีด

ในระหว่างการเป่าไล่น้ำมันเก่าออก(Purge) จะไม่มีน้ำมันฉีดออกจากปลายกระบอกฉีด หมายเลข 1 และ 2 แต่จะมีการหมุนเวียนผ่านท่ออ่อน (2)

ที่หัวฉีดน่า น้ำมันจะฉีดจากปลายกระบอกฉีดหมายเลข 1 โดยจุดไฟและเผาไหม้ในระดับการเผาไหม้ต่ำ

ในการเพิ่มปริมาณการเผาไหม้ให้มากขึ้น น้ำมันจะฉีดออกมาจากปลายกระบอกฉีดหมายเลข 2 โดยจุดไฟด้วยเปลวไฟหมายเลข 1 จึงจะเป็นการเผาไหม้ในระดับการเผาไหม้สูง

โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve) คือวาล์วควบคุมการเปิด-ปิดด้วยไฟฟ้า วาล์วนี้จะเปิดหรือปิดก็ต่อเมื่อได้รับสัญญาณจากชุดควบคุมอื่น เช่น เทอร์โมสตัทหรืออุปกรณ์ควบคุมความดันก็ได้ หรือจากสัญญาณอื่น ๆ แล้วแต่ลักษณะการนำไปใช้งาน วาล์วจะเปิดหรือปิดเพื่อให้ของไหล (fluid) ไหลผ่านตามที่ต้องการ การเรียกชื่อของโซลินอยด์นี้ ขึ้นอยู่กับของเหลวที่ควบคุม เช่น โซลินอยด์วาล์วน้ำมัน โซลินอยด์วาล์วก๊าซ

กระบอกฉีด (Nozzle) จะทำหน้าที่พ่นน้ำมันให้เป็นฝอยรวมกับอากาศและลุกไหม้ในห้องเผาไหม้ (Furnace) กระบอกฉีดมีหลายลักษณะแต่ที่สำคัญคือ มุมของน้ำมันที่พ่นออกไปส่วนมากแล้วจะมีตั้งแต่ 30 , 45 , 60 , 70 , 80 , 90 องศา การเลือกมุมของน้ำมันที่จะพ่นผ่านกระบอกฉีดออกไปเท่าไรนั้น ขึ้นกับความโตและความยาวของห้องเผาไหม้เป็นเกณฑ์

ถ้ามุมเล็กห้องเผาไหม้จะเล็กแต่ต้องยาว ถ้ามุมโตห้องเผาไหม้จะใหญ่แต่สั้น มิฉะนั้นเปลวไฟจะไม่เหมาะสมกับห้องเผาไหม้

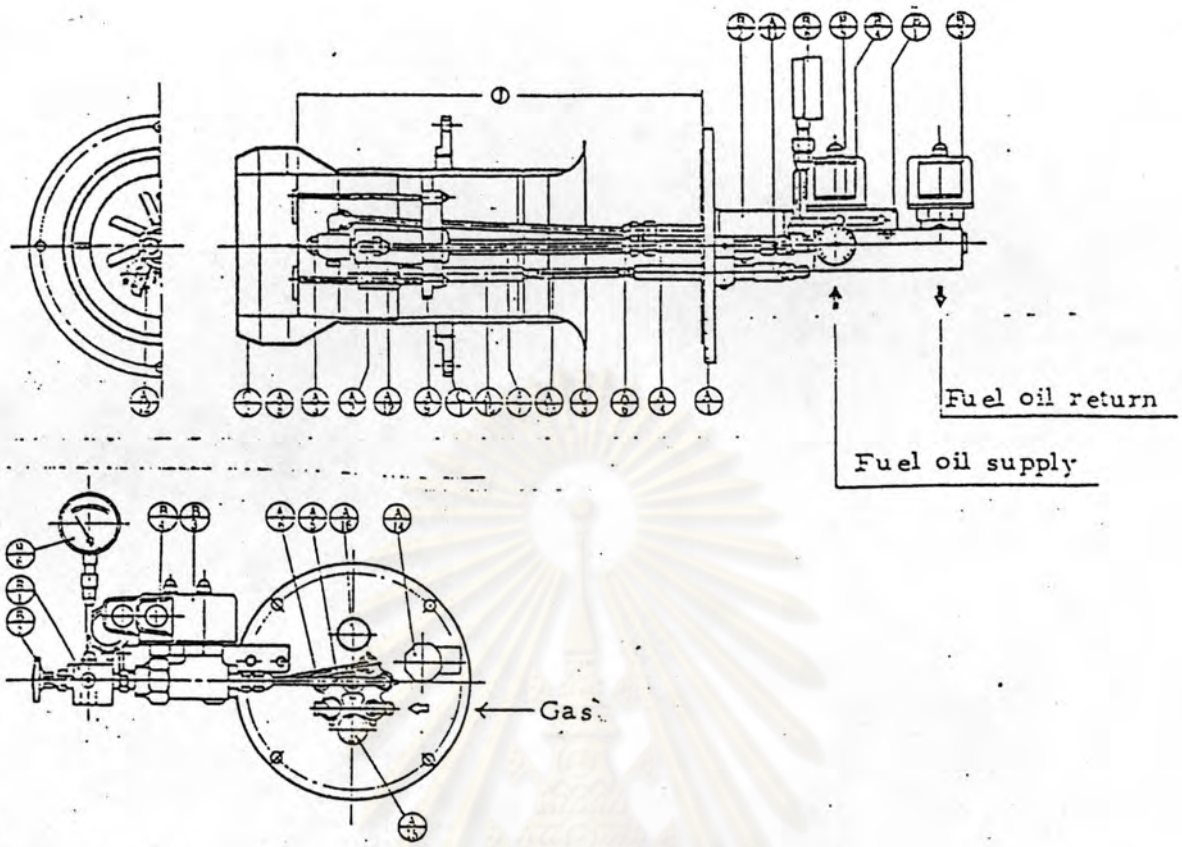
ลักษณะของน้ำมันที่พ่นผ่านกระบอกฉีดมี 3 ลักษณะคือ

ก. แบบกรวยกลวง (Hollow cone pattern) ดังรูป 2.16 ก.

ข. แบบระหว่างกรวยกลวงและกรวยตัน (Semi hollow pattern) ดัง รูป 2.16 ข.

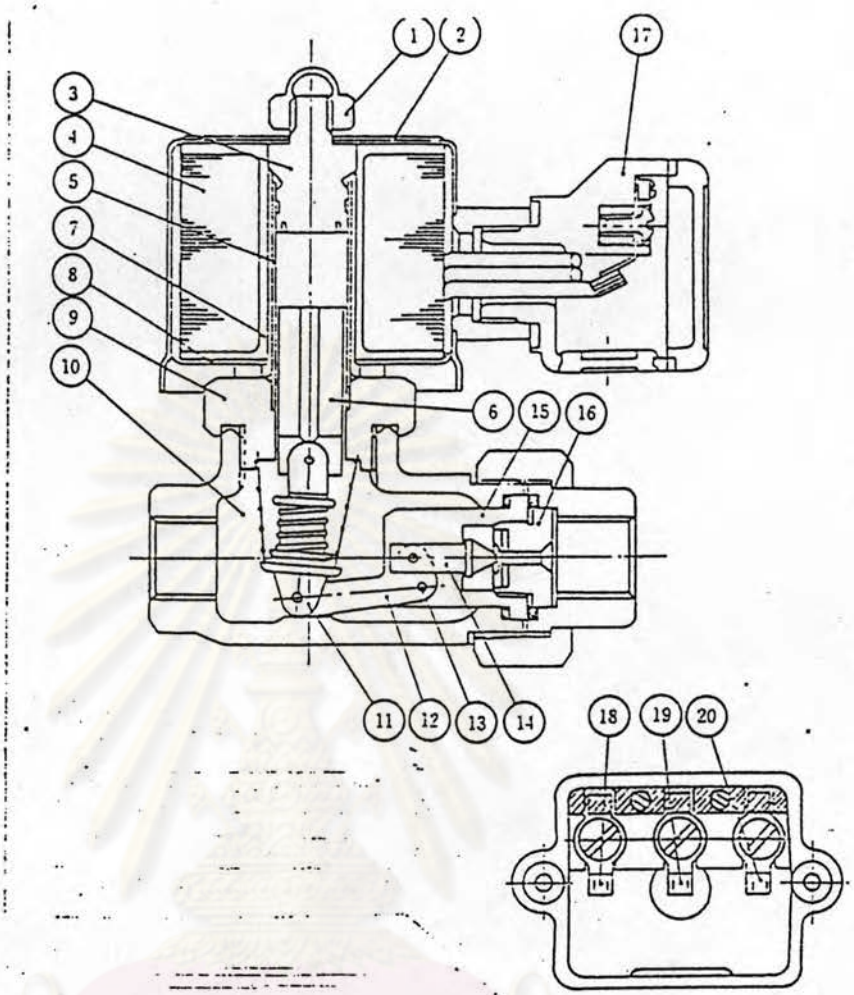
ค. แบบกรวยตัน (Solid cone pattern) ดังรูป 2.16 ค.

รูปที่ 2.16 ลักษณะของน้ำมันเมื่อผ่านกระบอกฉีดออกมา



No.	Description	No.	Description
A-1	Burner gun holder	A-14	Burner gun pull knob
A-2	Dripproof valve	A-15	Peep hole
A-3	Nozzle	A-16	UV setting hole
A-4	Pipe line A	B-1	Solenoid valve unit body
A-5	" B	B-2	Solenoid valve unit setting attachment
A-6	" C	B-3	Low combustion solenoid valve
A-7	" D	B-4	High combustion solenoid valve
A-8	Diffuser	B-5	Thermometer
A-9	Diffuser holder	B-6	Oil pressure gauge
A-10	Electrode	C-1	Brast tube
A-11	Electrode cap	C-2	Flame funnal
A-12	Pilot burner	C-3	Air inlet
A-13	Pilot burner gun		

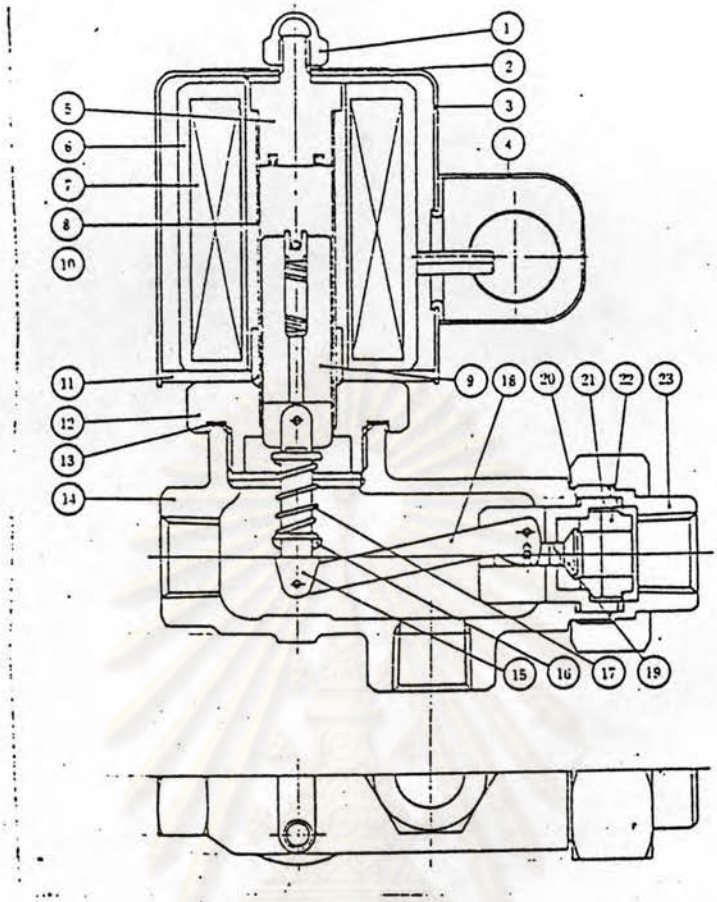
รูปที่ 2.17 หัวฉีดน้ำมัน



Solenoid valve (for fuel oil returning)

