

การพัฒนาเอกสารประกอบการสอนวิชาเครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ

สารนิพนธ์

ของ

นายสมศักดิ์ ตันติวิวัฒน์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกการบริหารการศึกษา

มีนาคม 2545

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

621.107

๘๒๕๒๖

๘.๓

การพัฒนาเอกสารประกอบการสอนวิชาเครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ
๔

บทคัดย่อ

ของ

นายสมศักดิ์ ตันตวิวัฒน์
๔

23 เม.ย. 2545



๕๗๗๘๕

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกการบริหารการศึกษา

มีนาคม 2545

๕ 146428

สมศักดิ์ ตันติวิวัฒน์. (2545). การพัฒนาเอกสารประกอบการสอนวิชาเครื่องจักรพลังน้ำและ
ไอน้ำ. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การบริหารการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ : ศาสตราจารย์
ดร.เสริมศักดิ์ วิชาลาภรณ์.

การพัฒนาเอกสารประกอบการสอนวิชาเครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ ผู้ศึกษาเรียบเรียง
ขึ้นเพื่อมุ่งพัฒนาการสอนวิชาเครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ และเป็นแนวทางในการบริหารจัดการ
ด้านการเรียนการสอนวิชาเครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ ในการเรียบเรียงผู้ศึกษาได้ค้นคว้าจาก
หนังสือและเอกสารทางวิชาการหลายฉบับ เพื่อให้มีเนื้อหาครบถ้วนและเป็นปัจจุบัน นอกจากนี้
แล้วยังให้ครูผู้สอนประเมินความเหมาะสมของเอกสารและให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้อง
ของเนื้อหา

เอกสารประกอบการสอนวิชาเครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำฉบับนี้นอกจากจะเป็นแนว
ทางในการพัฒนาเอกสารประกอบการสอนวิชาอื่น ๆ แล้ว ยังช่วยให้ครูอาจารย์ผู้สอนวิชาเครื่อง
จักรพลังน้ำและไอน้ำ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง หรือระดับ ปวส. มีเอกสารทาง
วิชาการฉบับภาษาไทยที่เป็นปัจจุบันและทันสมัยใช้สอนในสถานศึกษา ทำให้กระบวนการจัดการ
เรียนการสอนวิชาเครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำดำเนินไปด้วยดี ผู้สอนมีความรู้ความเข้าใจยิ่งขึ้น
อันก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งผู้สอนและผู้เรียน และเป็นประโยชน์ต่อผู้บริหารสถานศึกษาใช้
ประกอบการนิเทศการสอนของครูอาจารย์

เอกสารประกอบการสอนฉบับนี้ ประกอบด้วย 9 หน่วย คือ 1) เครื่องจักรพลังน้ำ
2) หม้อไอน้ำ 3) โครงสร้างและส่วนประกอบของหม้อไอน้ำ 4) อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยของ
หม้อไอน้ำ 5) น้ำสำหรับหม้อไอน้ำ 6) เชื้อเพลิงและการเผาไหม้ 7) การประหยัดพลังงานสำหรับ
หม้อไอน้ำ 8) การควบคุมและการตรวจสอบหม้อไอน้ำ และ 9) กฎหมายและมาตรฐานหม้อไอน้ำ
ในแต่ละหน่วยประกอบด้วย 1) เนื้อหาสาระโดยย่อ 2) จุดประสงค์การเรียนรู้ 3) เนื้อหาสาระ
4) กิจกรรมและสื่อ 5) การประเมินผล 6) แบบฝึกหัด และ 7) หนังสืออ่านประกอบ

THE DEVELOPMENT OF SUPPLEMENTARY READING FOR HYDRO ENGINE
AND STEAM ENGINE

AN ABSTRACT
BY
MR. SOMSAK TANTIWIWAT

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree in Educational Administration
at Srinakharinwirot University
March 2002

Somsak Tantiwiwat. (2002). *The development of supplementary reading for Hydro Engine and Steam Engine*. Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University.
Advisor : Prof. Dr. Sermsak Wisalaporn.

The development of supplementary reading for Hydro Engine and Steam Engine was re-arranged on purpose of Teaching development and Management of how effective Hydro Engine and Steam Engine Teaching could be.

To make the book content perfect and modern, several manuals and academic resources were being referred and proved by Specialists.

The lack of modern text for Hydro Engine and Steam Engine in Thai was the most serious problem in diploma level teaching. Meanwhile, this book helped in many ways, eg. Instructors got confidence in reading the content, as well as, administrators know how to give advise.

The content of this supplementary reading were follows 1) Hydro Engine. 2) Boiler. 3) Design and component of boilers. 4) Boilers and safety accessories. 5) Steam boiler and water. 6) Fuel and combustion. 7) Steam boiler and energy safe. 8) The control and inspection of Steam boilers. 9) Law and quality control of the steamboilers. Each topic comprised of 1) Brief content. 2) Objective. 3) Content in detail. 4) Activities and media. 5) Evaluation. 6) Follow up exercise. 7) Extra reading.

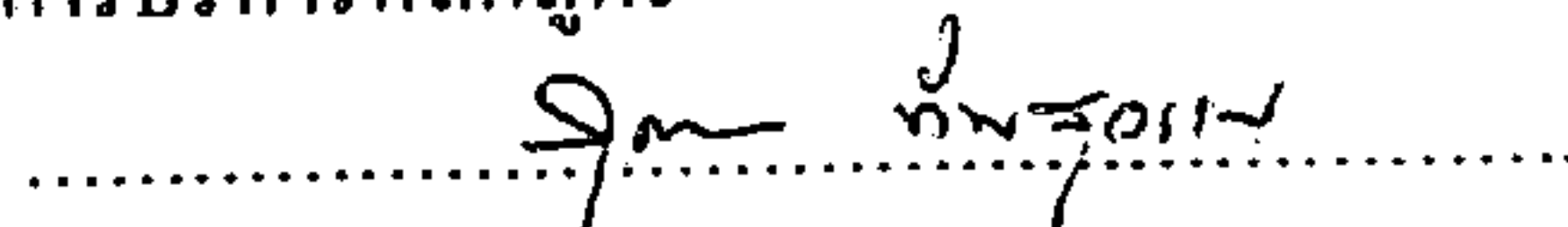
อาจารย์ที่ปรึกษา ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร และคณะกรรมการสอบ
ได้พิจารณาสารนิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกการบริหารการศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ได้

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์



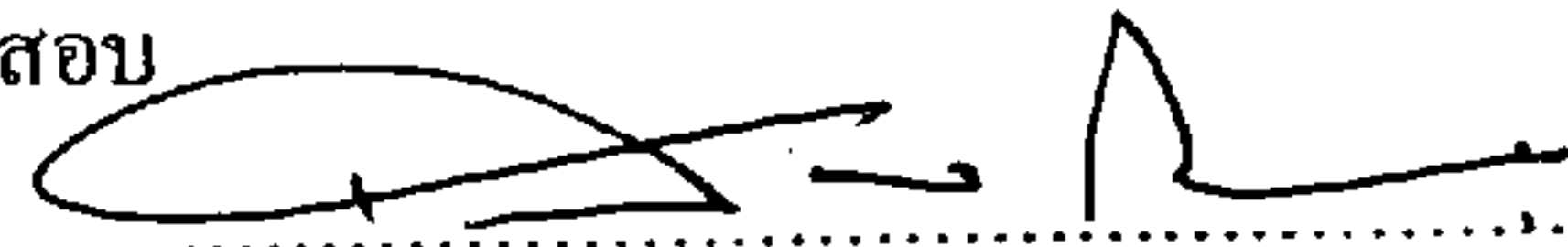
(ศาสตราจารย์ ดร. เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

ประธานกรรมการบริหารหลักสูตร



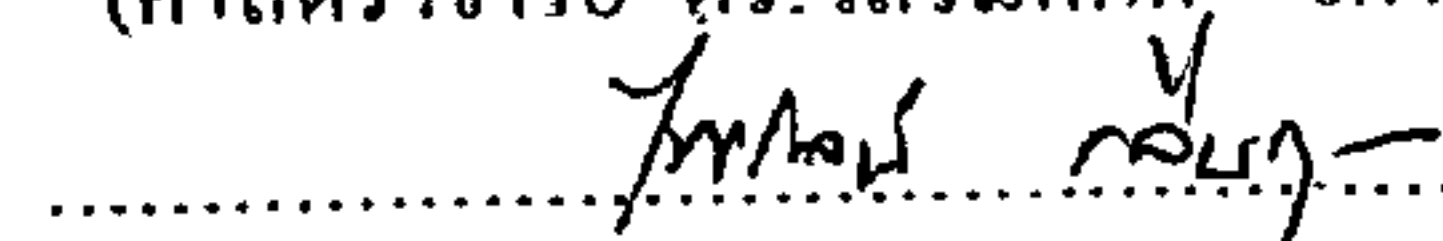
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดา ทัพสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบ



ประธาน

(ศาสตราจารย์ ดร. เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)



กรรมการ

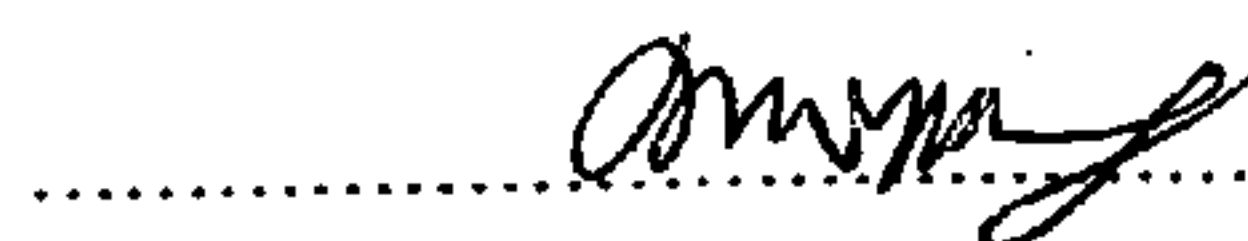
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ กลิ่นกุหลาบ)



กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดา ทัพสุวรรณ)

อนุมัติให้รับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกการบริหารการศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. कमเพชร นิตรสกุลกุล)

วันที่ 7 เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2545

ประกาศคุณูปการ

สารนิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ด้วยความกรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ พร้อมทั้งข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ จากศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิชาลาภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. สุดา ทัพสุวรรณ ประธานกรรมการบริหารหลักสูตร ผศ.ดร. ไพโรจน์ กลิ่นกุหลาบ หัวหน้าภาควิชาการบริหารการศึกษา จึงขอกราบขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์วิชัย พงษ์ธาราธิกุล ผู้อำนวยคราะห์หนังสือประกอบ การเรียบเรียงสารนิพนธ์ และเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจแก้ไขให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณ คณาจารย์จากบัณฑิตวิทยาลัย คณะสังคมศาสตร์ และคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒทุกท่านที่ให้การอบรม สั่งสอน และประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ตลอดจน ประสพการณ์ที่ดีแก่ผู้ศึกษา ขอขอบขอบคุณนิสิตปริญญาโท ภาควิเศษ สาขาการบริหารการ ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ราชบุรี) รุ่นที่ 1 และ 2 ที่กรุณาช่วยติดตามแบบสอบถามในการเรียบเรียงสารนิพนธ์ในครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์ของสารนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้ศึกษาขออุทิศแก่บิดามารดา ครูอาจารย์ผู้ ถ่วงถ่วง และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้กรุณาอบรมสั่งสอนผู้ศึกษาด้วยดี

สมศักดิ์ ดันติวิวัฒน์

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ.....	1
	ภูมิหลัง.....	1
	วัตถุประสงค์.....	3
	ความสำคัญของการพัฒนาเอกสารการสอนวิชาเครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ.....	3
	ขอบเขต.....	4
2	วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	5
	การบริหารงานวิชาการ.....	5
	แนวคิดพื้นฐานของการเรียนการสอน.....	6
	วิธีสอนที่ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ที่แท้จริง.....	7
	การปฏิรูปหลักสูตรและกระบวนการเรียนการสอน.....	8
	การพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอน.....	8
	บทบาทของครูในการพัฒนาหลักสูตรระดับห้องเรียนและบุคคล.....	9
	ความจำเป็นของนวัตกรรมการเรียนการสอน.....	10
	สื่อการเรียนสอน.....	12
	วัตถุประสงค์ของการจัดทำเอกสารประกอบการสอน.....	12
	องค์ประกอบของเอกสารประกอบการสอน.....	13
	เอกสารประกอบการสอนที่ดี.....	14
	ข้อดีของเอกสารประกอบการสอน.....	17
3	วิธีการดำเนินการศึกษาค้นคว้า.....	18
	ศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พ.ศ. 2540.....	18
	ศึกษาคำอธิบายรายวิชา.....	23
	วางแผนดำเนินการ.....	24

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3(ต่อ) ดำเนินการ.....	24
การตรวจสอบคุณภาพ.....	26
4 เอกสารประกอบการสอน.....	29
หน่วยที่ 1 เครื่องจักรพลังน้ำ.....	31
หน่วยที่ 2 หม้อไอน้ำ.....	44
หน่วยที่ 3 โครงสร้างและส่วนประกอบของหม้อไอน้ำ.....	69
หน่วยที่ 4 อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยของหม้อไอน้ำ.....	84
หน่วยที่ 5 น้ำสำหรับหม้อไอน้ำ.....	100
หน่วยที่ 6 เชื้อเพลิงและการเผาไหม้.....	125
หน่วยที่ 7 การประหยัดพลังงานสำหรับหม้อไอน้ำ.....	143
หน่วยที่ 8 การควบคุมและตรวจสอบหม้อไอน้ำ.....	170
หน่วยที่ 9 กฎหมายและมาตรฐานหม้อไอน้ำ.....	198
บรรณานุกรม.....	212
ภาคผนวก ก.....	217
ภาคผนวก ข.....	219
ประวัติย่อผู้ทำสารนิพนธ์.....	221

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

กระแสการปฏิรูปอุดมศึกษาที่เกิดขึ้นในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก นอกจากเป็นผลจากความเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทั้งด้านเศรษฐกิจ การเมือง สังคม เทคโนโลยี และวัฒนธรรม จากกระแสโลกาภิวัตน์ (Globalization) แล้ว ปัจจัยสำคัญที่เป็นแรงผลักดันให้มีการปฏิรูปอุดมศึกษาทั่วโลก ยังเกิดจากสาเหตุที่สำคัญได้แก่ การขยายตัวของปริมาณนักศึกษาและความต้องการศึกษาต่อระดับอุดมศึกษาที่เพิ่มมากขึ้นทั่วโลกกว่า 6 เท่าในรอบ 3 ทศวรรษ ความเจริญก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ความคาดหวังของสังคมที่มีต่ออุดมศึกษาในฐานะกลไกสำคัญในการพัฒนาศักยภาพทรัพยากรมนุษย์ เพื่อการพัฒนาประเทศและแข่งขันกับนานาประเทศ ปัญหาคุณภาพของผู้สำเร็จการศึกษาที่ไม่สอดคล้องกับความต้องการของผู้จ้างแรงงานและสภาพความจำกัดด้านงบประมาณจากภาวะถดถอยทางเศรษฐกิจในช่วงปลายศตวรรษที่ 20 สำหรับประเทศไทยนอกจากมูลเหตุดังกล่าวแล้ว การประกาศใช้ พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 นับเป็นแรงผลักดันสำคัญ ที่ทำให้ต้องมีการปฏิรูปการศึกษาและอุดมศึกษาอย่างเป็นรูปธรรม (รุ่ง แก้วแดง. 2543 : 3)

ประเทศต่าง ๆ ตระหนักถึงความสำคัญของอุดมศึกษา อันมีภารกิจในการผลิตกำลังคนผู้เป็นมันสมองของชาติให้ช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในคริสต์สหัสวรรษ อันมีผลกระทบต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ (สุธรรม อารีกุล. 2543 : 185)

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 มาตรา 64 ระบุว่า รัฐต้องส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการผลิตและพัฒนาแบบเรียน ตำรา หนังสือทางวิชาการ สื่อสิ่งพิมพ์อื่น โดยเร่งรัดพัฒนาขีดความสามารถในการผลิต จัดให้มีเงินสนับสนุนการผลิตและมีการให้แรงจูงใจแก่ผู้ผลิต และพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา ทั้งนี้โดยเปิดให้มีการแข่งขันโดยเสรีอย่างเป็นธรรม นอกจากนี้แล้ว มาตรา 65 ยังระบุว่า ให้มีการพัฒนาบุคลากรทั้งด้านผู้ผลิตและผู้ใช้เทคโนโลยีเพื่อการศึกษา เพื่อให้มีความรู้ความสามารถ และทักษะในการผลิต รวมทั้งการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม มีคุณภาพ และประสิทธิภาพ

สังคมทุกวันนี้เชื่อมโยง ชับซ้อน เคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว มนุษย์ไม่สามารถเผชิญกับความซับซ้อนและความเคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วได้ ในการเรียนการสอนจึงควรจัดประสบการณ์การเรียนรู้อันหลากหลายและเหมาะสมกับผู้เรียน ร่วมเรียนรู้แบบมี

ปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนในสถานการณ์จริง รู้ศักยภาพที่แตกต่างกันของนักเรียนแต่ละคนและควรส่งเสริมให้นักเรียนนำศักยภาพมาใช้ (ประเวศ วะสี. 2543 : ก-ข)

การจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นสำคัญที่สุดตามแนวทางการปฏิรูปการเรียนรู้ ของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 นั้น แม้จะเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจ และทักษะความชำนาญ แต่มีใช้สิ่งที่ยากเกินกำลังความสามารถของครูอาจารย์ที่จะนำไปสู่การปฏิบัติให้ประสบผลสำเร็จได้ ขอเพียงให้ครู คิดค้น พัฒนา แต่งเติมสีสันในกระบวนการเรียนรู้ที่ดำเนินการอยู่ และปรับเปลี่ยนจากความเคยชินสู่บรรยากาศใหม่ ๆ บทบาทของครูตามแนวการปฏิรูปสรุปได้ ดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2544 : 108-109)

1. ปรับปรุงและพัฒนาตนเองอยู่เสมอ
2. เตรียมการสอนล่วงหน้าเสมอ
3. ประเมินผู้เรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย และเหมาะสม

กระทรวงศึกษาธิการ กำหนดนโยบายประจำปีงบประมาณ 2545 ด้วยการเร่งรัดดำเนินการปฏิรูปการศึกษาตามเจตนารมณ์ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พุทธศักราช 2540 และพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 เพื่อพัฒนาสังคมไทยให้เป็นสังคมแห่งความรู้ให้คนไทยทั้งปวงได้รับโอกาสเท่าเทียมกันที่จะเรียนรู้และฝึกอบรมได้ตลอดชีวิต และมีปัญญาเป็นทุนไว้สร้างงาน สร้างรายได้ และนำประเทศให้รอดพ้นจากวิกฤติเศรษฐกิจและสังคม โดยยึดหลักการศึกษาสร้างชาติ สร้างคน และสร้างงาน ดังนี้

ด้านการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการได้กำหนดนโยบายที่สำคัญ ได้แก่

1. ปฏิรูปการเรียนรู้โดยยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง หลักการเรียนรู้ด้วยตนเอง และหลักการเรียนรู้ตลอดชีวิต เน้นพลังความคิดสร้างสรรค์ การสร้างนิสัยรักการอ่าน การจัดให้มีห้องสมุด ศูนย์การเรียนรู้ชุมชน และสื่อการเรียนรู้ประเภทต่าง ๆ อย่างทั่วถึง
2. ปรับปรุงหลักสูตรการศึกษา เพื่อให้เด็กและเยาวชนมีวินัย ใฝ่เรียน และทำงานเป็นกรมอาชีพศึกษากำหนดนโยบายปฏิรูปการอาชีวศึกษาให้เข้มแข็ง
 1. ความเชื่อมั่นแก่สาธารณชนและสังคม
 2. ความเชื่อมั่นของผู้จ้างงาน
 3. ความเชื่อมั่นของผู้เรียน

การดำเนินการปฏิรูปการอาชีวศึกษามีแนวปฏิบัติ ด้วยการเร่งรัดผลักดันพระราชบัญญัติการอาชีวศึกษาที่มีหลักการสำคัญ ได้แก่

1. กำหนดแผนพัฒนาบุคลากรในเรื่องของการบริหารจัดการและด้านวิชาการ เพื่อเตรียมความพร้อมในการจัดการศึกษาระดับปริญญาตรี

2. ร่วมกับองค์กรภาคเอกชนทั้งฝ่ายนายจ้างและลูกจ้างในการพัฒนาหลักสูตร ให้มีความสอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานและศักยภาพในการประกอบอาชีพอิสระ

จากกรณีกระแสการเปลี่ยนแปลงการอุดมศึกษาของโลก เจตนารมณ์ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 นโยบายกระทรวงศึกษาธิการ นโยบายกรมอาชีวศึกษา จำเป็นต้องปฏิรูปการศึกษา คือ การส่งเสริม พัฒนาให้ความรู้แก่ครูอาจารย์ในรายวิชาต่าง ๆ และการศึกษาในหลักสูตรมหัศจรรย์ที่เน้นให้นิสิตทำสารนิพนธ์ที่เป็นประโยชน์แก่การศึกษาจริง ผู้ศึกษาเห็นว่าหนังสือ เอกสาร หรือตำราเกี่ยวกับเครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำโดยเฉพาะฉบับภาษาไทย มีผู้ผลิตออกมาน้อยมากทำให้เกิดปัญหาแก่ผู้สอน จึงได้เรียบเรียงสารนิพนธ์เรื่องการพัฒนาเอกสารประกอบการสอนวิชาเครื่องจักรไอน้ำและพลังน้ำขึ้น เพื่อช่วยให้ครูอาจารย์ผู้ทำหน้าที่สอนได้มีความรู้ความเข้าใจ ยังผลให้เกิดประโยชน์ทั้งผู้สอน ผู้เรียน และการบริหารงานวิชาการของกรมอาชีวศึกษาอีกทอดหนึ่งด้วย

วัตถุประสงค์

การพัฒนาเอกสารประกอบการสอนวิชาเครื่องจักรไอน้ำและพลังน้ำ มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาเอกสารการสอนวิชาเครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ สำหรับนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ของกรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ
2. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเอกสารประกอบการสอน วิชาเครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ และใช้เป็นเอกสารในการบริหารงานฝ่ายวิชาการ

ความสำคัญของการพัฒนาเอกสารประกอบการสอนวิชาเครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ

การเรียบเรียงสารนิพนธ์ เรื่องการพัฒนาเอกสารประกอบการสอนวิชาเครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ มีความสำคัญดังนี้

1. ครูอาจารย์ผู้สอนวิชาเครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ มีเอกสารทางวิชาการฉบับภาษาไทยที่เป็นปัจจุบันและทันสมัยใช้สอนในสถานศึกษา
2. ครูอาจารย์ผู้สอนวิชาเครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ มีความรู้ความเข้าใจดียิ่งขึ้น อันก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งผู้สอนและผู้เรียน

3. กระบวนการจัดการเรียนการสอนวิชาเครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ สามารถดำเนินการไปด้วยดีและมีประสิทธิภาพ

4. ใช้ประกอบการนิเทศการสอนของครูอาจารย์

ขอบเขต

ในการเรียบเรียงเรื่องการพัฒนาเอกสารประกอบการสอนวิชาเครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ ซึ่งใช้ในการสอน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มีขอบเขตในการศึกษาดังนี้

1. หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พ.ศ. 2540
2. ระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)
3. เนื้อหาสาระ 9 หน่วย หน่วยละ 4 คาบ (เฉพาะหน่วยที่ 1 และ 9 หน่วยละ 2 คาบ)
4. ระยะเวลา 16 สัปดาห์ หรือ 16 ครั้ง ครั้งละ 2 คาบ คาบละ 50 นาที
5. ประเมินผลด้วยวิธีสอบ กำหนดอัตราส่วนคะแนนระหว่างภาค : ปลายภาค, 60 : 40
6. กิจกรรม ถาม-ตอบ สรุปราย และศึกษาดูงานนอกสถานที่

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาเอกสารประกอบการสอนวิชาเครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ ผู้ศึกษาได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารเกี่ยวกับการบริหารงานวิชาการ แนวคิดพื้นฐานของการเรียนการสอน วิธีที่ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ที่แท้จริง การปฏิรูปหลักสูตรและกระบวนการเรียนการสอน การพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอน บทบาทของครูในการพัฒนาหลักสูตรระดับห้องเรียนและบุคคล ความจำเป็นของนวัตกรรมการเรียนการสอน สื่อการเรียนการสอน วัตถุประสงค์ของการจัดทำเอกสารประกอบการสอน การพัฒนาเอกสารประกอบการสอน องค์ประกอบของเอกสารประกอบการสอน และข้อดีของเอกสารประกอบการสอน ดังนี้

1. การบริหารงานวิชาการ

เนื่องจากการพัฒนาเอกสารประกอบการสอน เป็นส่วนหนึ่งของการบริหารงานวิชาการ มีนักวิชาการเสนอแนวคิดเรื่องการบริหารงานวิชาการที่คล้ายคลึงกัน ดังนี้

อำภา บุญช่วย (2537 : 9) กล่าวว่า การบริหารงานวิชาการจะมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลได้ขึ้นอยู่กับผู้บริหารเป็นสำคัญ แม้มีผู้ช่วยผู้บริหารฝ่ายวิชาการทำงานด้านนี้อยู่แล้วก็มีใช้ว่า ผู้บริหารจะวางมือโดยสิ้นเชิง ในทางกลับกันผู้บริหารโรงเรียนควรตื่นตัวในงานบริหารงานวิชาการ มีความรู้ความเข้าใจเรื่องงานวิชาการ ตลอดจนเข้าใจความสำคัญ วัตถุประสงค์ ขอบข่าย และกระบวนการในการบริหารงานวิชาการ ทั้งนี้เพื่อเป็นผู้นำให้บุคลากรในโรงเรียนร่วมมือกันปฏิบัติงานให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้

กรมวิชาการ (2540 : 19) กำหนดแนวการบริหารงานวิชาการว่า ในการบริหารงานวิชาการผู้บริหารควรยึดถือเป็นคติในการปฏิบัติงานให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ เพื่อการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงให้เกิดผลกระทบที่ดีต่อความก้าวหน้าของโรงเรียน เพื่อความภาคภูมิใจของทุกฝ่ายตั้งแต่ นักเรียน ครู ผู้ปกครอง ตลอดจนประชาชนในชุมชนรอบ ๆ โรงเรียน

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2543 : 3-4) กล่าวว่า ความสำเร็จของสถานศึกษาอยู่ที่การบริหารงานวิชาการ ขอบข่ายของงานวิชาการครอบคลุมตั้งแต่การวางแผน การดำเนินการเกี่ยวกับการเรียนการสอน การจัดบริการการสอน และการวัดและประเมินผล ตลอดจนการติดตามผลการดำเนินงาน ขอบข่ายประกอบด้วย

1.1 การวางแผนเกี่ยวกับงานวิชาการ เป็นการวางแผนเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตร และการนำหลักสูตรไปใช้ การจัดการล่วงหน้าเกี่ยวกับการเรียนการสอน เช่น การประชุมเกี่ยวกับหลักสูตรการจัดปฏิทินการศึกษา ความรับผิดชอบตามภาระหน้าที่ ฯลฯ

1.2 การดำเนินงานเกี่ยวกับการเรียนการสอน เพื่อให้การสอนในสถานศึกษาดำเนินไปด้วยดี และสามารถปฏิบัติได้ จึงจำเป็นต้องดำเนินการต่างๆ ตามขั้นตอน ได้แก่

1.2.1 การจัดแบบเรียน ปกติจะใช้แบบเรียนที่กระทรวงศึกษาธิการกำหนด นอกจากนั้นครูอาจใช้หนังสืออื่นเป็นหนังสือประกอบ หรือจากเอกสารที่ครูเตรียมเอง

1.2.2 การปรับปรุงการเรียนการสอน เป็นการพัฒนาครูผู้สอนให้ก้าวหน้าทันวิทยาการ เทคโนโลยีใหม่ ๆ เพื่อพัฒนาการเรียนการสอน เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการ ความก้าวหน้าของสังคม ธุรกิจ และอุตสาหกรรม เป็นต้น

1.3 การบริหารเกี่ยวกับการเรียนการสอน จัดอำนวยความสะดวก ส่งเสริมการจัดหลักสูตรและโปรแกรมการศึกษาให้มีประสิทธิภาพและคุณภาพ

1.4 การวัดและประเมินผล เป็นกระบวนการด้านการตรวจสอบและวิเคราะห์ผลการเรียน

กล่าวโดยสรุป ความสำเร็จของสถานศึกษาขึ้นอยู่กับการบริหารงานวิชาการ และการบริหารงานจะมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลผู้บริหารจะต้องมีความรู้ความเข้าใจเรื่องงานวิชาการ ตลอดจนเข้าใจความสำคัญ วัตถุประสงค์ ขอบข่าย และกระบวนการในการบริหารงานวิชาการด้วย

2. แนวคิดพื้นฐานของการเรียนการสอน

มีผู้ให้แนวคิดเรื่องพื้นฐานของการเรียนการสอน ดังนี้

มังกร ทองสุคติ (2523 : 41) กล่าวว่า การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงระบบการศึกษาจะบรรลุผลสำเร็จต้องอาศัยองค์ประกอบสำคัญ 3 ประการ ได้แก่

1. ครูมีความตั้งใจที่จะปรับปรุงการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพอย่างจริงจัง
2. ผู้บริหารการศึกษาที่ให้ความสนับสนุน ส่งเสริม ครู อาจารย์ และผู้ร่วมงาน
3. การกำหนดแนวการเรียนการสอนที่ผ่านการกลั่นกรอง และพิจารณาอย่างดีพร้อมที่จะนำไปใช้ในการปฏิบัติได้

กรมวิชาการ (2538 : 6) กล่าวว่า ปัจจัยในการจัดการเรียนการสอน ได้แก่ สภาพความพร้อมของผู้เรียน ครู ผู้บริหารศึกษานิเทศก์ หลักสูตร และเอกสารประกอบหลักสูตร

สื่อการเรียนการสอน อาคารสถานที่ ผู้ปกครอง ชุมชน และกฎ ระเบียบ คำสั่ง แนวปฏิบัติที่เกี่ยวข้อง

ไพจิตร สดวกการ (2544 : 54) กล่าวว่า เมื่อมีนโยบายปฏิรูปการศึกษาเกิดขึ้น การมุ่งเน้นปฏิรูปการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาคุณภาพด้านกระบวนการคิดเพื่อสร้างสรรค์ปัญญา จึงนับเป็นกระบวนการที่สำคัญที่จำเป็นต้องเร่งปรับปรุงและพัฒนาอย่างจริงจัง

กล่าวโดยสรุป การเรียนการสอนเป็นกระบวนการที่ต้องพัฒนา ผู้บริหารและครู จำเป็นพัฒนาการเรียนการสอน เพื่อกำหนดแนวการจัดการเรียนการสอน

3. วิธีสอนที่ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ที่แท้จริง

มีผู้ให้แนวคิดวิธีสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ที่แท้จริง ดังนี้

สมนึก นนธิจันทร์ (2542 : 37) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่แท้จริง ให้มีความสามารถทางความคิด มีความสามารถในการแสวงหา สร้างความรู้ และมีคุณธรรมจริยธรรมที่สอดคล้องตามแนวทางการปฏิรูปการศึกษานั้น มีหลายวิธี การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบต่าง ๆ ต้องจัดให้มีองค์ประกอบการเรียนทั้งสามส่วน ได้แก่ การรับรู้ การบูรณาการ และการประยุกต์ใช้ความรู้

การรับรู้ คือการแสวงหาและรับข้อมูลจากประสาทสัมผัสต่าง ๆ เช่น ค้นคว้าจากหนังสือ เอกสาร สื่อเทคโนโลยี ทำการทดลอง ฟังเรื่องจากครู สื่อ หรือบุคคลอื่น ฯลฯ

อุทัย ดุลยเกษม (2543 : 86) กล่าวว่า แท้จริง “การสอน” เป็นเพียงวิธีหนึ่งเท่านั้นที่อาจจะช่วยให้เด็กได้เรียนรู้ แต่ยังมีอีกหลายช่องทางที่เด็กหรือมนุษย์ทั่ว ๆ ไปเรียนรู้โดยไม่จำเป็นต้องมีการสอน ช่องทางที่มนุษย์สามารถเรียนรู้ได้ เช่น การอ่าน การได้ยิน การลงมือทำการมีประสบการณ์ตรง การเลียนแบบผู้อื่น การเล่น การสังเกต เป็นต้น

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2543 : 56) กล่าวว่า การเรียนรู้ของผู้เรียนจะมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น หากผู้วางแผนการเรียนรู้ คำนึงถึงลักษณะการเรียนรู้ที่ดี วิธี การเรียนรู้ หลักการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ หลักการสอนที่มีประสิทธิภาพ และลักษณะการเรียนการสอนที่ดี การที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมายของการศึกษานั้น ขึ้นอยู่กับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เอื้อต่อการเรียนรู้ ซึ่งกระบวนการเรียนรู้ของบุคคลมีความหลากหลาย และแตกต่างกันไปตามประสบการณ์และความสามารถพื้นฐานของบุคคลนั้น ๆ

กล่าวโดยสรุป การจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่แท้จริงมีหลายช่องทางภาพ และลักษณะการเรียนการสอนที่ดีที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมายของการศึกษานั้น ขึ้นอยู่กับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เอื้อต่อการเรียนรู้

4. การปฏิรูปหลักสูตรและกระบวนการเรียนการสอน

มีผู้แสดงแนวคิดเรื่องการปฏิรูปหลักสูตรและกระบวนการเรียนการสอน ดังนี้

กษมา วรวรรณ ณ อยุรยา (กรมวิชาการ : 2540) กล่าวว่า ความมุ่งหมายสำคัญของการเรียนการสอน คือการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ครบถ้วน ตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตร ในขณะที่ผู้เรียนแต่ละคนอาจมีความสามารถในการเรียนรู้แตกต่างกัน จึงมีความจำเป็นที่ครูผู้สอนจะแสวงหาแนวทางการเรียนการสอนที่จะช่วยสนองความแตกต่างระหว่างผู้เรียน ช่วยให้ผู้เรียนที่มีข้อจำกัดทางความสามารถได้เรียนรู้ทันผู้ที่มีความสามารถสูง และบรรลุวัตถุประสงค์ของหลักสูตรได้ครบถ้วนทั่วถึงกันทุกคนในที่สุด

พีระ รัตนวิจิตร (2541 : 9) กล่าวว่า จำเป็นต้องเร่งปรับปรุงการเรียนการสอนให้เกิดผลในทางปฏิบัติอย่างมีคุณภาพ โดยพัฒนารูปแบบ เทคโนโลยี และพัฒนาห้องสมุดในสถานศึกษาให้มีคุณภาพ ปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอนให้มีความหลากหลายทั้งรูปแบบและเนื้อหา ตลอดจนให้มีความยืดหยุ่นในระยะเวลาเรียน

กล่าวโดยสรุป ในการปฏิรูปหลักสูตรและกระบวนการเรียนการสอนมีความจำเป็นที่ครูผู้สอนจะแสวงหาแนวทางการเรียนการสอนที่จะช่วยสนองความแตกต่างระหว่างผู้เรียนและปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอนให้มีความหลากหลายทั้งรูปแบบและเนื้อหา ตลอดจนให้มีความยืดหยุ่นในระยะเวลาเรียน

5. การพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอน

แผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2540 – 2544) มุ่งพัฒนาการศึกษาให้เป็นการสร้างรากฐานในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคน และได้กำหนดแผนงานหลักเพื่อการพัฒนาการศึกษาไว้ 9 แผนงาน การพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนได้ถูกกำหนดไว้ในแผนงานหลักที่ 2 ซึ่งถือเป็นหัวใจสำคัญของการพัฒนาคุณภาพการศึกษา โดยมุ่งกระบวนการเรียนการสอนให้เป็นการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยวิธีหลากหลาย และเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาทุกสถานที่ สังคมข่าวสารข้อมูล มีความรู้ใหม่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง มีปัญหาและความเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ทำให้ผู้เรียนจำเป็นต้องแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง

ไพจิตร สดวกการ (2542 : 53-54) กล่าวว่า แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาคุณภาพ การเรียนการสอน หมายถึง การเปลี่ยนแปลงคุณภาพการเรียนการสอน จากการใช้สื่อประกอบ การบรรยาย ไปสู่มิติของการใช้สื่อที่เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนมีคุณสมบัติอันพึง ประสงค์ตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตร

วิชัย ประสิทธิ์วุฒิเวชช์ (2542 : 31-32) กล่าวว่า เพื่อพัฒนาการศึกษาให้มีคุณภาพ และประสิทธิภาพ ให้เป็นกลไกในการสร้างคนให้เป็นบุคคลแห่งการเรียนรู้ สร้างองค์กรแห่ง การเรียนรู้ และสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ เพื่อให้ปวงชนชาวไทยมีศักยภาพในการพัฒนาตนเอง ให้มีคุณภาพชีวิตที่ดี สามารถอยู่อย่างไทยในสังคมโลกอย่างมีความสุข

กล่าวโดยสรุป พัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนให้เป็นการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยวิธี หลากหลาย และเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาทุกสถานที่ เพื่อให้คนไทยมีคุณภาพชีวิตที่ดี

6. บทบาทของครูในการพัฒนาหลักสูตรระดับห้องเรียนและบุคคล

แนวคิดเรื่องบทบาทของครูในการพัฒนาหลักสูตรระดับห้องเรียนและบุคคล มีดังนี้

ธวัชชัย ชัยจิรฉายากุล และอรุณี หรดาล (2539 : 82-83) กล่าวว่า หน้าที่ และบทบาทหลักของครู ได้แก่ การจัดการเรียนการสอนในระดับห้องเรียน ครูเป็นผู้ทำหน้าที่ ใช้หลักสูตรโดยตรง และหากไม่นับตัวหลักสูตรที่เป็นเอกสารแล้ว ถือได้ว่าครูคือตัวหลักสูตร ที่แท้จริง ความสำเร็จหรือล้มเหลวของหลักสูตรจึงอยู่ที่ตัวครูเป็นสำคัญ และเพื่อให้หลักสูตร ประสบความสำเร็จอย่างแท้จริง ครูจะต้องเตรียมตัว ดังนี้

6.1 ศึกษาจุดหมาย หลักการ โครงสร้าง และรายละเอียดต่าง ๆ ของตัวหลักสูตร ให้เข้าใจอย่างแท้จริง และนำไปเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับความเป็น จริง

6.2 นอกจากมีการเตรียมการเรียนการสอน ในรูปของการทำบันทึกการสอนแล้ว ที่ สำคัญที่สุดคือ ครูต้องเตรียมความรู้ในเรื่องที่จะสอนให้ทันสมัยและลึกซึ้งทุกแง่มุม เพราะการรู้ เนื้อหาและรู้จริงในเรื่องที่จะสอน ช่วยให้ครูได้เลือกสรรวิธีการสอนให้เหมาะสมกับเรื่องที่จะสอน นั้นได้

6.3 แม้จะมีหนังสือเรียนประจำวิชาต่าง ๆ เกือบทุกรายวิชา ครูยังจำเป็นต้องศึกษา หาความรู้ในรายวิชานั้น ๆ เพิ่มเติม เพื่อให้ความรู้ที่นำมาถ่ายทอดแก่ผู้เรียนทันเหตุการณ์ และตรง ความเป็นจริงอยู่เสมอ เมื่อข้อเท็จจริงเป็นเช่นนี้ ครูต้องค้นคว้าสิ่งใหม่มาเพิ่มเติม ผู้จัดพิมพ์

และรับผิดชอบหนังสือเรียนในสาขาที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ควรปรับปรุงหนังสือเรียนทุกปี แต่สิ่งที่ปฏิบัติกันมาในประเทศไทยคือ จะปรับปรุงหนังสือเรียนเมื่อมีการเปลี่ยนหลักสูตรใหม่ ซึ่งมักกระทำกันเกือบทุกช่วงระยะเวลา 10-15 ปี จากเงื่อนไขที่เป็นอยู่เช่นทำให้ครูต้องรับผิดชอบโดยตรงที่จะต้องค้นคว้าหาความรู้ใหม่ ๆ มาเพิ่มเติมให้แก่ผู้เรียน

6.4 ครูต้องเอาใจใส่และถือว่าครูคืออาชีพหลักของตนที่จะต้องเอาใจใส่ และทำให้ดีที่สุด เพื่อมุ่งมั่นในการจัดการเรียนการสอนให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

6.5 เนื่องจากครูคือหลักสูตรที่แท้จริง การเปลี่ยนหลักสูตรจึงเป็นเรื่องของการเปลี่ยนคน โดยเฉพาะครู ให้เปลี่ยนจากมีเจตคติในทางลบและมีความเฉื่อยชาต่องานอาชีพครูเป็นเชิงบวกและรักการสอนให้ได้ โดยเริ่มจากการจูงใจให้ครูมีความตระหนักและการปรับปรุงตนเอง หากเปิดโอกาสให้ปรับปรุงตนเองแล้วไม่ได้ผล ผู้บริหารต้องใช้มาตรการภายนอก เช่น มีการประเมินผลการสอนและมีมาตรการในการให้รางวัลและการลงโทษอย่างเหมาะสม เพื่อให้ครูเปลี่ยนพฤติกรรมการสอนในทางที่พึงประสงค์

6.6 เพื่อให้ครูแต่ละคนได้แสดงบทบาทการพัฒนาหลักสูตรในระดับห้องเรียน อย่างมีประสิทธิภาพ ครูต้องมีความเข้าใจอย่างแท้จริงถึงกิจกรรมการสอนทุกประเภทที่นำไปสู่การบรรลุเป้าหมายที่วางไว้ เป้าหมายหรือจุดหมายหลัก 3 ด้าน ที่มุ่งการเรียนของผู้เรียน ได้แก่ จุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และพิจารณาด้านสติปัญญา จุดมุ่งหมายที่มุ่งการเรียนรู้ประเภทเจตคติ ค่านิยม และจริยธรรม และจุดมุ่งหมายที่มุ่งการเรียนรู้ประเภททักษะที่เกิดจากการใช้ร่างกายหรืออวัยวะส่วนต่างๆ ของร่างกาย ทำงานจนเกิดความชำนาญ

กล่าวโดยสรุป บทบาทของครูในการพัฒนาหลักสูตรระดับห้องเรียนและบุคคลได้ ว่าครูจำเป็นต้องศึกษาหาความรู้ เพื่อให้ความรู้ที่นำมาถ่ายทอดแก่ผู้เรียนทันเหตุการณ์ และตรงความเป็นจริง ต้องมีความเข้าใจอย่างแท้จริงในกิจกรรมการสอนที่นำไปสู่การบรรลุวัตถุประสงค์

7. ความจำเป็นของนวัตกรรมการเรียนการสอน

นวัตกรรมการเรียนการสอนมีความจำเป็นต่อการศึกษา ดังนี้

ลำลี ทองทิว และปรีชา คัมภีรปกรณ (2538 : 8-9) กล่าวว่า หากพิจารณา นวัตกรรมทางการศึกษา คือศึกษาศาสตร์แล้ว สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

7.1 นวัตกรรมทางการบริหารหรือการจัดการศึกษา

7.2 นวัตกรรมทางการเรียนการสอน

ความจำเป็นที่ต้องมีนวัตกรรมทางการเรียนการสอนโดยสังเขป มีดังนี้

1) ความแตกต่างของกลุ่มผู้เรียน ในการเรียนการสอนนั้น ผู้สอนต้องยอมรับว่าผู้เรียนในความรับผิดชอบของตนมีความแตกต่างกันในด้านต่าง ๆ

2) ความก้าวหน้าทางวิทยาการด้านอื่น โดยความเป็นจริง การจัดการศึกษาต้องทำเพื่อเป็นตัวแทนทางวิชาการด้านต่าง ๆ แต่จากความก้าวหน้าทางวิทยาการด้านต่าง ๆ การศึกษาต้องจัดให้สอดคล้องกับความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

3) ความเปลี่ยนแปลงในเนื้อหาสาระวิชา จากการค้นพบและการเสนอแนวคิดใหม่ในแขนงวิชาการต่าง ๆ ทำให้ผู้สอนต้องคิดหาวิธีการสอนที่เหมาะสมมาสอนให้สอดคล้องกับเนื้อหาวิชา จึงทำให้เกิดนวัตกรรมทางการเรียนการสอนขึ้น

4) เพื่อเป็นการพัฒนาวิชาชีพ เนื่องจากวิชาชีพการสอนเป็นวิชาชีพชั้นสูง สมาชิกของวิชาชีพต้องมีการศึกษาค้นคว้าอยู่เสมอ เพื่อพัฒนาความรู้ความสามารถในด้านวิชาชีพ ให้เป็นที่ยอมรับของวงการวิชาชีพชั้นสูงอื่น ๆ

5) เพื่อเป็นการบริการแก่กลุ่มผู้เรียนได้กว้างขวางขึ้น นอกจากจะให้การศึกษแก่คนหลายกลุ่ม ตามข้อ 1) แล้ว ผู้เรียนบางกลุ่มยังต้องการศึกษาโดยผ่านสื่อต่าง ๆ แทนผู้สอนโดยตรง เพราะติดภารกิจในการประกอบวิชาชีพหรือเหตุผลอื่นใด จึงทำให้ต้องหาวิธีการใหม่ ๆ ที่ทำให้ผู้เรียนได้เรียนตามความต้องการโดยอาศัยสื่อทั้งสื่อทางเดียวและสื่อสองทาง

บุญเกื้อ ควรหาเวช (2543 : คำนำ) กล่าวว่า นวัตกรรมการศึกษาเป็นปัจจัยสำคัญยิ่งที่จะทำให้เกิดการพัฒนาไปสู่สิ่งที่ดีกว่า หากการศึกษาหยุดนิ่ง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเท่ากับกำลังนับถอยหลังหรือถลำหลัง เนื่องจากวงการต่าง ๆ ในสังคมไม่เคยหยุดนิ่ง

กิดานันท์ มลิทอง (2543 : 21) การเรียนการสอนต้องอาศัยกระบวนการต่าง ๆ ของการสื่อสารมาใช้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ทั้งนี้เพื่อเป็นหลักในการจัดสื่อและวิธีการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับสภาพการณ์ นอกจากนี้แล้วยังช่วยในการเตรียมตัวของผู้สอนให้คำนึงถึงข้อจำกัดและอุปสรรคต่าง ๆ อันจะบั่นทอนประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการเรียนการสอนให้ลดลง

กล่าวโดยสรุป นวัตกรรมการเรียนการสอนมีความจำเป็นต่อการศึกษานั่นเองมาจากการเปลี่ยนแปลงของสังคม ความก้าวหน้าในด้านต่าง ๆ ตลอดจนความแตกต่างของผู้เรียน และเพื่อขจัดอุปสรรคต่าง ๆ ที่จะบั่นทอนประสิทธิภาพของการเรียนการสอน

8. สื่อการเรียนการสอน

นักวิชาการได้ให้แนวคิดเรื่องสื่อการเรียนการสอน ดังนี้

อำภา บุญช่วย (2533 : 98-101) กล่าวว่า ในการเรียนการสอนโดยทั่วไปจะมีองค์ประกอบที่สำคัญอยู่ 3 ประเภท คือ ผู้สอน ผู้เรียน และสื่อการเรียนการสอน สื่อการเรียนการสอนที่ใช้กันมาก คือ ภาษาพูดและภาษาเขียน ต่อมาได้มีการพัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ ปัจจุบันพบว่าสื่อการเรียนการสอนมากมายหลายชนิด และถือว่าสื่อการเรียนการสอนคือมือที่สามของครู ช่วยให้ครูสอนได้สนุก และมีประสิทธิภาพ ดังนั้นบทบาทของสื่อการเรียนการสอนในบทเรียนคือเป็นตัวกลาง ตัวช่วยในการให้ข้อมูลความรู้หรือสิ่งบอกกล่าวแก่ผู้เรียน แต่การใช้สื่อการเรียนการสอนให้ได้ผลนั้น ต้องตรงกับจุดประสงค์เนื้อหา และกิจกรรมของบทเรียน อีกทั้งยังต้องใช้อย่างประหยัด และคุ้มค่าด้วย

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2543 : 23) กล่าวว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการสันนิเวศนาการหรือกระบวนการสื่อสารที่ต้องมี (1) ผู้ส่งสารคือ ครูอาจารย์หรือผู้ฝึกอบรม (2) สาร คือเนื้อหาสาระ (พุทธิพิสัย เจตพิสัย และทักษะพิสัย) (3) สื่อ/ช่องทาง คือวัสดุ อุปกรณ์และวิธีการต่าง ๆ และ (4) ผู้รับ คือนักเรียนนักศึกษาหรือผู้รับการอบรม ในกระบวนการสื่อสาร ทุกองค์ประกอบมีความสำคัญ

กล่าวโดยสรุป สื่อการเรียนการสอนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการการจัดการเรียนการสอนและเป็นตัวกลางในการให้ข้อมูลความรู้หรือสิ่งบอกกล่าวแก่ผู้เรียน

9. วัตถุประสงค์ของการจัดทำเอกสารประกอบการสอน

แนวคิดเรื่องวัตถุประสงค์การจัดทำเอกสารประกอบการสอน มีดังนี้

พิภพ สุนทรสมัย (2531 : 3). กล่าวว่า เอกสารประกอบการสอน ต้องทันสมัย ถูกต้อง ให้คุณค่าและประโยชน์กับผู้อ่าน.

กษมา วรวรรณ ณ อยุธยา (กรมวิชาการ : 2540) กล่าวว่า การจัดทำเอกสารมีวัตถุประสงค์สำคัญ คือเพื่อให้เกิดแนวคิดเชิงหลักการ และเทคนิควิธีการเบื้องต้นสำหรับครูผู้สอนนำไปพัฒนาระบบการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับสภาพความพร้อมในสถานศึกษา ตรงกับความจำเป็นในการเรียนการสอน ลักษณะของผู้เรียน และสนองลักษณะเนื้อหาสาระความเป็นจริงของท้องถิ่น

เฉลิมศักดิ์ นามเชิงใต้ (2544 : 24-26) กล่าวว่า เอกสารประกอบการสอนจัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการสอน มีคุณภาพ และมีประโยชน์ต่อความก้าวหน้าทางวิชาการต่อนักเรียนนักศึกษา

กล่าวโดยสรุป การจัดทำเอกสารประกอบการสอนมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาระบบการจัดการเรียนการสอน อันก่อให้เกิดประโยชน์ต่อครูอาจารย์และนักเรียนนักศึกษา

11. องค์ประกอบของเอกสารประกอบการสอน

แนวคิดเรื่ององค์ประกอบของเอกสารประกอบการสอน มีดังนี้

เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์ (2536 : 8) ให้ความหมายของเอกสารประกอบการสอนว่า เอกสารประกอบการสอน หมายถึงเอกสารหรืออุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการสอนวิชาหนึ่งตามหลักสูตร มีลักษณะเป็นเอกสารหรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในวิชาที่สอน ประกอบด้วยแผนการสอน หัวข้อคำบรรยาย (มีรายละเอียดประกอบพอสมควร) และอาจมีสิ่งต่าง ๆ เพิ่มขึ้น เช่น รายชื่อบทความหรือหนังสืออ่านประกอบ

เฉลิมศักดิ์ นามเชิงใต้ (2544 : 24) ให้ความหมายของเอกสารประกอบการเรียนหรือเอกสารคำสอนว่า เอกสารประกอบการเรียนหรือเอกสารคำสอนคือเอกสารที่ครูจัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนนำไปประกอบการเรียนการสอนตามหลักสูตร

เอกสารประกอบการสอน เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของการจัดการเรียนการสอน การนำเนื้อหาสาระของรายวิชามาเรียงลำดับอย่างต่อเนื่อง พร้อมกับเพิ่มเติมสิ่งใหม่ ๆ เข้าไป เพื่อให้เหมาะสมกับการที่ครูหรือผู้ฝึกอบรมจะนำไปใช้

เอกสารประกอบการสอนประกอบด้วยแผนการสอน เนื้อหาสาระ และจุดประสงค์การเรียนรู้ มีรายละเอียด (มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ : 2540) ดังนี้

1. แผนการสอน เป็นเสมือนแผนที่ที่จะนำผู้เรียนไปสู่ความสำเร็จ
2. เนื้อหาสาระ เป็นรายละเอียดที่กำหนดความสำคัญของสาระการเรียนรู้
3. วัตถุประสงค์การเรียนรู้ เป็นความคาดหวัง หรือรูปแบบที่พึงประสงค์หลังจากการเรียนรู้

องค์ประกอบของเอกสารประกอบการสอน ทั้งข้อกำหนดของคณะกรรมการข้าราชการครู (ก.ค.) และคณะกรรมการสภามหาวิทยาลัย (ก.ม.) กำหนดไว้ตรงกันว่าประกอบด้วย

11.1 แผนการสอน

แผนการสอนประกอบด้วยส่วนสำคัญ ๆ 4 ส่วน คือ

11.1.1 จุดประสงค์การเรียนรู้

11.1.1 จุดประสงค์การเรียนรู้

11.1.2 เนื้อหาสาระ

11.1.3 วิธีสอนและกิจกรรม

11.1.4 วิธีประเมินผล

11.2 เนื้อหาของเอกสาร

เนื้อหาของเอกสารมีรายละเอียดและประเด็นที่ต้องพิจารณา ดังนี้

11.2.1 ความถูกต้อง และทันสมัยของเนื้อหา หมายถึง เนื้อหาสาระในเอกสารจะต้องถูกต้องตามหลักวิชาของศาสตร์สาขานั้น ๆ อีกทั้งควรเป็นเนื้อหาที่ทันสมัย

11.2.2 ความครอบคลุมของขอบข่ายรายวิชา หมายถึงเนื้อหาในเอกสารนั้นจะต้องครอบคลุมหัวข้อเรื่องที่เป็นสาระสำคัญตามที่ระบุไว้ในหลักสูตร

11.2.3 การเรียบเรียงเนื้อหา หมายถึง การจัดลำดับ ขั้นตอนในการเสนอเนื้อหาในเอกสารควรเป็นไปตามลำดับ เพื่อให้เข้าใจง่าย

11.2.4 การใช้ภาษา หมายถึง การใช้สำนวนภาษาในการเขียนตามแบบแผนของภาษาเขียน หากใช้คำศัพท์ทางเทคนิค และคำศัพท์บัญญัติ ควรถูกต้องตามความนิยมของวงวิชาการแขนงนั้น ๆ

11.3 คุณค่าของเอกสาร หมายถึง ประโยชน์อันพึงจะได้รับจากเอกสารที่มีต่อการเรียนการสอน ตลอดจนการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม

กล่าวโดยสรุป เอกสารประกอบการสอนประกอบด้วย วัตถุประสงค์ เนื้อหา สาระวิธีสอนและกิจกรรม และวิธีประเมินผล ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอน

12. เอกสารประกอบการสอนที่ดี

แนวคิดเรื่องเอกสารประกอบการสอนที่ดี เอกสารประกอบการสอนที่ดีมีองค์ประกอบ (วารสารสุขศึกษา – พลศึกษา - สันทนาการ. 2539) ดังนี้

1. ความถูกต้องในเนื้อหาวิชาการ ข้อเท็จจริง และการอ้างอิง
2. ความดีเด่นทางวิชาการ แนวคิดใหม่ และความลึกซึ้งทันสมัยของเนื้อหาสาระ และครอบคลุมหลักสูตร
3. ความสามารถในการแต่งเรียบเรียง การใช้ภาษา ความสอดคล้องของเนื้อหา และการทำความเข้าใจ
4. รูปแบบลักษณะของผลงาน การพิมพ์ การทำเชิงอรรถ บรรณานุกรม และความปราณีต

5. ประโยชน์ในด้านความก้าวหน้าทางวิชาการ

6. ลักษณะความมุ่งหมายและการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

เด่นศิริ สิ้นสืบทผล* (2540 : 24) กล่าวว่า ลักษณะผลงานทางวิชาการที่มีคุณค่า ต้องมีคุณสมบัติพร้อม ทั้งปริมาณและคุณภาพ ผู้จัดทำต้องตระหนักในเรื่องต่าง ๆ ดังนี้

1. การเตรียมตัวที่ดี ในการเป็นครูอาจารย์ที่ดี ต้องมีความพร้อมในทุกด้าน อันได้แก่ การวางแผนการสอน การเตรียมการสอน การศึกษาค้นคว้า และการประเมินผล ฯลฯ และสิ่งที่สำคัญสำหรับอาชีพครู คือ การค้นคว้าหาความรู้จากภายนอกมาสู่ห้องเรียน การอ่านค้นคว้าในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่จะสอน ควรศึกษาจากหนังสือหลาย ๆ เล่ม เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบว่าเนื้อหาตอนใดดีที่สุด ถูกต้องที่สุด และทำให้ผู้เรียนได้รับประโยชน์สูงสุด

2. การเรียบเรียงที่มีระบบ

ผู้เขียนผลงานวิชาการ ต้องคำนึงถึงสิ่งต่าง ๆ ในการเรียบเรียงดังนี้

2.1 การนำผลงานผู้อื่นหลายเล่มมารวมกัน ต้องมีการเรียบเรียงใหม่ พร้อมทั้งเสนอข้อคิด ความเห็นในส่วนที่เป็นของผู้เรียบเรียงเพิ่มเติมไว้ด้วย

2.2 ข้อมูลต้องทันสมัย เป็นปัจจุบัน และต้องแสดงแหล่งที่มาของข้อมูล ข้อมูลที่แสวงหามาควรเป็นข้อมูลปฐมภูมิ

2.3 ต้องกำหนดวัตถุประสงค์ในการจัดทำให้ชัดเจน และเสนอเนื้อหาสาระของผลงานให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

2.4 เนื้อหาสาระต้องไม่สรุปจนย่อเกินไป จะทำให้อ่านเข้าใจยาก

2.5 เว้นผลงานที่แสดงผลการนำทฤษฎี หรือหลักการไปประยุกต์ใช้เป็นผลงานที่น่าสนใจกว่าผลงานที่มุ่งไปเชิงทฤษฎีหรือหลักการอย่างอย่างเดียว

2.6 การจัดบท ต้องสอดคล้องกัน แต่ละบทความมีความยาวพอ ๆ กัน หากแต่ละบทความมีการสรุป ต้องเขียนสรุปเหมือนกันทุกบท

2.7 การเรียงลำดับเนื้อหาสาระ ควรเรียงอย่างมีระบบ หากใช้ระบบใดต้องใช้ระบบนั้นเหมือนกันทั้งหมด เช่น เรียงลำดับจากง่ายไปหายาก เรียงตามลำดับเหตุการณ์ หรือเรียงตามลำดับเวลา

2.8 ตัวอย่างที่ยกมาประกอบต้องทันสมัย

2.9 เนื้อหาสาระแต่ละเรื่องควรสรุปเพียงครั้งเดียว

2.10 แบบฝึกหัดที่ใช้ประกอบผลงานวิชาการ ต้องมีคำอธิบายวิธีทำชัดเจนสอดคล้อง

สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และครอบคลุมวัตถุประสงค์ทุกข้อ หลีกเลี่ยงความจำเป็นอย่างเดียว
ต้องไม่ลอกมาจากคู่มือที่พิมพ์ขาย หากเป็นแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้ต้องพิมพ์ไว้ท้ายทุกบท
และแบบฝึกหัดต้องมีความเชื่อมั่นสูง

3. ใช้ภาษาที่ได้มาตรฐาน

ผู้เรียบเรียงต้องตระหนักในเรื่องที่สำคัญที่สุดเพราะภาษาไทยมีระดับการใช้ภาษา
หลายระดับ เช่น ภาษาปาก ภาษาแบบแผน ในการเรียบเรียงมีข้อพึงระวังในการใช้ภาษา ดังนี้

3.1 การใช้คำนิยามศัพท์ ควรศึกษากันกว่าให้ถูกต้อง ครอบคลุมความหมายของ
ศัพท์นั้น

3.2 ศัพท์ทางวิชาการคำใดที่บัญญัติศัพท์ใช้แล้ว ให้ใช้ภาษาไทย เช่น สัมมนา
เจตคติ วิสัยทัศน์ ฯลฯ

3.3 การใช้คำราชาศัพท์ ต้องใช้ให้ถูกต้องตามหลักภาษาไทย

3.4 การใช้คำย่อ ต้องใช้เหมือนกันตลอดทั้งเล่ม แต่การทำผลงานวิชาการไม่นิยม
ใช้คำย่อ เว้นแต่คำย่อที่ใช้เป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไป เช่น พ.ศ. ค.ศ. เป็นต้น

3.5 การใช้คำภาษาต่างประเทศ ควรใช้เมื่อจำเป็นเท่านั้น และเมื่อใช้คำภาษาต่าง
ประเทศในคำแรกแล้ว หากมีคำนั้นซ้ำไม่ต้องใช้อีก ใช้เฉพาะภาษาไทยเท่านั้น และการใช้คำ
ภาษาต่างประเทศไม่ควรใช้ทับศัพท์ เช่น คำว่า เปอร์เซนต์ ควรใช้คำว่า ร้อยละ

3.6 จำนวนภาษา ต้องใช้จำนวนภาษาที่เป็นภาษาเขียน ที่เป็นแบบแผน และ
ภาษาที่ใช้ในราชการเท่านั้น ยกเว้นหนังสืออ่านสำหรับเด็ก ควรใช้ภาษาพูดให้เหมาะสมกับเรื่อง
และกับวัยเด็ก

4. การจัดพิมพ์ที่ถูกต้อง

ในการจัดพิมพ์มีข้อควรคำนึง ดังนี้

4.1 ไม่ควรพิมพ์แยกคำไว้ต่างบรรทัด เช่น สา-มารณ

4.2 การแก้คำผิด ควรใช้วิธีพิมพ์ใหม่ทั้งหน้า หากแก้ไม่ได้จริง ๆ ให้พิมพ์ใบแก้
คำผิดแทรกควรพิมพ์ด้วยตัวอักษรเหมือนกัน และมีขนาดเท่ากันทั้งเล่มเว้นแต่ข้อความที่ต้องการ
เน้น

4.3 การพิมพ์ควรสะอาดตลอดทั้งเล่ม

4.4 ควรใช้กระดาษขาวล้วน

4.5 รูปแบบการพิมพ์ จะใช้ระบบใดต้องใช้ระบบนั้นตลอดทั้งเล่ม

เจลิมศักดิ์ นามเชียงใต้ (2544 : 25) กล่าวว่า เอกสารประกอบการสอนที่ดีต้องมีคุณภาพ มีเนื้อหาสาระ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เป็นประโยชน์ต่อความก้าวหน้าทางวิชาการ และเป็นประโยชน์ต่อนักเรียนนักศึกษา

กล่าวโดยสรุป เอกสารประกอบการสอนที่ดี ต้องมีความถูกต้อง สมบูรณ์ ทั้งเนื้อหาสาระและรูปแบบ เป็นประโยชน์ต่อความก้าวหน้าทางวิชาการและต่อนักเรียนนักศึกษา

13. ข้อดีของเอกสารประกอบการสอน

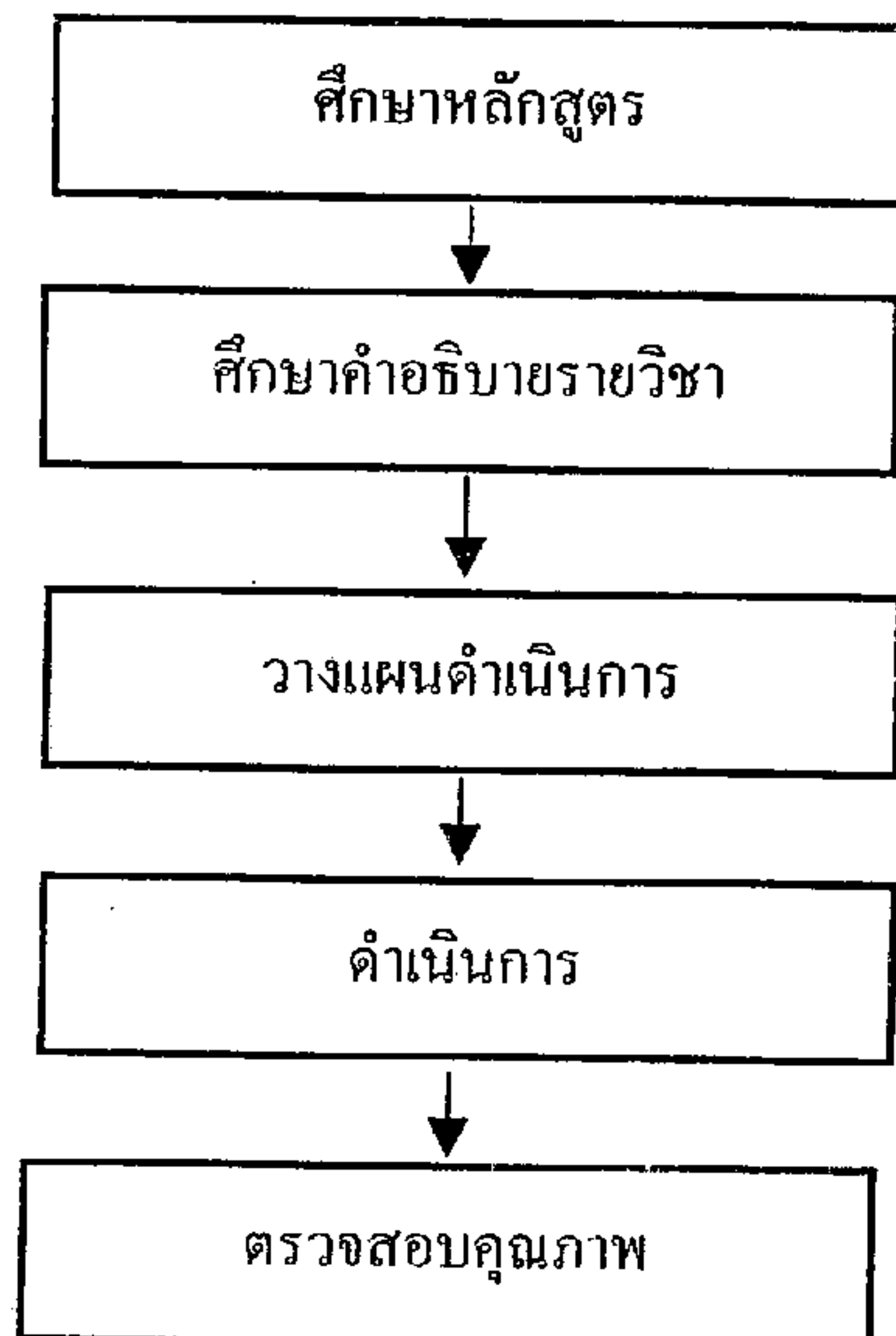
สื่อการสอนแต่ละประเภทล้วนมีข้อดีที่แตกต่างกัน สำหรับเอกสารการสอนซึ่งเป็นสื่อสิ่งพิมพ์มีข้อดี กิดานันท์ มลิทอง (2543 : 112) กล่าวว่า ข้อดีของเอกสารประกอบการสอนมีดังนี้

- 13.1 ผู้เรียนสามารถเรียนได้ตามอัตราความสามารถของแต่ละบุคคล
- 13.2 เหมาะสำหรับการอ้างอิงหรือทบทวน
- 13.3 สะดวกในการแก้ไขและปรับปรุงเนื้อหาใหม่
- 13.4 เหมาะสำหรับการเรียนรู้ที่ดีวิธีหนึ่ง

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการศึกษาค้นคว้า

วิธีการศึกษาค้นคว้าเรื่อง การพัฒนาเอกสารประกอบการสอนวิชาเครื่องจักรพลังน้ำ และไอน้ำ ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้



1. ศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พ.ศ. 2540

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พ.ศ. 2540 ของกรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ มีรายละเอียดดังนี้

1. หลักการ

หลักการของหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พ.ศ. 2540 ประกอบด้วย

1.1 เป็นหลักสูตรที่มุ่งผลิต และพัฒนาแรงงานระดับผู้ชำนาญการเฉพาะสาขา อาชีพตามความต้องการของตลาดแรงงาน ทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับประเทศ

1.2 เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนตามความถนัด ความสามารถ และความสนใจ สามารถถ่ายโอนผลการเรียน เทียบความรู้และประสบการณ์จากแหล่งวิทยาการ สถานประกอบการ และสถานประกอบอาชีพอิสระ

1.3 เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้สถานศึกษา จัดวิธีเรียนวิธีสอนที่หลากหลาย สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน และท้องถิ่น

1.4 เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้ชุมชน ท้องถิ่น ทั้งภาครัฐและเอกชนมีส่วนร่วมพัฒนาหลักสูตรและจัดการศึกษา เพื่อให้ตรงความต้องการ สอดคล้องกับสภาพชุมชนและท้องถิ่นนั้น ๆ

2. จุดมุ่งหมาย

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พ.ศ. 2540 กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ กำหนดจุดมุ่งหมายไว้ดังนี้

2.1 เพื่อให้มีความรู้และทักษะในวิชาสามัญ สำหรับเป็นพื้นฐานในการดำรงชีวิต การศึกษา ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น ทนต่อการเปลี่ยนแปลงทางวิทยาการ และเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

2.2 เพื่อให้มีทักษะในงานอาชีพระดับผู้ชำนาญเฉพาะทาง สามารถนำไปประกอบอาชีพและพัฒนางานอาชีพให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงาน

2.3 เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพ มีความมั่นใจและภาคภูมิใจในงานอาชีพ รักหน่วยงาน สามารถทำงานเป็นหมู่คณะได้ดี

2.4 เพื่อให้เป็นผู้มีปัญญา มีนิสัยใฝ่เรียน มีความคิดสร้างสรรค์ มีความสามารถในการจัดการ การตัดสินใจและการแก้ปัญหา รู้จักแสวงหาแนวทางใหม่ ๆ มาพัฒนาตนเอง พัฒนางาน

2.5 เพื่อให้มีบุคลิกภาพที่ดี มีมนุษยสัมพันธ์ มีคุณธรรม ขยัน ซื่อสัตย์ มีวินัย มีสุขภาพกายใจสมบูรณ์แข็งแรง

2.6 เพื่อให้เป็นผู้มีพฤติกรรมทางสังคมที่ดีงามทั้งในการทำงาน การอยู่ร่วมกัน มีความรับผิดชอบต่อครอบครัว หน่วยงาน ท้องถิ่น และประเทศชาติ อุทิศตนเพื่อสังคม เข้าใจและเห็นคุณค่าของศิลปวัฒนธรรมไทย ภูมิปัญญาท้องถิ่น ตระหนักในปัญหาและความสำคัญของสิ่งแวดล้อม

2.7 เพื่อให้เห็นคุณค่าและดำรงไว้ซึ่งความมั่นคงของชาติ ศาสนา และพระมหากษัตริย์ ปฏิบัติตนในฐานะพลเมืองดีตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์เป็นประมุข

3. โครงสร้าง

ผู้สำเร็จการศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พ.ศ. 2540 สาขาวิชาช่างยนต์ ต้องศึกษาในหมวดวิชาต่าง ๆ ไม่น้อยกว่า 90 หน่วยกิต ดังโครงสร้าง ต่อไปนี้

3.1 หมวดวิชาพื้นฐาน 18 หน่วยกิต
ประกอบด้วย

รหัส	ชื่อวิชา	ท - ป - น
3000-1101	ภาษาไทยเพื่ออาชีพ	1 - 2 - 2
3000-1211	ภาษาอังกฤษเทคนิค 1	1 - 2 - 2
3000-1212	ภาษาอังกฤษเทคนิค 2	1 - 2 - 2
3000-1303	การพัฒนาประสบการณ์วิชาชีพ	1 - 2 - 2
3000-1405	วิทยาศาสตร์ 5	1 - 2 - 2
3000-1502	คณิตศาสตร์ 2	1 - 2 - 2
3000-1505	คณิตศาสตร์ 5	1 - 2 - 2
3000-1502	จิตวิทยาการทำงาน	1 - 2 - 2
รวม		14 - 8 - 18

3.2 หมวดวิชาชีพ ไม่น้อยกว่า 60 หน่วยกิต
หมวดวิชาชีพประกอบด้วย

3.2.1 วิชาชีพพื้นฐาน 17 หน่วยกิต
ประกอบด้วย

รหัส	ชื่อวิชา	ท - ป - น
3101- 0101	กลศาสตร์วิศวกรรม	3 - 0 - 3
3101- 0103	กลศาสตร์ของไหล	3 - 0 - 3
3101- 0107	นิวแมติกและไฮดรอลิกส์ ก.	3 - 0 - 3
3101- 0109	ความแข็งแรงของวัสดุ	3 - 0 - 3
3101- 0114	เทอร์โมไดนามิกส์ 1	3 - 0 - 3
3101- 0121	คอมพิวเตอร์และการใช้งาน	3 - 0 - 3
รวม		15 - 5 - 17

3.2.2 วิชาชีพเฉพาะ 23 หน่วยกิต

รหัส	ชื่อวิชา	ท - ป - น
3101-2001	เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น	2 - 0 - 2
3101-2002	เครื่องยนต์สันดาปภายใน	3 - 0 - 3

3101-2003	วิศวกรรมยานยนต์	3 - 0 - 3
3101-2004	งานซ่อมเครื่องยนต์	0 - 6 - 2
3101-2005	งานทดลองเครื่องกล	1 - 3 - 2
3101-2006	ส่งกำลังและเครื่องล่างยานยนต์	3 - 0 - 3
3101-2007	งานส่งกำลังและเครื่องล่างยานยนต์	0 - 6 - 2
3101-2008	ไฟฟ้ายานยนต์	2 - 0 - 2
3101-2009	งานไฟฟ้ายานยนต์	0 - 6 - 2
3101-2010	การแก้ปัญหาทางช่างยนต์	0 - 6 - 2
รวม		14 - 27 - 23