No.	Description	No.	Description	No.	Description
1	Outer case nut	8	Lower plate	15	Valve holder
2	Outer case	9	Case fixing nut	16	Seat
3	Armature	10	Body	17	Terminal box
4	Coil	11	Link	18	Terminal
5	Plunger tube	12	Lever	19	Terminal
6	Plunger	13	Pin	20	Terminal
7	Lower guide	14	Needle		

รูปที่ 2.18 โซลีนอยด์วาล์วด้านไหลกลับ



Solenoid valve (for fuel oil supply)

No.	Description	No.	Description	No.	Description
1	Outer case nut	9	Plunger	17	Spring
2	Name plate	10	Lower guide	18	Lever
3	Outer case	11	Lower plate	19	Needle
4	Joint box	12	Case fixing nut	20	Lower packing
5	Armature	13	Upper packing	21	Valve holder
6	Bobbin	14	Body	22	Seat
7	Coil	15	Link	23	Socket
8	Plunger tube	16	Spring receiver		

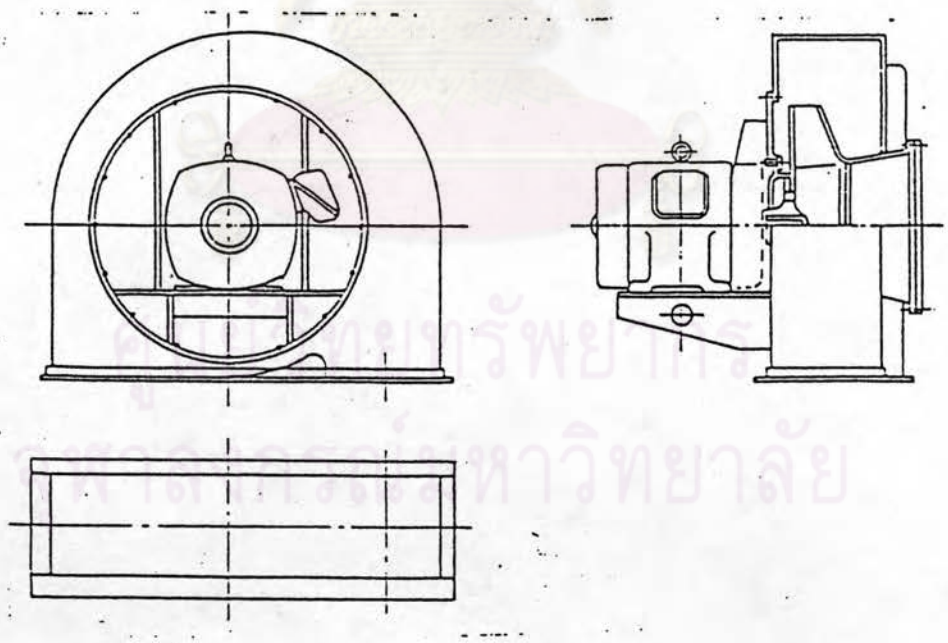
รูปที่ 2.19 โซลีนอยด์วาล์วด้านจ่ายน้ำมัน

3.8 พัดลม (Draft fan)

น้ำมันจะเผาไหม้อย่างสมบูรณ์เมื่อมีปริมาณอากาศที่เหมาะสม ดังนั้นการเผาไหม้สมบูรณ์จะไม่สามารถกระทำได้ ถ้ากระแสลมเร่งไม่เพียงพอ

Draft หมายถึงอากาศ และก๊าซเผาไหม้ที่ไหลเวียนในเตา มีหน้าที่ 2 อย่างคือ จ่ายอากาศที่ต้องการใช้ในการเผาไหม้ และปล่อยก๊าซไอเสียออกจากระบบการเผาไหม้

กระแสลมเร่งมาจากความแตกต่างความดันระหว่าง Firing port และ Terminal point of flue และยิ่งมีความต้านทานที่เกิดจากการไหลของก๊าซผ่านช่องอากาศมากขึ้น ก็ยิ่งต้องใช้กระแสลมเร่งมากขึ้น จากจุดมุ่งหมายอันนี้เองก่อให้เกิดระบบเผาไหม้ด้วยความดันโดยใช้พัดลมเป่า (Forced draft fan) นอกจากนั้นอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จะถูกทำให้ร้อน โดยผ่านพื้นที่ระหว่างผิวภายนอกของหม้อไอน้ำก่อนที่จะถูกป้อนเข้าไปในเตาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ



รูปที่ 2.20 พัดลมเป่า

3.9 ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel oil pump)

ทำหน้าที่ส่งน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีความดันเข้าระบบป้อนหัวฉีด ปั๊มที่ใช้เป็นปั๊มแบบ Trochoid

ปั๊ม Trochoid เป็นเกียร์ปั๊มชนิดหนึ่ง ซึ่งหมุนด้วยการขบกันระหว่างโรเตอร์ภายนอกและภายใน

ปั๊มประกอบด้วยตัวเรือนปั๊มรูปร่างกลม ๆ โรเตอร์นอกเป็นแบบจานซึ่งอยู่ในด้านนอกและมีฟันในด้านใน ส่วนโรเตอร์ในเป็นแบบ Bobbin-shaped ซึ่งขบกับโรเตอร์นอก

3.10 เครื่องอุ่นน้ำมัน (Oil heater)

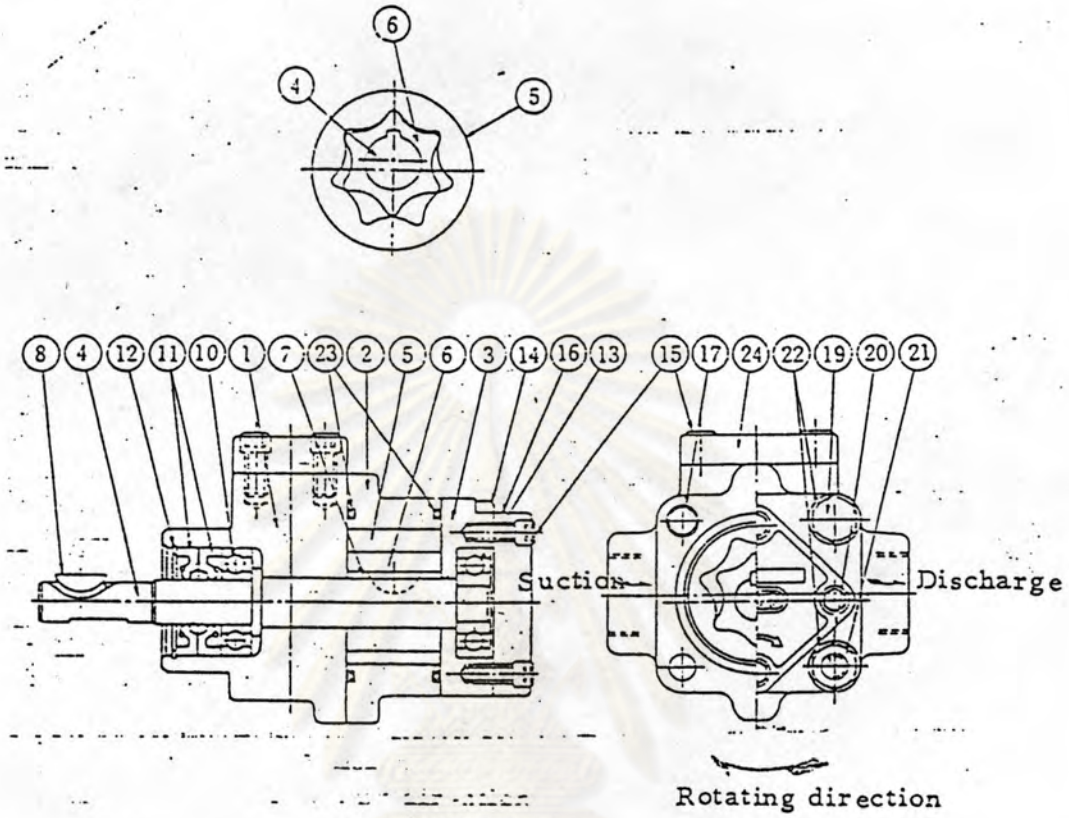
เมื่ออุณหภูมิของน้ำมันสูงขึ้น จะมีความหนืดลดลง และการไหลเวียนจะดีขึ้น จากจุดมุ่งหมายนี้ จึงมีการใช้เครื่องอุ่นน้ำมันขึ้น

เครื่องอุ่นน้ำมันแบบใช้ไฟฟ้าจะควบคุมอุณหภูมิโดยอัตโนมัติ และควบคุมอุณหภูมิน้ำมันในช่วงที่กำหนดไว้

จะมีตัวรับความรู้สึกความร้อนของเทอร์โมสตัท 2 อัน ติดไว้ในเครื่องอุ่นน้ำมัน คอยตรวจจับอุณหภูมิน้ำมันและควบคุมกำลังการให้ความร้อนของขดลวดเป็นสามจังหวะคือ 2/2 (เต็ม) 1/2 (ครึ่งหนึ่ง) และ 0 (ศูนย์)

ตัวเครื่องอุ่นน้ำมันทำด้วยเหล็กซึ่งมีขดลวดและแผ่นกั้น (Baffle plate) ให้น้ำมันไหลกลับไปกลับมา เพื่ออุ่นน้ำมันให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นถึงอุณหภูมิที่กำหนดที่ด้านขาออกของเครื่องอุ่นน้ำมัน

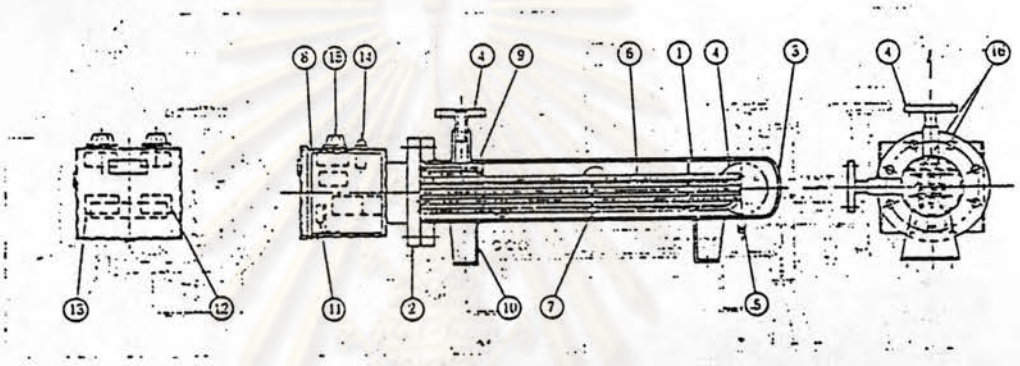
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



No. 1	Description	No. 1	Description
1	Pump body	13	Ball bearing
2	Pump	14	Packing
3	Bearing housing	15	Cap screw
4	Shaft	16	End cover
5	Outer rotor	17	Pipe nock
6	Inner rotor	19	Bolt
7	Inner key	20	Through bolt
8	Shaft key	21	Nut
10	Ball bearing	22	Washer
11	Oil seal	23	"O" ring
12	Snap ring	24	Blank flange

รูปที่ 2.21 ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง

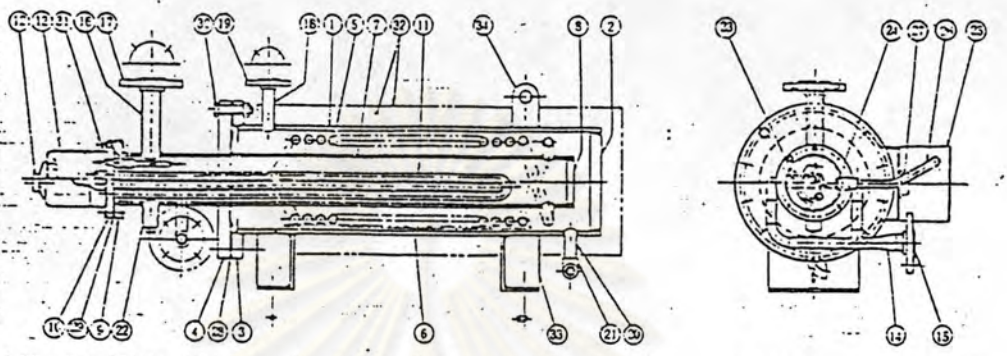
i17830888X



Electric oil heater

No.	Description	No.	Description
1	Heating surface	9	Parttion plate
2	Heater fitting flange	10	Installation leg
3	End plate	11	Terminal
4	Fuel oil inlet and outlet	12	Magnetic contactor
5	Drain plug	13	Mangetic contactor
6	Heater element	14	Indication lamp
7	Baffle plate	15	Thermostat
8	Terminal box	16	Thermostat fecler holder

รูปที่ 2.22 เครื่องอุ่นน้ำมันแบบใช้ไฟฟ้า



Electric/steam oil heater

No.	Description	No.	Description
1	Steam heater body	18	Steam inlet pipe
2	Steam heater end plate	19	Steam inlet flange
3	Steam heater body flange	20	Steam outlet pipe
4	Steam heater cover plate	21	Steam outlet screw elbow
5	Heat transfer tube	22	Drain seat
6	Buffle plate	23	Indication lamp
7	Electric heater body	24	Temperature fuse
8	Electric heater end plate	25	Terminal box
9	Electric heater body plate	26	Flexible tube
10	Flange for electric heater	27	Terminal stand
11	Sheathed heater	28	Packing
12	Thermostat	29	"
13	Terminal cover	30	Hexagonal bolt & nut
14	Fuel oil inlet pipe and reducer	31	Hexagon socket bolt
15	Fuel inlet flange	32	Insulation cover
16	Fuel oil outlet pipe	33	Support leg
17	Fuel oil outlet flange	34	Tackle plate

รูปที่ 2.23 เครื่องอุ่นน้ำมันแบบใช้ไอน้ำและไฟฟ้า

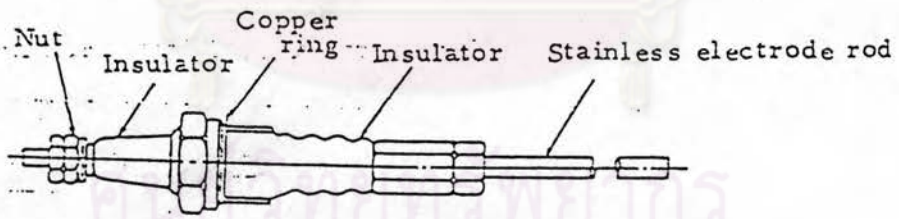
3.11 ตัวตรวจจับระดับน้ำในหม้อไอน้ำ (Water level detector)

ตัวตรวจจับระดับน้ำในหม้อไอน้ำ มีหน้าที่หลัก 2 อย่างคือ เป็นอุปกรณ์ควบคุมน้ำป้อนเข้า โดยคอยสตาร์ทและหยุดปั๊มโดยอัตโนมัติเพื่อรักษาระดับน้ำในจุดกำหนดให้คงที่ อีกลักษณะหนึ่งคือ เป็นตัวตรวจจับระดับน้ำผิดปกติ ซึ่งตรวจจับระดับน้ำเมื่อสูงหรือต่ำ และหยุดการเผาไหม้อัตโนมัติ ในกรณีที่ระดับน้ำสูงผิดปกติจะมีสัญญาณเตือนแสดงออกมา

อิเลคโตรดที่ใช้ในการตรวจจับมี 2 ด้าน คือ ด้านหนึ่งประกอบอยู่กับกระบอกระดับน้ำ (ซึ่งใช้สำหรับติดตั้งเกจระดับน้ำ) และอีกด้านหนึ่งประกอบอยู่กับท่อตรวจจับระดับในหม้อไอน้ำ

ระดับน้ำที่ถูกจับด้วยอิเลคโตรดของทั้ง 2 ด้าน จะส่งสัญญาณมากระตุ้นรีเลย์ระดับน้ำซึ่งวงจรสำหรับควบคุมน้ำป้อนและตัวตรวจจับระดับผิดปกติจะอยู่ร่วมกัน

สำหรับอิเลคโตรดของอุปกรณ์นี้ถูกป้อนด้วยแรงดัน AC 8 โวลต์ และไม่มีผลใด ๆ กับกระบวนการอิเลคโตรไลซิส หรือการกัดกร่อนอิเลคโตรไลติก ส่วนบนของอิเลคโตรดมีโครงสร้างเหมือนหัวเทียน และอิเลคโตรดจะสวมอยู่ในสกรูปลั๊ก



Water level detecting electrode

รูปที่ 2.24 ตัวตรวจจับระดับน้ำ

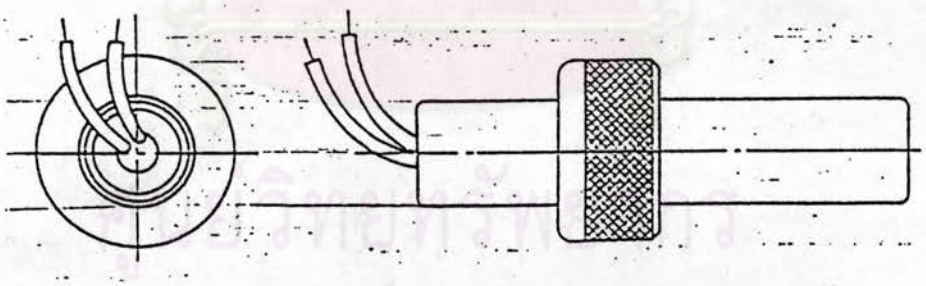
3.12 หัวฉีดน่าและตาไฟ (Pilot burner and flame eye)

การจุดไฟของหัวฉีดน้ำมัน จะจุดได้ด้วยเปลวไฟของหัวฉีดน่า ในการจุดก๊าซบนหัวฉีดน่า จะใช้ปลั๊กจุดไฟที่มีประกายไฟแรงดันสูง

ตาไฟใช้ตรวจจับการเผาไหม้โดยรับสัญญาณเปลวไฟก๊าซ ซึ่งจุดไฟบนหัวฉีดน่า และส่งสัญญาณไปยืนยันการเผาไหม้น้ำมัน เปลวไฟน้ำมันซึ่งเกิดจากหัวฉีดน้ำมันจะถูกตรวจจับโดยตาไฟ โดยจะส่งสัญญาณยืนยันการเผาไหม้น้ำมันไปกระตุ้นรีเลย์เปลวไฟ (Flame relay) ถ้าการเผาไหม้ผิดปกติ พัดลมและปั๊มน้ำมันจะหยุดโดยอัตโนมัติ ดังนั้นอุบัติเหตุจึงไม่เกิดขึ้น

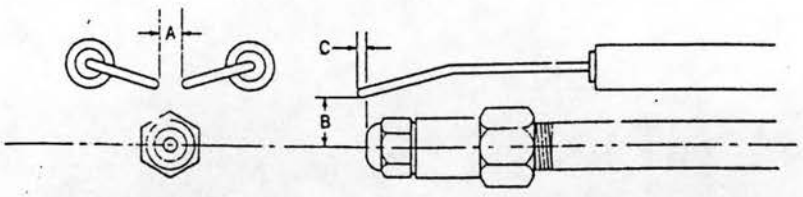
Pilot burner

รูปที่ 2.25 หัวฉีดน่า



Flame-eye (Ultra Vision)

รูปที่ 2.26 ตาไฟ

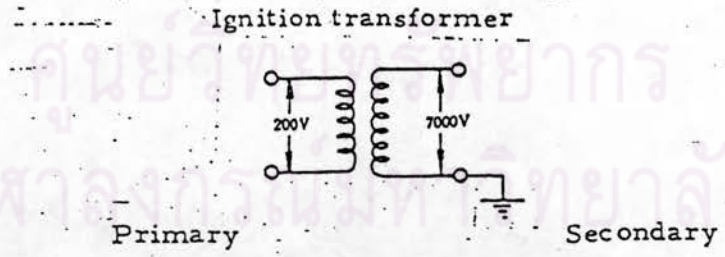


NOZZLE ANGLE	A	B	C
45°	$\frac{1}{8}$" - $\frac{3}{16}$"	$\frac{1}{2}$"	$\frac{1}{4}$"
60°	"	$\frac{5}{8}$"	$\frac{1}{4}$"
70°	"	"	$\frac{1}{8}$"
80°	"	"	$\frac{1}{8}$"
90°	"	"	0

รูปที่ 2.27 ระยะห่างที่เหมาะสมในการตั้งเขี้ยวหัวเทียน

3.13 หม้อแปลงจุดไฟ (Ignition transformer)

เป็น Current source สำหรับใช้ในการจุดไฟหัวฉีดน่าดังแสดงในรูปเมื่อมีกระแสใช้ในขดด้านปฐมภูมิจะมีการเหนี่ยวน่าไปยังด้านทุติยภูมิ 7000 โวลต์ และเกิดประกายไฟจุดน่า เมื่อก๊าซถูกฉีดเข้าไปใกล้ก็จะเกิดเปลวไฟขึ้นภายในห้องเผาไหม้