3.2.3 วิชาชีพเลือก ไม่น้อยกว่า 16 หน่วยกิต ประกอบด้วย

รหัส	ชื่อวิชา	ท - ป - น
3101-2101	เทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่	2 - 0 - 2
3101-2102	งานปรับแต่งเครื่องยนต์	0 - 6 - 2
3101-2103	งานทดสอบปั๊มและหัวฉีด	0 - 6 - 2
3101-2104	งานปรับอากาศยานยนต์	0 - 6 - 2
3101-2105	งานเครื่องมือกลช่างยนต์	0 - 6 - 2
3101-2106	งานตัวถังรถยนต์	0 - 6 - 2
3101-2107	งานสีรถยนต์	0 - 6 - 2
3101-2108	งานเกียร์อัตโนมัติ	1 - 3 - 2
3101-2109	งานอิเล็กทรอนิกส์ยานยนต์	1 - 3 - 2
3101-2110	งานระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน	1 - 3 - 2
3101-2111	งานเชื้อเพลิงแก๊สยานยนต์	1 - 3 - 2
3101-2112	งานประดัดยนต์	1 - 3 - 2
3101-2113	งานบริการยานยนต์	0 - 6 - 2
3101-2131	ปฏิบัติงานเทคนิคยานยนต์ 1	* - * - 2
3101-2132	ปฏิบัติงานเทคนิคยานยนต์ 2	* - * - 2
3101-2133	ปฏิบัติงานเทคนิคยานยนต์ 3	* - * - 2

3101-2134 ปฏิบัติงานเทคนิคยานยนต์ 4 * - * - 2

3.2.4 ฝึกงาน/โครงการ/โครงการวิชาชีพ 4 หน่วยกิต
ประกอบด้วย

รหัส	ชื่อวิชา	ท - ป - น
3101-2901	ฝึกงาน	* - * - 4
3101-2902	โครงการงาน	* - * - 4
3101-2903	โครงการวิชาชีพ	* - * - 4
3000-1413	โครงการวิทยาศาสตร์	* - * - 4

3.3 หมวดวิชาเลือกเสรี ไม่น้อยกว่า 12 หน่วยกิต
ประกอบด้วย

รหัส	ชื่อวิชา	ท - ป - น
3000-1701	การเพิ่มผลผลิต	2 - 2 - 3
3000-1702	ระบบบริหารคุณภาพ ISO 9000	1 - 2 - 2
3000-1703	การนิเทศงานอาชีพ	2 - 0 - 2
3101-3001	เครื่องยนต์สันดาปภายใน 2	3 - 0 - 3
3101-3002	วิศวกรรมดีเซล	3 - 0 - 3
3101-3003	เครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ	2 - 0 - 2
3101-3004	การจัดการเครื่องจักรกลเกษตร	2 - 0 - 2
3101-3005	การตรวจสอบสมรรถนะแทรกเตอร์	1 - 3 - 2
3101-3006	การวางแผนอาคารฟาร์ม	2 - 3 - 3
3101-3007	พลังงานที่เหมาะสม	2 - 0 - 2
3101-3008	ระบบเครื่องทำความเย็น	3 - 0 - 3
	อุตสาหกรรมเกษตร	
3104-5005	เครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ	2 - 3 - 3

รวมทั้งสิ้น ไม่น้อยกว่า 90 หน่วยกิต

ผลการศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปราบกฏดังนี้

1. หลักการ

เป็นหลักสูตรที่มุ่งผลิตและพัฒนาแรงงานระดับผู้ชำนาญการเฉพาะสาขาอาชีพ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนตามความถนัด ให้สถานศึกษาจัดการเรียนการสอนที่หลากหลายสอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนและท้องถิ่น และเปิดโอกาสให้ชุมชน ท้องถิ่น ทั้งภาครัฐและเอกชน มีส่วนร่วมพัฒนาหลักสูตรให้สอดคล้องกับสภาพชุมชนและท้องถิ่น

2. จุดหมาย

ให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะทั้งวิชาสามัญและวิชาชีพเฉพาะทาง มีความมั่นใจในอาชีพ มีความคิดสร้างสรรค์ รู้จักแสวงหาแนวทางใหม่ ๆ มาพัฒนาตนเอง และอยู่ร่วมในสังคมอย่างมีความสุข

3. โครงสร้าง

ผู้สำเร็จการศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2540 สาขาวิชาช่างยนต์ ต้องศึกษารายวิชาในหมวดวิชาต่าง ๆ ไม่น้อยกว่า 90 หน่วยกิต ดังนี้

3.1 หมวดวิชาพื้นฐาน	18	หน่วยกิต
3.2 หมวดวิชาชีพ ไม่น้อยกว่า	60	หน่วยกิต
3.2.1 วิชาชีพพื้นฐาน	17	หน่วยกิต
3.2.2 วิชาชีพเฉพาะ	23	หน่วยกิต
3.2.3 วิชาชีพเลือก ไม่น้อยกว่า	16	หน่วยกิต
3.2.4 ฝึกงาน/โครงการ/โครงการวิชาชีพ	4	หน่วยกิต
3.3 หมวดวิชาเลือกเสรี ไม่น้อยกว่า	12	หน่วยกิต
รวมไม่น้อยกว่า	90	หน่วยกิต

สำหรับวิชาเครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ รหัส 3101-3003 เป็นวิชาเลือกเสรี จำนวน 2 หน่วยกิต

2. ศึกษาคำอธิบายรายวิชา

คำอธิบายรายวิชาเครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ มีดังนี้

ศึกษาเครื่องจักรพลังน้ำ ชนิดของกังหัน การบำรุงรักษาเครื่องจักรพลังน้ำ การกำเนิดไอน้ำ เชื้อเพลิงและการเผาไหม้ ชนิดเครื่องกำเนิดไอน้ำ การพิจารณาเลือกส่วนประกอบ และการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไอน้ำ การตรวจสอบระบบไฟฟ้าที่ควบคุมเครื่องจักร คุณสมบัติ

และการปรับสภาพน้ำดิบ กระแสลมแรงและอุปกรณ์ ระบบควบคุม การผลิตไอน้ำในหม้อไอน้ำของเครื่องจักรไอน้ำ

3. วางแผนดำเนินการ

จากการศึกษาคำอธิบายรายวิชา ผู้ศึกษาได้วางแผนดำเนินการเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 กำหนดรายละเอียดของแต่ละหน่วยการเรียนรู้

3.2 เรียบเรียงเนื้อหาแต่ละหน่วย

3.3 ติดต่อเชิญผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจแบบสอบถามหาค่าความเชื่อมั่นของเอกสารประกอบการสอน

3.4 ติดต่อผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบรายละเอียดของเนื้อหาที่เรียบเรียงขึ้นแต่ละหน่วยการสอน

3.5 นำเสนอบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อตรวจรูปแบบสารนิพนธ์

4. ดำเนินการ

ผู้ศึกษาได้ดำเนินการ ดังนี้

4.1 กำหนดรายละเอียดของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ วิชาเครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำออกเป็น 9 หน่วย ประกอบด้วย

4.1.1 เครื่องจักรพลังน้ำ

4.1.2 หม้อไอน้ำ

4.1.3 โครงสร้างและส่วนประกอบของหม้อไอน้ำ

4.1.4 อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยของหม้อไอน้ำ

4.1.5 น้ำสำหรับหม้อไอน้ำ

4.1.6 เชื้อเพลิงและการเผาไหม้

4.1.7 การประหยัดพลังงานสำหรับหม้อไอน้ำ

4.1.8 การควบคุมและการตรวจสอบหม้อไอน้ำ

4.1.9 กฎหมายและมาตรฐานหม้อไอน้ำ

4.2 เรียบเรียงรายละเอียดของเนื้อหาแต่ละหน่วย

เนื้อหาแต่ละหน่วย ประกอบด้วย

4.2.1 เนื้อหาสาระโดยย่อ

4.2.2 วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้

4.2.3 เนื้อหาสาระ

4.2.4 กิจกรรมและสื่อ

4.2.5 การประเมินผล

4.2.6 หนังสืออ่านประกอบ

4.3 พบผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจแก้แบบสอบถาม เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของเอกสารประกอบการสอน

ผู้ศึกษาได้ติดต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบแบบสอบถามความคิดเห็น ตามรายนามดังนี้

4.3.1 นายน่วม ห่วงทอง ตำแหน่ง อาจารย์ 3 ระดับ 9 วิทยาลัยเทคนิคราชบุรี

4.3.2 นายเสรี เลิศสุชาตวณิช ตำแหน่ง อาจารย์ 3 ระดับ 8 วิทยาลัยเทคนิคราชบุรี

4.3.3 นายอำพร ทองนุช ตำแหน่ง ผู้อำนวยการวิทยาลัยการอาชีพอัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม

4.4 ติดต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบรายละเอียดของเนื้อหาที่เรียบเรียงขึ้นแต่ละหน่วยการสอน

ผู้ศึกษาได้ติดต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบรายละเอียดของเนื้อหา ตามรายนามดังนี้

4.4.1 นายวิชัย พงษ์ธรรมาธิกุล ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์ ภาคอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล และดำรงตำแหน่งวุฒิวิศวกร (วท. 527)

4.4.2 นายธีรพจน์ พุทธิกิจวิวงศ์ ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาพลังงาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

4.4.3 นายวิสิฐ ธนกิจอำไพ ตำแหน่ง ผู้อำนวยการวิทยาลัยการอาชีพปากท่อ จังหวัดราชบุรี

4.4.4 นายกฤษดา เกิดคำ ตำแหน่ง อาจารย์ 3 ระดับ 8 วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

4.4.5 นายสันติ อุ้เพชร ตำแหน่ง อาจารย์ 3 ระดับ 8 วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท

4.5 เสนอบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อตรวจรูปแบบสารนิพนธ์

5. การตรวจสอบคุณภาพ

ในการตรวจสอบคุณภาพ ผู้ศึกษาได้ดำเนินการ ดังนี้

5.1 เดินทางไปแจกและเก็บ เอกสารประกอบการสอนและแบบสอบถามให้ครูผู้สอน แผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสาคร สมุทรสงคราม เพชรบุรี กาญจนบุรี และ ราชบุรี จำนวน 50 คน

5.2 สรุปความคิดเห็นของครูผู้สอนแผนกวิชาช่างยนต์ จำนวน 50 คน ดังตาราง 1

ตาราง 1 สรุป ความคิดเห็นของครูแผนกวิชาช่างยนต์

ข้อที่	คุณภาพของเอกสาร	ความคิดเห็น (คิดเป็นร้อยละ)				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1	ครอบคลุมเนื้อหาสาระตามหลักสูตร	20	56	24	-	-
2	มีรายละเอียดครบถ้วนตามสาระของหลักสูตร	20	48	30	2	-
3	สอดคล้องกับจุดประสงค์ของวิชา	28	46	26	-	-
4	เหมาะสมกับจำนวนคาบต่อสัปดาห์	16	30	48	6	-
5	มีประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอน	38	38	24	-	-
6	เนื้อหาสาระลำดับจากง่ายไปยาก	28	46	30	-	-
7	เนื้อหา มีความสมบูรณ์	24	46	30	-	-
8	คุณภาพเหมาะสมกับนักศึกษาและผู้สนใจ	28	50	20	2	-
9	เนื้อหาสาระช่วยให้มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	26	36	36	2	-
10	สามารถนำความรู้ไปศึกษาเพิ่มเติมหรือประกอบอาชีพได้	26	44	28	2	-

ตาราง 1 ครูแผนกวิชาช่างยนต์ จำนวน 50 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 มีความเห็นต่อคุณภาพเอกสารประกอบการสอนว่า ครอบคลุมเนื้อหาสาระตามหลักสูตร ในระดับมากที่สุด ร้อยละ 20 ระดับมาก ร้อยละ 56 และระดับปานกลาง ร้อยละ 24 มีรายละเอียดครบถ้วนตามสาระของหลักสูตร ในระดับมากที่สุด ร้อยละ 20 ระดับมาก ร้อยละ 48 ระดับปานกลาง ร้อย

ละ 30 และระดับน้อย ร้อยละ 2 สอดคล้องกับจุดประสงค์ของวิชาในระดับมากที่สุด ร้อยละ 28 ระดับมาก ร้อยละ 46 และระดับปานกลาง ร้อยละ 26 เหมาะสมกับจำนวนคาบต่อสัปดาห์ ในระดับมากที่สุด ร้อยละ 16 ระดับมาก ร้อยละ 30 ระดับปานกลาง ร้อยละ 48 และระดับน้อย ร้อยละ 6 มีประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนในระดับมากที่สุด ร้อยละ 38 ระดับมาก ร้อยละ 38 และระดับปานกลาง ร้อยละ 24 เนื้อหาสาระลำดับจากง่ายไปยากในระดับมากที่สุด ร้อยละ 28 ระดับมาก ร้อยละ 46 และระดับปานกลาง ร้อยละ 30 เนื้อหา มีความสมบูรณ์ในระดับมากที่สุด ร้อยละ 24 ระดับมาก ร้อยละ 46 และระดับปานกลาง ร้อยละ 30 คุณภาพเหมาะสมกับนักเรียนนักศึกษาและผู้สนใจในระดับมากที่สุด ร้อยละ 28 ระดับมาก ร้อยละ 50 ระดับปานกลาง ร้อยละ 20 และระดับน้อย ร้อยละ 2 เนื้อหาสาระช่วยให้มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในระดับมากที่สุด ร้อยละ 26 ระดับมาก ร้อยละ 36 ระดับปานกลาง ร้อยละ 36 และระดับน้อย ร้อยละ 2 และสามารถนำความรู้ไปศึกษาเพิ่มเติมหรือประกอบอาชีพได้ในระดับมากที่สุด ร้อยละ 26 ระดับมาก ร้อยละ 44 ระดับปานกลาง ร้อยละ 28 และระดับน้อย ร้อยละ 2

บทที่ 4

เอกสารประกอบการสอน

คำชี้แจง

เอกสารประกอบการสอนวิชาเครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ (Hydro Engine and Steam Engine) รหัส 3101-3003 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พ.ศ. 2540 กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

การจัดการเรียนการสอน ภาคเรียนละ 16 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบ คาบละ 50 นาที
การกำหนดแผนการสอนตลอดภาคเรียน สรุปได้ดังตาราง 2

ตาราง 2 แสดงกำหนดแผนการสอนตลอดภาคเรียน

สัปดาห์ที่	หน่วย	จำนวน (คาบ)
1	เครื่องจักรพลังน้ำ	2
2-3	หม้อไอน้ำ	4
4-5	โครงสร้างและส่วนประกอบของหม้อไอน้ำ	4
6-7	อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยของหม้อไอน้ำ	4
8-9	น้ำสำหรับหม้อไอน้ำ	4
10-11	เชื้อเพลิงและการเผาไหม้	4
12-13	การประหยัดพลังงานสำหรับหม้อไอน้ำ	4
14-15	การควบคุมและการตรวจสอบหม้อไอน้ำ	4
16	กฎหมายและมาตรฐานหม้อไอน้ำ	2
รวม		32

การเปิดสอนวิชาเครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ

วิชาเครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ อยู่ในหมวดวิชาเลือกเสรี แต่เนื่องจากสถานศึกษาบางแห่งขาดครูอาจารย์ผู้สอน นักศึกษาจึงไม่สามารถเลือกเรียนได้ สถานศึกษาจึงเป็นผู้กำหนดให้

เปิดสอนตามสภาพความพร้อมครูอาจารย์ในแผนกวิชาช่างยนต์ ในสถานศึกษา สังกัดกรม
อาชีวศึกษา

หน่วยที่ 1
เครื่องจักรพลังน้ำ

แผนการสอน

วิชา เครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ รหัสวิชา 3101-3003
ครั้งที่ 1 เรื่อง เครื่องจักรพลังน้ำ

หน่วยที่ 1
เวลา 2 คาบ

เนื้อหาสาระ

1. เชื้อเพลิงพลังน้ำ
2. ลื่อน้ำ
3. กังหันน้ำ
4. แรงดันอันเนื่องมาจากความสูงของน้ำ
5. การบำรุงรักษาเครื่องจักรพลังน้ำ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกลักษณะของเชื้อเพลิงพลังน้ำได้
2. อธิบายหลักการทำงานของลื่อน้ำได้
3. อธิบายหลักการทำงานของกังหันน้ำได้
4. อธิบายแรงดันอันเนื่องมาจากความสูงของน้ำได้
5. บอกแนวทางการบำรุงรักษาเครื่องจักรพลังน้ำได้

หน่วยที่ 1

เครื่องจักรพลังน้ำ (Hydro Power Plant)

เครื่องจักรพลังน้ำ คือเครื่องจักรที่ถูกขับให้หมุนด้วยพลังงานศักย์ (Potential Energy) เช่น ลื่อน้ำ (Water Wheel) หมุนด้วยความเร็วรอบต่ำ ใช้ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เพื่อปั่นไฟฟ้าใช้ในบ้าน ปัจจุบันมีใช้งานน้อยมาก และกังหันน้ำ (Water Turbine) ถูกขับให้หมุนด้วยความเร็วรอบสูง ด้วยพลังงานศักย์และพลังงานจลน์ (Kinetic Energy) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้สร้างเขื่อนเพื่อผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันน้ำขึ้นทั่วทุกภาคในประเทศไทย¹

1. เขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำ

ในการสำรวจพื้นที่สร้างเขื่อน วิศวกรผู้ออกแบบต้องร่วมกับนักอุตุนิยมนวิทยา นักอุทกศาสตร์ และนักธรณีวิทยา ศึกษาปริมาณฝนที่ตก พื้นที่ที่รับน้ำฝน ย้อนหลังไปเป็นเวลาหลายปี²

ลักษณะของเขื่อนมีหลายแบบ คือ

- 1.1 เขื่อนคอนกรีตทั้งแท่ง เช่น เขื่อนภูมิพล
- 1.2 เขื่อนแบบหินทิ้ง แกนเป็นดินเหนียว เช่น เขื่อนศรีนครินทร์ เขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนสิรินธร เขื่อนจุฬาภรณ์ และเขื่อนบางลาง ฯลฯ
- 1.3 เขื่อนดินเหนียวอัดแน่น เช่น เขื่อนแก่งกระจาน

2. ลื่อน้ำ (Water Wheel)

ลื่อน้ำมักใช้เป็นเครื่องต้นกำลังในการผลิตไฟฟ้า ลื่อน้ำมีลักษณะต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับการใช้งาน

2.1 แบบของลื่อน้ำ (Water Wheel)

ลื่อน้ำจำแนกตามลักษณะการสร้างเป็น 3 แบบ คือ

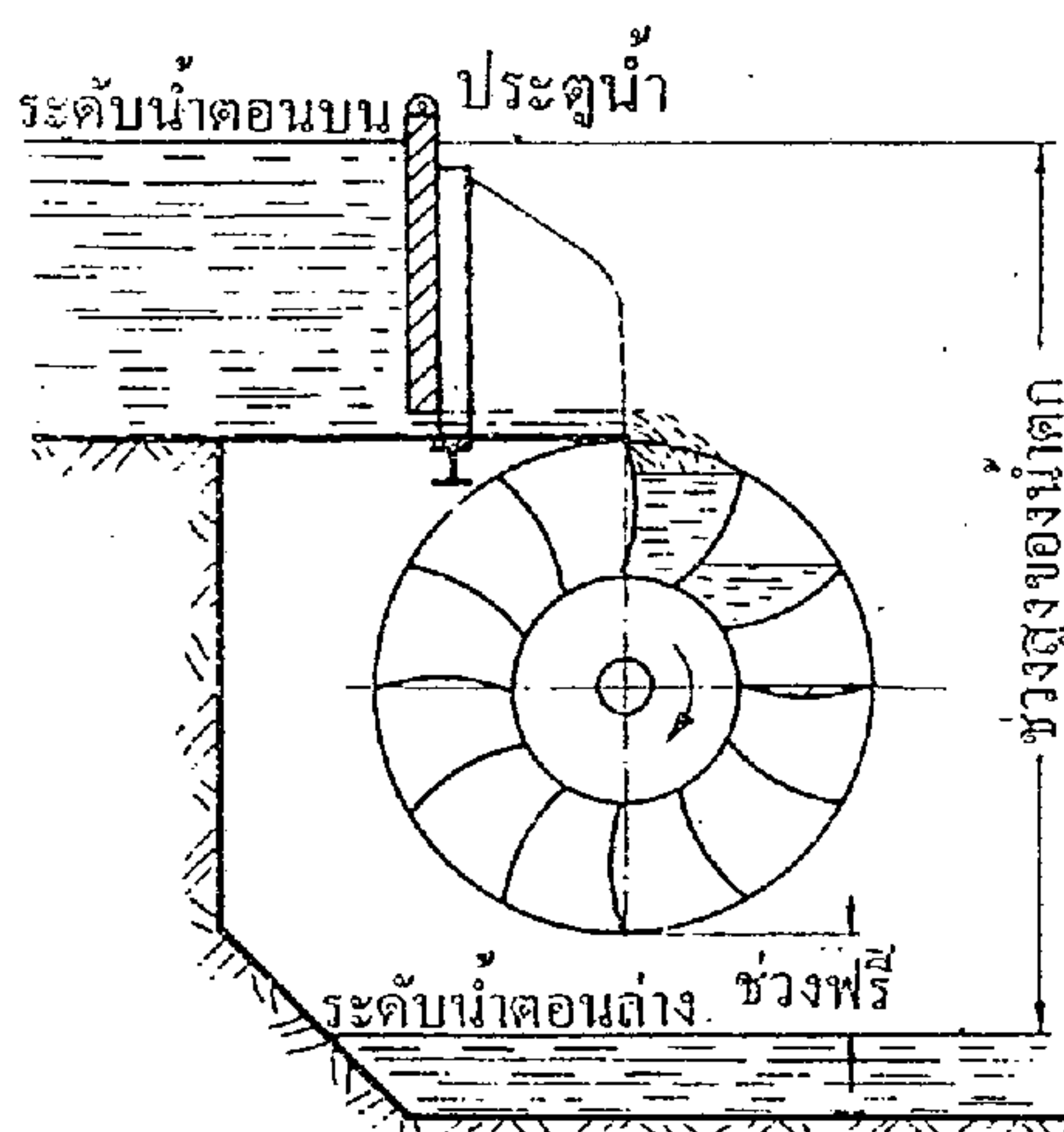
¹ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2539). เขื่อนอเนกประสงค์. หน้า 3.

² บุญยศักดิ์ ใจจงกิจ. (ม.ป.ป.). เครื่องจักรพลังน้ำ เครื่องจักรไอน้ำ และหม้อน้ำ.

2.1.1 ลื่อน้ำแบบขั้วที่ขอบบน

ลื่อน้ำแบบขั้วที่ขอบบนเหมาะสำหรับระดับน้ำตกที่สูงกว่า 2.5 เมตร น้ำที่ปล่อยลงสู่ลื่อนี้ทำเป็นประตูแบบง่าย ๆ (Water Stop Log) และสามารถควบคุมปริมาณการไหลของน้ำสู่ลื่อนี้ บนตัวลื่อนี้สร้างเป็นกระเปาะน้ำหลาย ๆ ช่อง แรงตกของน้ำลงสู่กระเปาะเป็นแรงกระแทกให้ลื่อน้ำหมุนได้ เมื่อน้ำไหลลงเต็มกระเปาะแต่ละช่อง น้ำหนักของน้ำทำให้ลื่อน้ำหมุนลง เมื่อลงถึง “ช่วงสูงปล่อยตก” น้ำจะไหลออกจากกระเปาะสู่ระดับน้ำตอนล่าง จนกระทั่งถึง “ช่วงฟรี” เป็นระดับล่างสุดของขนาดลื่อน้ำ น้ำจะไหลออกจากกระเปาะจนหมด ช่วงที่ลื่อน้ำอยู่สูงกว่าระดับน้ำตอนล่างนี้เรียกว่า “ช่วงว่างหรือช่วงฟรี” มีประสิทธิภาพเชิงกล ประมาณร้อยละ 70

ข้อสังเกต ลื่อน้ำแบบขั้วที่ขอบบน ให้น้ำไหลตกจับลื่อน้ำที่ขอบบนของลื่อนี้ เพราะระดับน้ำที่ตกสูงกว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลื่อน้ำ ทำให้สะดวกต่อการไหลตกจับลื่อน้ำ

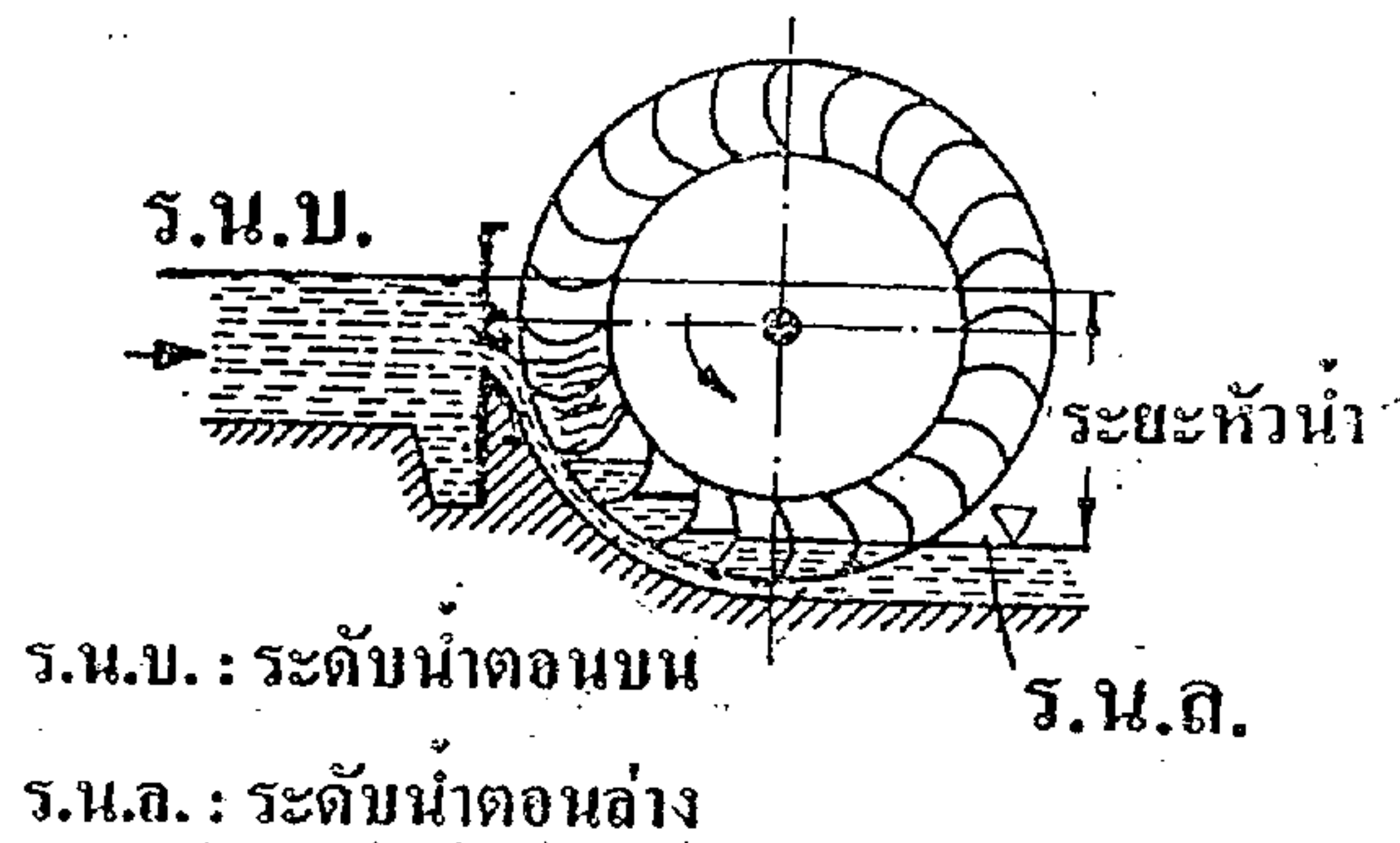


ภาพประกอบ 1 ลื่อน้ำแบบขั้วที่ขอบบน

2.1.2 ลื่อน้ำแบบขั้วที่กลางลื่อน

ลื่อน้ำแบบขั้วที่กลางลื่อนเหมาะสำหรับระดับความสูงของน้ำ 1.5-2.5 เมตร การป้อนน้ำให้ไหลตกจับที่กลางลื่อนั้นต้องออกแบบสร้างทางปล่อยน้ำให้ไหลเข้ากระเปาะให้มากที่สุด

สุด มิให้ร่วงตกลงด้านล่างได้ มักสร้างเป็นโครงสร้างคอนกรีตที่มีช่วงปล่อยน้ำตรงกับลักษณะของแผ่นกั้นน้ำบนลื่อนน้ำ มีประสิทธิภาพเชิงกลร้อยละ 70

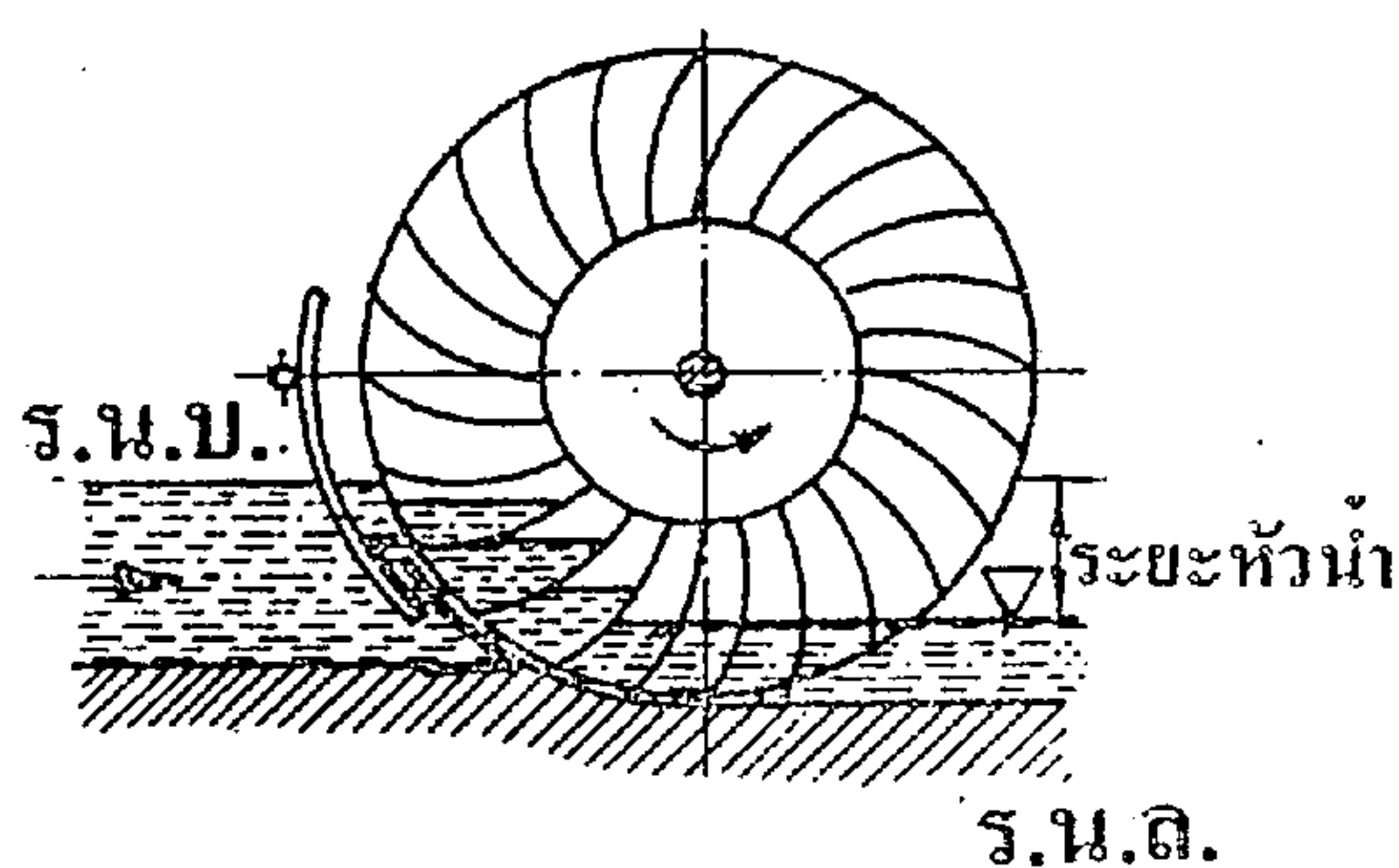


ภาพประกอบ 2 ลื่อนน้ำแบบจับที่กลางล้อ

2.1.3 ลื่อนน้ำแบบจับที่ขอบล่าง

ลื่อนน้ำแบบจับที่ขอบล่าง ใช้ความเร็วแล่นของน้ำเป็นตัวขับเคลื่อนให้หมุนอย่างเดียว และระดับน้ำต่ำ วิธีจับจึงใช้จับล้อที่ตอนล่าง และต้องใช้ประตุน้ำเพื่อควบคุมปริมาณการไหลเช่นเดียวกัน

ลักษณะการสร้างลื่อนน้ำต้องกันเป็นห้องๆ ให้สอดคล้องกับการหมุน เมื่อลื่อนหมุนน้ำจะไหลตกลงด้านล่างในแนวโค้ง เพื่อให้มีประสิทธิภาพเชิงกลดี แผ่นกั้นจึงต้องเป็นแผ่นโค้ง จะมีประสิทธิภาพเชิงกล ประมาณร้อยละ 70 หากทำเป็นแผ่นตรงประสิทธิภาพเชิงกลจะเหลือเพียง ร้อยละ 40



ภาพประกอบ 3 ลื่อน้ำแบบขับเคลื่อนที่ขอบล่าง

2.1 ข้อดี - ข้อเสีย ของลื่อน้ำอุปกรณ์หรือเครื่องจักรทุกชนิดมีทั้งข้อดีและข้อเสีย

2.2.1 ข้อดี

ข้อดีของลื่อน้ำมี 3 ประการ คือ

- 1) การลงทุนก่อสร้างทั้งโครงการไม่สูง
- 2) ใช้ได้กับน้ำตกหรือระบบน้ำไหล
- 3) ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2.2.2 ข้อเสีย

ลื่อน้ำมีข้อเสีย 4 ประการ คือ

- 1) ที่ความเร็วรอบต่ำต้องทดรอบ
- 2) ไม่สามารถควบคุมอัตราการไหลของน้ำในต้นน้ำได้ จึงใช้เฉพาะ

ครัวเรือน

3) ไม่มีความสม่ำเสมอ กล่าวคือ ในฤดูฝนให้พลังน้ำมาก ในฤดูแล้งไม่มีน้ำ ไม่สามารถใช้ผลิตไฟฟ้าได้

- 4) ให้กำลังต่ำ

3. กังหันน้ำ (Water Turbine)

กังหันน้ำหมุนได้ด้วยการเปลี่ยนพลังงานศักย์อันเกิดจากระดับความสูงของน้ำและพลังงานจลน์เป็นพลังงานกล พลังที่ขับเคลื่อนมีอัตราค่อนข้างคงที่สม่ำเสมอตลอดปี น้ำที่เข้าสู่กังหันต้องได้รับการควบคุมอัตราการไหล

แรงดันหรือความดันอันเนื่องมาจากความสูงของน้ำ (Pressure Head) ทุก ๆ ระยะ 10 เมตร จะให้ความดัน 1 บาร์ หรือความดัน 1 บรรยากาศ แรงดันของน้ำต้องนำมาประกอบการพิจารณาในการคำนวณหาขนาดของท่อและชิ้นส่วนต่าง ๆ ของกังหัน เพื่อให้กังหันที่จะสร้างมีความแข็งแรง ทนทาน และใช้งานได้นาน

3.1 ประเภทของกังหันน้ำ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท¹ คือ

3.1.1 ประเภทให้น้ำไหลด้วยความเร็วผ่านหัวเจ็ต (Jet) มีพลังงานจลน์มาก พุ่งชนล้อกังหันให้หมุน ได้แก่ ล้อกังหันเพลตัน (Pelton Turbine) หรือ กังหันพลัก (Impulse Turbine)

3.1.2 กังหันปฏิกิริยา (Reaction Turbine) ได้แก่ กังหันฟรานซิส (Francis Turbine) และกังหันคัปแลน (Kaplan Turbine) ในการทำงานต้องใช้ทั้งแรงดันและความเร็วของน้ำขับเคลื่อนให้หมุน

3.1.3 การจำแนกชนิดของกังหันน้ำกับแรงดันอันเนื่องมาจากความสูงของน้ำ กังหันน้ำมีลักษณะการสร้างหลายแบบ แต่ละแบบเหมาะกับขนาดแรงดันเนื่องมาจากความสูงของน้ำต่างกัน แบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ

1) กังหันแรงเจ็ต (Free Jet Water Turbine หรือ Impulse Turbine)

กังหันชนิดนี้เรียกว่า กังหันล้อเพลตัน หมุนได้ด้วยแรงพลัก ใช้กับพลังน้ำที่ความดันสูงโดยฉีดผ่านหัวฉีดลงไปที่ล้อ ลักษณะล้อกังหันเป็นแผ่นจานหมุนที่ขอบมีถ้วย (Bucket) น้ำถูกฉีดไปยังถ้วยเพื่อขับเคลื่อนกังหัน

¹บุญญศักดิ์ ใจจงกิจ. (ม.ป.ป.). เล่มเดิม. หน้า 13-18.