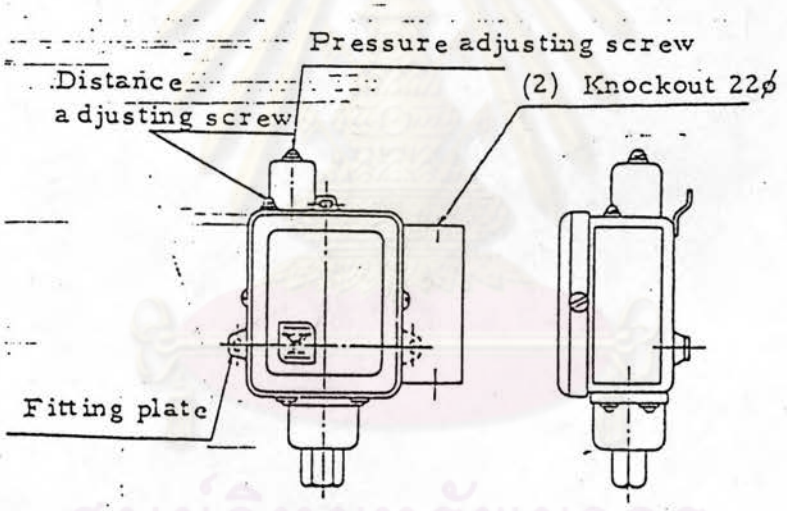


รูปที่ 2.28 วงจรหม้อแปลงจุดไฟ

3.14 เครื่องตรวจจับความดันหม้อไอน้ำ (Boiler pressure detecting device)

เครื่องตรวจจับความดันหม้อไอน้ำประกอบด้วยสวิทช์ความดัน 2 อัน อันแรกเป็นสวิทช์ความดันสำหรับจำกัดความดันหม้อไอน้ำ และอีกอันหนึ่งเป็นสวิทช์ความดันสำหรับปลดการจำกัดอัตราการเผาไหม้

กลไกของสวิทช์ ความดันจะไปกระตุ้นเบลโล (Bellow) และไปกระตุ้นไมโครสวิทช์ (Micro switch) ผ่าน linkage เพื่อไปควบคุมหัวฉีด



Boiler pressure detecting device

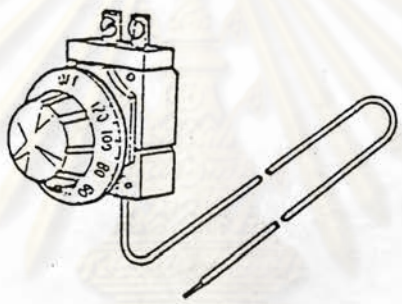
รูปที่ 2.29 เครื่องตรวจจับความดัน

3.15 เทอร์โมสตัท (Thermostat)

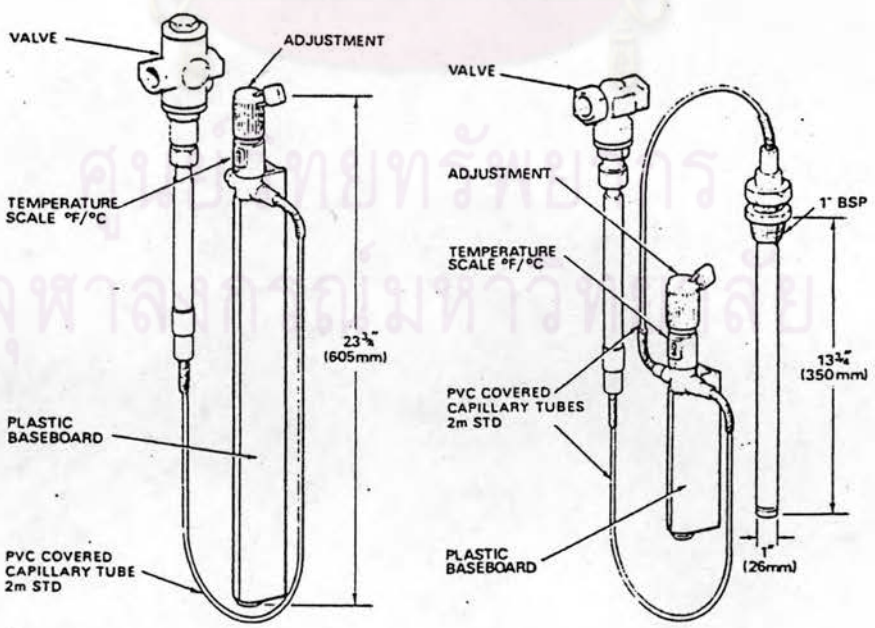
อุปกรณ์อัตโนมัติสำหรับรักษาอุณหภูมิให้สม่ำเสมอ

เทอร์โมสตัทจะถูกใช้สำหรับการตรวจจับอุณหภูมิน้ำมัน ซึ่งประกอบด้วยหลอดคาปิลลารี กระเปาะ (Heat sensitive part) และไดอะแฟรมสแตนเลสภายในถูกซีลของเหลวด้วยสัมประสิทธิการขยายตัวสูง ซึ่งจะทำการเคลื่อนไหวไดอะแฟรมให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ การเคลื่อนไหวทางกลไกของไดอะแฟรมจะไปเคลื่อนไหวกลไกของสวิทชิ่ง

Thermostat



รูปที่ 2.30 เทอร์โมสตัท



รูปที่ 2.21 ชุดควบคุมอุณหภูมิเทอร์โมสตัท

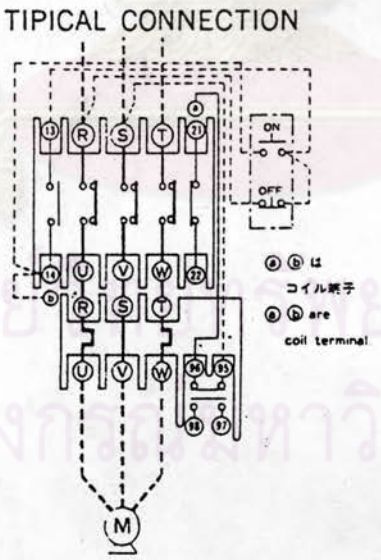
3.16 รีเลย์ความร้อน (Thermal relay)

อุปกรณ์นี้ใช้ร่วมกับสวิทช์อิเลคโตรแมกเนติก มีจุดมุ่งหมายคือป้องกันมอเตอร์จากการเสียหายโดยความร้อนซึ่งเกิดจากการโอเวอร์โหลด หรือการทำงานเฟสเดียวของไฟฟ้า รีเลย์ป้องกันใช้คุณสมบัติของโลหะ 2 ชั้น (Bimetal) ซึ่งบิดงอตามอุณหภูมิของแผ่นความร้อนที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากกระแสไหลมากเกินไป

3.17 สวิทช์แมกเนติก (Electromagnetic contactor)

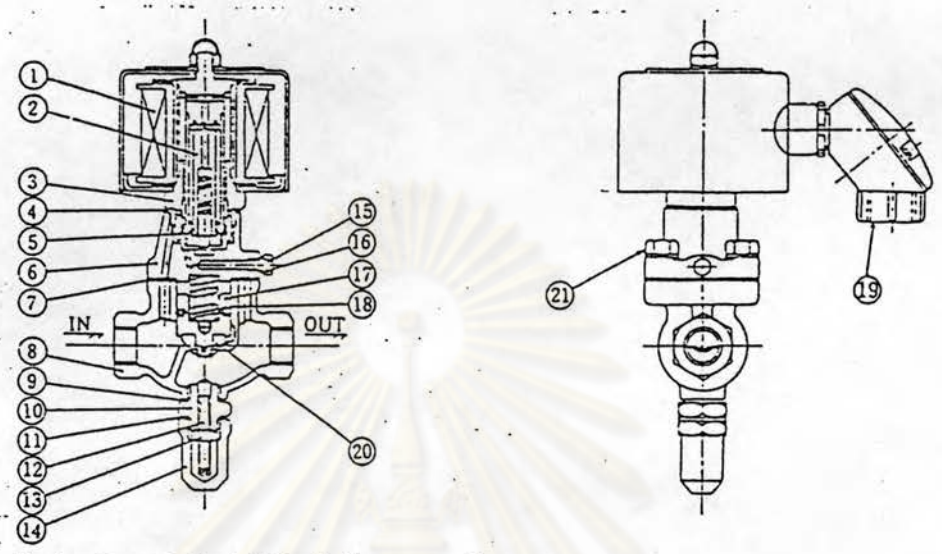
คือ สวิทช์อัตโนมัติสำหรับการทำงานของมอเตอร์ และอุปกรณ์อื่น ๆ ประกอบด้วยคอนแทคชิ่งปิดและเปิดวงจร และตัวแม่เหล็กจะเป็นตัวกระตุ้นคอนแทคเตอร์ การปิดและการเปิดของคอนแทคเตอร์กระทำโดยใช้สนามแม่เหล็กเป็นตัวกระตุ้น

ควรตรวจสอบความร้อนที่เกิดขึ้นคอนแทค และคอยล์เพื่อแน่ใจว่าทุกอย่างปกติ



รูปที่ 2.32 วงจรสวิทช์แมกเนติก

3.18 โซลีนอยด์วาล์วไอน้ำ (Steam solenoid)



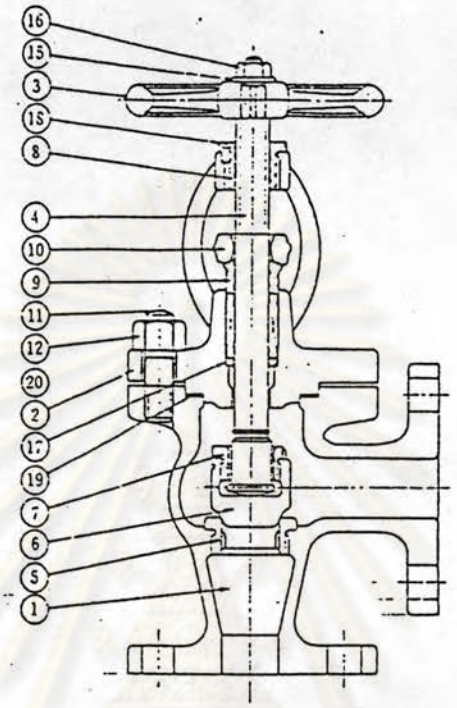
Steam solenoid valve (KMH-16A-24A)

No.	Description	No.	Description
1	Coil	12.	Override stem
2	Plunger assembly	13	Lock nut
3	Core assembly	14	Override cap
4	Valve stuffing packing	15	Pilot plug
5	Plunger outer spring	16	Pilot plug packing
6	Pilot valve body	17	Main valve assemble
7	Valve body packing	18	Main valve spring
8	Valve body	19	Terminal box
9	Override packing	20	Valve body packing
10	Stuffing for override stem	21	Hexagon head bolt
11	Override packing		

รูปที่ 2.33 โซลีนอยด์วาล์วไอน้ำ

3.19 วาล์วน้ำป้อน, วาล์วกันกลับน้ำป้อน

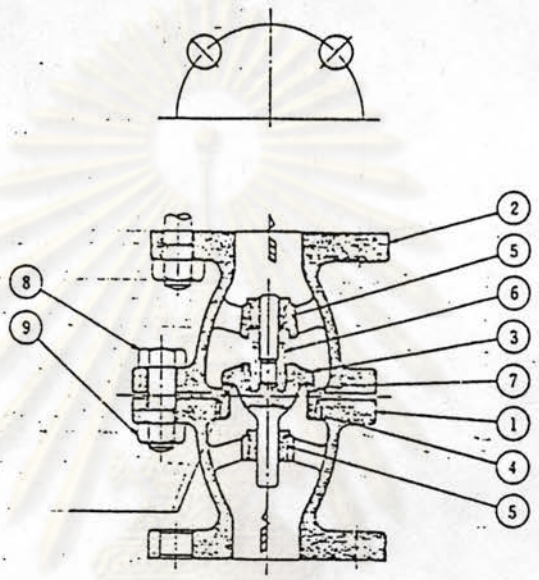
(Feed water valve, Feed water check valve)



Feed water valve

No.	Description	No.	Description
1	Body	10	Gland flange
2	Bonnet	11	Bonnet bolt
3	Hand wheel	12	Bonnet bolt nut
4	Stem	15	Washer
5	Seat	16	Stem nut
6	Disc	17	Packing washer
7	Disc nut	18	Set screw
8	Yoke bush	19	Bonnet gasket
9	Grand	20	Gland packing

รูปที่ 2.34 วาล์วน้ำป้อน



Feed water check valve

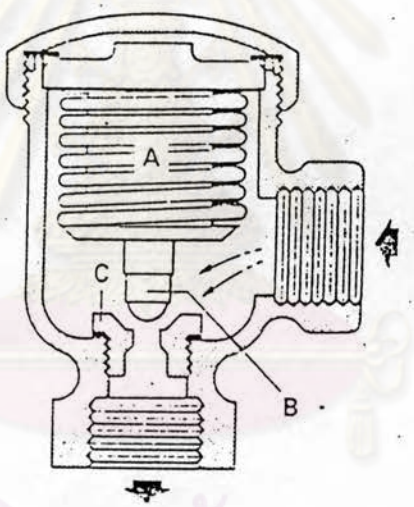
No.	Description	No.	Description
1	Body (A)	6	Spring
2	Body (B)	7	Seat packing
3	Disc	8	Bolt
4	Seat ring	9	Nut
5	Bush		

รูปที่ 2.35 วาล์วกันกลับน้ำป้อน

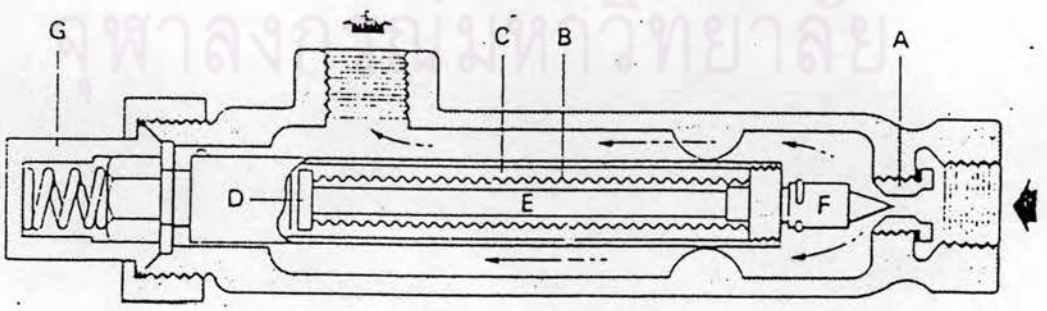
4.20 อุปกรณ์ดักไอน้ำชนิดต่าง ๆ (Steam trap) (9)

อุปกรณ์ดักไอน้ำที่สำคัญมีอยู่ 4 ชนิด คือ

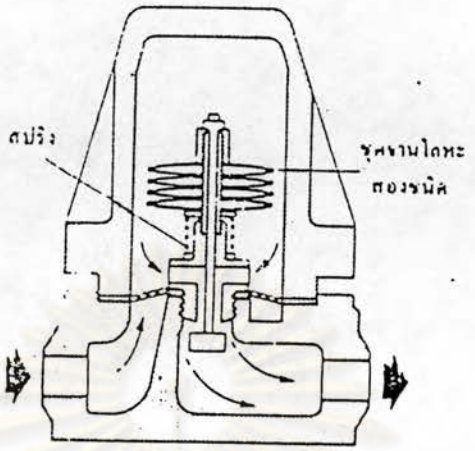
4.20.1 ชนิด เธอร์โมสแตติก (Thermostatic Group) อุปกรณ์ชนิดนี้ทำงานด้วยความรู้สึกถึงความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างไอน้ำกับคอนเดนเสท ที่ทำให้วาล์วเธอร์โมสแตติกทำงาน วาล์วนี้บรรจุสารบางอย่างอยู่ภายใน คอนเดนเสทจะต้องเย็นตัวลงกว่าอุณหภูมิของไอน้ำจึงจะระบายออกไปได้ อุปกรณ์ดักไอน้ำที่อยู่ในประเภทนี้ ได้แก่ อุปกรณ์แบบความดันสมดุล (Balance pressure) แบบทำงานด้วยการขยายตัวของของเหลว (Liquid expansion thermostatic) แบบทำงานด้วยการขยายตัวของโลหะ (Metallic expansion) และแบบโลหะสองชนิด (Bimetal)



รูปที่ 2.36 อุปกรณ์ดักไอน้ำเธอร์โมสแตติกแบบความดันสมดุล

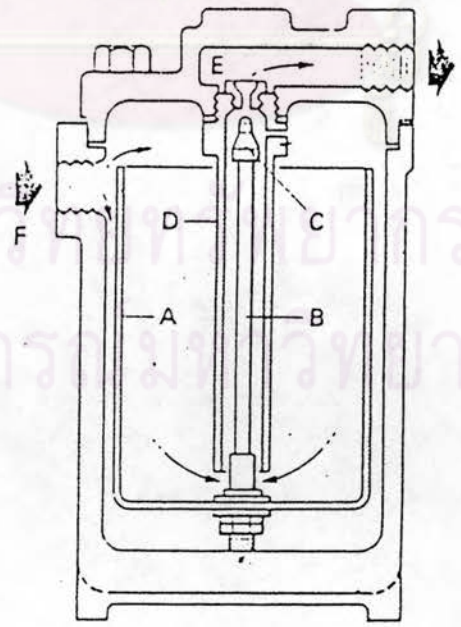


รูปที่ 2.37 อุปกรณ์ดักไอน้ำเธอร์โมสแตติกแบบทำงานด้วยการขยายตัวของของเหลว



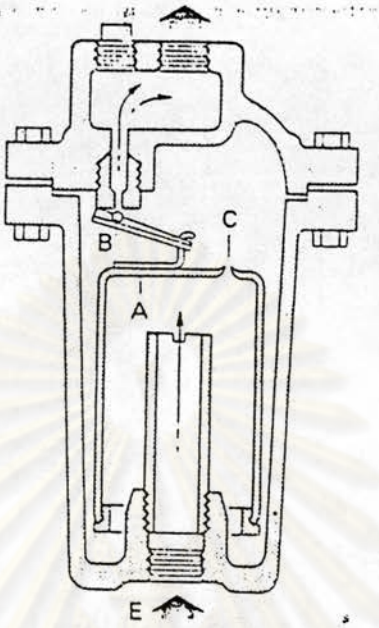
รูปที่ 2.38 อุปกรณ์ดักไอน้ำแบบใช้จานโลหะสองชนิด

4.20.2 ชนิดทำงานเชิงกล (Mechanical Group) อุปกรณ์ชนิดนี้ทำงานให้เชิงกลด้วยความรู้สึกถึงความหนาแน่นที่แตกต่างกันระหว่างไอน้ำกับคอนเดนเสท การเคลื่อนไหวของลูกลอยหรือถ้วยทำให้วาล์วทำงาน อุปกรณ์ประเภทนี้ได้แก่อุปกรณ์แบบลูกลอยอิสระ (Loose float type) แบบลูกลอยมีก้าน (Float and lever type) แบบถ้วยหงาย (Open top bucket type) และแบบถ้วยคว่ำ (Inverted bucket type)

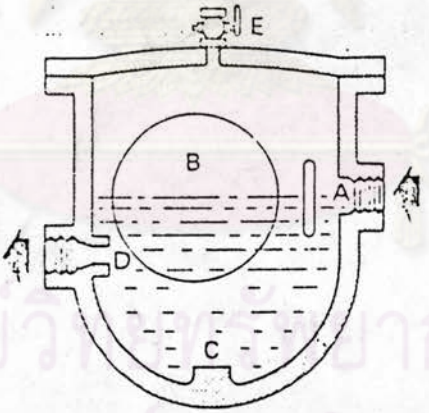


รูปที่ 2.39 อุปกรณ์ดักไอน้ำแบบถ้วยหงาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

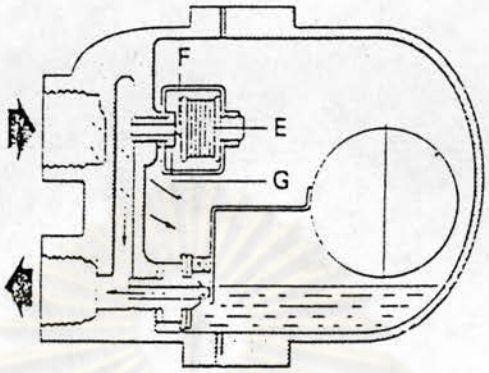


รูปที่ 2.40 อุปกรณ์ดักไอน้ำแบบถ้วยคว่ำ



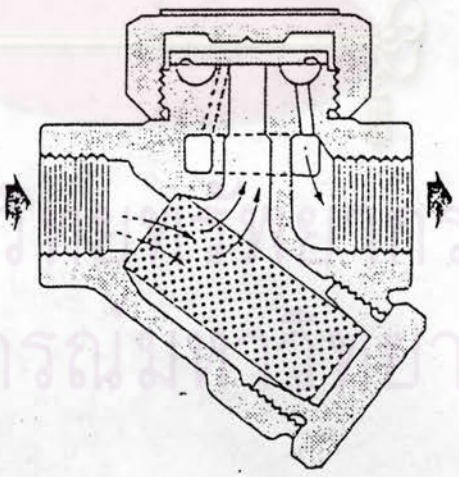
รูปที่ 2.41 อุปกรณ์ดักไอน้ำแบบลูกลอยอิสระ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



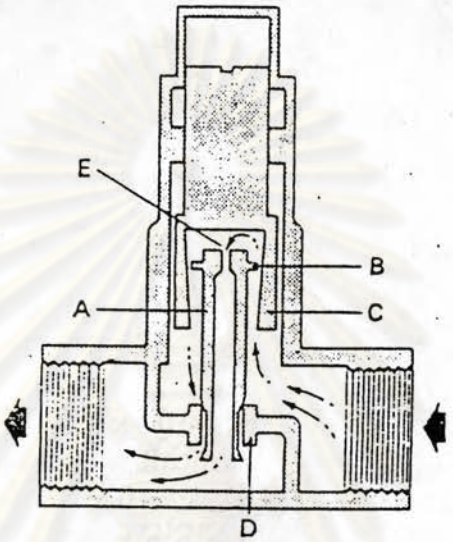
รูปที่ 2.42 อุปกรณ์ดักไอน้ำแบบลูกลอยมีตัวระบายอากาศเธอร์โมสแตติก