2) กังหันฟรานซิส (Francis Turbine)

หมุนได้ด้วยแรงดันอันเนื่องมาจากความสูงของน้ำ (Total Water Head) และแรงดันอันเนื่องมาจากความสูงของน้ำ (Dynamic Head) พร้อมกันทั้งสองอย่าง การเร่งความเร็วของน้ำใช้วิธีทำท่อป้อนน้ำเข้ากังหันเป็นรูปก้นหอย (Spiral) ให้สามารถป้อนน้ำเข้ากังหันโดยรอบ และขนาดท่อให้เร็วเล็กน้อย น้ำถูกปล่อยผ่านช่องป้อนน้ำ (Guide Van) ขับใบพัด (Runner) ของล้อ แล้วผ่านสู่ท่อปล่อย (Draft Tube)

3) กังหันใบพัดคัปแลน (Kaplan Water Turbine)

หมุนด้วยวิธีให้น้ำเข้าไปผลักใบพัด น้ำเข้าไปในแนวรัศมี (Radial Flow) และออกในแนวแกนหมุนของเพลา (Axial Flow) ลักษณะของใบพัดมี 2 แบบ คือ

3) กังหันใบพัดคัปแลน (Kaplan Water Turbine)

หมุนด้วยวิธีให้น้ำเข้าไปผลักใบพัด น้ำเข้าไปในแนวรัศมี (Radial Flow) และออกในแนวแกนหมุนของเพลา (Axial Flow) ลักษณะของใบพัดมี 2 แบบ คือ

(1) แบบปรับมุมใบพัดไม่ได้

(2) แบบปรับมุมใบพัดตามขนาดของภาระงานได้ มีสมรรถนะสูง และราคาแพง

4) กังหันพลังน้ำไหลในแม่น้ำ

แม่น้ำที่มีน้ำไหลเชี่ยว แม้ว่าแรงดันอันเนื่องมาจากความสูงของน้ำมีไม่มากหากปริมาณการไหลมีมาก และความเร็ว (Velocity Head) สูง สามารถขับเคลื่อนได้ ลักษณะการสร้างแตกต่างกันออกไป การสร้างใบพัดกังหันคล้ายกับกังหันคัปแลน

4. แรงดันอันเนื่องมาจากความสูงของน้ำ (Head)

แรงดันของน้ำจะแปรผันกับความลึก สิ่งที่เห็นได้ในทางปฏิบัติคือหากเราดำน้ำลงไปยิ่งลึก ยิ่งมีความดันสูงขึ้น ขณะเดียวกันหากนำน้ำใส่กระบอกในแนวตั้ง จุดที่มีแรงดันสูงสุดคือก้นกระบอก และจุดที่มีแรงดันต่ำสุดคือผิวน้ำในกระบอกซึ่งมีค่าเพียง 1 บรรยากาศ หรือเท่ากับศูนย์ (ความดันเกจ)

แรงดันอันเนื่องมาจากความสูงของน้ำหรือหัวแรงดัน จำแนกออกเป็น 3 ขนาด คือ

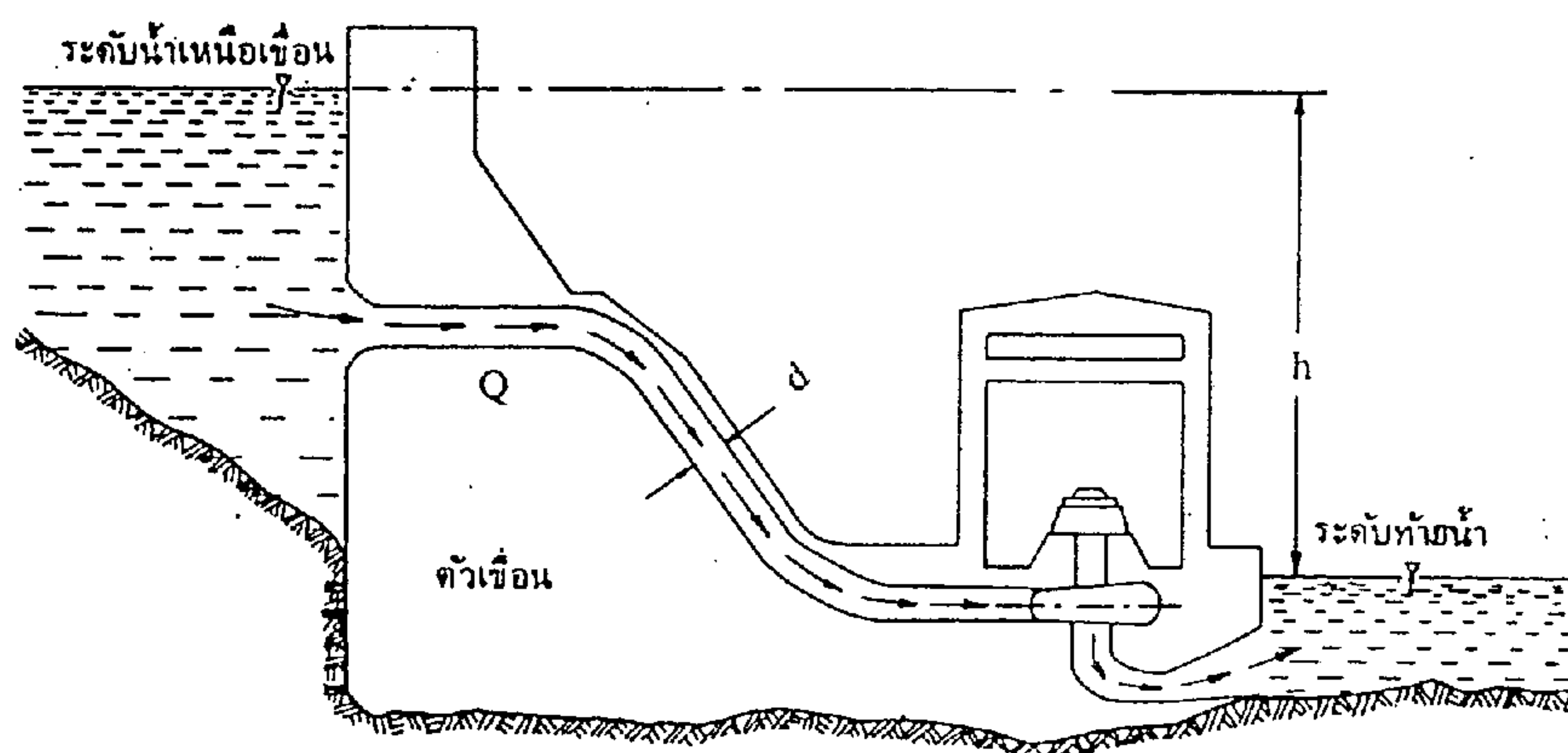
4.1 แรงดันต่ำ (Low Head) เป็นแรงดันที่ระดับความลึกน้อยกว่า 25 เมตร

4.2 แรงดันปานกลาง (Medium Head) คือแรงดันที่ตำแหน่งลึกกว่า 25 เมตร แต่ไม่

เกิน 100 เมตร

4.3 แรงดันสูง (High Head) คือแรงดันอันเนื่องมาจากความสูงของน้ำ มากกว่า 100 เมตร

5. หลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ



ภาพประกอบ 4 แสดงหลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ

จากรูปจะเห็นว่า เมื่อปล่อยน้ำจากเขื่อนไหลตามท่อด้วยแรงดันสูง (เนื่องจากระดับน้ำเหนือเขื่อนสูง) แรงดันน้ำพุ่งเข้าขัดกันซึ่งติดกับเครื่องปั่นไฟ (Generator)¹

6. การบำรุงรักษาเครื่องจักรพลังน้ำ

เครื่องจักรพลังน้ำมีความจำเป็นต้องบำรุงรักษาเช่นเดียวกับเครื่องจักรกลทั่วไป งานบำรุงรักษาเครื่องจักรพลังน้ำประกอบด้วย

¹การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2539). เล่มเดิม. หน้า 5.

6.1 งานตรวจตราประจำ มีทั้งประเภทตรวจบางจุดทุกวัน และตรวจบางจุดตามระยะเวลาที่กำหนด การตรวจทุกครั้งต้องตรวจตั้งแต่ภายนอกว่ามีสิ่งใดชำรุดหรือเคลื่อนไปจากตำแหน่งเดิมและต้องแก้ไขให้เรียบร้อย นอกจากนี้แล้วจำเป็นต้องบันทึกการตรวจตราลงในสมุดปุม (Log Book) ด้วย

6.2 งานซ่อม ขณะใช้งานกังหันน้ำมีการสั่นสะเทือน (Vibration) และเสียงรบกวน (Noises) ช่างผู้ควบคุมต้องทราบดีว่ามีการสั่นสะเทือนและเสียงรบกวนจนผิดปกติหรือไม่ หรือผิดปกติจากสาเหตุใด จำเป็นต้องแก้ไขอย่างไร

6.3 การตรวจสอบ (Check) สิ่งที่ต้องหมั่นตรวจดู คือ น้ำมัน ความดัน และสภาพของน้ำมันด้วย การตรวจสอบตามระยะเวลาที่กำหนด แสดงไว้ในตาราง 3

ตาราง 3 แสดงความถี่ในการตรวจสอบเครื่องจักรพลังน้ำ

ลำดับที่	รายการ	ความถี่ในการตรวจ
1	การตรวจสอบภายในกังหันและท่อ	ปีละครั้ง
2	การยกเครื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์ความคุมความเร็วรอบ เครื่องปรับระดับน้ำ การปรับเครื่องปรับแรงดัน	ทุก ๆ 4 ปี
3	การยกเครื่องเพื่อตรวจแบร้ง	ทุก ๆ 5 ปี
4	การยกเครื่องเพื่อตรวจลิ้นน้ำขาเข้า	ทุก ๆ 5 ปี
5	น้ำมันเครื่องจักร	ปีละครั้ง
6	สายพานฟันเฟือง	ทุกเดือน
7	การตรวจสอบกังหันสำรอง	ทุกเดือน
8	เครื่องอัดอากาศ	ทุก ๆ 3 เดือน
9	ทุ่นเซนเซอร์เรเตอร์ไฟฟ้า	ทุก ๆ ปี
10	การตรวจสอบฉนวนและอุปกรณ์หมุนในเซนเซอร์เรเตอร์	ทุก ๆ ปี
11	แบร้ง	ทุก ๆ 5 ปี
12	กลไกไฟฟ้า	ทุก ๆ ปี

กิจกรรมและสื่อ

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน มีดังนี้

1. ให้นักศึกษาแสดงความคิดเห็นเรื่องลักษณะของเขื่อน
 2. ให้นักศึกษาอภิปรายว่า เหตุใดระดับความลึกของน้ำจึงมีผลต่อความดัน
- สื่อ ประกอบด้วย

1. แผ่นภาพ
2. แผ่นใส
3. หุ่นจำลอง
4. เอกสารประกอบการสอน
5. หนังสืออ่านประกอบ

การประเมินผล

1. ถาม-ตอบ ระหว่างบรรยาย
2. สังเกตการถาม การตอบคำถาม และการอภิปรายของนักศึกษา
3. ทำแบบฝึกหัดท้ายเล่ม

12

แบบฝึกหัด

1. จงอธิบายประสิทธิภาพเชิงกลของล้อย่น้ำแต่ละแบบ
2. กังหันแบบใดน่าจะได้รับความนิยมมากที่สุด เพราะเหตุใด
3. จงอธิบายเหตุผลและความจำเป็นในการบำรุงรักษาเครื่องจักรพลังน้ำ

หนังสืออ่านประกอบ

- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2539). *เขื่อนอเนกประสงค์*. ม.ป.พ.
- ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์. (ม.ป.ป.). *เทคโนโลยีไอน้ำ*. มปพ.
- บุญญศักดิ์ ใจจงกิจ. (ม.ป.ป.). *เครื่องจักรพลังน้ำ เครื่องจักรไอน้ำ และหม้อน้ำ*. นนทบุรี :
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สุรเนตร แสงการ. (ม.ป.ป.). *คู่มือการสอนวิชากลศาสตร์ของไหล*. กรุงเทพฯ :มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. เอกสารอัดสำเนา.

หน่วยที่ 2
หม้อไอน้ำ

แผนการสอน

วิชา เครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ
ครั้งที่ 1-2

รหัสวิชา 3101-3003
เรื่อง หม้อไอน้ำ

หน่วยที่ 2
เวลา 4 คาบ

เนื้อหาสาระ

1. กำเนิดหม้อไอน้ำ
2. ประวัติการใช้หม้อไอน้ำ
3. ความสำคัญของหม้อไอน้ำ
4. ความหมายของคำที่เกี่ยวข้องกับหม้อไอน้ำ
5. การทำงานของหม้อไอน้ำ
6. การแบ่งประเภทของหม้อไอน้ำ
7. ลักษณะของหม้อไอน้ำที่ดี
8. อุปสรรคในการพัฒนาหม้อไอน้ำ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายเรื่องกำเนิดหม้อไอน้ำได้
2. บอกประวัติการใช้หม้อไอน้ำได้
3. อธิบายความสำคัญของหม้อไอน้ำได้
4. อธิบายความหมายของคำที่เกี่ยวข้องกับหม้อไอน้ำได้
5. อธิบายหลักการทำงานของหม้อไอน้ำได้
6. บอกประเภทของหม้อไอน้ำได้
7. อธิบายลักษณะของหม้อไอน้ำที่ดี
8. อธิบายอุปสรรคในการพัฒนาหม้อไอน้ำได้

หน่วยที่ 2

หม้อไอน้ำ

สมัยโบราณมนุษย์เคลื่อนย้ายวัตถุ หรือสิ่งของที่มีน้ำหนักมาก ๆ ด้วยกำลังของมนุษย์ ได้แก่ คนงาน และทาส และกำลังของสัตว์ เช่น ช้าง ม้า วัว ควาย การใช้กำลังงานเหล่านี้ยังต้องการ การทุ่นแรง หรือการได้เปรียบเชิงกล จึงพยายามคิดหาเครื่องทุ่นแรง เช่น รอก ล้อเลื่อนและอื่น ๆ นอกจากนี้แล้วยังต้องการความสะดวกในการขนส่งลำเลียง เช่น การขนส่งลำเลียงทางน้ำ ตัวอย่าง เหล่านี้มีมากมายในประวัติศาสตร์โบราณ เช่น ชาวอียิปต์ ชาวอินเดีย ชาวจีน และชาวเขมร เป็นต้น แต่มนุษย์พยายามที่จะเดินทางและขนส่งลำเลียงทั้งทางบกและทางน้ำอย่างสะดวกสบาย จึงพยายาม คิดสร้างขบวนเพื่ออำนวยความสะดวกในการเดินทางและขนส่งลำเลียง¹

1. กำเนิดหม้อไอน้ำ

ปาปิน (Papin) ชาวฝรั่งเศส เป็นคนแรกที่สร้างเครื่องจักรไอน้ำขึ้น และต่อมาในปี พ.ศ. 2241 ซีพาลี (Sepaley) ชาวอังกฤษได้สร้างเครื่องจักรไอน้ำเพื่อปั้มน้ำจากเหมือง แต่เครื่องจักรไอน้ำ ของซีพาลียังมีปัญหาบางประการ นิวแมนจึงได้นำมาพัฒนาใหม่ แต่เครื่องจักรไอน้ำของนิวแมนยังไม่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ จึงจำเป็นต้องแก้ไขปรับปรุงอีก ต่อมา เจมส์ วัตต์ (James Watt) ชาว อังกฤษ ได้สร้างคอนเดนเซอร์เพิ่มขึ้น และสร้างเครื่องยนต์ลูกสูบชัก(Reciprocating Engine) แบบ ทำงานสองจังหวะ (Double Action) เครื่องจักรไอน้ำของเจมส์ วัตต์ เป็นเครื่องจักรไอน้ำต้นแบบ สำหรับการขนส่งลำเลียง และเป็นต้นแบบของเครื่องจักรไอน้ำในปัจจุบัน

ปี พ.ศ. 2312 นิโคลัส โจเซฟ คุโน (Nicholas Joseph Quinoe) ชาวฝรั่งเศส ได้สร้าง เครื่องจักรไอน้ำสำหรับลากรถ เรียกว่า รถควโน เป็นรถที่มีอันตรายในการใช้งาน จนกระทั่ง ปี พ.ศ. 2350 ริชาร์ด ทราวิสค์ (Richard Travisk) ชาวอังกฤษ ได้สร้างหัวรถจักรไอน้ำ

¹Yanmar Co., Ltd. *Yanmar Diesel Engine Instruction Book*. Vol. 3. Japan. p. 1.

(Locomotive Engine) และสิบห้าปีต่อมา จอห์น เพรนคินซอพ (John Preinkinsop) ได้สร้างเครื่องจักรไอน้ำสำหรับใช้ในเหมือง แต่ในบรรดาผู้สร้างเครื่องจักรไอน้ำที่มีชื่อเสียง คือ จอร์จ สตีเวนสัน (George Stevenson) ชาวอังกฤษ เป็นผู้ประสบความสำเร็จในการสร้างหัวรถจักรไอน้ำ เมื่อปี พ.ศ. 2357 และสิบห้าปีต่อมาได้ร่วมกับบุตรชายสร้างหัวรถจักรไอน้ำ เรียกว่า ร็อกเก็ต (Rocket) มีความเร็ว 32 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ต่อมาได้พัฒนาพัฒนามาเป็นรถจักรไอน้ำ (Locomotive Engine) ที่ใช้กันมาอย่างแพร่หลาย

2. ประวัติการใช้หม้อไอน้ำ

ประเทศไทยนำเอาหม้อไอน้ำมาใช้นานกว่า 100 ปี ยุคแรกใช้อยู่ในวงจำกัด คือใช้ในเรือกลไฟ และรถไฟ ต่อมานำมาใช้ในภาคอุตสาหกรรม เช่น โรงสีข้าว โรงเลื่อย และการทำเหมืองแร่ ปัจจุบันนำมาใช้อย่างกว้างขวางในด้านต่าง ๆ คือ โรงงานอุตสาหกรรม โรงแรม โรงพยาบาล และโรงไฟฟ้า ประมาณว่าทั่วประเทศมีหม้อไอน้ำมากกว่า 6,000 เครื่อง

3. ความสำคัญของหม้อไอน้ำ

หม้อไอน้ำเป็นเครื่องจักรต้นกำลังที่ทำหน้าที่ผลิตไอน้ำ จากนั้นจึงนำไอน้ำที่ได้ไปใช้งาน เช่น ป้อนเข้ากังหันไอน้ำ (Steam Turbine) สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า และป้อนเข้าเครื่องจักรไอน้ำ (Steam Engine) สำหรับผลิตเป็นแรงหมุนสำหรับชุดเครื่องจักรอื่น ๆ และใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำไปอบแห้งหรือฆ่าเชื้อโรค เป็นต้น โรงงานอุตสาหกรรมที่มีการนำหม้อไอน้ำมาใช้งานมีมากมาย เช่น โรงงานอาหารกระป๋อง โรงงานปลาป่น โรงอบไม้ โรงงานฟอกย้อม โรงงานทำเยื่อกระดาษและผลิตภัณฑ์กระดาษ และโรงไฟฟ้า เป็นต้น

4. ความหมายของคำที่ใช้เกี่ยวข้องกับหม้อไอน้ำ

เพื่อให้ง่ายต่อการศึกษาหลักการทำงานของเครื่องจักรพลังงานไอน้ำ จึงควรรู้จักความหมายของคำ หรือศัพท์เทคนิค (Technical Term) ที่ใช้เกี่ยวข้องกับหม้อไอน้ำโดยสรุป¹ ดังนี้

4.1 หม้อไอน้ำ (Boilers) หมายถึงเครื่องกำเนิดไอน้ำชนิดภาชนะปิด ทำด้วยเหล็กกล้า หรือวัสดุอื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติคล้ายกัน ได้รับการออกแบบและสร้างอย่างแข็งแรง และถูกต้องตามหลักวิศวกรรม ภายในหม้อไอน้ำแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนเก็บน้ำ และส่วนเก็บไอน้ำ

หม้อไอน้ำเป็นอุปกรณ์สำคัญชิ้นหนึ่งในการผลิตไอน้ำ เพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรม

4.2 ไอน้ำ (Steam) หมายถึง น้ำที่แตกตัวออกมาอยู่ในสถานะของก๊าซบางส่วน ดังนั้นไอน้ำจึงประกอบด้วยของเหลว และก๊าซ เมื่อต้มน้ำในภาชนะเปิด น้ำจะกลายเป็นไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 212 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 100 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ (14.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) หากความดันบรรยากาศลดลง จุดเดือดของน้ำจะลดลง หากความดันบรรยากาศสูงขึ้น จุดเดือดของน้ำจะสูงขึ้นด้วย

การต้มน้ำในภาชนะปิด ช่วงแรกจะเกิดไอน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส แต่ไอน้ำไม่มีทางออกจึงอัดตัวกันแน่นเกิดเป็นความดัน ทำให้จุดเดือดของน้ำภายในหม้อไอน้ำสูงขึ้นด้วย ดังนั้นไอน้ำที่ผลิตได้จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วย หากต้องการทราบว่าไอน้ำที่หม้อไอน้ำผลิตได้ที่ความดันหนึ่ง ๆ จะมีอุณหภูมิเท่าใด ดูได้จากตาราง 4

¹วิชย พงกษัธราธิกุล. (2542). เล่มเดิม. หน้า 2-4.

ตาราง 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันไอน้ำกับอุณหภูมิ

ความดันไอน้ำอ่านจากเกจ (ปอนด์/ตารางนิ้ว)	อุณหภูมิไอน้ำ	
	(องศาฟาเรนไฮต์)	(องศาเซลเซียส)
0	212	100
10	240	115
20	259	126
40	287	141
60	307	152
80	324	162
100	338	170
120	350	176
140	359	181
160	368	186
180	379	192
200	388	197
250	406	207
300	422	216

4.3 ไอดง หรือไอดแห้ง หรือไอน้ำร้อนยิ่งยวด หรือซูเปอร์ฮีตสตีม (Supperheated Steam) หมายถึง ไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอิ่มตัว ไอดงได้มาจากการผ่านไอน้ำอิ่มตัวเข้าไปในเขตท่อที่ร้อน ไอน้ำจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนกลายเป็นไอด ไอดงเหมาะสำหรับใช้ขับเคลื่อนกังหันไอน้ำและเครื่องจักรไอน้ำ

4.4 ความดัน (Pressure) หมายถึง แรงที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ความดันหม้อไอน้ำเกิดขึ้นจากน้ำภายในหม้อไอน้ำได้รับความร้อนจนกลายเป็นไอน้ำ แต่ไม่สามารถออกไป

ภายนอกจึงเกิดการอัดแน่นเป็นความดัน หน่วยที่ใช้วัดความดันไอน้ำมีด้วยกันหลายหน่วย แต่ที่นิยมใช้ได้แก่ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (kg/cm²) บาร์ (bar) และปาสกาล (Pa)

4.4.1 หน่วยของความดัน

หน่วยของความดันแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม¹ คือ

1) หน่วยที่บอกเป็นขนาดของแรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ เช่น กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (kgf/cm²) นิวตันต่อตารางเซนติเมตร (N/cm²) และ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (lbf/in²) เป็นต้น

ข้อสังเกต

หน่วยของแรงใช้ kgf, lbf เมื่อเป็นหน่วยของมวลใช้ kg, lb

2) หน่วยที่บอกเป็นความสูงของของเหลว หรือ ความดันสถิตย (Static Head) อาศัยกฎของของไหลที่ว่า ของเหลวที่ระดับต่างกันมีความดันไม่เท่ากัน

3) หน่วยที่บอกเป็นจำนวนเท่าของอากาศ (Atmospheric Pressure)

ความดัน 1 บรรยากาศ คือ ความดันอากาศที่อยู่รอบตัวเรา ความดันนี้เกิดจากน้ำหนักของแท่งอากาศที่มีความสูงเท่ากับชั้นบรรยากาศที่บนผิวโลกที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง มีค่า 14.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หน่วยบรรยากาศ (Atm) ใช้กับของไหลที่อัดตัวได้ เช่น อากาศ หรือก๊าซ เช่น เราอัดอากาศให้เล็กลงจากเดิม 10 เท่า จะทำให้มีความดันเกิดขึ้น 10 เท่าของบรรยากาศ

4) หน่วยอื่น ๆ ที่ไม่จัดอยู่ในจำพวกหน่วย 3 ข้อข้างต้น ได้แก่ บาร์ (Bar) ปาสกาล (Pascal) และทอร์ (Torr) ซึ่งเป็นหน่วยที่มีใช้น้อยมาก เป็นต้น

$$1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa}, \quad 10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ bar}, \quad 1 \text{ mmHg} = 1 \text{ Torr}$$

¹ไทยกราฟท์อุตสาหกรรม. (ตุลาคม, 2535). “เรื่องของความดัน (Pressure),” สารวิศวกรรม. 2(14) : 1-2.

1) ความดันเกจ (Gauge Pressure) คือ ค่าที่อ่านได้จากเกจวัดความดัน โดยใช้ความดัน 1 บรรยากาศ (1 Atm) เป็นค่าอ้างอิง ดังนี้

4.4.2 ชนิดของความดัน แบ่งออกเป็นสองชนิด¹ คือ

(1) เมื่อค่าความดันเกจ เท่ากับ 0 แสดงว่าความดันที่จุดวัด เท่ากับ ความดันบรรยากาศ (Atmospheric Pressure)

(2) เมื่อความดันเกจ มากกว่า 0 หรือความดันบวก แสดงว่าความดันที่จุดวัด สูงกว่าความดันบรรยากาศ เกิดแรงดัน (Pressure)

(3) ค่าความดันเก็มน้อยกว่า 0 หรือความดันลบ แสดงว่าความดันที่จุดวัด ต่ำกว่าความดันบรรยากาศ หรือเกิดสุญญากาศ (Vacuum)

(4) ความดัน 1 บรรยากาศ (ที่ระดับน้ำทะเล) มีค่าประมาณ 1 Bar หรือ 1 kgf/cm^2 หรือ 14.7 PSI

เครื่องหมายที่ใช้แสดงความดันเกจ² คือ G เช่น PSIG หรือ PSI_G และ Bar_G เป็นต้น หากความดันดังกล่าวไม่ระบุเครื่องหมาย G ตามหลัง แสดงว่าเป็นความดันเกจ

2) ความดันสัมบูรณ์ (Absolute Pressure) คือ ความดันทั้งหมดที่มีอยู่จริง ณ จุดวัดความดัน แบ่งออกเป็น 2 กรณี³ คือ

(1) ความดันที่สูงกว่าความดันบรรยากาศ มีสูตรว่า

$$\text{ความดันสัมบูรณ์ } (P_{\text{abs}}) = \text{ความดันบรรยากาศ } (P_{\text{atm}}) + \text{ความดันเกจ } (P_{\text{gce}})$$

¹ไทยกราฟท์อุตสาหกรรม. (พฤศจิกายน, 2535). “เรื่องของความดัน (Pressure),” *สารวิศวกรรม*. 2(15): 1.

²ไทยกราฟท์อุตสาหกรรม. (ธันวาคม, 2535). “เรื่องของความดัน (Pressure),” *สารวิศวกรรม*. 2(16): 1-2.

³Cengel, Yanus A. and Boles, Michael A. (1998). *Thermodynamics An Engineering Approach*. USA : McGraw – Hill. p. 19.

(2) ความดันที่ต่ำกว่าความดันบรรยากาศ มีสูตรว่า

$$\text{ความดันสัมบูรณ์ (P}_{\text{abs}}) = \text{ความดันบรรยากาศ (P}_{\text{atm}}) - \text{ความดันสุญญากาศ (P}_{\text{vac}})$$

ความดันสัมบูรณ์ ใช้เครื่องหมาย A ใช้ในงานเฉพาะอย่างเท่านั้น เช่น การคำนวณทางเทอร์โมไดนามิกส์ เช่น

$$\text{ไอน้ำ 7 Bar มีค่าความดันสัมบูรณ์} = 7+1 = 8 \text{ Bar}$$

$$\text{อากาศ -4 PSI มีค่าความดันสัมบูรณ์} = (-4) + 14.7 = 10.7 \text{ PSI}_a$$

การเปรียบเทียบความดันและหน่วยวัดความดัน

1 บรรยากาศ	=	14.696	ปอนด์/ตารางนิ้ว
1 บรรยากาศ	=	101.32	กิโลปาสกาล
1 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร	=	14.223	ปอนด์/ตารางนิ้ว
1 บาร์	=	14.504	ปอนด์/ตารางนิ้ว
1 ปอนด์/ตารางนิ้ว	=	6,894.760	นิวตัน/ตารางเมตร

4.5 พิกัดหม้อไอน้ำหรืออัตราการผลิตไอน้ำ (Steam Rate) หมายถึง ความสามารถของหม้อไอน้ำที่ผลิตไอน้ำได้ในเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อเกจวัดความดันอ่านค่าได้ 0 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือที่ความดันบรรยากาศ ไอน้ำจะมีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส หน่วยที่ใช้เรียกเป็นกิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือตันต่อชั่วโมง เช่น หม้อไอน้ำขนาด 5 ตันต่อชั่วโมง หมายถึง หม้อไอน้ำที่สามารถผลิตไอน้ำได้ 5 ตัน ในเวลา 1 ชั่วโมง

หม้อไอน้ำลูกหนึ่ง ๆ สามารถผลิตไอน้ำได้มากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับความดันทำงาน นิยมเทียบจากอัตราการระเหยสมบูรณ์ (Equivalent Evaporation) คือ เทียบจากปริมาณความร้อนที่ใช้ระเหยน้ำ มีหน่วยเทียบสองระบบ คือ

4.5.1 พิกัดหม้อไอน้ำในระบบอังกฤษ กำหนดตามมาตรฐาน ASME เรียกว่า แรงม้าหม้อไอน้ำ (ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อ 4.6)

เมื่อเทียบเป็นค่าความร้อน โดยที่ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอน้ำที่อุณหภูมิ 212 องศาฟาเรนไฮต์ ความดัน 14.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว คือ 970.3 บีทียูต่อปอนด์ ดังนั้น

$$1 \text{ แรงม้าห้ำไอน้ำ} = (34.5)(970.3) = 33,475.35 \text{ บีทียูต่อชั่วโมง}$$

1 แรงม้าห้ำไอน้ำ ไม่เท่ากับ 1 แรงม้ากำลังงาน เพราะ 1 แรงม้ากำลังงานมีค่าเพียง 2,545 บีทียูต่อชั่วโมง ดังนั้น 1 แรงม้าห้ำไอน้ำ มีค่าประมาณ 13 เท่าแรงม้ากำลังงาน

ปัจจุบัน มาตรฐาน ASME กำหนดว่า 1 แรงม้าห้ำไอน้ำมีค่าประมาณ 5 ตารางฟุตของพื้นที่ถ่ายเทความร้อนของห้ำไอน้ำ

4.5.2 พิกัดห้ำไอน้ำในระบบ SI ใช้หน่วยเรียกเดียวกับระบบเมตริก คือตันต่อชั่วโมง

พิกัดห้ำไอน้ำ 1 ตันต่อชั่วโมง คือปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำที่มีมวล 1 ตัน (1000 กิโลกรัม) กลายเป็นไอน้ำหมดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ภายใน 1 ชั่วโมงโดยที่ปริมาณความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอน้ำของน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ความดัน 1.13 บาร์ มีค่าเท่ากับ 2,256.7 กิโลจูลต่อกิโลกรัม ดังนั้น

$$1 \text{ ตันต่อชั่วโมง} = (1,000)(2,256.7) = 2,256,700 \text{ กิโลจูล}$$

4.6 แรงม้าห้ำไอน้ำ (Boiler Horsepower) เป็นหน่วยวัดอัตราการผลิตไอน้ำของห้ำไอน้ำอีกแบบหนึ่ง ด้วยการกำหนดว่า 1 แรงม้าห้ำไอน้ำ หมายถึงความสามารถของห้ำไอน้ำที่ผลิตไอน้ำได้ 34.5 ปอนด์ ในเวลา 1 ชั่วโมง ด้วยการค้ำน้ำในห้ำไอน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ให้กลายเป็นไอน้ำและมีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 14.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรืออ่านจากเกจวัดความดันจะมีค่าเป็น 0 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เราสามารถเปลี่ยนหน่วยจากแรงม้าห้ำไอน้ำ ให้เป็นตันต่อชั่วโมงได้ คือ 63 แรงม้าห้ำไอน้ำ มีค่า 1 ตันต่อชั่วโมง¹

¹วิวัฒน์ ภัททิยธนี. (2539). เทคโนโลยีไอน้ำ. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด. หน้า

เมื่อเทียบฟิสิกส์ของหม้อไอน้ำของระบบอังกฤษกับระบบ SI จะเห็นว่า
 1 ตันต่อชั่วโมง = 67 แรมม้าหม้อไอน้ำ

4.7 ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (Boiler Efficiency) เป็นตัวเลขแสดงจำนวนความร้อนที่เกิดจากการสันดาปว่ามีร้อยละเท่าใดที่ได้ใช้ประโยชน์ในการผลิตไอน้ำ เป็นตัวเลขที่แสดงอัตราส่วนของปริมาณความร้อนที่มีในไอน้ำ และปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ป้อนให้แก่หม้อไอน้ำ

ในการใช้เชื้อเพลิงทำน้ำให้เป็นไอน้ำ จะสูญเสียความร้อนไปบางส่วน ไอน้ำจึงไม่ได้รับความร้อนจากเชื้อเพลิงทั้งหมด วิธีการหนึ่งในการหาประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ คือการหาสมดุลความร้อนด้วยหลักการที่ว่า พลังงานเข้าเท่ากับพลังงานออก วัดค่าพลังงานเข้าและพลังงานออกต่าง ๆ ด้วยอุปกรณ์วัดพลังงาน พลังงานที่เกี่ยวข้องกับหม้อไอน้ำ คือ

4.7.1 พลังงานเข้าหม้อไอน้ำ ประกอบด้วย

- 1) พลังงานที่ได้รับจากการสันดาปเชื้อเพลิง
- 2) พลังงานที่เป็นความร้อนสัมผัสของเชื้อเพลิง
- 3) พลังงานที่เป็นความร้อนสัมผัสของอากาศที่นำมาใช้ในการสันดาป
- 4) พลังงานจากน้ำ (ร้อน) ที่ป้อนเข้า

4.7.2 พลังงานออกจากหม้อไอน้ำ ประกอบด้วย

- 1) พลังงานในไอน้ำ
- 2) พลังงานในก๊าซไอเสียที่ปล่อยคว้น
- 3) พลังงานที่สูญเสียจากการแผ่รังสีและการพาความร้อน
- 4) พลังงานที่สูญเสียจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

จากคำจำกัดความ สามารถเขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ}^1 = \frac{\text{พลังงานความร้อนจากไอน้ำ}}{\text{พลังงานความร้อนที่เข้าทั้งหมด}} \times 100$$

$$\text{ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ}^2 = \frac{\text{ปริมาณไอน้ำที่ผลิต} \times \text{ปริมาณความร้อนที่มีอยู่ในไอน้ำ}}{\text{ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้} \times \text{ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง}} \times 100$$

วิธีการนี้มีรายละเอียดและปริมาณที่ต้องวัดมาก ทำให้ไม่สะดวกในเชิงปฏิบัติ

วิธีที่สะดวกกว่า คือ

$$\text{ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ} = 100 - \% \text{ การสูญเสียพลังงาน}$$

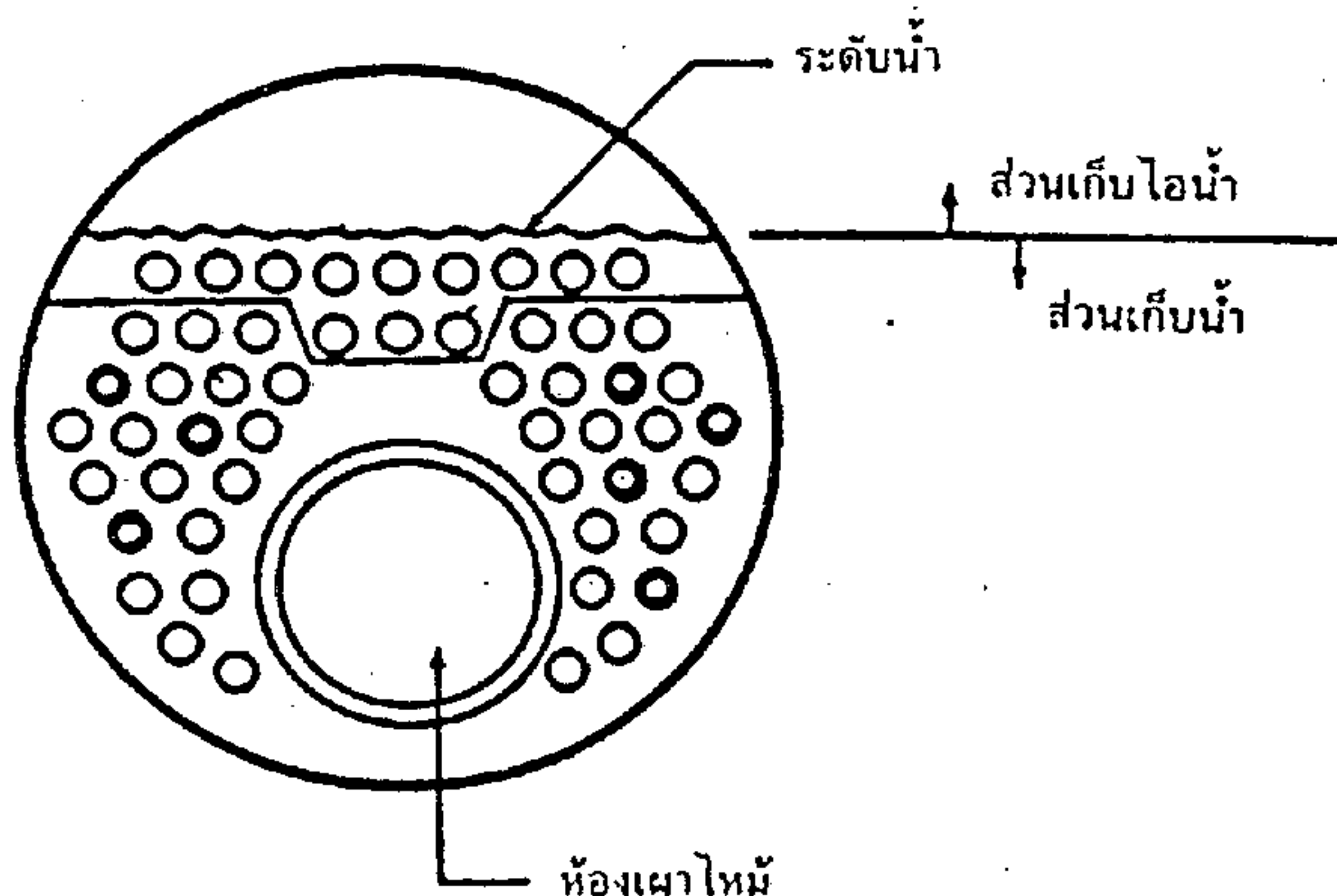
5. การทำงานของหม้อไอน้ำ

หม้อไอน้ำไม่ว่าจะเป็นแบบใด มีลักษณะการทำงานเหมือนกัน คือ หม้อไอน้ำเมื่อได้รับความร้อนจากภายนอก หรือภายในแล้วจะส่งผ่านความร้อนต่อไปยังน้ำที่อยู่ในหม้อไอน้ำ จนกระทั่งน้ำกลายเป็นไอน้ำ

¹กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
(ม.ป.ป.). หม้อไอน้ำ. (เอกสารเผยแพร่ชุดความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการใช้พลังงาน รหัส EE 01/10/12)
หน้า 3.