4.20.3 ชนิดเธอร์ไมไดนามิค (Thermodynamic Group) อุปกรณ์ชนิดนี้ทำงานเนื่องจากความแตกต่างระหว่างความเร็วของไอน้ำกับของคอนเดนเสท ขณะนี้ไหลผ่านอุปกรณ์ดักไอน้ำวาล์วประกอบด้วยแผ่นโลหะง่าย ๆ ที่ปิดเมื่อไอน้ำความเร็วสูงมากระทบแต่จะเปิดออกเมื่อเจอกับคอนเดนเสทความเร็วต่ำ

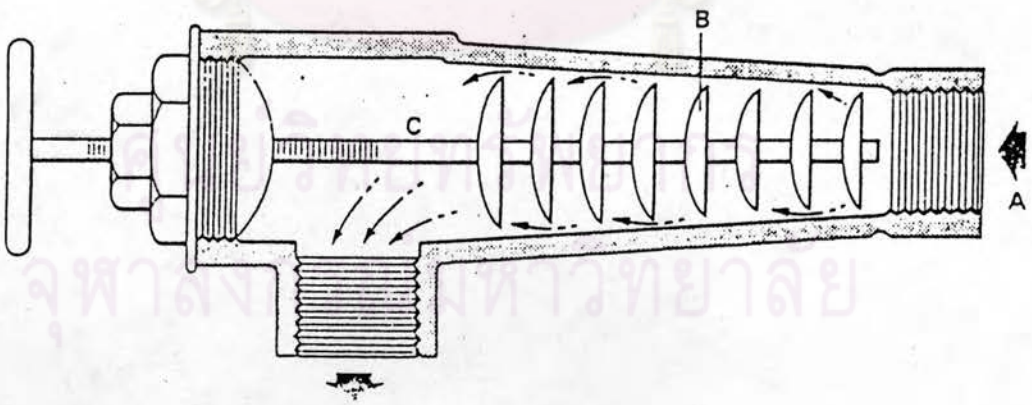


รูปที่ 2.43 อุปกรณ์ดักไอน้ำแบบเธอร์โมไดนามิค

4.20.4 ชนิดทั่วไป (Miscellanious Group) อุปกรณ์ชนิดนี้คือ พวกที่ไม่จัดอยู่ในชนิดใด ๆ ทั้ง 3 ข้างต้น อุปกรณ์ประเภทนี้ได้แก่อุปกรณ์แบบใช้ทรงปะทะ (Impulse type) แบบลาบีรินท์ (Labyrints type) และแบบแผ่นเจาะรู (Orifice plate)



รูปที่ 2.44 อุปกรณ์ดักไอน้ำแบบใช้แรงปะทะ



รูปที่ 2.45 อุปกรณ์ดักไอน้ำแบบลาบีรินท์

4. การควบคุมน้ำในหม้อไอน้ำ (8)

การควบคุมหม้อไอน้ำจะดีหรือไม่อย่างไร จะมีผลกระทบต่อความปลอดภัยของหม้อไอน้ำมาก และมีความสัมพันธ์กับการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง น้ำสำหรับหม้อไอน้ำก็มีความสำคัญต่อการควบคุมหม้อไอน้ำ ให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

เพื่อที่จะควบคุมหม้อไอน้ำให้มีประสิทธิภาพและปลอดภัย ควรจะให้ความรู้แก่ทุก ๆ คนซึ่งทำงานเกี่ยวข้องกับหม้อไอน้ำเช่น นักวิเคราะห์หม้อไอน้ำ ผู้ควบคุม ผู้บำรุงรักษาเป็นต้น และต้องมีการบันทึกประจำวัน การตรวจสอบและซ่อมแซมและหาสาเหตุของปัญหา

4.1 น้ำสำหรับหม้อไอน้ำ

4.1.1 แหล่งน้ำ

น้ำฝนเป็นน้ำกลั่นธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม เมื่อฝนตกผ่านชั้นบรรยากาศมันจะละลายก๊าซในบรรยากาศ (O_2, CO_2, N_2, SO_2 เป็นต้น) และเมื่อมาถึงพื้นดินก็จะละลายสารประกอบต่าง ๆ เพิ่มขึ้น (Ca, Mg, Fe, Al, Na, Cu, SiO_2 เป็นต้น)

โดยทั่วไปน้ำบาดาลจะมีสารต่าง ๆ ผสมอยู่มากกว่าน้ำบนพื้นผิว (แม่น้ำ ทะเลสาบ)

4.1.2 หน่วยวัดและเทอมเทคนิค

1) PPM (ส่วนในล้านส่วน)

1 PPM คือ สาร 1 mg ในสารละลาย 1 kg

4.1.3 ความกระด้าง (Hardness)

น้ำกระด้างชั่วคราว ประกอบด้วยไบคาร์บอเนตของ Ca และ Mg ซึ่งสะสมและสลายตัวโดยการต้ม

น้ำกระด้างถาวร ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นน้ำอ่อน (Soft water)

ด้วยการต้มได้ประกอบด้วย กรดซัลฟูรัส, คลอไรด์ ไนเตรต ของแคลเซี่ยม และแมกนีเซียม

ความกระด้างทั้งหมด = ความกระด้าง ชั่วคราว + ความกระด้างถาวร

การวัดความกระด้างในสารละลาย $CaCO_3$

1 °dH = 17.85 ppm ($CaCO_3$)

°dH คือ Degree of hardness ถ้ามีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าไม่มีความกระด้างเลย

4.1.4 ด่าง (Alkalinity)

สารละลายด่าง เป็นสารประกอบ (ไฮดรอกไซด์ คาร์บอเนตและไบคาร์บอเนต ละลายอยู่ในน้ำ แบ่งออกเป็น

ก. M Alkalinity ตรวจสอบโดยใช้ Methyl red mixed indicator มี pH 4.3 ขึ้นไป

ข. P Alkalinity ตรวจสอบโดยใช้ Phenolpthalein mixed indicator มี pH 8.3 ขึ้นไป

4.1.5 ค่า pH (Potential of Hydrogen ion)

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

$$pH = \log \frac{1}{(H^+)} = -\log (H^+)$$

ภาวะเป็นกลาง $pH = \log \frac{1}{(10^{-7})} = 7$

นั่นคือ pH > 7 สารละลายเป็นด่าง

PH < 7 สารละลายเป็นกรด

4.1.6 ความนำไฟฟ้า (Electric conductivity)

วัดค่าความนำจำเพาะที่ 25 °c ในหน่วย ไมโคร - โมห์ ต่อเซนติเมตร ($\mu\mho$/cm) Water Conductivity ที่อุณหภูมิ 18 °C

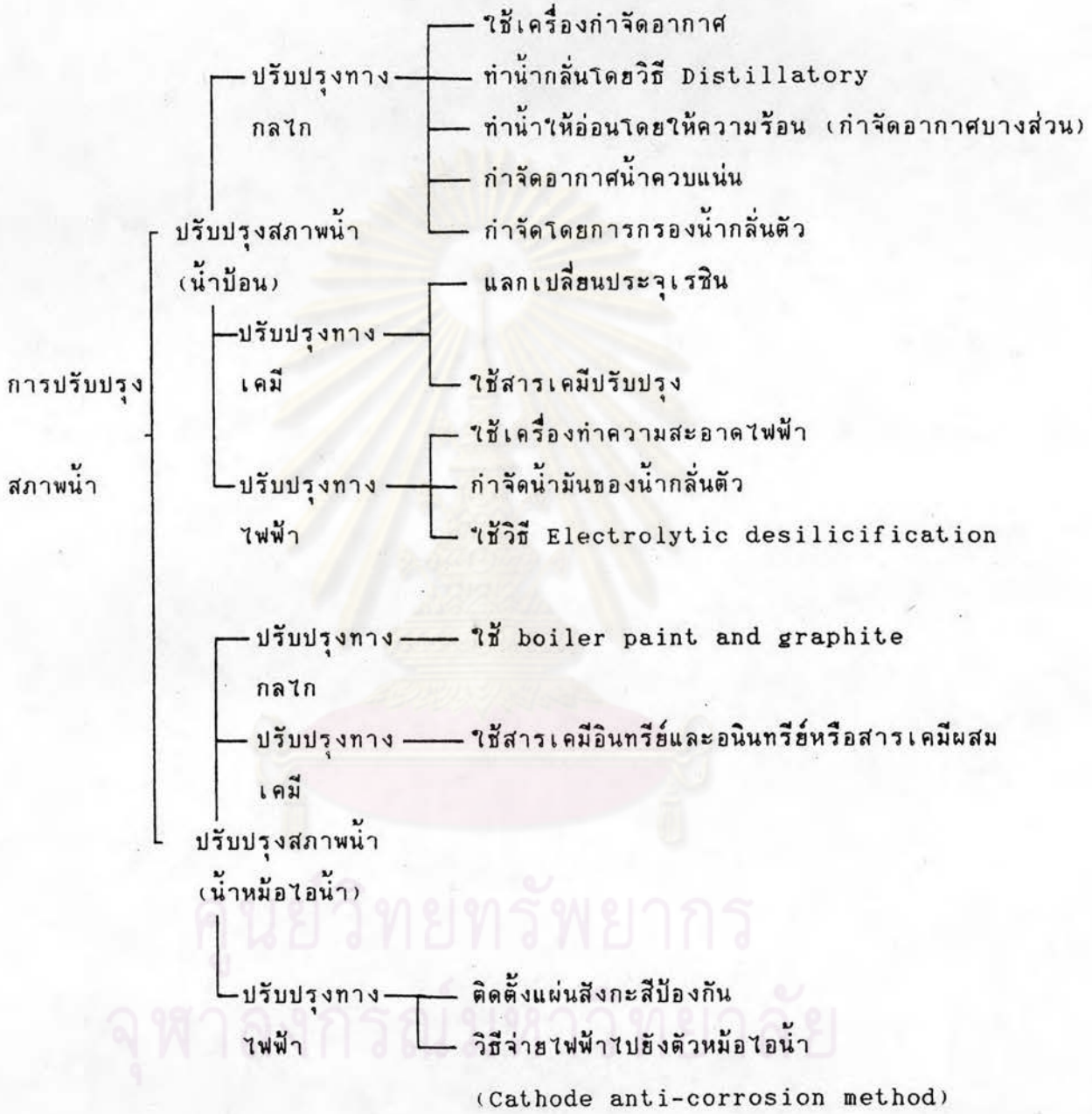
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 ความนำไฟฟ้าของน้ำชนิดต่าง ๆ

รายละเอียด	ค่าความต้านทาน Ω cm	ความนำไฟฟ้า $\mu\mho$/cm
น้ำทั่วไป	$10^4 - 10^3$	100 - 1,000
น้ำกลั่น (ในท้องตลาด)	10^5	10
น้ำกลั่น (ไม่มีคลอไรด์)	10^6	1
น้ำกลั่น (ไม่มีกรดคาร์บอนิค)	10^6	1
น้ำดีมินเนอรัลไลซ์	2.35×10^7	0.038
น้ำดีมินเนอรัลไลซ์ (ทางทฤษฎี)	2.63×10^7	0.0425

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการปรับปรุงสภาพน้ำ (Water treatment method)



รูปที่ 2.46 วิธีการปรับปรุงสภาพน้ำ

4.2 วิธีการปรับปรุงสภาพน้ำ

4.2.1 สรุปการปรับปรุงสภาพน้ำ

1) จุดมุ่งหมายของการปรับปรุงสภาพน้ำ

ก. ป้องกันการเกาะของตะกรันตะกอนและสิ่งอื่น ๆ ที่คล้ายกัน

ข. ป้องกันการกัดกร่อนของโครงสร้างหม้อไอน้ำ

ค. ป้องกันมิให้เกิดความเปราะบางที่โครงสร้างของหม้อไอน้ำ

ง. ป้องกันแคร์รีโอเวอร์

2) กระบวนการทำงาน

ก. ปรับปรุงสภาพน้ำหลังถ่ายออก

ทำการรักษาสภาพน้ำให้อยู่ในค่ามาตรฐาน การปรับปรุงสภาพน้ำ และการถ่ายน้ำ

ข. วิเคราะห์น้ำ

วิเคราะห์น้ำเพื่อตรวจว่า สภาพน้ำอยู่ภายในค่ามาตรฐานหรือไม่ โดยสุ่มน้ำป้อนและน้ำหม้อไอน้ำ ถ้าจำเป็นก็อาจวิเคราะห์น้ำจากน้ำ ดิบ น้ำกลั่นตัวและไอน้ำด้วย

ค. วิธีทดสอบ

ถ้าค่าทดสอบอยู่ในช่วงมาตรฐานก็ปล่อยน้ำให้อยู่ในลักษณะเดิมต่อไปในกรณีที่ไม่อยู่ในช่วงมาตรฐาน ต้องทำการปรับปรุงสภาพน้ำ และเปลี่ยนแปลงความถี่ของการถ่ายน้ำหม้อไอน้ำ

3) การจำแนกวิธีการปรับปรุงสภาพน้ำ

จำแนกได้เป็นการปรับปรุงสภาพน้ำภายนอกหม้อไอน้ำ และการปรับปรุงสภาพน้ำภายในหม้อไอน้ำ หรือ การปรับปรุงทางกลไกเคมีและไฟฟ้า

4.2.2 การปรับปรุงสภาพน้ำภายนอกหม้อไอน้ำ (Boiler external treatment) มีจุดหมายดังนี้

ก. กำจัดสิ่งแขวนลอยและวัตถุอินทรีย์

ข. กำจัดสารละลายน้ำ

ค. กำจัดก๊าซละลายน้ำ

1) กำจัดสิ่งแขวนลอย

การกรอง ถ้าน้ำมีสารแขวนลอย น้ำจะไม่บริสุทธิ์ สารแขวนลอยมักจะเป็นประจุไฮดรอกไซด์และสารอินทรีย์ วัตถุหยาบ (ที่มีขนาด 1×10^{-2} ซม. หรือใหญ่กว่า) สามารถสะสมได้ในเวลาสั้น ๆ วัตถุที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดดังกล่าวสามารถกรองออกไปได้

การกลั่น ใช้ในการปรับสภาพกลไกปกติ ไอน้ำจะถูกนำกลับมาใช้ใหม่โดยการกลั่นตัวเป็นน้ำ แล้วป้อนเข้าหม้อไอน้ำใหม่ ดังนั้นมีน้ำที่รั่วออกไปเท่านั้นที่เราต้องป้อนเข้าชดเชย อย่างไรก็ตามวิธีดังกล่าวสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงสำหรับหม้อไอน้ำขนาดกลางและเล็ก

2) การกำจัดสารละลาย

การกำจัดสารละลายแบ่งเป็นวิธีตกตะกอนทางเคมีและวิธีแลกเปลี่ยนประจุ

วิธีแลกเปลี่ยนประจุ มี 2 วิธี วิธีแรกคือใช้เรซินประจุบวกแลกเปลี่ยนกับสารประกอบ Ca^{2+} และ Mg^{2+} อีกวิธีหนึ่ง ใช้เรซินประจุลบแลกเปลี่ยนกับไอออนลบเช่น Cl^-, HCO_3^- และ SO_4^{2-}

3) การกำจัดก๊าซละลายน้ำ (Deairing)

ออกซิเจนและกรดคาร์บอนิค จะผสมกันได้ง่ายในน้ำที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำและเป็นสาเหตุเมื่อน้ำสัมผัสกับอากาศหรืออากาศที่ดูดจากปั๊มแล้วเป็นต้น ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ละลายในน้ำเป็นสาเหตุของการกัดกร่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการกัดกร่อนของออกซิเจน จะเห็นได้ชัดแต่ไม่สามารถป้องกันให้ทั้งหมด ซึ่งมากกว่า 80 % ของการกัดกร่อนมาจากออกซิเจนที่ละลายน้ำ

ดังนั้นจำต้องกำจัดก๊าซที่ละลายน้ำซึ่งใช้วิธีทางกลไกและเคมีหรือทั้ง 2 วิธีรวมกัน

4.2.3 การปรับปรุงสภาพน้ำภายในหม้อไอน้ำ (Boiler internal treatment)

เป็นการปรับปรุงเพื่อจำกัด การกระทำของสารประกอบที่อยู่ในหม้อไอน้ำโดยการเติมสารเคมีลงไป ใน Feedwater หรือ Boiler water มีจุดมุ่งหมายสำคัญนี้

1. ป้องกันการเกิดตะกรันสะสมภายในหม้อไอน้ำ
2. ป้องกันการกัดกร่อนภายในหม้อไอน้ำ
3. ป้องกันการกัดกร่อนจากน้ำป้อนและน้ำกลั่นตัว
4. ป้องกันแคร์รีโอเวอร์ (โดยเฉพาะที่เกิดจากซิลิก้า)

1) อนุมูลทำความสะอาด (Cleaning agent) ที่เติมลงไปตามตารางที่ 2.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 ก อนุมูลทำความสะอาดชนิดต่าง ๆ

สารเคมี	สูตรเคมี	การกระทำ
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (โซดาไฟ) โซดาแอช ไตรโซเดียมฟอสเฟต โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต โซเดียมเฮกซาเมตาฟอสเฟต กรดฟอสฟอริค แอมโมเนีย	NaOH $Na_2 CO_3$ $Na_3 PO_4$ $Na H_2 PO_4$ $Na_6 P_6 O_{18}$ $H_3 PO_4$ NH_3	ปรับความเป็นด่างและ pH (ปรับ pH หรือความเป็นด่างในน้ำป้อนและน้ำหม้อไอน้ำ เพื่อป้องกันการสะสมของตะกรัน และการกัดกร่อน)
โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซดาแอช ไตรโซเดียมฟอสเฟต ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต โซเดียมเฮกซาเมตาฟอสเฟต โซเดียมเตตราฟอสเฟต	Na OH $Na_2 CO_3$ $Na_3 PO_4$ $Na_2 HPO_4$ $Na_6 P_6 O_{18}$ $Na_6 P_4 O_{13}$	ทำน้ำอ่อน (สร้างตะกอนแทนตะกรัน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 ข อนุมูลที่ทำความสะอาดชนิดต่าง ๆ

สารเคมี	สูตรเคมี	การกระทำ
แทนนิน (tannin พวกกากกาแฟ) ลิกนิน (Lignin) สตาร์ช (starch-พวกแป้ง)	$(C_6 H_{10} O_5)n$	ปรับสารละลายให้เป็นตะกอน เพื่อถ่ายออกไปได้ง่ายและป้องกัน การเกิดตะกรัน
โซเดียมซัลไฟท์ โซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟท์ ไฮดราซีน แทนนิน	$Na_2 SO_3$ $Na HSO_3$ $N_2 H_4$	กำจัดออกซิเจนออกไป เพื่อป้องกัน การกัดกร่อน
โซเดียมไนเตรด โซเดียมฟอสเฟต แทนนิน ลิกนิน	$NaNO_3$	ป้องกันสาเหตุการเปราะร้าวของโลหะ
polymide ของกรดไขมัน อัลกอฮอล์ของกรดไขมัน		ป้องกันการเกิดฟอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) การป้องกันการสะสมของตะกรันในหม้อไอน้ำ

ถ้าตะกรันเกาะติดอยู่บนพื้นผิวรับความร้อนตะกรันจะไปลดประสิทธิภาพการส่งผ่านความร้อนและเกิดปัญหาโอเวอร์ฮีทตามมา

การใช้สารเคมีป้องกันการสะสมของตะกรัน จะใช้อนุมูลซึ่งทำให้น้ำอ่อนอนุมูลเหล่านี้คือ Na_2CO_3, NaOH, Na_3PO_4, Na_2HPO_4 สารเคมีเหล่านี้จะมีปฏิกริยากับกรดนอนคาร์บอนิค และก่อตัวเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ เช่น ตะกอน ซึ่งจะกำจัดโดยง่าย

$$Ca\,SO_4 + Na_2CO_3 \longrightarrow Ca\,CO_3\downarrow + Na_2SO_4$$

$$Mg\,Cl_2 + 2\,NaOH \longrightarrow Mg(OH)_2\downarrow + 2\,NaCl$$

$$3\,CaSO_4 + 2\,Na_3PO_4 \longrightarrow Ca_3(PO_4)_2\downarrow + 3\,Na_2SO_4$$

นอกเหนือจากอนุมูลข้างต้น แทนนินและลิกนินซึ่งเป็นสารอินทรีย์จะใช้เป็นอนุมูลปรับความเป็นตะกอนในหม้อไอน้ำ ซึ่งป้องกันสารก่อตัวในการทำน้ำอ่อน

3) การป้องกันการกัดกร่อนในหม้อไอน้ำ

การกัดกร่อนเป็นผลมาจากของแข็งละลายน้ำ ซึ่งถูกจำกัดสำหรับปัญหาความเค้นของการกัดกร่อนและการแตกร้าว เพื่อที่จะป้องกันปัญหาดังกล่าวควรกระทำดังนี้

ก. รักษาความเข้มข้นไนเตรต ประมาณ 20-30 % ในหม้อไอน้ำ เพื่อต่อต้านการเกิด OH

ข. รักษาความเข้มข้นฟอสเฟตโดยให้กรดฟอสฟอรัส 300 ppm ถ้า pH สูงถึง 12

4) การป้องกันการกัดกร่อนของน้ำป้อนและน้ำกลั่นตัว

เมื่อน้ำป้อนและน้ำกลั่นมีสารกัดกร่อน สารที่ก่อตัวในการกัดกร่อนจะเข้าสู่หม้อไอน้ำ และสะสมอยู่บนผิวรับความร้อน จากนั้นจะเร่งการกัดกร่อนโดยสร้างประจุไฟฟ้าในช่องว่างระหว่างโมเลกุลของออกซิเจน ดังนั้น ควรจะกำจัดก๊าซที่ละลายน้ำได้เช่นกันออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ก็ไม่ควรให้น้ำมี pH ลดลง ถ้ากำจัด CO_2 ก่อน pH จะลดลง ดังนั้น ควรจะกำจัดออกซิเจนก่อน ด้วยวิธีทางกลไกแล้วค่อยใช้วิธีทางเคมีตามมา