²วิชัย พงษ์ธาราธิกุล. (2542). เล่มเดิม. หน้า 4.

ส่วนประกอบของหม้อไอน้ำมีสามส่วน คือ



ภาพประกอบ 5 แสดงส่วนประกอบของหม้อไอน้ำ

5.1 เตา หรือห้องเผาไหม้ (Furnace or Combustion Chamber) หม้อไอน้ำบางแบบ เตาหรือห้องเผาไหม้อยู่ภายนอก ส่งความร้อนเข้ามาภายใน แต่บางแบบใช้ท่อไฟใหญ่ทำหน้าที่เป็นห้องเผาไหม้ บริเวณที่ใช้สำหรับถ่ายเทความร้อนให้น้ำได้แก่ ห้องเผาไหม้ ท่อไฟใหญ่ ท่อไฟเล็ก และท่อน้ำ

5.2 ส่วนเก็บน้ำ (Water Space) อยู่ภายในหม้อไอน้ำ ทำหน้าที่เก็บน้ำไว้สำหรับผลิตไอน้ำ ปริมาณน้ำที่เก็บสำหรับหม้อไอน้ำแบบท่อไฟ ระดับน้ำควรอยู่เหนือท่อไฟแถวบนสุด ประมาณ 6 นิ้ว หากระดับน้ำต่ำ ต้องระมัดระวังเพราะอาจเกิดอันตรายต่อท่อไฟได้ หากระดับน้ำสูงเกินไป ปริมาตรที่ใช้เก็บไอน้ำเหลือน้อยอาจไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ขณะที่ใช้งานระดับน้ำไม่ควรแตกต่างกันมากนัก หากสามารถทำได้ระดับน้ำควรแตกต่างกันไม่เกิน 3/4 นิ้ว

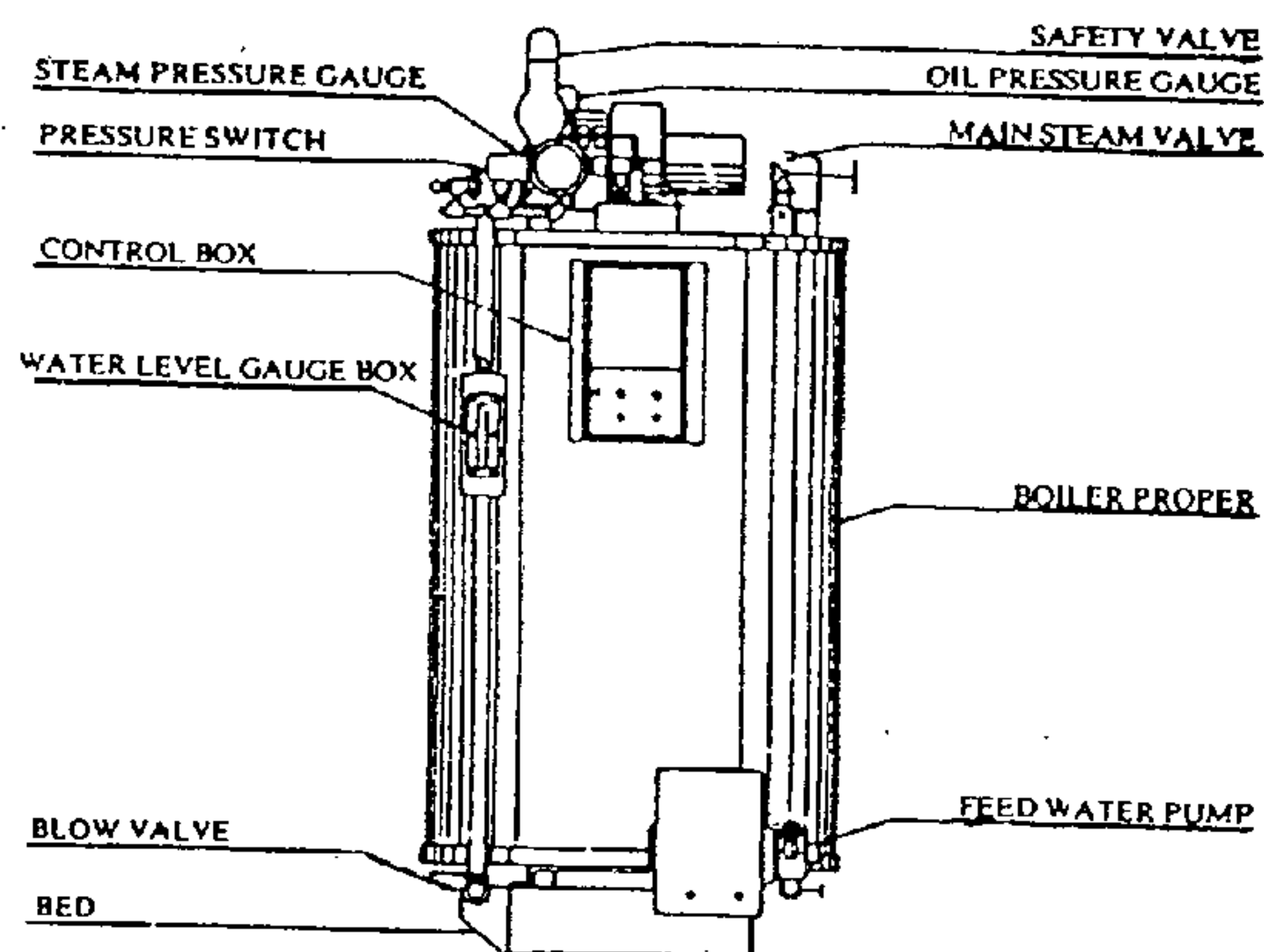
5.3 ส่วนเก็บไอน้ำ (Steam Space) อยู่ภายในหม้อไอน้ำเช่นเดียวกัน อยู่เหนือส่วนที่เก็บน้ำ ทำหน้าที่เก็บไอน้ำไว้ในหม้อไอน้ำและจ่ายออกทางวาล์วจ่ายไอน้ำเมื่อต้องการใช้ ส่วนเก็บไอน้ำ ควรมีปริมาตรมากที่สุดเท่าที่สามารถทำได้ เพื่อให้ปริมาณไอน้ำสำรองมีมากพอที่จะนำไปใช้งานได้อย่างต่อเนื่องโดยที่ความดันของไอน้ำไม่ตก

6. การแบ่งประเภทของหม้อไอน้ำ

หม้อไอน้ำสร้างขึ้นด้วยวัตถุประสงค์เดียวกัน คือ ผลิตไอน้ำ แต่ไอน้ำที่ผลิตได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ต่างกัน ดังนั้นการออกแบบหม้อไอน้ำจึงมีหลายแบบตามความเหมาะสมของการนำไปใช้งาน หม้อไอน้ำแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้

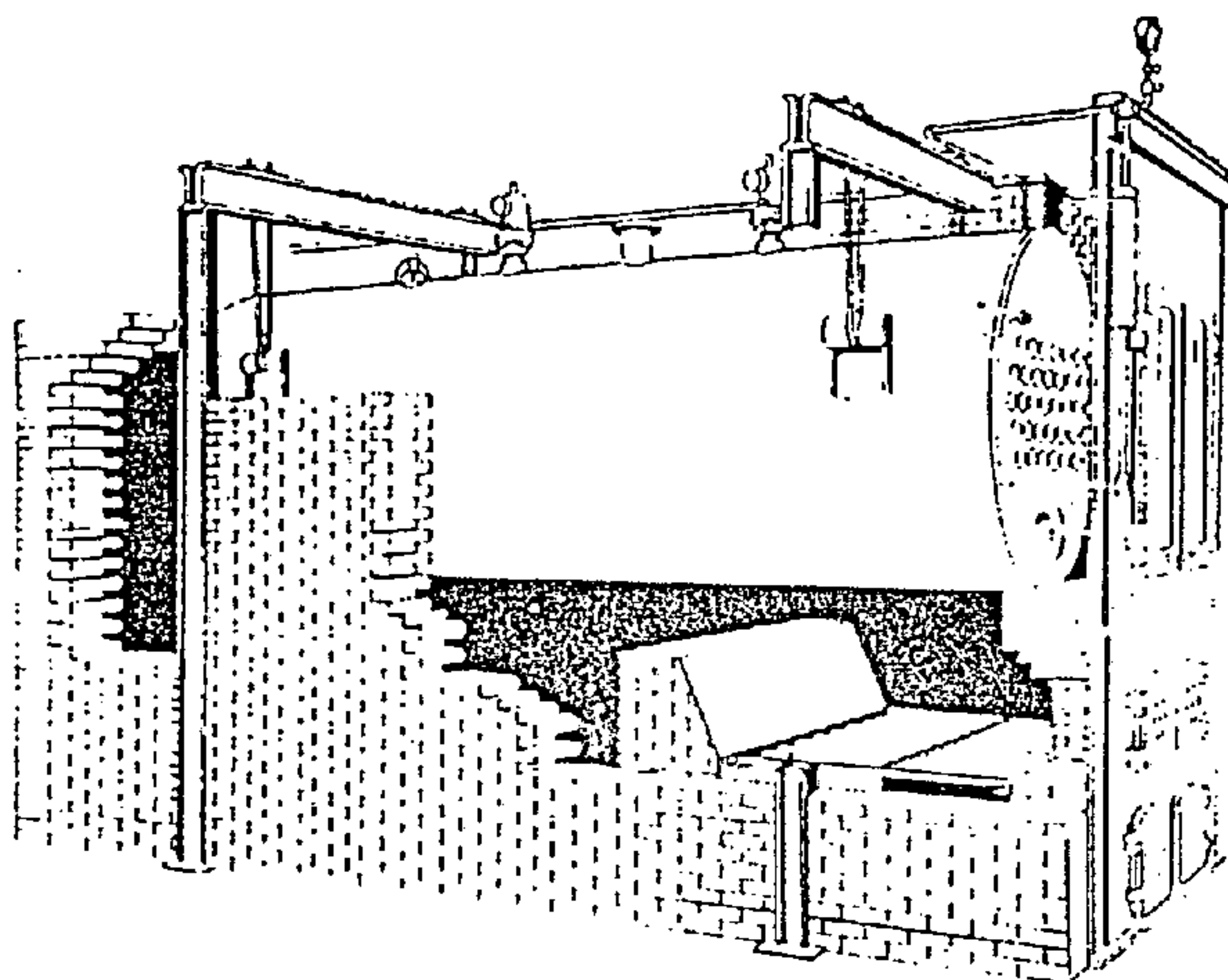
6.1 แบ่งตามลักษณะการวางแนวแกนของเปลือกหม้อไอน้ำ (According to direction of axis of shell) มีสองแบบ คือ

6.1.1 หม้อไอน้ำแบบตั้ง แนวแกนของเปลือกหม้ออยู่ในแนวตั้ง



ภาพประกอบ 6 แสดงหม้อไอน้ำแบบตั้ง

6.1.2 หม้อไอน้ำแบบนอน แนวแกนเปลือกหม้อไอน้ำอยู่ในแนวนอน



ภาพประกอบ 7 แสดงหม้อไอน้ำแบบนอน

6.2 แบ่งตามลักษณะการใช้งาน (According to use to which they are put)

ในยุคแรกหม้อน้ำถูกนำมาใช้สำหรับยานพาหนะเพื่อการคมนาคม มีสองแบบ คือ

6.2.1 หม้อไอน้ำที่ออกแบบสำหรับใช้งานสำหรับรถไฟ เรียกตามสภาพการใช้งานว่า หม้อน้ำรถไฟ (Locomotive Boiler) และเรียกรถจักร (รถไฟ) ว่า “Locomotive Engine” ใช้ฟืนหรือไม้เป็นเชื้อเพลิง ลักษณะห้องเผาไหม้เป็นรูปสี่เหลี่ยม ทิศทางการไหลของแก๊สร้อนมีเพียงเที่ยวเดียว คือออกจากห้องเผาไหม้ ไหลผ่านท่อไฟเล็กแล้วออกปล่อง และเนื่องจากหัวรถจักรไอน้ำมีเนื้อที่น้อย ต้องออกแบบให้มีขนาดเล็กกระทัดรัด แต่มีประสิทธิภาพสูง ความดันใช้งานประมาณ 20 บาร์

การใช้หม้อไอน้ำแบบนี้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หรือทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศมาก ... นอกจากนี้ฟืนที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงมีปริมาณลดลงจึงเลิกใช้ แต่ถูกนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม คือ โรงเลื่อยไม้ และโรงอบไม้ ซึ่งสามารถนำเอาเศษไม้ของโรงงานมาเป็นเชื้อเพลิง

6.2.2 หม้อไอน้ำเรือ (Marine Boiler) เคยใช้กับเรือเดินสมุทรเป็นส่วนใหญ่และยังใช้ในเรือรบสมัยโบราณ เนื่องจากเรือมีพื้นที่น้อยจำเป็นต้องใช้พื้นที่เป็นระวางบรรทุกสินค้ามากที่สุด จำเป็นต้องออกแบบให้มีขนาดเล็กกระทัดรัดและมีประสิทธิภาพสูง ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางกับความยาวของหม้อไอน้ำจึงใกล้เคียงกัน มีท่อไฟใหญ่และท่อไฟเล็ก ท่อไฟใหญ่จะทำหน้าที่เป็นห้องเผาไหม้ด้วย ปัจจุบันเลิกใช้เช่นเดียวกับหม้อไอน้ำรถไฟ

6.3 แบ่งตามตำแหน่งเตา (According to location of furnace)

การแบ่งประเภทหม้อไอน้ำตามตำแหน่งเตามีสองแบบ คือ

6.3.1 แบบเตาอยู่ในเปลือกหม้อไอน้ำ

แบบเตาอยู่ในเปลือกหม้อไอน้ำแบ่งย่อย ออกเป็นสองแบบ คือ

- 1) แบบเตาอยู่ภายในเปลือกหม้อชนิดสั้น
- 2) แบบเตาอยู่ภายในเปลือกหม้อชนิดยาว

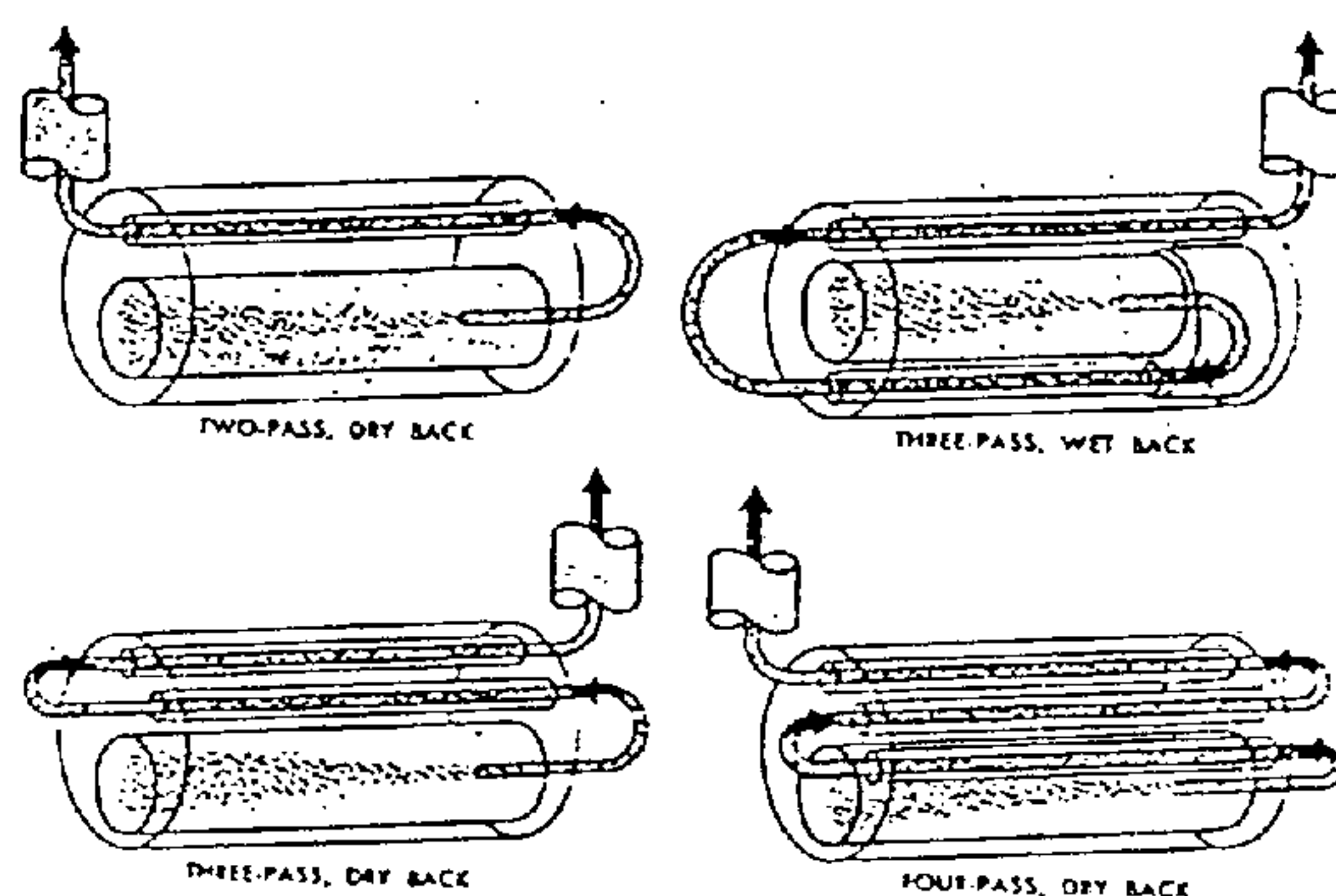
6.3.2 แบบเตาอยู่นอกเปลือกหม้อไอน้ำ

6.4 แบ่งตามน้ำ หรือแก๊สร้อนที่อยู่ในท่อ (According to relative position of water and hot gases)

หม้อไอน้ำแบ่งตามน้ำหรือแก๊สร้อนที่อยู่ในท่อพิจารณาลักษณะงานของท่อ แบ่งออกเป็นสองแบบ คือ

6.4.1 หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ (Water Tube) หม้อไอน้ำแบบนี้มีน้ำไหลในหลอดน้ำ (หรือท่อน้ำ) และก๊าซร้อนอยู่รอบๆ หลอดน้ำ

6.4.2 หม้อไอน้ำแบบท่อไฟ (Fire Tube) แบบนี้มีก๊าซร้อนอยู่ในท่อ และน้ำอยู่ภายนอกท่อไฟหรือรอบก๊าซร้อน



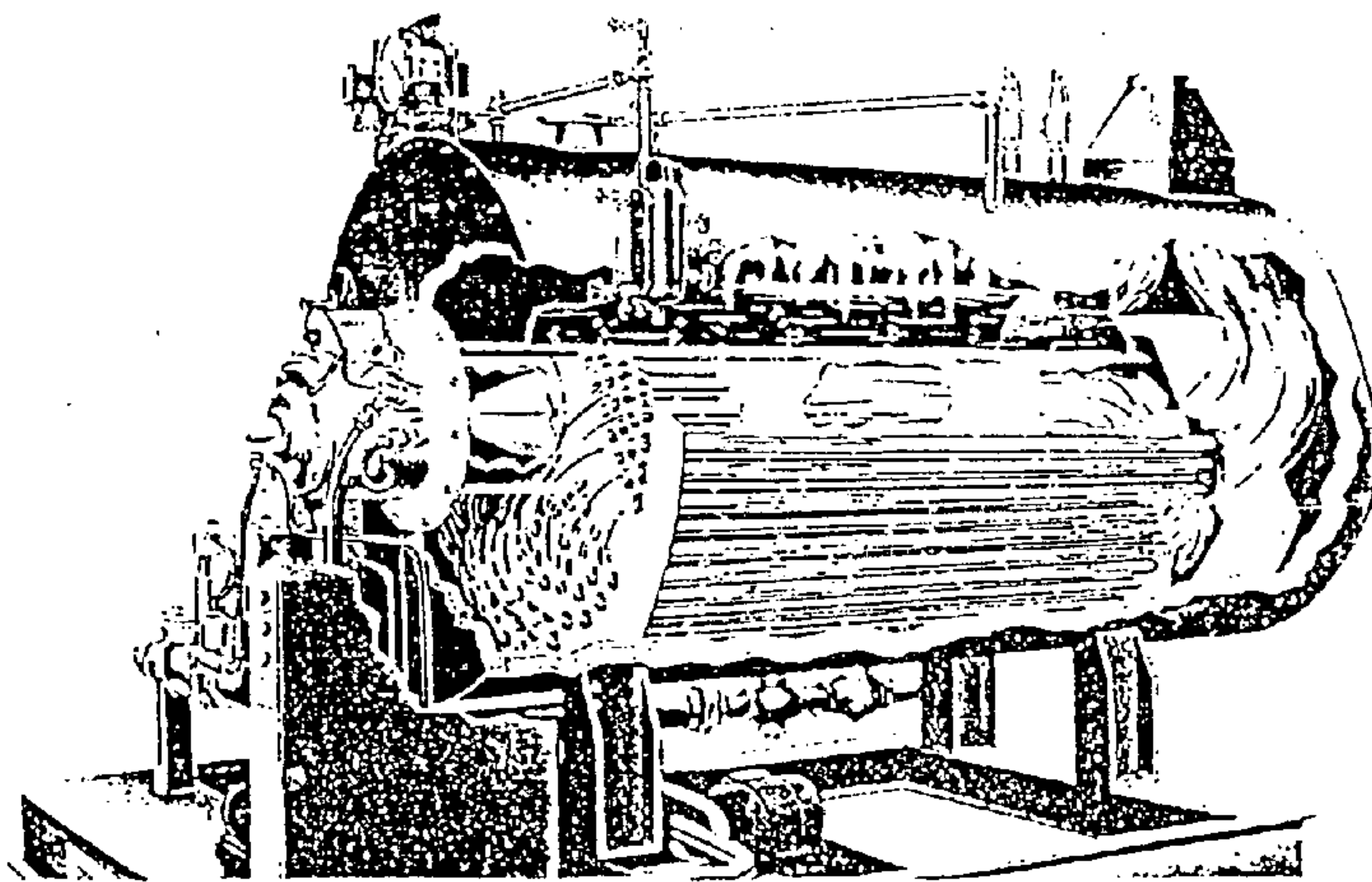
ภาพประกอบ 8 หม้อไอน้ำแบบท่อไฟหรือหลอดไฟ

เนื่องจากการแบ่งประเภทหม้อไอน้ำมีหลายแบบ แต่ที่นิยมใช้ คือแบ่งตามน้ำหรือก๊าซร้อนที่อยู่ในท่อทั้งสองแบบต่างมี ข้อดี-ข้อเสีย หรือข้อจำกัดที่ไม่เหมือนกัน เป็นต้องศึกษารายละเอียดเพื่อประโยชน์ในการพิจารณาเลือกใช้ตามความเหมาะสมกับสภาพงาน

หม้อไอน้ำแบบท่อไฟ หรือหลอดไฟ (Fire Tube Boilers) หม้อไอน้ำแบบนี้ภายในท่อมีความร้อนหรือเปลวไฟวิ่ง และมีน้ำอยู่ภายนอกท่อ นิยมใช้มากกว่าแบบท่อน้ำ หม้อไอน้ำแบบท่อไฟไม่ควรสร้างให้มีความดันใช้งานเกิน 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ในประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดไว้ว่าไม่ควรสร้างให้มีอัตราการผลิตไอน้ำเกิน 12 ตันต่อชั่วโมง สำหรับทวีปยุโรปสร้างขนาดใหญ่กว่า เช่น ขนาด 15 ตันต่อชั่วโมง แต่ลดความดันใช้งานสูงสุดลง หม้อไอน้ำแบบท่อไฟยังแบ่งย่อยออกเป็นสองแบบ คือ

- 1) หม้อไอน้ำชนิดท่อไฟตั้ง หม้อไอน้ำชนิดนี้เปลือกหม้อไอน้ำและท่อไฟวางในแนวตั้ง ใช้พื้นที่ติดตั้งน้อย ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำไม่ดีเนื่องจากก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ผ่านท่อเร็วเกินไป คือผ่านเพียงเที่ยวเดียว ทำให้สูญเสียความร้อนออกไปทางปล่องไฟมาก

2) หม้อไอน้ำชนิดท่อไฟนอน หม้อไอน้ำชนิดนี้ เชื้อเพลิงถูกไหม้ภายในห้องเผาไหม้ ก๊าซร้อนที่ได้ไหลผ่านท่อไฟใหญ่หรือท่อไฟเล็ก ก๊าซร้อนจะไหลผ่านท่อ 1, 2, 3, หรือ 4 เที้ยว แล้วแต่การออกแบบ แต่ส่วนใหญ่ ออกแบบให้ก๊าซร้อนไหลผ่าน 2 และ 3 เที้ยว



ภาพประกอบ 9 หม้อไอน้ำแบบท่อไฟนอน

6.4.3 ข้อเปรียบเทียบระหว่างหม้อไอน้ำแบบท่อไฟและท่อน้ำ¹ แสดงไว้ในตาราง 5

ตาราง 5 ข้อเปรียบเทียบระหว่างหม้อไอน้ำแบบท่อไฟและท่อน้ำ

ข้อเปรียบเทียบ	ท่อไฟ	ท่อน้ำ
1. ชนิดของไอที่ผลิตได้	ไอน้ำอิ่มตัว	ไอน้ำอิ่มตัว, ไอน้ำ
2. ความดันไอที่ผลิตได้	ต่ำ	สูง
3. การเริ่มจ่ายไอ	ช้า เพราะมีน้ำมาก	เร็ว
4. ความปลอดภัย	ต่ำ	สูง
5. ราคา / อัตราการผลิตไอ	ต่ำ	สูง
6. การทำความสะอาดและตรวจสอบภายในท่อน้ำหรือท่อไฟ	ง่าย	ยาก
7. คุณภาพน้ำป้อนหม้อไอน้ำ	ปานกลาง	ต้องดีมาก ป้องกันการเกิดตะกอนในท่อ
8. การจ่ายไอ	คงที่	ไม่คงที่ (ขึ้นกับอัตราการใช้)

6.5 หม้อไอน้ำที่สร้างขึ้นเป็นพิเศษ (Special Boilers) เป็นหม้อไอน้ำที่สร้างขึ้นสำหรับใช้งานเป็นพิเศษ อาจใช้สารตัวกลางที่ต่างไปจากน้ำ เช่น สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีจุดเดือด

¹ไทยกราฟท์อุตสาหกรรม. (เมษายน, 2535). “เรื่องของความดัน (Pressure),” สารวิศวกรรม. 2(15):2.

(Boiling Point) ต่ำ หรือ อาจเป็นหม้อไอน้ำที่ได้รับความร้อนจากแหล่งที่แปลกไปจากธรรมดา เช่น ใช้ความร้อนจากไฟฟ้า จากก๊าซไอเสียรถยนต์ จากพลังความร้อนใต้พิภพ ฯลฯ หม้อไอน้ำแบบนี้ยังแบ่งย่อยออกเป็น 5 แบบ¹ คือ

6.5.1 หม้อไอน้ำแบบเพิ่มความร้อนโดยทางอ้อม หม้อไอน้ำแบบนี้จะมีแหล่งความร้อนจากเตาปฏิกรณ์ปรมาณู เช่น หม้อไอน้ำแบบเลิฟเลอร์ หรือหม้อไอน้ำแบบกลายเป็นไอสองตอน และหม้อไอน้ำแบบแผ่รังสีของชนิด

6.5.2 หม้อไอน้ำแบบใช้ไอเสียเป็นแหล่งความร้อน (Waste - Heat Boiler) เป็นหม้อไอน้ำที่ใช้ก๊าซไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซล ไอเสียจากเครื่องกังหันก๊าซ หรือไอเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ

6.5.3 หม้อไอน้ำแบบใช้วัสดุเหลือใช้เป็นเชื้อเพลิง ประเทศเกษตรกรรมมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาก เช่น แกลบ ชานอ้อย จี้เลื่อย ซังข้าวโพด เป็นต้น ขอยกตัวอย่างหม้อไอน้ำของทอมลินสัน เป็นหม้อไอน้ำแบบใช้น้ำดำเป็นเชื้อเพลิง น้ำดำเป็นน้ำที่ได้จากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษโดยใช้ด่างเป็นตัวทำลายเยื่อไม้ หลังจากแยกเยื่อไม้ออกจะเหลือน้ำที่เป็นสีดำ และนำน้ำสีดำนี้ไปแยกด่างกลับมาใช้อีก น้ำสีดำที่แยกด่างและเยื่อไม้ออกแล้ว เรียกว่า น้ำดำ ในน้ำดำจะมีของแข็งประเภทเซลลูโลสผสมอยู่ประมาณ ร้อยละ 10-18 หม้อไอน้ำที่ใช้น้ำดำเป็นเชื้อเพลิงมีสองแบบ คือ แบบของประเทศสหรัฐอเมริกา และแบบของประเทศสวีเดน

6.5.4 หม้อไอน้ำที่ใช้ของเหลวพิเศษ เป็นสารตัวกลางในการรับความร้อน เช่น หม้อไอน้ำสองไซเคิลไอชนิดที่ใช้ปรอทเป็นสารตัวกลางในการผลิตไอปรอท ทางด้านความดันสูง และใช้น้ำเป็นสารตัวกลางในการผลิตไอน้ำทางด้านความดันต่ำ หรือ หม้อไอน้ำที่ใช้สารเคมีพิเศษที่ชื่อว่า ดาวเทียมแทนน้ำ หรือหม้อไอน้ำที่ใช้น้ำพิเศษ เรียกว่า นีโอ-เอสเค (Neo - sk) เป็นสารตัวกลาง

¹วิวัฒน์ ภัททิยธนี. (2539). เล่มเดิม. หน้า 166-171.

หม้อไอน้ำที่ใช้ดาวเทียมเป็นสารตัวกลางแทนน้ำนี้มีใช้ในสหรัฐอเมริกา สารเคมีดาวเทียมมีหลายชนิด สารดาวเทียมที่นิยมใช้ผลิตขึ้นโดยบริษัท ดาวเคมีคัล สารเคมีดาวเทียมมีหลายชนิด ที่ใช้กันแพร่หลาย คือ สารประกอบจีเฟนอีลออกไซด์ มีจุดหลอมเหลวที่ 27 องศาเซลเซียส และสารประกอบจีเฟนิล มีจุดหลอมเหลวที่ 69 องศาเซลเซียส เมื่อผสมสารประกอบทั้งสองในสัดส่วน 73.5 ต่อ 26.5 จุดหลอมเหลวจะเป็น 12 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศและไม่แข็งที่อุณหภูมิห้อง สำหรับน้ำมัน นิโอ-เอสเค และเนคลอน มีคุณสมบัติคล้ายดาวเทียม เป็นสารเคมีที่ผลิตขึ้นในประเทศญี่ปุ่น มีราคาแพงมาก มีคุณสมบัติที่สามารถรับความร้อนแล้วระเหยกายเป็นไอที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้ขนาดหม้อไอน้ำที่ใช้สารตัวกลางพิเศษเหล่านี้มีขนาดเล็ก

6.5.5 หม้อไอน้ำแบบใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งความร้อน แบ่งออกเป็นสองแบบ คือ

1) แบบมีขั้วไฟฟ้า

ใช้น้ำเป็นตัวต้านทานโดยปล่อยให้กระแสไฟฟ้าไหลระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสองจะทำให้น้ำร้อนจนกลายเป็นไอ

2) แบบใช้ขดลวดความต้านทาน

แบบที่นิยมใช้คือแบบขั้วไฟฟ้า เพราะใช้น้ำที่มีแร่ธาตุผสมอยู่ได้ ไม่ต้องปรับน้ำเลี้ยง แต่มีข้อเสียคือต้องปล่อยน้ำทิ้ง (Blow - down) บ่อย ๆ เพราะเกลือแร่ในน้ำจะเข้มข้นมากขึ้น ความต้านทานสูงมากขึ้น ทำให้เปลืองไฟฟ้ามากขึ้น

7. ลักษณะของหม้อไอน้ำที่ดี

หม้อไอน้ำที่ดีควรมีลักษณะ¹ ดังนี้

- 7.1 ออกแบบโครงสร้างแบบง่าย ๆ มีความแข็งแรง และถูกหลักวิศวกรรม
- 7.2 อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ได้มาตรฐาน
- 7.3 การใช้งานไม่ยุ่งยากซับซ้อนและมีความปลอดภัย

¹วิวัฒน์ ภัททิยธนี. (2539). เล่มเดิม. หน้า 200.

- ได้
- 7.4 ออกแบบให้มีการถ่ายเทความร้อน และไหลเวียนของน้ำได้ดี
 - 7.5 มีพื้นที่ถ่ายเทความร้อนมาก
 - 7.6 สามารถทำการตรวจ ทดสอบ ทำความสะอาดและซ่อมแซมทุกส่วนของหม้อไอน้ำ
 - 7.7 เตาหรือห้องเผาไหม้มีพื้นที่เพียงพอที่จะทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์
 - 7.8 มีส่วนเก็บไอน้ำมาก

8. อุปสรรคในการพัฒนาหม้อไอน้ำ

สิ่งที่เป็นอุปสรรคในการพัฒนาหม้อไอน้ำ¹ ประกอบด้วย

- 8.1 ต้องมีวัสดุที่ทนความดันและอุณหภูมิสูง
- 8.2 วิธีการสร้างต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพเชิงความร้อนและความแข็งแรง
- 8.3 สภาพของสารตัวกลางที่ใช้ในหม้อไอน้ำ

¹วิวัฒน์ ภัททิยธนี. (2539). เล่มเดิม. หน้า 160.

กิจกรรมและสื่อ

กิจกรรม มีดังนี้

1. ให้นักศึกษาแสดงความคิดเห็นเรื่องประวัติและกำเนิดของหม้อไอน้ำ
2. ให้นักศึกษาอภิปรายเรื่องความสำคัญของหม้อไอน้ำ
3. ให้นักศึกษาอภิปรายเรื่องลักษณะของหม้อไอน้ำที่ดี
4. ให้นักศึกษาอภิปรายเรื่องอุปสรรคในการพัฒนาหม้อไอน้ำ

สื่อ ประกอบด้วย

1. แผ่นภาพ
2. แผ่นใส
3. เอกสารประกอบการสอน
4. หนังสืออ่านประกอบ

การประเมินผล

1. ถาม-ตอบ ระหว่างบรรยาย
2. สังเกตการถาม การตอบคำถาม และการอภิปรายของนักศึกษา
3. ทำแบบฝึกหัดท้ายเล่ม

แบบฝึกหัด

1. จงอธิบายความแตกต่างของความดันสัมบูรณ์ ที่ความดันสูงกว่าบรรยากาศ และที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ
2. จงอธิบายความแตกต่างทางฟิสิกส์ของไอน้ำอิ่มตัว (Saturated Steam) และไอน้ำร้อนยิ่งยวด หรือ ไอน้ำ ดง (Superheated Steam)

หนังสืออ่านประกอบ

- กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2530). *คู่มือควบคุมหม้อไอน้ำ*. นปพ.
- กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. (ม.ป.ป.).
- หม้อไอน้ำ*. (เอกสารเผยแพร่ชุดความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการใช้พลังงาน รหัส EE 01/10/12)
- ไทยกราฟท์อุตสาหกรรม. (ตุลาคม, 2535). “เรื่องของความดัน (Pressure),” *สารวิศวกรรม*. 2(14) : 1-2.
- _____. (พฤศจิกายน, 2535). “เรื่องของความดัน (Pressure),” *สารวิศวกรรม*. 2(15) : 1.
- _____. (ธันวาคม, 2535). “เรื่องของความดัน (Pressure),” *สารวิศวกรรม*. 2(16) : 1-2.
- วิชัย พงษ์ธาราธิกุล. (2542). *คู่มือควบคุมหม้อไอน้ำ*. กรุงเทพฯ : บริษัท ธวิพัฒน์ จำกัด.
- วิวัฒน์ ภัททิยธนี. (2539). *เทคโนโลยีไอน้ำ*. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด.
- Yanmar Co., Ltd. *Yanmar Diesel Engine Instruction Book*. Vol. 3. Japan.
- Cengel, Yanus A. and Boles, Michael A. (1998). *Thermodynamics An Engineering Approach*. USA : McGraw – Hill. p. 19.

หน่วยที่ 3

โครงสร้างและส่วนประกอบของหม้อไอน้ำ

แผนการสอน

วิชา เครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ รหัสวิชา 3101-3003

หน่วยที่ 3

ครั้งที่ 1-2 เรื่อง โครงสร้างและส่วนประกอบของหม้อไอน้ำ

เวลา 4 คาบ

เนื้อหาสาระ

1. โครงสร้างที่สำคัญของหม้อไอน้ำ
2. ระบบส่งน้ำเข้าหม้อไอน้ำ
3. ระบบเชื้อเพลิง
4. ระบบจ่ายไอน้ำ
5. ถังพักไอน้ำ
6. ระบบช่วยประหยัด
7. ฉนวนกันความร้อน
8. บันได

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายโครงสร้างที่สำคัญของหม้อไอน้ำได้
2. อธิบายระบบส่งน้ำเข้าหม้อไอน้ำได้
3. เขียนไดอะแกรมวงจรระบบเชื้อเพลิงได้
4. เขียนไดอะแกรมวงจรระบบจ่ายไอน้ำได้
5. อธิบายหลักการทำงานของถังพักไอน้ำได้
6. อธิบายระบบช่วยประหยัดได้
7. สามารถเลือกใช้ฉนวนความร้อนได้
8. บอกเหตุผลและความจำเป็นในการติดตั้งบันไดได้

หน่วยที่ 3

โครงสร้าง และส่วนประกอบของหม้อไอน้ำ

เนื่องจากหม้อไอน้ำมีหลายแบบ ดังนั้นจึงยากที่จะแยกอธิบายถึงส่วนประกอบของหม้อไอน้ำแบบต่าง ๆ ได้ในที่นี้ จึงรวบรวมส่วนประกอบของหม้อไอน้ำที่มีใช้งานมาอธิบายถึงหน้าที่และความสำคัญโดยสังเขป ดังนี้

1. โครงสร้างหม้อไอน้ำ

หม้อไอน้ำโดยทั่วไปมีโครงสร้างที่สำคัญ ๆ¹ ดังนี้

1.1 เปลือกหม้อไอน้ำ (Boiler Shell) หมายถึง เปลือกเหล็กที่ห่อหุ้มน้ำ และไอน้ำ เป็นส่วนที่ได้รับความร้อนและความดันสูง จึงจำเป็นต้องออกแบบและสร้างอย่างแข็งแรง วัสดุที่ใช้ทำเปลือกหม้อไอน้ำเป็นชนิดที่ใช้สำหรับทำหม้อไอน้ำเท่านั้น เช่น เหล็กหล่อ หรือเหล็กปลอดสนิม (Stainless Steel) หรือเหล็กกล้าคาร์บอน เป็นต้น สำหรับหม้อไอน้ำชนิดท่อน้ำบางส่วน ถือว่า หม้อพักหรือดรัม (Drum) เป็นเปลือกหม้อไอน้ำด้วย

แผ่นเหล็กที่นำมาสร้างหม้อไอน้ำมีความกว้างและยาวขนาดเดียว แต่หม้อไอน้ำมีการสร้างหลายขนาด ดังนั้นจึงต้องมีการตัดและต่อแผ่นเหล็กเปลือกหม้อไอน้ำ การต่อแผ่นเหล็กเปลือกหม้อไอน้ำทำได้ 2 วิธี คือ

1.1.1 การต่อเปลือกหม้อไอน้ำโดยวิธีใช้หมุดย้ำ วิธีนี้รอยต่อมีความแข็งแรงประมาณ 50-90 % ของเนื้อเหล็ก และรอยต่อมีความหนากว่าปกติ จึงไม่เหมาะสมต่อการถ่ายเทความร้อน

1.1.2 การต่อเปลือกหม้อไอน้ำโดยวิธีการเชื่อม การต่อเปลือกหม้อไอน้ำวิธีนี้ต้องอาศัยผู้มีความชำนาญ และต้องตรวจสอบรอยเชื่อม โดยวิธีฉายแสง (X-Ray) หรือวิธีอื่นที่ให้ผลเหมือนกัน หม้อไอน้ำที่ผ่านการเชื่อมแล้วต้องลดความเค้นในเนื้อเหล็กบริเวณที่เชื่อม โดยใช้ความร้อนอบคลายความเครียด จึงจะได้รอยเชื่อมที่มีความแข็งแรงเท่ากับเนื้อเหล็ก การเชื่อมโดยไม่มีการตรวจสอบรอยเชื่อมอาจเกิดอันตรายได้ เพราะแนวเชื่อมอาจเกิดการแตกร้าว (Crack) ภายในและไม่สามารถมองเห็นด้วยตา

¹วิชัย พงกษัธราธิกุล. (2542). เล่มเดิม. หน้า 25-32.

1.2 ผนังหน้าและผนังหลัง (End Plate)

ผนังหน้าและผนังหลังหม้อไอน้ำ เป็นแผ่นเหล็กที่ใช้ปิดหัวและท้ายเปลือกหม้อไอน้ำ ผนังหม้อไอน้ำทำด้วยเหล็กชนิดเดียวกันกับที่ทำเปลือกหม้อไอน้ำ แต่จะมีความหนาแน่นมากกว่าหรือเท่ากัน และผนังหม้อไอน้ำมีการขึ้นรูปหลายแบบ

1.2.1 ผนังหม้อไอน้ำแบบโค้ง ผนังหม้อไอน้ำแบบนี้เป็นรูปทรงกลม ทำให้มีการกระจายแรงได้ดี จึงสามารถทนแรงดันภายในหม้อไอน้ำได้ดีด้วย ไม่จำเป็นต้องมีเหล็กยึดโยง ผนังแบบโค้งสร้างลำบาก และการติดตั้งท่อไฟทำได้ยากโดยเฉพาะการติดตั้งท่อไฟเล็ก ฉะนั้น หม้อไอน้ำที่ใช้ผนังโค้งจึงมีเฉพาะท่อไฟใหญ่เท่านั้น เช่น หม้อไอน้ำแบบลูกหมู

1.2.2 ผนังหม้อไอน้ำแบบขอบโค้ง ผนังหม้อไอน้ำแบบนี้ทำขอบให้โค้ง เพื่อให้สามารถทนความดันได้ดี แต่ผนังส่วนอื่นยังคงเรียบ ทำให้การติดตั้งท่อไฟใหญ่และท่อไฟเล็กง่าย ผนังแบบนี้ยึดกับเปลือกหม้อไอน้ำไม่แข็งแรงพอ ต้องใช้เหล็กยึดโยงช่วยเพิ่มความแข็งแรง บริเวณขอบโค้งเป็นจุดที่มีโอกาสเกิดการกัดกร่อนและแตกร้าวได้ง่าย ปัจจุบันหม้อไอน้ำลูกหมู และหม้อไอน้ำแบบแพคเกจ นิยมทำผนังด้วยวิธีนี้

1.2.3 ผนังหม้อไอน้ำแบบเรียบ ผนังหม้อไอน้ำแบบนี้สามารถสร้าง และติดตั้งท่อไฟได้ง่าย แต่ผนังกับเปลือกหม้อไอน้ำจะยึดกันไม่แข็งแรงพอ จึงต้องใช้เหล็กยึดโยงช่วย หม้อไอน้ำแพคเกจนิยมนำผนังแบบนี้

1.3 ท่อไฟใหญ่หรือลูกหมู (Flue Tube)

ท่อไฟใหญ่ หมายถึง ท่อก๊าซร้อนที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 6 นิ้ว หม้อไอน้ำบางแบบ ท่อไฟใหญ่ทำหน้าที่เป็นห้องเผาไหม้ด้วยก๊าซร้อน ที่ท่อไฟใหญ่อุณหภูมิไม่ควรเกิน 850 องศาฟาเรนไฮต์ หน้าที่หลักของท่อไฟใหญ่คือถ่ายความร้อนที่ได้รับจากก๊าซร้อนไปยังน้ำ วัสดุที่ใช้ทำท่อไฟใหญ่ต้องมีคุณสมบัติทนความร้อน และถ่ายเทความร้อนได้ดี ท่อไฟใหญ่ที่ใช้โดยทั่วไปมี 2 แบบ คือ แบบท่อตรง และท่อเป็นลอน

1.4 ท่อไฟเล็กหรือ หลอดไฟ หรือจ๊ับ (Fire Tube)

ท่อไฟเล็กเป็นท่อสำหรับให้ก๊าซร้อนผ่าน มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 6 นิ้ว วัสดุที่ใช้สร้างมีจุดหลอมละลายสูงถึง 2500 องศาฟาเรนไฮต์ ความร้อนของก๊าซร้อนที่ผ่านท่อไฟเล็กอุณหภูมิสูงไม่ถึงจุดหลอมละลายของท่อไฟเล็ก วัสดุที่ใช้สร้างท่อไฟเล็กควรมีคุณสมบัติถ่ายเทความร้อนได้ดี และควรเลือกใช้ท่อไฟเล็กชนิดไม่มีตะเข็บ

การยึดท่อไฟเหล็กกับผนังหม้อไอน้ำสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1.4.1. ใช้วิธีเชื่อม

1.4.2 ใช้วิธีเป่งหรือวิธีบานท่อ

1.5 เหล็กยึดโยง หรือสเตย์ (Stay)

เนื่องจากแรงดันภายในหม้อไอน้ำ เป็นแรงพยายามทำให้ผนังหน้าและผนังหลังของหม้อไอน้ำแยกออกจากเปลือก จำเป็นต้องมีเหล็กยึดโยงทำหน้าที่ยึดผนังหน้าและผนังหลังของหม้อไอน้ำให้คงสภาพเดิม เหล็กยึดโยงมีหลายแบบดังนี้

1.5.1 เหล็กยึดโยงระหว่างผนังกับเปลือกหม้อไอน้ำ เหล็กยึดโยงแบบนี้อาจใช้แผ่นเหล็ก ซึ่งเรียกว่า หูช้าง (Gusset Stay) หรือแบบที่ใช้ท่อนเหล็กกลม ซึ่งมีชื่อเรียกหลายอย่าง เช่น Scully Diagonal Stay, Palm Stay เป็นต้น ปัจจุบันนิยมใช้แบบแผ่นเหล็ก หรือหูช้างกันมากกว่า วิธีการยึดทำได้ 2 วิธี คือ วิธีการเชื่อม และใช้หมุดย้ำ

1.5.2 เหล็กยึดโยงระหว่างผนังหน้าและผนังหลังหม้อไอน้ำ ทำหน้าที่ยึดผนังหน้าและผนังหลังของหม้อไอน้ำให้อยู่ในรูปทรงเดิม เหล็กยึดโยงแบบนี้มีแบบที่ทำด้วยท่อเหล็กกลวง (Stay Tube) และท่อนเหล็กตัน (Stay Rod)

1.6 ช่องคนลอด (Man Hole) ช่องมือลอด (Hand Hole) และช่องทำความสะอาด

ช่องคนลอดมีไว้สำหรับเป็นช่องทางให้คนสามารถเข้าไปภายในหม้อไอน้ำเพื่อตรวจสอบ ซ่อมแซม หรือทำความสะอาดภายในหม้อไอน้ำ และส่วนที่สัมผัสน้ำ

ช่องคนลอด อาจจะมีจำนวนมากกว่า 1 ช่อง หรืออาจไม่มี ขึ้นอยู่กับขนาดของหม้อไอน้ำ หากหม้อไอน้ำมีขนาดเล็ก จะมีเฉพาะช่องมือลอดสำหรับเป็นช่องทางทำความสะอาด และใช้สายตาตรวจสอบโครงสร้างภายในหม้อไอน้ำ ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าช่องคนลอด สำหรับช่องทำความสะอาดมีขนาดเล็กกว่าช่องมือลอด มีไว้สำหรับทำความสะอาด และดูโครงสร้างภายในหม้อไอน้ำ ขนาดของช่องคนลอดและช่องมือลอด แสดงไว้ในตาราง 6

ตาราง 6 ขนาดช่องคนลอดและขนาดช่องมือลอด

ชนิดของช่อง	ขนาดต่ำสุด (มิลลิเมตร)
ช่องคนลอดรูปวงรี	380 x 280
ช่องคนลอดรูปวงกลม	380
ช่องมือลอดรูปวงรี	90 x 70
ช่องมือลอดรูปวงกลม	90

1.7 เตาหรือห้องเผาไหม้ (Combustion Chamber)

ห้องเผาไหม้เชื้อเพลิงอาจอยู่ภายในหรือภายนอกหม้อไอน้ำ ในที่นี้หมายถึงห้องเผาไหม้ชนิดที่อยู่ภายในหม้อไอน้ำ หรือเป็นส่วนหนึ่งของหม้อไอน้ำที่สามารถผลิตไอน้ำได้ เช่น บริเวณเตาของหม้อไอน้ำรถไฟ เป็นต้น

ห้องเผาไหม้ เป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงสุดของหม้อไอน้ำ อุณหภูมิสูงเกินจุดหลอมละลายของเหล็ก แต่บริเวณนี้มีน้ำมาหล่อเลี้ยงอย่างเพียงพอตลอดเวลา เหล็กจึงถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำ ทำให้ไม่หลอมละลาย

1.8 ปล่องไฟ (Stack)

ปล่องไฟทำหน้าที่นำก๊าซร้อนที่ผ่านหม้อไอน้ำออกไปภายนอก ปล่องไฟอาจทำด้วยเหล็กหรืออิฐทนไฟ กรณีที่การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงมีเขม่าและก๊าซอันตรายปนเปื้อนออกมามาก ควรติดตั้งระบบขจัดเขม่า คว้น และก๊าซอันตรายก่อนระบายออกทางปล่อง

1.8.1 แบบปล่องไฟ

ศาสตราจารย์ มาซาฮิโร โยชิซาวา (Professor Mazahiro Yoshizawa : 2529) แห่งมหาวิทยาลัยชิโมโนะเซกิ ประเทศญี่ปุ่น กล่าวว่าปล่องไฟมี 2 แบบ¹ คือ

¹Mazahiro Yoshizawa. (1986). *Supplementary reading for Thermodynamics*.

1) แบบปล่องไฟตรง ลักษณะเหมือนท่อน้ำตั้งตรง นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ภาษาอังกฤษเรียกว่า Stack

2) แบบปล่องไฟตรงปลายโค้ง ส่วนใหญ่นิยมใช้ในเรือเดินสมุทร ภาษาอังกฤษ เรียกว่า Chimney

1.8.2 ข้อแนะนำสำหรับการสร้างปล่องไฟ

ข้อแนะนำในการสร้างปล่องไฟ มีดังนี้

- 1) ปล่องไฟควรสร้างให้สูง เพื่อลดความแตกต่างของอุณหภูมิก๊าซร้อนกับบรรยากาศ
- 2) ปล่องไฟที่สร้างควรจะเสียค่าบำรุงรักษาเพียงเล็กน้อย
- 3) สภาพของบรรยากาศภายนอกมีผลต่อแรงดูดของลมภายในปล่อง
- 4) ต้องคำนึงถึงความแข็งแรงของปล่องและฐานราก
- 5) ควรมีสายล่อฟ้า

1.8.3 แรงลมภายในปล่องไฟ

แรงลมภายในปล่องไฟ 2 วิธี คือ

1) อาศัยธรรมชาติ (Natural Draft) คือ เมื่อสภาวะภายในเตาเป็นสูญญากาศซึ่งเกิดจากอากาศร้อน มีความหนาแน่นน้อยกว่าลอยตัวสูงขึ้นออกทางปล่องไฟ อากาศที่เย็นกว่าและมีความกดดันสูงกว่าจะถูกดูดเข้ามาแทนที่ ปล่องไฟยิ่งสูงความแตกต่างของความกดดันอากาศจะยิ่งมาก นอกจากนั้นความแตกต่างของอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้กับบรรยากาศ ยังมีผลต่อแรงดูดของปล่องไฟด้วย

2) อาศัยกลไก (Mechanical Draft) คือการใช้พัดลมเป่า (Force Draft) หรือลมดูด (Induced Draft) อากาศที่ห้องเผาไหม้ เป็นการเพิ่มแรงลมในห้องเผาไหม้สูงขึ้น ทำให้ลดความสูงของปล่องไฟลงได้ เนื่องจากหม้อไอน้ำมีหลายแบบ ดังนั้นจึงยากที่จะแยกอธิบายถึงส่วนประกอบของหม้อไอน้ำแบบต่าง ๆ ได้ จึงขออธิบายหน้าที่และความสำคัญเฉพาะส่วนประกอบของหม้อไอน้ำที่มีใช้งานเท่านั้น

2. ระบบส่งน้ำเข้าหม้อไอน้ำ

ระบบส่งน้ำเข้าหม้อไอน้ำ มีส่วนประกอบ¹ ดังนี้

2.1 อุปกรณ์ปรับคุณภาพน้ำ ใช้สำหรับปรับคุณภาพน้ำ ให้เหมาะสมที่จะใช้กับหม้อไอน้ำ

2.2 ถังพักน้ำ ใช้เก็บสำรองน้ำที่จะจ่ายให้กับหม้อไอน้ำ ถังพักน้ำควรมีอุปกรณ์บอกระดับน้ำ และวาล์วถ่ายน้ำ ความจุของถังพักควรมากพอที่หม้อไอน้ำจะใช้ในวันหนึ่ง ๆ กรณีที่ใช้น้ำร้อนป้อนเข้าหม้อไอน้ำ ถังพักน้ำต้องวางสูงจากพื้น ความสูงมากหรือน้อยขึ้นกับอุณหภูมิของน้ำ

2.3 มาตรวัดปริมาณน้ำ ใช้วัดปริมาณน้ำที่ส่งเข้าหม้อไอน้ำ เพื่อจะได้ทราบปริมาณน้ำที่ใช้สำหรับหม้อไอน้ำในระยะเวลาหนึ่ง

2.4 เครื่องสูบน้ำหรือปั๊มน้ำ (Feed Water Pump) ทำหน้าที่ส่งน้ำจากถังพักน้ำเข้าหม้อไอน้ำ เครื่องสูบน้ำต้องมีความสามารถส่งน้ำเข้าหม้อไอน้ำได้มากกว่าอัตราการผลิตไอน้ำ และต้องสามารถอัดน้ำให้มีความดันสูงกว่าความดันใช้งานของหม้อไอน้ำอย่างน้อย 1.5 เท่า¹ กรณีที่น้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำเป็นน้ำร้อน เครื่องสูบน้ำต้องเป็นชนิดทนความร้อนด้วย เครื่องสูบน้ำมีใช้หลายแบบ ดังนี้

2.4.1 เครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยง (Centrifugal Pump)

เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวโดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ปั๊มแบบนี้บางครั้งเรียกว่า Roto – Dynamic

2.4.2 เครื่องสูบน้ำแบบโรตารี (Rotary Pump)

เพิ่มพลังงานโดยอาศัยการหมุนของเฟืองรอบแกนกลาง

2.4.3 เครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบ (Reciprocating Pump)

เพิ่มพลังงานโดยอาศัยการอัดโดยตรง

¹กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
(ม.ป.ป.). เครื่องปั๊มน้ำ. (เอกสารเผยแพร่ชุดประสิทธิภาพการใช้พลังงาน รหัส EC 01/02/5)
หน้า 3.

2.4.4 เครื่องสูบน้ำแบบหัวฉีด (Injector)

ลักษณะการทำงานคล้ายกับหัวฉีดน้ำมัน

2.5 เกจวัดความดันน้ำ ปกติติดตั้งไว้ที่ท่อระหว่างเครื่องสูบน้ำกับหม้อไอน้ำ ใช้หาความผิดปกติของระบบส่งน้ำเข้าหม้อไอน้ำได้ ด้วยการอ่านค่าจากเกจวัดความดัน

2.5.1 ค่าความดันจากเกจต่ำกว่าปกติ

ค่าความดันจากเกจต่ำกว่าปกติ อาจเกิดจากสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้

- 1) น้ำในถังพักน้ำหมด
- 2) เครื่องสูบน้ำชำรุด
- 3) ความดันในหม้อไอน้ำต่ำกว่าปกติ
- 4) ตะกรงกรองน้ำตันหรือเกือบตัน
- 5) เกจวัดความดันชำรุด

2.5.2 ค่าความดันจากเกจสูงกว่าปกติ

ค่าความดันจากเกจสูงกว่าปกติ อาจเกิดจากสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้

- 1) ท่อส่งน้ำเข้าหม้อไอน้ำใกล้จะตัน หรือมีสิ่งสกปรกอุด
- 2) วาล์วก้นกลับไม่เปิด
- 3) ความดันในหม้อไอน้ำสูงกว่าปกติ
- 4) เกจวัดความดันชำรุด

3. ระบบเชื้อเพลิง

ถังเก็บน้ำมัน ทำหน้าที่เก็บน้ำมันให้มีปริมาณเพียงพอที่จะใช้ได้อย่างต่อเนื่อง ดังนั้นขนาดของถังเก็บน้ำมัน หรือปริมาณน้ำมันที่ควรเก็บไว้ ขึ้นอยู่กับความสามารถในการขนส่งน้ำมัน หากโรงงานอยู่ไกลจากคลังน้ำมัน ถังเก็บน้ำมันควรมีขนาดใหญ่เพื่อเก็บน้ำมันสำรองได้มาก ปกติใช้ถังเก็บน้ำมันขนาด 10,000-20,000 ลิตร หรือมีขนาดใหญ่กว่าถังน้ำมันที่ติดตั้งบนรถขนส่งน้ำมัน เพื่อรองรับน้ำมันได้ 1 เทียวรถพอดี ถังเก็บน้ำมันโดยทั่วไปตั้งสูงจากพื้นกว่า 3 เมตร ทั้งนี้ขึ้นกับระยะทางที่ถังเก็บน้ำมันอยู่ห่างจากจุดที่ใช้ น้ำมัน เพราะถังยิ่งสูงยิ่งทำให้มีแรงส่งน้ำมันได้ดี กรณีที่ถังต้องเก็บน้ำมันที่มีจุดไหลเท (Pour Point) สูง ภายในถังมีชุดอุ่นน้ำมัน เพื่อให้น้ำมันไหลได้ง่าย

ท่อส่งน้ำมัน ทำหน้าที่ส่งน้ำมันจากถังเก็บไปยังบริเวณที่ใช้งาน ขนาดท่อใหญ่หรือเล็ก ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำมันที่ต้องใช้ และควรใช้ท่อที่มีขนาดใหญ่กว่า 3 นิ้วขึ้นไป เพื่อให้ น้ำมันไหลได้สะดวก ไม่ต้องใช้ปั๊มช่วย ทั้งนี้ท่อส่งน้ำมันไม่ควรจะโค้งงอหลายครั้ง เพราะเกิดความต้านทานการไหลมากทำให้น้ำมันไหลไม่สะดวก กรณีที่ใช้น้ำมันมีจุดไหลเหวี่ยงต้องติดตั้งชุดอุ่นน้ำมันตลอดท่อ เพื่อป้องกันน้ำมันแข็งตัว

ในงานอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง จำเป็นต้องสำรองน้ำมันเตาไว้เพื่อให้ใช้ได้ประมาณสองสัปดาห์

4. ระบบจ่ายไอน้ำ

ระบบจ่ายไอน้ำของหม้อไอน้ำ มีอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

4.1 อุปกรณ์แยกน้ำออกจากไอน้ำ เนื่องจากหม้อไอน้ำผลิตไอน้ำที่มีความชื้น หรือน้ำผสมอยู่ เมื่อนำไปใช้งานความร้อนจะลดลงอย่างรวดเร็ว อีกทั้งอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อเครื่องจักรไอน้ำ การแยกน้ำออกจากไอน้ำทำได้หลายวิธี คือ

4.1.1 เปลี่ยนทิศทางการไหลของไอน้ำ

4.1.2 ให้ไอน้ำชนแผ่นกั้น หรือตะแกรงกรอง

4.1.3 อาศัยแรงหนีศูนย์กลาง

4.1.4 แบบใช้ทั้ง 3 วิธีรวมกัน

4.2 วาล์วจ่ายไอน้ำ (Main Steam Valve) ทำหน้าที่จ่ายไอน้ำจากหม้อไอน้ำไปใช้งานตอนเปิดใช้งานช่วงแรกต้องเปิดช้า ๆ เพื่อป้องกันการเกิดการเคาะอันเนื่องมาจากน้ำ (Water Hammer)

4.3 ท่อจ่ายไอน้ำ (Steam Pipe) ทำหน้าที่ส่งไอน้ำไปใช้งาน ควรใช้ฉนวนหุ้มท่อท่อจ่ายไอน้ำเพื่อช่วยลดการสูญเสียความร้อนของไอน้ำ การเลือกท่อจ่ายไอน้ำต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

4.3.1 ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำ เช่น เหล็กหล่อ เหล็กเหนียว หรือเหล็กกล้าผสม การเลือกใช้วัสดุชนิดใดต้องคำนึงถึง อุณหภูมิ ความดัน และการกัดกร่อนที่จะเกิดขึ้น

4.3.2 ความหนาของท่อ การกำหนดขนาดความหนาของท่อ ต้องพิจารณาความดันและอุณหภูมิไอน้ำในท่อด้วย

4.3.3 เส้นผ่าศูนย์กลางท่อจ่ายไอน้ำ การกำหนดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อจ่ายไอน้ำต้องคำนึงถึงอัตราการไหล ความดัน และอุณหภูมิของไอน้ำ อีกทั้งความเร็วของไอน้ำ และการสูญเสีย

เสียความดัน (Pressure Drop) ในท่อ โดยทั่วไปความเร็วของไอน้ำในท่อมักมีค่า 4,000-6,000 ฟุตต่อวินาที

4.3.4 การขยายตัวของท่อ อุณหภูมิของท่อขณะที่ยังไม่ใช้งาน มีค่าประมาณ 86-100 องศาฟาเรนไฮต์ ขณะใช้งานอุณหภูมิของท่อมักเท่ากับอุณหภูมิของไอน้ำ เช่น ไอน้ำมีความดัน 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มีอุณหภูมิ 338 องศาฟาเรนไฮต์ ท่อจ่ายไอน้ำจะมีอุณหภูมิ 338 องศาฟาเรนไฮต์ด้วย การที่อุณหภูมิของท่อเปลี่ยนแปลงมากทำให้เกิดการขยายตัวของท่อในแนวยาวเท่านั้น สำหรับการขยายตัวตามแนวรัศมีมีน้อยมาก

4.3.5 วิธีการแก้ปัญหการขยายตัวของท่อ

วิธีการแก้ปัญหการขยายตัวของท่อ ทำได้ 2 วิธี คือ

- 1) ใช้ข้อต่อชนิดขยายตัวได้ (Expansion Joint)
- 2) เดินท่อเป็นรูปตัวโอเมก้า หรือ ตัวแอล (Expansion Loops or Expansion Offsets)

5. ถังพักไอน้ำ (Header)

ถังพักไอน้ำทำหน้าที่เก็บไอน้ำที่หม้อไอน้ำผลิตได้ แล้วจ่ายไปยังเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ต้องการใช้ไอน้ำ ถังพักไอน้ำต้องสร้างจากวัสดุที่ทนต่อความดันและอุณหภูมิของไอน้ำได้ ถังพักไอน้ำควรมีลิ้นนิรภัย (Safety Valve) เกจวัดความดัน วาล์วถ่วงน้ำ และเครื่องดักไอน้ำ (Steam Trap) พร้อมหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อน

6. ระบบช่วยประหยัด

ระบบช่วยประหยัด เป็นระบบการนำความร้อนที่ใช้แล้วกลับมาใช้ประโยชน์อีกครั้ง ทำให้ช่วยประหยัดพลังงานหรือค่าใช้จ่ายให้น้อยลง เครื่องช่วยประหยัดส่วนใหญ่ใช้กับหม้อไอน้ำขนาดใหญ่ ๆ มี 2 แบบ คือ

6.1 เครื่องอุ่นลม (Air Preheater) ใช้ความร้อนที่จะออกปล่องไฟ กลับมาอุ่นอากาศที่ป้อนเข้าไปช่วยในการเผาไหม้ เพื่อให้การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดีขึ้น

6.2 อุปกรณ์อุ่นน้ำเลี้ยง (Economizer) เป็นอุปกรณ์เพิ่มความร้อนให้แก่ น้ำเลี้ยงก่อนป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำ ใช้ความร้อนจากปล่องไฟ หรือไอน้ำที่เหลือจากใช้งานมาอุ่นน้ำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น

บางครั้งอุณหภูมิของน้ำอาจมีอุณหภูมิเกิน 212 องศาฟาเรนไฮต์ เมื่อน้ำเข้าไป หม้อไอน้ำได้รับความร้อนอีกเพียงเล็กน้อยจะเดือดกลายเป็นไอ ทำให้ประหยัดเชื้อเพลิงที่ต้มน้ำให้เดือด

7. ฉนวนกันความร้อน (Insulation)

ฉนวน คือ วัสดุที่นำมาติดตั้งห่อหุ้มพื้นที่ผิวร้อนหรือเย็น เพื่อลดการถ่ายเทความร้อน ฉนวนนอกจากจะช่วยในการประหยัดพลังงานแล้ว ยังช่วยลดอุบัติเหตุด้วยการป้องกันมิให้ตะต้องพื้นผิวที่ร้อนจัดหรือเย็นจัด

ฉนวนกันความร้อน ใช้สำหรับหุ้มเปลือกหม้อไอน้ำหรือท่อจ่ายไอ เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน ฉนวนกันความร้อนที่นิยมใช้หุ้มหม้อไอน้ำ ได้แก่ โยแก้ว โยหิน และอิฐทนไฟ เป็นต้น

การเลือกฉนวนนอกจากเรื่องอุณหภูมิแล้ว ต้องพิจารณาคูณสมบัติอื่น ๆ อีกมาก เช่น การติดไฟ กำลังเชิงกล การติดตั้ง ความทนทาน ราคา ฉนวนที่นิยมใช้กับหม้อไอน้ำคือฉนวนโยหิน มีอุณหภูมิใช้งานปลอดภัย 400-600 °ซ และค่าสภาพการนำความร้อน 0.039-0.048 kcal/mh°C สำหรับโยแก้ว 300-350°ซ และค่าสภาพการนำความร้อน 0.03-0.054 kcal/mh°C

เมื่อเลือกฉนวนแบบใดแบบหนึ่งแล้ว ต้องพิจารณาเลือกความหนาที่เหมาะสม ฉนวนที่เลือกควรหนาและราคาแพง แต่ผลที่ได้กลับคืนมาในรูปของการประหยัดพลังงาน

8. บันได (Ladder)

หม้อไอน้ำที่สูงตั้งแต่ 3 เมตรขึ้นไป ต้องทำบันไดและทางเดินไว้บนหม้อไอน้ำ เพื่อความสะดวกในการทำงานบนหม้อไอน้ำ

กิจกรรมและสื่อ

กิจกรรม มีดังนี้

1. ให้นักศึกษาอธิบายโครงสร้างที่สำคัญของหม้อไอน้ำ
 2. ให้นักศึกษาอธิบายระบบส่งน้ำเข้าหม้อไอน้ำ ระบบเชื้อเพลิง และระบบจ่ายไอน้ำ
- สื่อ ประกอบด้วย
1. แผ่นภาพ
 2. แผ่นใส
 3. เอกสารประกอบการสอน
 4. หนังสืออ่านประกอบ

การประเมินผล

1. ถาม-ตอบ ระหว่างบรรยาย
2. สังเกตการถาม การตอบคำถาม และการอภิปรายของนักศึกษา
3. ทำแบบฝึกหัดท้ายเล่ม

แบบฝึกหัด

1. จงวิเคราะห์ ข้อดี-ข้อเสีย ของโครงสร้างผนังหน้าและหลังของหม้อไอน้ำแต่ละแบบ
2. หากนักศึกษาเป็นผู้ออกแบบสร้างหม้อไอน้ำ การยึดท่อไฟเหล็กกับผนังหม้อไอน้ำ ควรใช้วิธีใด จงให้เหตุผลประกอบด้วย
3. จงเขียนวงจรระบบส่งน้ำเข้าหม้อไอน้ำ ระบบเชื้อเพลิง และระบบจ่ายไอน้ำ

หนังสืออ่านประกอบ

- กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2530). คู่มือควบคุมหม้อไอน้ำ. ม.ป.พ.
- กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. (ม.ป.ป.).
- เครื่องปั๊มน้ำ. (เอกสารเผยแพร่ชุดประสิทธิภาพการใช้พลังงาน รหัส EC 01/02/5)
- วิชัย พฤษธาราธิกุล. (2542). คู่มือควบคุมหม้อไอน้ำ. กรุงเทพฯ : บริษัท ธวิพัฒน์ จำกัด.
- Mazahiro Yoshizawa. (1986). *Supplementary reading for Thermodynamics*. Samutprakarn : SEAFDEC.