ก. อนุมูลกำจัดออกซิเจน (วิธีทางเคมี)

ไม่ควรใช้อนุมูลกำจัดออกซิเจนกับน้ำป้อน เพราะปฏิกริยาของมันจะมีอันตรายต่อการทำงานของหม้อไอน้ำ อนุมูลที่จะกล่าวถึงคือ

โซเดียมซัลไฟท์

นิยมมากเพราะหาง่ายและราคาถูก ในการกำจัดออกซิเจน 1 ppm จะต้องใช้โซเดียมซัลไฟท์ 9 ppm ดังนั้นต้องระมัดระวังในการเพิ่มความเข้มข้นของสารของแข็งละลายน้ำในหม้อไอน้ำ เพราะจะเป็นสาเหตุการเกิดแคร์รี่โอเวอร์

ไฮดราซีน

จะทำปฏิกริยากับออกซิเจนได้ ไนโตรเจนและน้ำ และไม่สามารถรวมตัวกับสารละลายใด ๆ

อย่างไรก็ตามจะใช้ไฮดราซีน เป็น 2 เท่า ของออกซิเจนดังนั้นควรใช้ไฮดราซีน หลังจากวิธีกำจัดอากาศ

ข. การปรับอนุมูลของ pH

จะต้องเพิ่ม pH ถึง 8.0 - 9.0 เพื่อที่จะป้องกันการกัดกร่อนในท่อน้ำกลั่นตัวอนุมูลที่จะใช้ปรับ pH ดังกล่าวคือ แอมโมเนียและ Volatile amines

5) การป้องกันแคร์รี่โอเวอร์

แคร์รี่โอเวอร์คือ ปรากฏการณ์ซึ่งของแข็งและก๊าซละลายในหม้อไอน้ำจะถูกพัดพาออกไปจากหม้อไอน้ำไปกับไอน้ำ สาเหตุของแคร์รี่โอเวอร์ มีดังนี้

ก. การเกิดฟองของน้ำหม้อไอน้ำ

เนื่องจากมีสารอินทรีย์และสารแขวนลอยมากเกินไป

ข. สาเหตุจากโครงสร้างของหม้อไอน้ำ

เครื่องแยกอากาศ (Air separater) เสีย หรือติดตั้งไม่ถูกต้อง

ค. สาเหตุจากการทำงานของหม้อไอน้ำ

มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรง ของปริมาณการกลายเป็นไอ ความดันอุณหภูมิและระดับน้ำ ดังนั้น การถ่ายน้ำจะต้องไปเพิ่ม

ความเข้มข้นของสารแขวนลอยและสารละลาย ในหม้อไอน้ำ สำหรับแคร์รีโอเวอร์จาก ซิลิก้า จะมีปัญหามากเพราะซิลิก้าจะมีความเหนียวและกำจัดยาก

6) การใช้สารเคมี

ต่อไปนี้เป็นคำแนะนำการใช้อนุมูลทำความสะอาดในการใช้งานจริง

ก. สารเคมีสำหรับปรับ pH และปรับความเป็นด่าง และการทำน้ำอ่อน (Softening) คือ โซดาไฟ (NaOH) โซเดียมไดโฮโดรเจนฟอสเฟต ($Na_2 H_2 PO_2 H_2O$) โซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($Na_2 HPO_4 12H_2O$) ไตรโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($Na_3 PO_4 12H_2O$) โซเดียมเฮกซาเมตาฟอสเฟต ($(NaPO_3)_6$) โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต ($Na_5 P_3 O_{10}$)

ข. สารเคมีสำหรับกำจัดออกซิเจน คือ ไฮดราซีน ($N_2 H_4$) โซเดียมซัลไฟท์ ($Na_2 SO_3$)

ค. สารเคมีสำหรับป้องกัน Caustic deterioration คือ โซเดียมไนเตรต ($NaNO_3$) โซเดียมไนไตรท์ ($NaNO_2$)

ง. สารเคมีสำหรับเพิ่ม pH และป้องกันการกัดกร่อนในท่อน้ำกลั่นตัว คือ Valatile amines

ในการใช้อนุมูลทำความสะอาดเสร็จแล้วจะต้องรักษา PO_4^{3-} ในหม้อไอน้ำให้คงที่ด้วย

ข้อสังเกตุ

1. อนุมูลกำจัดออกซิเจนต้องใช้เมื่อเติมน้ำในหม้อน้ำครั้งแรก

2. เติมโซเดียมซัลไฟท์ และไฮดราซีนทางด้านออกของปั๊มหอยโข่งเท่านั้น มิฉะนั้นจะกัดกร่อนอุปกรณ์ทองเหลือง

3. ถ้าหม้อไอน้ำมีเครื่องกำจัดอากาศ ก็จะใช้อนุมูลกำจัดออกซิเจนน้อยลง และค่าใช้จ่ายก็จะลดลง ในกรณีนี้ ควรวัดปริมาณออกซิเจนในน้ำที่ผ่านเครื่องกำจัดอากาศออกมา แล้วเติมอนุมูลกำจัดออกซิเจนให้เหมาะสม

4. ก่อนที่จะเติมสารเคมีลงไป ในน้ำหม้อไอน้ำ หรือน้ำป้อนให้ละลายสารเคมีด้วยน้ำหรือน้ำร้อนเสียก่อน

4.2.4 การถ่ายน้ำ (Blowdown)

1) จุดประสงค์ของการถ่ายน้ำ

น้ำหม้อไอน้ำที่มีความเข้มข้นสูง จะก่อให้เกิดการเปราะร้าว และของแข็งน้ำมันและไขมันจะเป็นสาเหตุให้เกิดฟอง การประทุ แคร์รีโอเวอร์ และ Water hammer

ถ้าหม้อไอน้ำทำงานโดยไม่ควบคุมน้ำป้อนที่เหมาะสมเป็นเวลานาน ๆ สิ่งสกปรกในน้ำป้อนจะสะสมและเกิดของแข็งขึ้น ทำให้มีความเข้มข้นมากขึ้น นอกจากนั้นการเติมสารเคมีเพื่อป้องกัน การกัดกร่อนและปรับปรุงความกระด้างของน้ำ จะทำให้มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ดังนั้นเพื่อที่จะรักษาความเข้มข้นของน้ำ ให้อยู่ในสภาวะเหมาะสม และป้องกันการกัดกร่อน ควรจะระบายออกเพื่อให้มีความเข้มข้นเหมาะสม และตะกอนที่ก่อตัวในหม้อไอน้ำก็ระบายออกไปด้วย

2) องค์ประกอบที่เป็นพื้นฐานของการถ่ายน้ำ

ก. สารละลายทั้งหมด

จะใช้มิเตอร์วัดความนำไฟฟ้า วิเคราะห์และวัดสารละลาย

ข. คลอไรด์

ในกรณีคลอไรด์ซึ่งผสมอยู่ในน้ำป้อนมาก ๆ จะต้องถ่ายออก

ค. ซิลิเกตและซัลเฟต

ซิลิเกต และซัลเฟตเป็นองค์ประกอบของตะกรันในหม้อไอน้ำ และอาจจะกำจัดได้โดยการถ่ายน้ำ ซิลิเกตบางครั้งละลายได้ ในไอน้ำความดันสูง ซิลิเกตจะละลายง่ายในน้ำหม้อไอน้ำและถ่ายออกยาก

ง. ด่าง

ถ้าด่างเกิดกลั่นตัวในระหว่างการทำงาน มันจะเป็นสาเหตุของการประทุ จึงต้องถ่ายด่างทิ้งให้เหมาะสม

จ. อื่น ๆ

เช่น น้ำมันและไขมัน สารประจุออกไซด์ สารอินทรีย์ ก็ใช้เป็นเกณฑ์ของการถ่ายน้ำ แต่องค์ประกอบเหล่านี้ ต้องกำจัดให้หมดก่อนจะป้อนน้ำเข้าหม้อไอน้ำ

3) การดำเนินการถ่ายน้ำ

ในการถ่ายน้ำสำหรับของสารแขวนลอย ควรถ่ายหลังจากหยุดจ่ายไอน้ำจะมีประสิทธิภาพดีกว่า หลังจากหยุดจ่ายไอน้ำและเวลาผ่านไปหลายชั่วโมงของแข็งแขวนลอยในหม้อไอน้ำก็จะสะสมในส่วนก้นถังเป็นตะกอน และบางส่วนไม่สามารถเอาออกได้โดยการถ่ายน้ำ ถ้ามันอยู่ห่างจากวาล์วถ่ายน้ำทิ้ง

หลังจากถ่ายน้ำแล้วก็ป้อนน้ำให้มีระดับสูงขึ้นโดย ลดความดันลงก่อน ถ้าน้ำหม้อไอน้ำ มีสภาพเลวมาก ๆ ควรเปลี่ยนน้ำใหม่

ในกรณีที่ถ่ายน้ำสำหรับการตรวจสอบหรือทำความสะอาด ควรถ่ายหลังจากน้ำเย็นลงเป็นปกติเสียก่อน

4) วิธีการถ่ายน้ำ

มี 2 วิธีคือ ถ่ายเป็นช่วง ๆ และถ่ายอย่างต่อเนื่อง ปกติแล้วการถ่ายอย่างต่อเนื่องจะมีประสิทธิภาพดีกว่า และการปรับความเข้มข้นจะทำได้ง่ายกว่าการถ่ายน้ำเป็นช่วง ๆ แต่การถ่ายน้ำแบบต่อเนื่องจะเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่า

การถ่ายน้ำเป็นช่วง ๆ กระทำโดยการ เปิด - ปิด วาล์วและก๊อกถ่ายน้ำ วิธีนี้ควรทำทุกวันหรือมากกว่า และถ่ายด้วยปริมาณเท่า ๆ กัน และพิจารณาประสิทธิภาพและการทำงานของหม้อไอน้ำในช่วงความเข้มข้นที่กำหนดไว้

ในการใช้วาล์วถ่ายน้ำ ให้เปิดวาล์วที่ด้านติดกับหม้อไอน้ำก่อนแล้วค่อย ๆ เปิดวาล์วที่ด้านนอกหม้อไอน้ำ เมื่อหม้อไอน้ำหยุดทำงานแล้วก็กระทำย้อนกลับจากเดิม

การถ่ายน้ำอย่างต่อเนื่อง ถ่ายน้ำด้วยปริมาณน้อยที่สุด และปริมาณความร้อนที่ออกไปจากการถ่ายน้ำเกือบทั้งหมดจะถูกทำให้กลับคืนเหมือนเดิม ในวิธีนี้ความเข้มข้นของน้ำยังคงที่อยู่และจะมีความปลอดภัย และลดการสูญเสียความร้อน