หน่วยที่ 4

อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยของหม้อไอน้ำ

แผนการสอน

วิชา เครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ รหัสวิชา 3101-3003

หน่วยที่ 4

ครั้งที่ 1-2 เรื่อง อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยของหม้อไอน้ำ

เวลา 4 คาบ

เนื้อหาสาระ

1. เครื่องวัดระดับน้ำ
2. เกจวัดความดันไอน้ำ
3. ลิ้นหรือวาล์ว
4. ลิ้นนิรภัย
5. ปลั๊กหลอมละลาย
6. เครื่องควบคุมระดับน้ำ
7. สัญญาณเตือนภัยอัตโนมัติ
8. สวิตช์ควบคุมความดัน
9. ฟานิรภัย

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายหลักการทำงานของเครื่องวัดระดับน้ำได้
2. อธิบายหลักการทำงานของเกจวัดความดันไอน้ำได้
3. อธิบายหลักการทำงานของลิ้นหรือวาล์วได้
4. อธิบายหลักการทำงานของลิ้นนิรภัยได้
5. อธิบายหลักการทำงานของปลั๊กหลอมละลายได้
6. อธิบายหลักการทำงานของเครื่องควบคุมระดับน้ำได้
7. บอกชนิดของสัญญาณเตือนภัยอัตโนมัติได้
8. อธิบายหลักการทำงานของสวิตช์ควบคุมความดันได้
9. บอกรายละเอียดเกี่ยวกับฟานิรภัยได้

หน่วยที่ 4

อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยของหม้อไอน้ำ

อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยของหม้อไอน้ำ เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้หม้อไอน้ำทำงานอย่างสมบูรณ์ มีประสิทธิภาพสูงสุด ประหยัด และมีความปลอดภัยมากที่สุด

ปัจจุบันหม้อไอน้ำที่ใช้ภายในประเทศมีหลายประเภท ทั้งที่สร้างจากต่างประเทศและสร้างภายในประเทศ แม้ว่าหม้อไอน้ำจะออกแบบเพื่อให้ใช้งานสะดวก มีความปลอดภัยและถูกหลักวิศวกรรม มีอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยครบชุด แต่โอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุจากหม้อไอน้ำระเบิดยังคงมีอยู่ สาเหตุของการระเบิดของหม้อไอน้ำมักจะเกิดจากความบกพร่องของผู้ควบคุมหม้อไอน้ำ และความบกพร่องหรือการชำรุดของโครงสร้าง หรืออุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย ดังนั้นผู้ควบคุมหม้อไอน้ำควรมีความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับโครงสร้าง ส่วนประกอบ และอุปกรณ์ เพื่อให้การควบคุมการใช้งานหม้อไอน้ำมีความปลอดภัยยิ่งขึ้น

1. เครื่องวัดระดับน้ำ (Water Level Gauge)

เครื่องวัดระดับน้ำเป็นอุปกรณ์บอกระดับน้ำภายในหม้อไอน้ำแบบง่าย ๆ มีลักษณะเป็นหลอดแก้วอยู่นอกหม้อไอน้ำ เพื่อให้เห็นระดับน้ำได้ง่าย ทำหน้าที่แจ้งระดับน้ำแท้จริงภายในหม้อไอน้ำ ระดับน้ำในหม้อไอน้ำมีการเคลื่อนไหวขึ้นลงตลอดเวลาที่ใช้งาน ระดับน้ำจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำและอัตราการผลิตไอน้ำ เครื่องวัดระดับน้ำมีหลายชนิด¹ ดังนี้

1.1 เครื่องวัดระดับน้ำแบบแก้ว สามารถอ่านค่า หรือวัดระดับน้ำภายในหม้อไอน้ำโดยตรง สามารถแบ่งออกเป็นอีกหลายแบบ เช่น แบบหลอดแก้ว แบบแผ่นแก้วสะท้อนแสง แบบแผ่นแก้ว แบบโปร่งแสง และแบบสองสี เป็นต้น

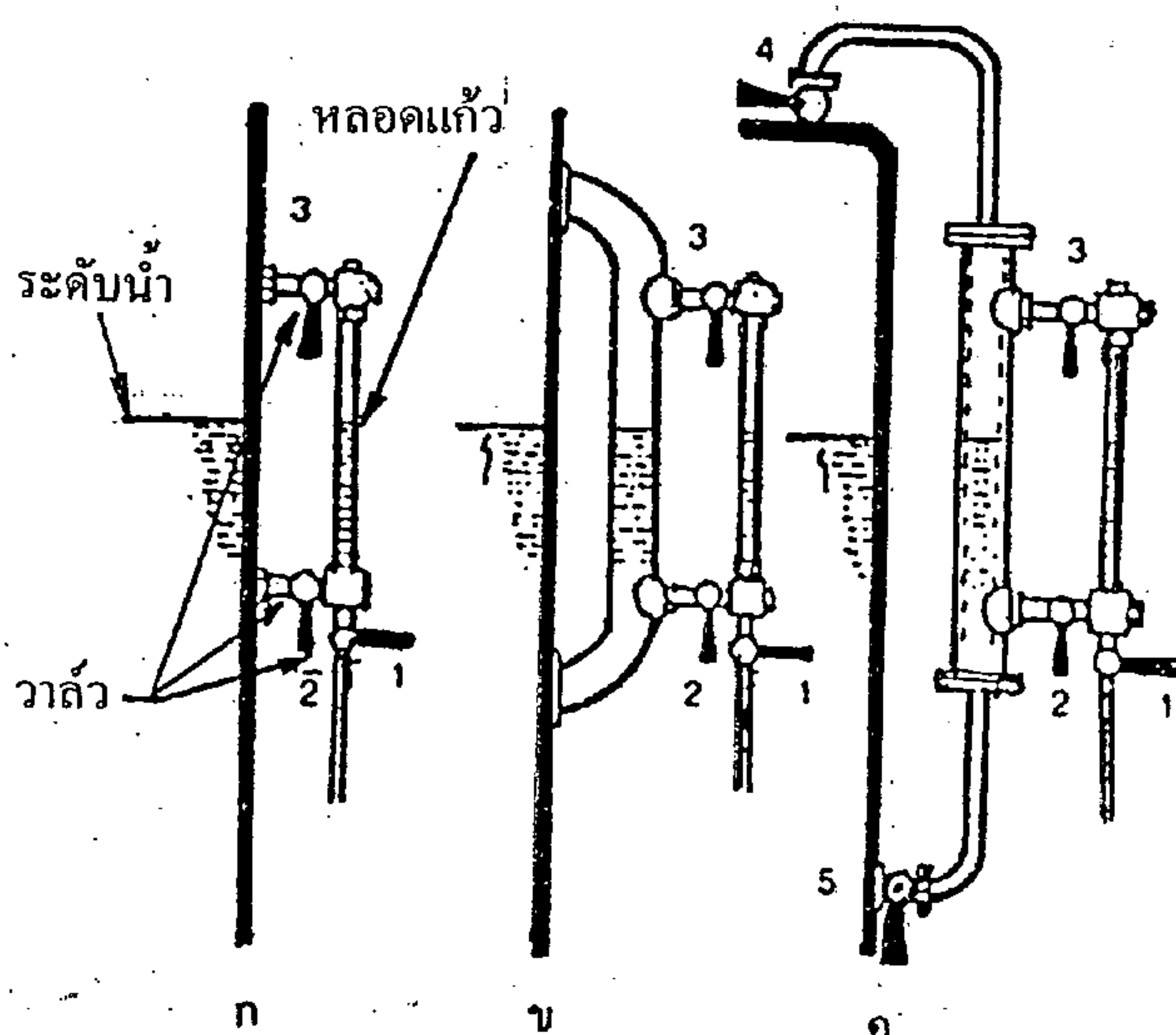
1.2 เครื่องวัดระดับน้ำแบบความดันแตกต่างกัน เป็นการวัดระดับน้ำภายในหม้อไอน้ำอีกแบบหนึ่ง ที่ทำงานโดยอาศัยความดันภายในหม้อไอน้ำ ส่งผลถึงระดับของเหลวในหลอดแก้ว

¹วิชัช พฤกษ์ธาราธิกุล. (2542). คู่มือควบคุมหม้อไอน้ำ. กรุงเทพฯ : บริษัท ธวิพัฒน์ จำกัด. หน้า 34-37.

เพิ่มขึ้นหรือลดลง ระดับของเหลวในหลอดแก้วเป็นตัวแทนของระดับน้ำในหม้อไอน้ำ

ในบทนี้จะอธิบายรายละเอียดของเครื่องวัดระดับน้ำเฉพาะแบบหลอดแก้ว

หลอดแก้ววัดระดับน้ำ (Water Column) หม้อไอน้ำเกือบทุกชนิดต้องมีที่ดูระดับน้ำในหม้อไอน้ำ สำหรับหม้อไอน้ำที่ใช้ที่ใช้ความดันไม่เกิน 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มักเลือกใช้แบบหลอดแก้ว การติดตั้งหลอดแก้ววัดระดับน้ำควรอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับวัดระดับน้ำที่แท้จริงได้และที่สำคัญควรอยู่ตำแหน่งที่ผู้ควบคุมหม้อไอน้ำมองเห็นระดับน้ำได้ชัดเจน อีกทั้งสามารถทำความสะอาดหลอดแก้วได้ และควรที่มีป้องกันหลอดแก้วด้วย หลอดแก้ววัดระดับน้ำที่จุดต่ำสุดที่มองเห็นควรสูงกว่าท่อไฟเล็กแถวบน หรือเพดานเตา อย่างน้อย 3 นิ้ว



รูปที่ 10 ภาพประกอบ 10 การติดตั้งวาล์วหลอดแก้ว

ตาราง 7 แสดงวิธีการทดสอบการทำงานของวาล์วหลอดแก้ววัดระดับน้ำ

วาล์ว (V)	ตำแหน่ง					หมายเหตุ
การติดตั้งหลอดแก้ว	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	
แบบ ก และ ข						
สภาพการใช้งานปกติ	ปิด	เปิด	เปิด	-	-	มีน้ำอยู่ในหลอดแก้ว
ทดสอบ V ₁	เปิด	เปิด	เปิด	-	-	น้ำหรือไอน้ำออกแสดงว่าปกติ
ทดสอบ V ₂	เปิด	เปิด	ปิด	-	-	น้ำออกแสดงว่าปกติ
ทดสอบ V ₃	เปิด	ปิด	เปิด	-	-	ไอน้ำออกแสดงว่าปกติ
แบบ ค						
สภาพการใช้งานปกติ	ปิด	เปิด	เปิด	เปิด	เปิด	มีน้ำอยู่ในหลอดแก้ว
ทดสอบ V ₁	เปิด	เปิด	เปิด	เปิด	เปิด	มีน้ำหรือไอน้ำออกแสดงว่าปกติ
ทดสอบ V ₂	เปิด	เปิด	ปิด	เปิด	ปิด	ไอน้ำออกแสดงว่าปกติ
	เปิด	เปิด	ปิด	ปิด	เปิด	น้ำออกแสดงว่าปกติ
ทดสอบ V ₃	เปิด	เปิด	เปิด	ปิด	เปิด	น้ำออกแสดงว่าปกติ
	เปิด	ปิด	เปิด	เปิด	ปิด	ไอน้ำออกแสดงว่าปกติ
ทดสอบ V ₄	เปิด	เปิด	เปิด	เปิด	ปิด	ไอน้ำออกแสดงว่าปกติ
ทดสอบ V ₅	เปิด	เปิด	เปิด	ปิด	เปิด	น้ำออกแสดงว่าปกติ

ในการบำรุงรักษา ต้องทำความสะอาด หรือทดสอบสภาพการทำงานทุกวัน หรือทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนกะทำงาน มิฉะนั้นอาจอุดตัน เนื่องจากตะกอนหรือความสกปรกของน้ำที่ใช้ วิธีการทดสอบสภาพการทำงานของหลอดแก้วแสดงไว้ในตาราง 7

2. เกจวัดความดันไอน้ำ (Pressure Gauge)

เกจวัดความดันทำหน้าที่วัดความดันน้ำไอน้ำภายในหม้อไอน้ำ ทำให้ผู้ควบคุมทราบความดันไอน้ำที่หม้อไอน้ำผลิตได้ เกจวัดความดันโดยทั่วไปใช้แบบท่อบูร์ดอน ภายในเกจวัดความดันแบบนี้มีท่องอเป็นรูปส่วนโค้งของวงกลม ปลายข้างหนึ่งตรึงแน่นอยู่กับที่ ปลายอีกข้างหนึ่งอุดตัน เมื่อมีความดันเพิ่มขึ้นภายในท่อ ท่อโค้งจะเหยียดออกทำให้ส่วนโค้งขยายออก หาก

ความดันลดลงส่วนโค้งจะหุบเข้า อาศัยการเคลื่อนที่นี้ไปหมุนเข็มที่หน้าปัดบอกเป็นความดันตามต้องการ

2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการใช้เกจวัดความดัน

การใช้เกจวัดความดัน มีข้อเสนอแนะดังนี้

2.1.1 เกจวัดความดัน ต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางหน้าปัดไม่เล็กกว่า 4 นิ้ว หรือ 100 มิลลิเมตร

2.1.2 สเกลตัวเลขที่หน้าปัด ต้องอ่านค่าได้ระหว่าง 1.5-2 เท่า ของความดันใช้งานสูงสุด

2.1.3 บนหน้าปัดต้องมีเครื่องหมายแสดงระดับความดันอันตรายไว้ ให้เห็นชัดเจน

2.1.4 ต้องปรับความแม่นยำของเกจวัดความดันทุกปี ด้วยเครื่องปรับความแม่นยำ

2.1.5 ติดตั้งเกจวัดความดันไว้ใกล้หม้อไอน้ำมากที่สุด

2.1.6 ติดตั้งเกจวัดความดันไว้บริเวณที่ผู้ควบคุมหม้อไอน้ำมองเห็นได้ชัดเจน

2.1.7 ต้องใช้ท่อใส่ไถ่หรือท่อไซฟอน (Siphon Tube) ติดตั้งระหว่างเกจวัด ความดันกับหม้อไอน้ำ เพราะขณะใช้งานภายในท่อไซฟอนจะมีน้ำค้างอยู่ภายใน เพื่อป้องกันไม่ให้ไอน้ำเข้าไปในเกจวัดความดันโดยตรง ซึ่งอาจทำให้เกจวัดความดันคลาดเคลื่อนหรือชำรุด

2.1.8 หม้อไอน้ำที่มีอุณหภูมิของไอน้ำสูงกว่า 406 องศาฟาเรนไฮต์ ห้ามใช้ท่อใส่ไถ่ หรืออุปกรณ์อื่นๆ ที่ทำมาจากทองแดงและทองเหลือง

2.1.9 หม้อไอน้ำที่ติดตั้งไว้สูงมาก การติดตั้งเกจวัดความดันบนที่สูง ผู้ควบคุมหม้อไอน้ำมองเห็นได้ชัด จึงจำเป็นต้องต่อท่อลงมาเพื่อติดตั้งเกจวัดความดันในที่ต่ำกว่า กรณีนี้ เกจวัดความดันติดตั้งที่ต่ำจะอ่านค่าได้มากกว่าติดตั้งที่สูง ดังแสดงในสมการข้างล่างนี้

$$\text{ค่าความดันที่สูงกว่า} = 0.433 \times \text{ความสูงแนวตั้งของท่อถึงเกจ (ฟุต)}$$

3. ลิ้น หรือ วาล์ว (Valve)

เมื่อต่อท่อเข้าหรือออกจากหม้อไอน้ำต้องมีวาล์วคันเสมอ ยกเว้นเฉพาะท่อที่ต่อปลายลิ้นนิรภัยเท่านั้น สำหรับท่อที่ต่อไปยังเกจวัดความดันหรือต่อไปยังสวิทช์ควบคุมความดันไม่ควร มี นอกจากนี้แล้วทุกท่อต้องมีวาล์วคันเสมอ เช่น ท่อจ่ายไอน้ำ ท่อน้ำเข้า ท่อถ่ายน้ำ ท่อที่ต่อ

ไปชุดควบคุมระดับน้ำ และท่อที่ต่อไปหลอดแก้ว เป็นต้น ดังนั้นวาล์วที่นำมาใช้จึงมีหลายแบบ โลหะที่นำมาใช้ทำวาล์วมีหลายชนิด เช่น ทองเหลือง (Brass) บรอนซ์ (Bronze) เหล็ก (Iron) และเหล็กเหนียว (Steel) การใช้วาล์วทำจากโลหะชนิดใดต้องพิจารณาถึงอุณหภูมิที่ใช้งานด้วย เช่น วาล์วทองเหลืองไม่ควรใช้เกินอุณหภูมิ 500 องศาฟาเรนไฮต์ วาล์วบรอนซ์ ไม่ควรใช้เกินอุณหภูมิ 700 องศาฟาเรนไฮต์ หรือความดัน 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และโลหะทั้งสองชนิดนี้ไม่ควรจะใช้ทำวาล์วที่มีขนาดใหญ่กว่า 2 นิ้ว วาล์วเหล็ก (Iron) ไม่ควรใช้เกินอุณหภูมิ 500 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หากเป็นวาล์วเหล็กเหนียวสามารถใช้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 550 องศาฟาเรนไฮต์ ทั้งวาล์วเหล็กและวาล์วเหนียวสามารถสร้างให้มีขนาดใหญ่กว่า 2 นิ้ว ได้

วาล์วที่ดีควรมีสัญลักษณ์แสดงขนาดของวาล์ว ความดันใช้งานเพื่อความสะดวกของการนำไปใช้ เครื่องหมายของบริษัทที่ประทับไว้ที่วาล์ว ตัวอย่างเช่น วาล์วที่มีสัญลักษณ์ 200 WOG ที่ตัววาล์ว แสดงว่าวาล์วตัวนี้ใช้งานได้ที่ความดันไม่เกิน 200 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิปกติเหมาะสมสำหรับใช้กับน้ำ (Water) น้ำมัน (Oil) และก๊าซ (Gas) วาล์วที่มีสัญลักษณ์ 150 S ที่ตัววาล์ว แสดงว่า วาล์วตัวนี้สามารถนำไปใช้กับไอน้ำ (Steam) ที่ความดันไม่เกิน 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

วาล์วที่ใช้กับหม้อไอน้ำ

วาล์วที่ใช้กับหม้อไอน้ำ มีหลายชนิดดังนี้

3.1 โกลบวาล์ว (Globe Valve) ลักษณะการทำงาน น้ำหรือไอน้ำที่ไหลผ่านช้าเนื่องจากต้องเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ จึงเกิดเป็นความต้านทานขึ้น เหมาะสำหรับงานที่ต้องการเปิด-ปิด อย่างช้า ๆ เช่น ที่ท่อจ่ายไอน้ำมักใช้โกลบวาล์วเป็นวาล์วจ่ายไอน้ำ

3.2 เกทวาล์ว (Gate Valve) ลักษณะการทำงาน น้ำหรือไอน้ำจะไหลผ่านโดยตรง ความเสียดทานต่ำกว่าโกลบวาล์ว แต่การ เปิด-ปิด ช้าเช่นเดียวกับโกลบวาล์ว เหมาะสำหรับติดตั้งที่ท่อน้ำเข้า

3.3 ปลั๊กวาล์ว (Plug Valve) ลักษณะการทำงาน น้ำหรือไอน้ำจะไหลผ่านโดยตรง ความเสียดทานต่ำ การเปิด-ปิด ทำได้รวดเร็ว หมุนเพียง 1/4 รอบ เปิดกว้างสุด นิยมใช้เป็นวาล์ว หลอดแก้ว และวาล์วถ่ายน้ำ

3.4 บอลวาล์ว (Ball Valve) ลักษณะการทำงาน เหมือนกับปลั๊กวาล์ว มีความเสียดทานต่ำกว่า การเปิด-ปิดวาล์ว ทำได้รวดเร็วเช่นเดียวกับปลั๊กวาล์ว นิยมใช้เป็นวาล์ว ถ่ายน้ำ

3.5 วาล์วกันกลับ หรือเชควาล์ว (Check Valve) ลักษณะการทำงาน ขอมให้ของ ไหลผ่านได้ทางเดียว ย้อนกลับไม่ได้ โดยทั่วไปติดตั้งไว้ที่ท่อน้ำเข้าหม้อไอน้ำ และท่อจ่ายไอน้ำ ในกรณีโรงงานที่ใช้หม้อไอน้ำ ตั้งแต่ 2 เครื่องจะต่อท่อจ่ายไอน้ำร่วมกัน

วาล์วกันกลับที่ใช้ในปัจจุบันมีหลายแบบ เช่น เชควาล์วแบบสวิง (Swing Check Valve) เหมาะสำหรับติดตั้งกับท่อที่วางในแนวดิ่ง เชควาล์วแบบลูกสูบ (Piston or Lift Check Valve) เหมาะที่จะใช้งานกับท่อที่วางในแนวนอน การติดตั้งวาล์วกันกลับที่ท่อน้ำของหม้อไอน้ำ ควรใช้กับ วาล์วกันกลับแบบสวิง เพราะทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำจะเป็นเส้นตรง ไม่ก่อให้เกิดความต้านทาน มากเกินไป

3.6 วาล์วลดความดัน (Pressure Reducing Valve) ลักษณะการทำงาน วาล์วลด ความดัน ทำหน้าที่ลดความดันไอน้ำที่หม้อไอน้ำจ่ายมาให้เหมาะสมกับการนำไปใช้กับอุปกรณ์ที่ ต้องการไอน้ำความดันต่ำ การควบคุมจะกระทำโดยอัตโนมัติ ตัวอย่างเช่น โรงงานแห่งหนึ่ง ต้องการไอน้ำสำหรับจ่ายให้กับอุปกรณ์หรือเครื่องจักร 3 ชุด ชุดที่ 1 ต้องการความดัน 100 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว ชุดที่ 2 ต้องการความดัน 60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และอุปกรณ์ชุดที่ 3 ต้องการไอน้ำ ความดัน 20 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โรงงานมีหม้อไอน้ำ 1 เครื่อง ต้องเดินเครื่องที่ความดันอย่างน้อย 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เพื่อจ่ายไอน้ำให้กับอุปกรณ์ชุดที่ 1 แต่ไม่สามารถจ่ายไอน้ำให้กับอุปกรณ์ ชุดที่ 2 และ 3 ได้ เพราะความดันสูงเกินไปทำให้อุปกรณ์ชำรุดได้ โรงงานจึงต้องติดตั้งวาล์วลด ความดัน 2 ชุด ชุดแรกลดความดันจาก 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ลงเหลือ 60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว แล้วต่อเข้าอุปกรณ์ ชุดที่ 2 สำหรับวาล์วลดความดันอีกชุดลดความดัน จาก 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เหลือ 20 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว แล้วจ่ายให้กับอุปกรณ์ชุดที่ 3

ท่อจากปั๊มน้ำที่ต่อไปยังหม้อไอน้ำควรติดตั้งวาล์วกันกลับและเกทวาล์ว นอกจาก นั้นท่อน้ำส่วนที่ต่อเข้าไปภายในหม้อไอน้ำ ต้องติดตั้งให้ทิศทางของน้ำที่ไหลออกมาอยู่ใต้ผิวน้ำ เพื่อ หลีกเลี่ยงมิให้น้ำที่ออกมาสัมผัสโดยตรงกับพื้นผิวที่ร้อน เช่น ท่อไฟใหญ่ ท่อไฟเล็ก บริเวณรอย เชื่อม

4. ลิ้นนิรภัย (Safety Valve)

ลิ้นนิรภัย หรือ โปโล หรือ เซฟตี้วาล์ว (Safety Valve) เป็นอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยที่สำคัญที่สุดของหม้อไอน้ำ มักติดตั้งที่ส่วนบนสุดของหม้อไอน้ำ ทำหน้าที่ระบายไอน้ำออกจากหม้อไอน้ำ เมื่อความดันในหม้อไอน้ำสูงกว่าที่กำหนด เพื่อป้องกันไม่ให้หม้อไอน้ำระเบิด

4.1 ชนิดของลิ้นนิรภัย

ลิ้นนิรภัยที่ใช้กับหม้อไอน้ำ แบ่งออกเป็น 3 แบบ ดังนี้

4.1.1 ลิ้นนิรภัยแบบน้ำหนักถ่วงโดยตรง ปัจจุบันไม่นิยมใช้ การทำงานมีวาล์ววางกคบนบ่าวาล์ว มีแผ่นเหล็กวางทับ การปรับความดันให้ไอน้ำระบายออกทำได้โดยวิธีเพิ่มหรือลดจำนวนแผ่นเหล็ก ลิ้นนิรภัยแบบนี้มีลักษณะพิเศษ คือ ระบายไอน้ำออกที่ความดันกำหนดไว้เที่ยงตรง และเพื่อป้องกันแผ่นเหล็กกระเด็นออกจึงต้องมีฝาครอบแผ่นเหล็ก ปัจจุบันยังพบว่ามิใช่กับหม้อไอน้ำแบบลูกหมูรุ่นเก่าๆ แต่หม้อไอน้ำรุ่นใหม่ไม่นิยมใช้

4.1.2 ลิ้นนิรภัยแบบคานน้ำหนัก ลิ้นนิรภัยแบบนี้ปัจจุบันมีใช้มาก โดยเฉพาะกับหม้อไอน้ำแบบลูกหมู การทำงาน ตัววาล์ววางบนบ่าวาล์วมีกระเดื่องพร้อมคานและตุ้มน้ำหนักกคบนวาล์ว การปรับความดันให้ไอน้ำระบายออกทำได้โดยการเลื่อนตุ้มน้ำหนักที่คานเข้าหรือออก ลิ้นนิรภัยแบบนี้เหมาะสำหรับหม้อไอน้ำที่ใช้ความดันไม่เกิน 200 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

4.1.3 ลิ้นนิรภัยแบบสปริง ลิ้นนิรภัยแบบนี้ปัจจุบันเป็นที่นิยมใช้กับหม้อไอน้ำมากที่สุดเพราะสะดวกหาซื้อง่าย การทำงานแรงสปริงทำให้วาล์วกคแน่นกับบ่าวาล์ว การปรับความดันให้ไอน้ำระบายออกทำได้ด้วยการขันสกรูเข้าหรือออก ทำให้สปริงแข็งขึ้นหรืออ่อนลง หม้อไอน้ำที่ติดตั้งกับรถไฟหรือเรือซึ่งมีการเคลื่อนที่อยู่เสมอ ควรใช้ลิ้นนิรภัยชนิดนี้

4.2 หลักเกณฑ์การใช้ลิ้นนิรภัยสำหรับหม้อไอน้ำ

หลักเกณฑ์การใช้ลิ้นนิรภัยสำหรับหม้อไอน้ำ มีดังนี้

4.2.1 หม้อไอน้ำทุกเครื่องต้องมีลิ้นนิรภัยอย่างน้อย 1 ชุด

4.2.2 หม้อไอน้ำที่มีพื้นที่ผิวรับความร้อนมากกว่า 50 ตารางเมตร ต้องมีลิ้นนิรภัยอย่างน้อย 2 ชุด

4.2.3 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางบ่าลิ้นต้องไม่เล็กกว่า 15 มิลลิเมตร

4.2.4 ลิ้นนิรภัย ต้องมีความสามารถระบายไอน้ำได้มากกว่าอัตราการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำ

4.2.5 ลื่นนิริภัยติดตั้งใกล้หม้อไอน้ำมากที่สุด และห้ามติดตั้งวาล์วใด ๆ กัน

4.2.6 ลื่นนิริภัย ตั้งให้ระบายไอน้ำที่ความดันไม่เกิน 10 % ของความดันใช้งานปกติ แต่ต้องไม่เกินความดันใช้งานสูงสุดของหม้อไอน้ำที่ได้ออกแบบไว้

4.2.7 ท่อทางออกของลื่นนิริภัยต้องไม่เล็กกว่าท่อทางเข้า

4.2.8 ท่อทางออกที่ใช้ระบายไอน้ำจากลื่นนิริภัย ไม่ควรมีข้ออเนกเกินกว่า 2 แห่ง

4.2.9 ลื่นนิริภัยแบบสปริง ต้องมีคานงัดสำหรับทดสอบสภาพการใช้งานได้

4.2.10 ลื่นนิริภัยต้องทดสอบสภาพการใช้งานอยู่เสมอ อย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง

4.2.11 กรณีมีลื่นนิริภัยหลายชุด ไม่ควรต่อท่อระบายร่วมกัน

4.3 ปัญหาของลื่นนิริภัย

อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นหลายครั้งในอดีต ส่วนหนึ่งเกิดจากความบกพร่องของลื่นนิริภัย ปัญหาในแง่มุมต่างๆ ของลื่นนิริภัย มีดังนี้

4.3.1 ลื่นนิริภัยมีไอน้ำออกตลอดเวลา เกิดจากการสึกหรอของตัวลื่น หรือบ่าลื่น หรือมีสิ่งสกปรก เช่น ตะกอนมาค้างที่บ่าลื่น ทำให้ลื่นปิดไม่สนิทกับบ่า

4.3.2 การปรับลื่นนิริภัย ปกติวิศวกรเป็นผู้กำหนด ในการใช้งานโดยทั่วไปปรับสูงกว่าความดันใช้งาน ประมาณร้อยละ 10

4.3.3 ลื่นนิริภัยไม่ทำงาน อาจมีสาเหตุมาจาก สปริงเป็นสนิม แกนลื่นขัดตัว หรือคดงอ

4.4.4 ลื่นนิริภัยใช้สปริงไม่เหมาะสมกับการใช้งาน สปริงที่ใช้อาจแข็งหรืออ่อนกว่าที่กำหนด

4.4.5 เปลี่ยนลื่นนิริภัยใหม่ ขนาดและรูปร่างเท่าของเดิม แต่อัตราการระบายไอน้ำไม่เท่าเดิม ในการเปลี่ยนลื่นนิริภัยจำเป็นต้องตรวจสอบความแข็งแรงของลื่นนิริภัย

5. ปลั๊กหลอมละลาย หรือสะดือหม้อไอน้ำ (Fusible Plug)

ปลั๊กหลอมละลายใช้กับหม้อไอน้ำบางแบบ ทำหน้าที่คล้ายลื่นนิริภัย คือป้องกันและควบคุมอุบัติเหตุจากการระเบิดของหม้อไอน้ำ ปกติติดตั้งไว้บริเวณห้องเผาไหม้ หรือบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง ปลั๊กหลอมละลายจะทำงานเมื่อระดับน้ำต่ำจนเกือบถึงจุดอันตราย สารที่นำมาอุดปลั๊กหลอมละลายมีจุดหลอมละลายต่ำ ประมาณ 235 องศาเซลเซียส จะหลอมละลายทำให้ไอน้ำหรือน้ำภายในหม้อไอน้ำไหลออกมาดับไฟ ปลั๊กหลอมละลายบางแบบติดตั้งสำหรับพ่นไอน้ำออกไปภายนอก

นอกเพื่อลดความดัน หรือต่อเข้ากับนกหวีด เพื่อส่งสัญญาณเตือนผู้ควบคุมหม้อไอน้ำ ให้รีบหยุดหม้อไอน้ำ ก่อนที่หม้อไอน้ำจะเกิดอันตรายหรือระเบิดได้ โดยทั่วไปต้องเปลี่ยนสารที่อุดปลั๊กไว้ทุกปีและไม่ควรติดตั้งท่อที่มีความหนาน้อยกว่า 5.6 มิลลิเมตร ปลั๊กหลอมละลายที่ใช้มีหลายชนิด ดังนี้

- 5.1 แบบใส่ทางด้านในหรือด้านน้ำ (Inside Type)
- 5.2 แบบใส่ทางด้านนอกหรือด้านไฟ (Outside Type)
- 5.3 แบบทำหน้าที่เป็นฟิวส์เมื่อละลายจะมีสัญญาณ (Fuse Alarm)

6. เครื่องควบคุมระดับน้ำ (Water Level Control)

เครื่องควบคุมระดับน้ำทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายน้ำเข้าหม้อไอน้ำ เพื่อรักษาระดับน้ำภายในหม้อไอน้ำให้อยู่ในช่วงที่กำหนด เครื่องควบคุมระดับน้ำโดยทั่วไปทำงานโดยอาศัยความแตกต่างของระดับน้ำ แล้วส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำ กล่าวคือ เมื่อน้ำมากจะส่งสัญญาณให้เครื่องสูบน้ำหยุดทำงาน หากระดับน้ำต่ำจะส่งสัญญาณให้เครื่องสูบน้ำทำงาน ระดับการควบคุมของน้ำควรอยู่ในช่วงแคบ ๆ ประมาณ $3/4$ นิ้ว หากระยะควบคุมมากทำให้ปริมาณน้ำเย็นเข้ามากไป ไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องควบคุมระดับน้ำ ควรเป็นไฟกระแสตรง แรงดันต่ำ ไม่ควรใช้ไฟ 220 โวลต์ เพราะอาจก่อให้เกิดอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ เครื่องควบคุมระดับน้ำที่ใช้มีหลายแบบ ดังนี้

6.1 แบบลูกลอย (Float Type) เครื่องควบคุมระดับน้ำแบบนี้ การส่งสัญญาณไปควบคุมเครื่องสูบน้ำโดยอาศัยลูกลอย แกนลูกลอยและหลอดแก้ว ซึ่งบรรจุปรอทภายใน ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรไฟฟ้าที่ไปควบคุมเครื่องสูบน้ำ

6.2 แบบอิเล็กโทรด (Electrode) เครื่องควบคุมระดับน้ำแบบนี้ อาศัยการเป็นสื่อ นำไฟฟ้าของแท่งอิเล็กโทรด มีน้ำเป็นสะพานไฟ หรือสื่อ นำไฟฟ้า สำหรับส่งสัญญาณไปควบคุมปั๊มน้ำต่ออีกทอดหนึ่ง ดังนั้นหากน้ำในหม้อไอน้ำสกปรก จะทำให้แท่งอิเล็กโทรดมีคุณสมบัติของการเป็นสื่อ นำไฟฟ้าลดลง การควบคุมเครื่องสูบน้ำจะบกพร่องไปด้วย เครื่องควบคุมระดับน้ำแบบอิเล็กโทรด มีชนิดแท่งอิเล็กโทรดแท่งเดียว และแบบแท่งอิเล็กโทรดหลายแท่ง

6.3 แบบขยายตัวโดยหลักการเทอร์โมสแตติก (Thermostatic Expansion) แบบนี้ อาศัยการขยายตัวของโลหะแล้วส่งสัญญาณ (Sensor) ไปบังคับการเปิดปิดน้ำเข้าหม้อไอน้ำ ปัจจุบันยังใช้แพร่หลายกับหม้อไอน้ำขนาดใหญ่

7. สัญญาณเตือนภัยอัตโนมัติ (Automatic Alarm)

เป็นอุปกรณ์สำหรับแจ้งอันตราย เมื่อน้ำในหม้อไอน้ำมีน้อยกว่าที่ใช้งานตามปกติ จะเป็นสัญญาณเสียงเพียงอย่างเดียว หรือมีสัญญาณแสงด้วย ปกติติดตั้งสัญญาณเตือนภัยอัตโนมัติทำงานร่วมกับเครื่องควบคุมระดับน้ำ

8. สวิตช์ควบคุมความดัน (Pressure Control Switch)

สวิตช์ควบคุมความดันทำงานโดยอาศัยความดันของไอน้ำไปกระทำต่อเบลโลว์ (Bellows) ที่ควบคุมหัวฉีดน้ำมัน หากตั้งสวิตช์ควบคุมความดันมีความดันแตกต่างกัน (Difference Pressure) มากเกินไป ทำให้ความดันไอน้ำที่นำไปใช้งานไม่สม่ำเสมอ หากตั้งให้มีความดันแตกต่างกันน้อยไป จะทำให้หัวฉีดทำงานบ่อยอาจชำรุดได้ง่าย ดังนั้นการติดตั้งสวิตช์ควบคุมความดันต้องพิจารณาอย่างรอบคอบและเหมาะสมต่อการทำงานของสวิตช์ควบคุมความดัน

9. ฝานิรภัย (Access Door)

หม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงเหลวควรมีฝานิรภัย เนื่องจากขณะจุดไฟครั้งแรก ภายในห้องเผาไหม้ อาจมีก๊าซที่ถูกติดไฟได้หลงเหลืออยู่ เมื่อสตาร์ทอาจทำให้ก๊าซถูกติดไฟอย่างรวดเร็ว จึงมีความดันเพิ่มขึ้น เพื่อช่วยป้องกันแรงกระแทกในห้องเผาไหม้ จึงต้องมีฝานิรภัยไว้ป้องกันอันตราย ห้องเผาไหม้ ฝานิรภัยโดยทั่วไปจะทำไว้ที่ด้านหลังหม้อไอน้ำ แต่บางรุ่นทำไว้ด้านข้าง

กิจกรรมและสื่อ

กิจกรรม มีดังนี้

1. ให้นักศึกษาอภิปรายผลการทดสอบเครื่องวัดระดับน้ำแบบหลอดแก้ว
 2. ให้นักศึกษาเปรียบเทียบการทำงานของวาล์วที่ใช้กับหม้อไอน้ำแบบต่าง ๆ
- สื่อ ประกอบด้วย
1. แผ่นภาพ
 2. แผ่นใส
 3. เอกสารประกอบการสอน
 4. หนังสืออ่านประกอบ
 5. อุปกรณ์ (วาล์วแบบต่าง ๆ)

การประเมินผล

1. ถาม-ตอบ ระหว่างบรรยาย
2. สังเกตการถาม การตอบคำถาม และการอภิปรายของนักศึกษา
3. ทำแบบฝึกหัดท้ายเล่ม

แบบฝึกหัด

1. จงอธิบาย ข้อดี-ข้อเสีย ของลิ้นนิรภัยแบบต่าง ๆ
2. จงอธิบายเครื่องควบคุมระดับน้ำแบบต่าง ๆ
3. หากนักศึกษาต้องควบคุมระบบความปลอดภัยของหม้อไอน้ำ จงพิจารณาว่าสัญญาณเตือนภัยแบบใดดีที่สุด เพราะเหตุใด

หนังสืออ่านประกอบ

- กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2530). คู่มือควบคุมหม้อไอน้ำ. ม.ป.พ.
ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์. (ม.ป.ป.) เทคโนโลยีไอน้ำ. ม.ป.พ.
วิชัย พงษ์ธารารัติน. (2542). คู่มือควบคุมหม้อไอน้ำ. กรุงเทพฯ : บริษัท ธวิพัฒน์ จำกัด.
วิวัฒน์ ภัททิยธนี. (2539). เทคโนโลยีไอน้ำ. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด.

หน่วยที่ 5
น้ำสำหรับหม้อไอน้ำ

แผนการสอน

วิชา เครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ รหัสวิชา 3101-3003
ครั้งที่ 1-2 เรื่อง น้ำสำหรับหม้อไอน้ำ

หน่วยที่ 5
เวลา 4 คาบ

เนื้อหาสาระ

1. แหล่งของน้ำธรรมชาติ
2. คุณสมบัติของน้ำธรรมชาติ
3. หน่วยที่ใช้วัด
4. การปรับสภาพน้ำ
5. คุณภาพของน้ำ
6. คุณสมบัติของน้ำที่เหมาะสมกับหม้อไอน้ำ
7. การปรับคุณภาพของน้ำ
8. การปรับคุณภาพของน้ำในหม้อไอน้ำ
9. การเกิดตะกอนในหม้อไอน้ำ
10. การล้างตะกอนในหม้อไอน้ำ
11. ปัญหาอันเกิดจากน้ำในหม้อไอน้ำ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกแหล่งของน้ำธรรมชาติได้
2. บอกคุณสมบัติของน้ำธรรมชาติได้
3. บอกหน่วยที่ใช้วัดคุณภาพน้ำได้
4. อธิบายวิธีการปรับสภาพน้ำได้
5. อธิบายคุณภาพน้ำได้
6. อธิบายคุณภาพน้ำที่เหมาะสมกับหม้อไอน้ำ
7. อธิบายวิธีการปรับคุณภาพของน้ำ
8. อธิบายวิธีการปรับคุณภาพของน้ำในหม้อไอน้ำ

9. บอกสาเหตุการเกิดตะกอนในหม้อไอน้ำ
10. อธิบายวิธีการล้างตะกอนในหม้อไอน้ำ
11. อธิบายปัญหาอันเกิดจากน้ำในหม้อไอน้ำได้

หน่วยที่ 5

น้ำสำหรับหม้อไอน้ำ

น้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเครื่องกำเนิดไอน้ำ เมื่อน้ำได้รับความร้อนจะกลายเป็นไอน้ำ สำหรับการหมุนเวียนของน้ำในหม้อไอน้ำเป็นระบบหมุนเวียนธรรมชาติ อาศัยความแตกต่างระหว่างความหนาแน่นของน้ำและไอน้ำ ไอน้ำที่ผลิตได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมหลายอย่าง เช่น ใช้หมุนเครื่องจักรไอน้ำ และอื่น ๆ การนำน้ำมาใช้กับหม้อไอน้ำต้องคำนึงถึงสิ่งเจือปนในน้ำ สิ่งเจือปนในน้ำที่ตกค้างอยู่ภายในหม้อไอน้ำจะก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับหม้อไอน้ำ ดังนั้น การปรับคุณภาพน้ำจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อความปลอดภัยในการใช้หม้อไอน้ำ และเพื่อยืดอายุการใช้งานของหม้อไอน้ำ นอกจากนี้ยังช่วยประหยัดเชื้อเพลิงด้วย

1. แหล่งของน้ำธรรมชาติ

เอกสารทางวิชาการบางฉบับแบ่งแหล่งน้ำตามธรรมชาติออกเป็น 3 แหล่ง คือ น้ำผิวน้ำท่า และน้ำบาดาล สำหรับในหน่วยนี้แบ่งแหล่งน้ำตามธรรมชาติออกเป็น 2 แหล่งใหญ่ ๆ คือ

1.1 แหล่งน้ำผิวดิน ได้แก่ ลำธาร คลอง และอื่น ๆ ปกติจะชุ่ม มีความกระด้าง (ทำให้เกิดตะกอน) มีแร่ธาตุ ออกซิเจน และตะกอนโคลนตมสูง แต่ปริมาณแร่ธาตุ และตะกอนโคลนตมจะเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล

1.2 แหล่งน้ำใต้ดิน ได้แก่ น้ำบาดาล น้ำบ่อ และน้ำพุ ปกติจะใสมีความกระด้าง มีแร่ธาตุ คาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซอื่น ๆ สูง

2. คุณสมบัติของน้ำธรรมชาติ

คุณสมบัติของน้ำธรรมชาติ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.1 น้ำอ่อน (Soft Water) เป็นน้ำที่มีปริมาณเกลือแร่ละลายอยู่น้อย น้ำประเภทนี้สามารถปรับคุณภาพให้เหมาะสมสำหรับเติมหม้อไอน้ำได้ง่าย เช่น น้ำตามท้องทุ่ง สระ และทะเลสาบ

2.2 น้ำกระด้าง (Hard Water) เป็นน้ำที่มีปริมาณเกลือแร่ละลายอยู่มาก เช่น แม่น้ำ ลำคลอง ลำธาร บาดาล น้ำบ่อ เป็นต้น น้ำในแหล่งต่าง ๆ เหล่านี้สามารถวัดความกระด้างของน้ำอย่างง่าย ๆ ได้ด้วยการใช้สบู่ น้ำกระด้างจะต้องใช้สบู่มากจึงทำให้เกิดฟอง น้ำกระด้างมี 2 ชนิด ดังนี้

2.2.1 น้ำกระด้างชั่วคราว เป็นน้ำที่เกิดจากเกลือไบคาร์บอเนต ได้แก่ แคลเซียมไบคาร์บอเนต $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ และแมกนีเซียมไบคาร์บอเนต $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ การที่เรียกว่า น้ำกระด้างชั่วคราว เพราะสามารถขจัดความกระด้างได้ง่ายโดยการต้มน้ำให้เดือด

2.2.2 น้ำกระด้างถาวร

น้ำกระด้างถาวรเป็นน้ำที่มีเกลือละลายอยู่ 3 กลุ่ม¹ ได้แก่

1) กลุ่มซัลเฟต ประกอบด้วย

(1) แคลเซียมซัลเฟต (CaSO_4)

(2) แมกนีเซียมซัลเฟต (MgSO_4)

2) กลุ่มคลอไรด์ ประกอบด้วย

(1) แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2)

(2) แมกนีเซียมคลอไรด์ (MgCl_2)

3) กลุ่มไนเตรท ประกอบด้วย

(1) แคลเซียมไนเตรท ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)

(2) แมกนีเซียมไนเตรท ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$)

น้ำกระด้างถาวรไม่สามารถขจัดความกระด้างได้ ด้วยการต้มเพียงอย่าง

เดียว

3. หน่วยที่ใช้วัด

หน่วยที่ใช้วัดค่าความกระด้างของน้ำ มีดังนี้

3.1 หน่วยวัดปริมาณแร่ธาตุในน้ำ

3.1.1 gpg (Grains per U.S. gallon)

3.1.2 ppm (Parts per million)

¹วิชัย พงษ์ธารารัตนกุล. (2542). คู่มือควบคุมหม้อไอน้ำ. กรุงเทพฯ : บริษัท ทีวีพัฒน์ จำกัด. หน้า 59.

3.2 หน่วยวัดความกระด้างของน้ำ

3.2.1 mg/l (มิลลิกรัมต่อลิตร)

3.2.2 ppm (Parts per million)

3.3 หน่วยวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ

3.3.1 ค่า $\text{pH} = 7$ น้ำเป็นกลาง

3.3.2 ค่า $\text{pH} > 7$ น้ำเป็นด่าง

3.3.3 ค่า $\text{pH} < 7$ น้ำเป็นกรด

4. การปรับสภาพน้ำ

วิชาการปรับสภาพน้ำ (Water Treatment) หรือ เรียกว่า การปรับสภาพน้ำในงานอุตสาหกรรม (Industrial Water Conditioning) นี้ บางครั้งอาจครอบคลุมไปถึงสิ่งสกปรกในอากาศด้วย สำหรับ Water Treatment ในหน่วยนี้จะกล่าวอย่างกว้าง ๆ

การปรับสภาพน้ำให้เหมาะสมต่อสภาพงาน มีสองแนวทาง คือ

4.1 การกำจัดหรือควบคุมปริมาณสิ่งเจือปนที่ไม่ต้องการให้น้อยลงหรือหมดไป เช่น การกำจัดความกระด้าง ด้วยการใช้เครื่องกรองน้ำ เพื่อป้องกันการเกิดตะกอนในหม้อไอน้ำ

4.2 การเพิ่มคุณสมบัติหรือสารละลายที่ต้องการเข้าไปในน้ำ เช่น การเติมสารโครเมต (Chromate) ลงในน้ำหล่อเย็น เพื่อให้มีคุณสมบัติป้องกันการกัดกร่อนได้

5. คุณภาพของน้ำ

คุณภาพของน้ำ คำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

5.1 สิ่งเจือปนในน้ำดิบ น้ำดิบทุกชนิด มีสิ่งอื่นเจือปนอยู่ในน้ำ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

5.1.1 สารแขวนลอย (Suspended Solids) สารแขวนลอยในน้ำนี้ไม่ละลายน้ำ สามารถกำจัดออกหรือแยกออกได้ด้วยการกรอง เช่น โคลน เลน และตะกอน

5.1.2 สารละลายน้ำ (Dissolved Solids) กรองแยกออกไม่ได้ เช่น ความกระด้างหรือคลอไรด์ ความเค็มในน้ำ ก๊าซสามารถละลายอยู่ในน้ำเช่นกัน แต่ก๊าซจะอยู่ร่วมกับสิ่งเจือปนทางเคมีอยู่ในน้ำได้ หากไม่รวมอยู่ขณะต้มหรือทำให้ร้อน ก๊าซจะระเหยไป จึงไม่นับว่าเป็นสารละลายน้ำ

สารละลายน้ำมีแร่ธาตุ หรือทางเคมีเรียกว่า “เกลือ” ปนอยู่ เกลือเหล่านี้คือสารประกอบเคมีทุกชนิดที่มีอยู่ในดิน และในหิน ปริมาณและชนิดของเกลือขึ้นอยู่กับคุณภาพของดินและหินในบริเวณนั้น ซึ่งเป็นปริมาณส่วนใหญ่ ส่วนน้อยจะปนมากับที่ซึมลงมา และมีบางส่วนมาจากน้ำดั้งเดิม ซึ่งตกค้างอยู่ในเนื้อหินในยุคโบราณ

5.2 การจำแนกคุณภาพของน้ำ

น้ำจำแนกออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

5.2.1 คุณภาพทางด้านกายภาพ (Physical Quality)

5.2.2 คุณภาพทางด้านเคมี (Chemical Quality)

5.2.3 คุณภาพทางแบคทีเรียวิทยา (Bacteriological Quality)

ในที่นี้จะกล่าวถึงคุณภาพน้ำที่ยอมรับกันทั่วโลก คือ

1) คุณภาพทางด้านกายภาพ (Physical Quality) น้ำที่มีคุณภาพทางกายภาพเหมาะสมแก่การบริโภค ควรปราศจากมลพิษที่มองเห็น ได้กลิ่น และชิมได้

(1) ความขุ่น (Turbidity) โดยทั่ว ๆ ไป ต่ำกว่า 5 ไม่เกิน 10 หน่วย

(2) สี (Colour) ไม่ควรเกิน 20 หน่วย (Hazen A.P.H.A.)

(3) กลิ่น (Odour) จะไม่ได้กลิ่นเมื่อน้ำเย็นหรือเมื่อน้ำร้อน

2) คุณภาพทางด้านเคมี (Chemical Quality) น้ำต้องปราศจากสารที่เป็นพิษ เช่น อาร์ซีนิก เกลือแบเรียม โครเมียมวาเลนซ์ เป็นต้น และมีส่วนประกอบของสารละลายเกลือแร่ไม่เกินพิกัด หรือสารเคมีที่ใช้ในการปรับสภาพน้ำ

ตาราง 8 ปริมาณสารเจือปน

สารเจือปน	ปริมาณ
ตะกั่ว	มีไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร
ทองแดง	มีไม่เกิน 3.0 มิลลิกรัม/ลิตร
สังกะสี	มีไม่เกิน 15.0 มิลลิกรัม/ลิตร
เหล็กและแมงกานีส	รวมกันไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร

3) คุณภาพทางด้านแบคทีเรียวิทยา

โดยธรรมชาติน้ำบาดาลไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ปนอยู่ น้ำที่มีเชื้อโรคจึงเป็นน้ำบาดาลที่มีสิ่งอื่นเจือปน จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นพวกโปรโตซัว ไวรัสและพยาธิ ซึ่งเกิดจากคนปวยถ่ายลงไปในน้ำ หรือน้ำสกปรกซึมลงไปบ่อน้ำบาดาลได้

6. คุณสมบัติของน้ำที่เหมาะสมกับหม้อไอน้ำ

น้ำที่เติมหม้อไอน้ำควรเป็นน้ำบริสุทธิ์ ไม่มีสิ่งเจือปนใดๆ โดยเป็นความจริงน้ำที่มีความบริสุทธิ์ ปราศจากสิ่งเจือปนไม่มี แม้ว่าปัจจุบันจะมีเครื่องมือปรับคุณภาพน้ำที่ทันสมัยยังไม่สามารถทำได้ ดังนั้น จึงต้องกำหนดปริมาณสิ่งเจือปนในน้ำที่ยอมให้มีได้ดังแสดงในตาราง 9 สำหรับสิ่งที่ควรรู้ในขั้นต้นเกี่ยวกับคุณสมบัติของน้ำที่เติมหม้อไอน้ำ คือ

6.1 ความกระด้าง ความขุ่น ควรมีน้อยที่สุด

6.2 ความเป็นกรดเป็นด่าง pH ควรมีค่ามากกว่า 7

6.3 ปริมาณสารที่ละลายในน้ำทั้งหมด (T.D.S.) ควรมีค่าไม่มากกว่า 3,500 ppm

ตาราง 9 ปริมาณสารเจือปนที่ยอมให้มีได้และผลของสารเจือปนต่อหม้อไอน้ำ

สารเจือปน	ปริมาณที่ยอมให้มีได้	ผลของสารเจือปนต่อหม้อไอน้ำ
ออกซิเจน	0.03 ลบ.ซม./ลิตร	ตัวเร่งให้เกิดการผุกร่อน
คาร์บอนไดออกไซด์	3 ในล้านส่วน	ตัวเร่งให้เกิดการผุกร่อน
เกลือของแคลเซียม หรือแมกนีเซียม	20 ในล้านส่วน	เกิดการจับเกาะของตะกรัน
แร่เหล็ก	0.1 ในล้านส่วน	เกิดการกัดกร่อนภายในหม้อไอน้ำ
ซิลิกา	40 ในล้านส่วน	เกิดการจับเกาะของตะกรันและการติด พาไปกับไอน้ำ
ค่าของโซเดียม	700 ในล้านส่วน	เกิดการแตกร้าวตามรอยต่อ
สารที่ละลายได้ทั้งหมด	3,500 ในล้านส่วน	1. ทำให้เกิดฟองที่ผิวหน้า 2. ทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 3. ทำให้ไอน้ำมีสิ่งติดไป
น้ำมัน	5 ในล้านส่วน	1. ทำให้เกิดฟองที่ผิวหน้า 2. ทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 3. ทำให้ไอน้ำมีสิ่งติดไป

7. การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

วิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำ แบ่งเป็น 2 แบบ คือ การปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนเติมเข้าหม้อไอน้ำ (External Treatment) และ การปรับปรุงคุณภาพน้ำภายในหม้อไอน้ำ (Internal Treatment)

7.1 การปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนเติมเข้าหม้อไอน้ำ

น้ำตามธรรมชาติหากนำมาเติมหม้อไอน้ำโดยไม่ปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อน จะทำให้เกิดปัญหาภายในหม้อไอน้ำได้ คือ เกิดตะกรันและการกัดกร่อน ดังนั้น จึงต้องปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนเติมเข้าหม้อไอน้ำ

การวิเคราะห์หาชนิดและจำนวนสิ่งเจือปนในน้ำเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อหาวิธีปรับคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อไป ความกระด้างชั่วคราว ความกระด้างถาวร และซิลิกา เป็นสาเหตุของการเกิดตะกอน สำหรับออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวเร่งการกัดกร่อนของโลหะที่สร้างหม้อไอน้ำ ซึ่งสามารถจัดการเหล่านี้ ได้ดังนี้

7.1.1 วิธีใส่ปูนขาวและโซดาแอช

วิธีใช้ปูนขาวละลายน้ำก่อน แล้วจึงเติมใส่ถังเก็บน้ำทำให้ความกระด้างชั่วคราวตกตะกอนได้หมด สำหรับความกระด้างถาวรตกตะกอนไม่หมดเกิดเป็นความกระด้างถาวรอีกชนิดหนึ่ง จำเป็นต้องเติมโซดาแอชเข้าไปทำให้ความกระด้างถาวรที่เหลือตกตะกอน

สูตรการคำนวณ หาจำนวนปูนขาวและโซดาแอช

กำหนดให้ ก คือ ความกระด้างชั่วคราว

๗ คือ ความกระตือรือร้น

ค คือ ความกระด้างที่เกิดจากเกลือแมกนีเซียม

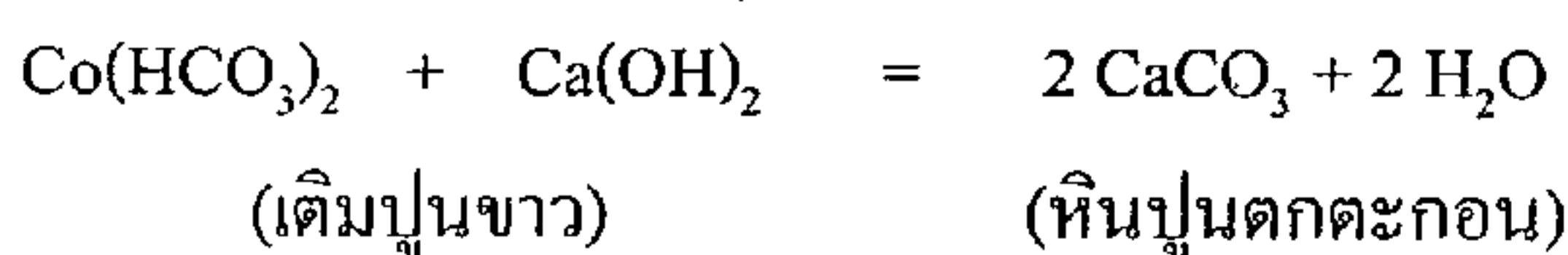
น้ำปนขาว = (ก + ค) x 0.74 ปอนด์ ต่อ 10,000 แกลลอน

โซดาแอส = ข x 1.06 ปอนด์ ต่อ 10,000 แกลลอน

ในทางปฏิบัติจะใช้ปูนขาวและโซดาแอชมากกว่าทางทฤษฎี ร้อยละ 10 เนื่องจากปูนขาวและโซดาแอชมีสิ่งเจือปนอยู่

สมการเคมีการใช้ปูนขาวและโซดาแอช

ความกระตือรือร้น



การปรับคุณภาพน้ำจะได้ผลดีที่สุดเมื่อน้ำมีอุณหภูมิ 150 องศาฟาเรนไฮต์แล้ว เติมปูนขาวและโซดาแอช ซึ่งอยู่ในรูปของสารละลายหรือสารแขวนลอย ด้วยเครื่องอัตโนมัติโดยให้ ปริมาณสารที่เติมเข้าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความกระด้างที่ต้องตกตะกอน เวลาที่ใช้เพื่อให้ตะกอน นอนก้นประมาณ 4 ชั่วโมง หากในน้ำกระด้างมีเกลือแมกนีเซียมจะเติมโซเดียมอลูมิเนต (Sodium Aluminate) เพื่อช่วยเร่งให้ตะกอนนอนก้นเร็วขึ้น การปรับคุณภาพน้ำด้วยวิธีนี้ไม่เหมาะสมที่จะนำ ไปใช้กับหม้อไอน้ำที่มีความดันใช้งานสูงกว่า 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

การปรับคุณภาพน้ำด้วยปูนขาวและโซดาแอชทำได้ 2 วิธี คือ

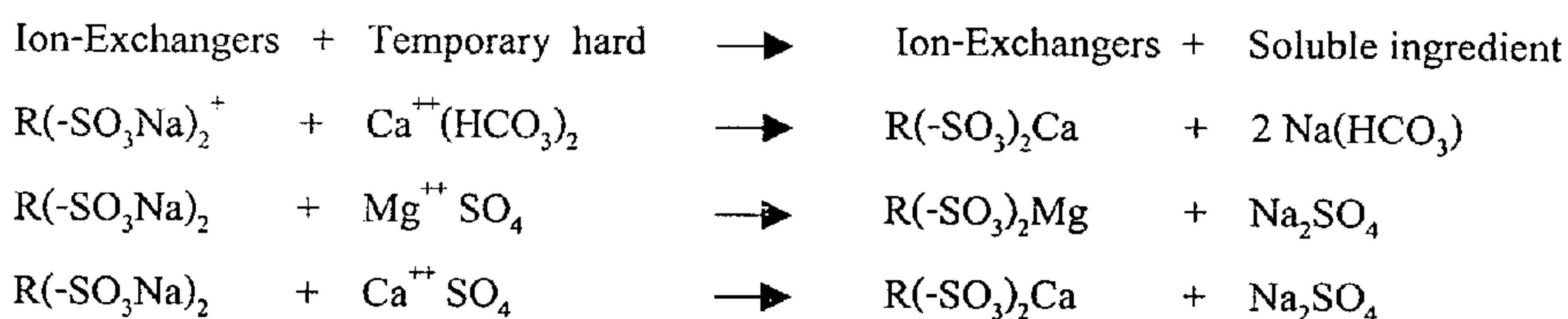
- 1) แบบไม่ใช้ความร้อน
- 2) แบบใช้ความร้อนและแรงดัน

7.1.2 วิธีการแลกเปลี่ยนประจุ

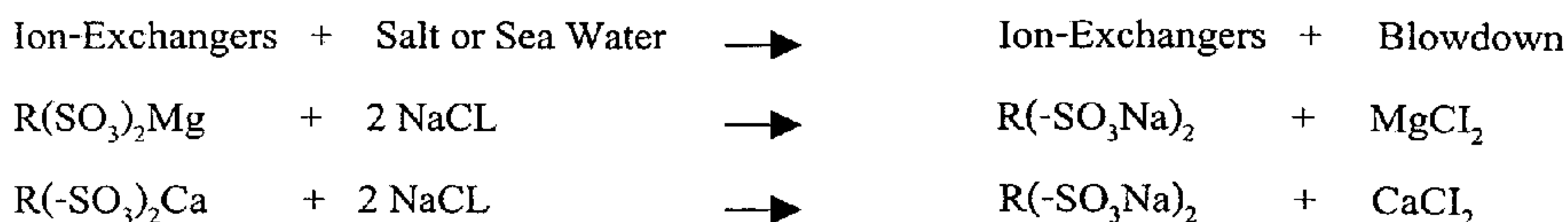
เป็นการใช้สารเคมีสังเคราะห์ชนิดพิเศษ สำหรับแลกเปลี่ยนประจุบวก และประจุลบกับสิ่งเจือปนในน้ำ สารเคมีสังเคราะห์ชนิดพิเศษ เรียกว่าเรซิน (Resin) การปรับคุณภาพน้ำด้วยเรซิน มีดังนี้

1) ใช้เรซินแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange Resin) เป็นการใส่เรซินชนิด แลกประจุบวกอย่างเดียว บางครั้งเรียกการปรับน้ำวิธีนี้ว่า การทำน้ำอ่อน เรซินชนิดนี้จะดึงประจุ บวกของสารที่ละลายอยู่ในน้ำออก ทำให้สารชนิดนั้นแตกตัวไม่สามารถจับตัวเป็นตะกอนได้

เรซินสามารถขจัดสารละลายที่เจือปนได้ดังสมการ



เมื่อเรซินใช้งานไปนาน สิ่งเจือปนจะจับรอบเรซิน ทำให้ประสิทธิภาพการกรองของเรซินลดลง ต้องล้างเรซินด้วยเกลือเพื่อไล่ Ca หรือ Mg ที่จับเรซินอยู่ออกไป ดังสมการ



เกลือที่ใช้ล้างเรซินเป็นเกลือแกงธรรมดาผสมน้ำ แล้วกรองสิ่งสกปรกในน้ำเกลือ ข้อควรระวังอย่าให้น้ำมันผสมในน้ำเกลือ เพราะน้ำมันจะไปเคลือบเรซินทำให้การทำความสะอาด เรซินไม่ได้ผล

กำหนดการล้างกรองเรซิน

กำหนดการล้างกรองเรซิน มีแนวทางที่ทำได้ 3 วิธี

(1) การกำหนดเวลา เป็นชั่วโมง วัน หรือสัปดาห์ เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดต้องล้างถังกรองเรซิน

(2) กำหนดปริมาณน้ำที่ผ่านเครื่องกรอง กรณีนี้ต้องติดตั้งมาตรวัดปริมาณน้ำ เพื่อทราบปริมาณน้ำที่ผ่านเครื่องกรอง เมื่อครบตามปริมาณที่กำหนด เช่น ทุก 50 ลูกบาศก์เมตร หรือ 100 ลูกบาศก์เมตร เป็นต้น การล้างโดยกำหนดปริมาณน้ำดีกว่าวิธีแรก

(3) ใช้วิธีตรวจวัดคุณภาพน้ำ กำหนดค่าความกระด้างที่ต้องการไว้ เช่น ไม่เกิน 10 พีพีเอ็ม จากนั้นจึงใช้น้ำยาตรวจคุณภาพน้ำด้วยการตรวจสอบคุณภาพน้ำทุกชั่วโมงหรือทุกวัน ถ้าเกินกำหนดต้องล้างถังกรองเรซิน วิธีนี้ถือว่าดีที่สุด ปัจจุบันกำลังเป็นที่นิยม

7.1.3 การกำจัดค่า (Dealkaly) เป็นการใส่เรซินชนิดแลกเปลี่ยนประจุลบ เพื่อใช้กำจัดความเป็นค่าที่มีมากไป ปกติมักติดตั้งไว้หลังถังกรองเรซินชนิดแลกเปลี่ยนประจุบวก

7.1.4 ดิมีเนอรอลไลเซชัน (Demineralization of Water) ใช้เรซินชนิดแลกเปลี่ยนประจุบวกและประจุลบ กับสิ่งเจือปนในน้ำ ทำให้สามารถขจัดสิ่งเจือปนในน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ การปรับคุณภาพน้ำวิธีนี้ อาจใช้เรซินที่กำจัดประจุบวกและประจุลบอยู่ในถังเดียวกัน ซึ่งเรียกว่า Mixed-Bed Exchange หรือแยกเป็นถังกรองประจุบวก กับถังกรองประจุลบ การปรับคุณภาพน้ำโดยวิธีนี้สามารถลดปริมาณสารละลายในน้ำลงเหลือ 0 พีพีเอ็ม

7.1.5 วิธีการกำจัดก๊าซละลายน้ำ (Deaeration) คือแอโรเตอร์เป็นตัวเอาออกซิเจนซึ่งอยู่ในน้ำออก เพราะออกซิเจนเป็นตัวทำให้เกิดการกัดกร่อนในหม้อไอน้ำ และ Economizer

เป็นการกำจัดออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ หม้อไอน้ำมีทางเปิดสู่บรรยากาศภายนอกหลายทางทำให้ถ่ายเทออกซิเจนจากอากาศให้กับน้ำอยู่เสมอ การกำจัดออกซิเจนด้วยสารเคมี เช่น โซเดียมซัลไฟด์ หรือไฮดราซีน อาจจะแพงไปควรใช้เครื่องดีแอกเรเตอร์จะช่วยประหยัดและไม่ยุ่งยาก หม้อไอน้ำเลี้ยงที่ใช้เป็นดีแอกเรเตอร์ด้วยวิธีการกำจัดออกซิเจนทำได้ด้วยการทำให้น้ำที่จะป้อนเข้าหม้อไอน้ำมีอุณหภูมิสูง 180-200 องศาฟาเรนไฮต์ ออกซิเจนจะละลายเข้ามาในน้ำได้น้อย จึงเท่ากับได้น้ำที่อุณหภูมิสูง และมีออกซิเจนต่ำ

เมื่อน้ำในถังพักมีอุณหภูมิสูง ขณะที่ปั๊มน้ำทำงานดูดน้ำในถังพักเพื่อส่งเข้าหม้อไอน้ำ ที่ท่อทางเข้าปั๊มน้ำมีความดันต่ำ อาจทำให้น้ำร้อนเกิดการแตกตัวกลายเป็นไอ ฟองของไอน้ำผสมกับน้ำหรือเกิด Cavitation ที่ปั๊มทำให้ปั๊มดูดน้ำไม่ได้ อาการของ Cavitation สังเกตได้จากปั๊มน้ำ ซึ่งมีลักษณะดังนี้

- 1) ปั๊มน้ำสั่นและมีเสียงดัง
- 2) ปริมาณน้ำที่ปั๊มได้ลดลง
- 3) ใบพัดของปั๊มน้ำสึกกร่อน เป็นรู

7.1.6 การป้องกันการเกิดคาวิเทชัน (Cavitation)

การป้องกันการเกิดคาวิเทชัน ทำได้ 2 วิธี คือ

1) ยกระดับความสูงของถังพักน้ำให้สูง น้ำยังมีอุณหภูมิสูงยังต้องยกระดับถังพักสูง เช่น น้ำมีอุณหภูมิ 88 องศาเซลเซียส ต้องยกถังพักน้ำสูงกว่า 1.6 เมตร จากทางเข้าของปั๊มน้ำ

2) ให้ถังพักอยู่ภายใต้ความดัน โดยทั่วไปความดันภายในถัง 10-15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เพียงพอที่จะป้องกันการเกิด Cavitation

7.2 การปรับคุณภาพน้ำในหม้อไอน้ำ

การปรับสภาพน้ำของหม้อไอน้ำ บางแบบใช้สาร Colloidal (สารลอยตัว) เติมลงไป เช่น Iron hydrate, Tannin, lignum และ Starch สารเหล่านี้จะทำให้เกิดปฏิกิริยาประเภหดูดซับ (Absorption) และ Coagulation เกิดกับตะกอนและตะกั่วในวงจำกัดหนึ่ง ซึ่งสามารถป้องกันการกัดกร่อนได้ Tannin นิยมใช้ในอัตราส่วน 50-130 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำหม้อไอน้ำจะกลายเป็นสีชาแก่ สำหรับ Starch นิยมใช้แทน Tannin เมื่อมีน้ำมันอยู่ในน้ำ

การเกิดฟองในหม้อน้ำ จะทำให้เกิด "Carry-Over" ระบายไปกับไอน้ำ ไปยังหน่วยพลังงานอื่นและทำให้เกิดการเพิ่มสารละลายน้ำและสารแขวนลอยขึ้น ซึ่งเป็นไปตามธรรมชาติของ

น้ำ ที่ค่อย ๆ สะสมเพิ่มขึ้น เมื่อเดิมสารเคมีลงไปที่การปรับสภาพน้ำ จึงต้องระบายน้ำทิ้งเป็นครั้งคราวหรือตลอดเวลา ทำความสะอาดเป็นฤดูกาล และควบคุมปรับแต่งอัตราการใช้น้ำ การวัด Total solids ควรตรวจสอบเป็นระยะ หรือใช้การนำไฟฟ้าของน้ำมาควบคุม Internal Treatment จึงมุ่งการตกตะกอนของแคลเซียมในรูปของตะกอน แทนที่จะให้เกิดตะกอนเกาะผิวโลหะ ฉะนั้นหากปริมาณของคาร์บอนเนตอยู่ในระดับสูงกว่า เมื่อเทียบกับอัตราส่วนกับปริมาณซัลเฟต แสดงว่าแคลเซียมต่าง ๆ ทำปฏิกิริยากับคาร์บอนเนตมากกว่าจะทำกับซัลเฟต ผลที่ได้จะเป็นตะกอน

การปรับสภาพน้ำเพื่อให้เหมาะสมกับหม้อไอน้ำความดันสูง Phosphate เป็นสารเคมีที่ใช้ทำให้แคลเซียมเกิดเป็นวุ้นลอยตัว และตกตะกอนในลักษณะ Tricalcium Phosphate ซึ่งสามารถระบายทิ้งจากหม้อไอน้ำได้ อัตราการใช้ฟอสเฟต ประมาณ 30-100 mg/l เกลือฟอสเฟตที่ใช้แต่ละชนิดขึ้นอยู่กับความเป็นด่างของน้ำป้อนหม้อไอน้ำ เช่น น้ำมีสภาพด่างต่ำ ใช้ Trisodium Phosphate น้ำสภาพด่างปานกลางใช้ Di-Sodium Phosphate และน้ำสภาพด่างสูง Mono-Sodium Phosphate สำหรับ Sodium Hexa meta Phosphate ใช้ได้กับน้ำทุกสภาพ

การกัดกร่อนในหม้อไอน้ำเนื่องจากความเป็นกรดของน้ำ และ การละลายตัวของออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และแอมโมเนีย การปรับสภาพน้ำจึงควรปฏิบัติ ดังนี้

7.2.1 เพิ่มสภาพน้ำให้เป็นด่างมากขึ้น น้ำป้อนหม้อไอน้ำมีค่า pH 8 และน้ำในหม้อไอน้ำมีค่าประมาณ pH 10

7.2.3 กำจัดก๊าซที่ละลายน้ำให้หมดโรงไฟฟ้าปัจจุบันนี้ใช้การ Deaerater ไล่อากาศออกจากน้ำป้อนหม้อไอน้ำให้มีน้อยที่สุด และเติมสารเคมี Sodium Sulfite หรือ Hydrazine เพื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนที่ตกค้างอยู่

7.2.3 เกลือบผิวท่อและหม้อน้ำด้วยสารประกอบกราไฟต์พิเศษ การกัดกร่อนเนื่องจากโซดาไฟ (Caustic Embrittlement) เป็นการกัดกร่อนผิวโลหะหม้อไอน้ำ ซึ่งเกิดจากหลายกรณีร่วมกัน เช่น เติมด่างโซดาไฟมากเกินไป ความเครียด (Stress) ของโลหะที่รอยต่อ (ได้แก่ รอยหมุดยึดได้ระดับน้ำ) และมีปริมาณซัลไฟมากเกินไป โซดาไฟทำให้เกิดการกัดกร่อนแบบนี้มีความเข้มข้น การปรับสภาพน้ำจึงทำได้ด้วยการใช้ฟอสเฟตเพิ่มสภาพด่างของน้ำ แทนการใช้โซดาไฟ และคอยตรวจสอบปริมาณของโซเดียมคาร์บอนเนตและโซเดียมซัลเฟต

น้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำควรมีสภาพบริสุทธิ์ แต่อาจมีสิ่งอื่นเจือปนในน้ำกลั่น ในกรณีเกิด Carry-Over และเกิดการกัดกร่อน ความเข้มข้นของเหล็กอาจแสดงให้เห็นอัตราการกัดกร่อนและเพื่อความแน่นอนควรตรวจสอบการนำไฟฟ้า และปริมาณคลอไรด์ในน้ำด้วย'

ปัญหาต่าง ๆ เกี่ยวกับน้ำหม้อไอน้ำ มักเกิดขึ้นกับงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ทำให้เกิดความเสียหายมากหรือน้อยตามชนิดของอุตสาหกรรมนั้น ๆ ซึ่งอาจเหมือนหรือต่างกันออกไป ฉะนั้นจึงควรศึกษาแนวทางในการปรับสภาพน้ำเพื่อแก้ปัญหาที่จะเกิดต่อไป ปัญหาเหล่านี้ได้แก่

- | | |
|--|--------------------------------|
| 1) การเกิดตะกอนในหม้อไอน้ำ | (Scale Deposits) |
| 2) การเกิดตะกอนมากเกินไป | (Excessive Sludge) |
| 3) การเกิดกัดกร่อนทั่วไป | (General Corrosion) |
| 4) การเกิดกัดกร่อนเป็นหลุม | (Pitting) |
| 5) การเกิดสารระเหยไปกับไอน้ำ | (Carry-over) |
| 6) การเกิดกัดกร่อนเนื่องจากค่า | (Embrittlement) |
| 7) เกิดการอุดตันในระบบป้อนน้ำ | (Feedline and Heater Deposits) |
| 8) อัตราการระบายน้ำทิ้งที่มาก | (High Blowdown Rate) |
| 9) น้ำมันที่กลายเป็นคาร์บอนด้วยการสันดาบ | (Carbonized Oil) |
| 10) การเกิดกัดกร่อน | (Carbon Dioxide Deposits) |
| 11) การกัดเป็นหลุมด้วยออกซิเจน | (Oxygen Pitting) |
| 12) การเกาะตัวของตะกอนที่กลีบกังหัน | (Turbine Blade Deposits) |
| 13) ท่อ Superheater เสียหาย สกปรก | (Superheater Fouling) |

- | | |
|----------------------------------|-------------------------|
| 14) น้ำมันเจือปนน้ำ | (Oil Contamination) |
| 15) เครื่องควบคุมแน่นรั่ว | (Condenser Leakage) |
| 16) ขบวนการต่าง ๆ บกพร่องเสียหาย | (Process Contamination) |

ปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้ บางอย่างเกี่ยวกับ External Treatment บางอย่างเกี่ยวกับ Internal Treatment และบางอย่างเกี่ยวกับการควบคุมดูแลเครื่องมือ ให้มีสภาพต่าง ๆ ตรงตาม พิกัดที่กำหนดให้ ซึ่งแต่ละปัญหาต่างมีข้อปลีกย่อยแตกต่างและซับซ้อนไม่อาจบรรยายได้ทั้งหมด แม้จะปรับคุณภาพน้ำก่อนเติมเข้าหม้อไอน้ำมาก่อนแล้วก็ตาม น้ำภายในหม้อไอน้ำจะถูกต้มระเหยกลายเป็นไอ ทำให้ค่าความเข้มข้นของสารเจือปนต่าง ๆ เพิ่มขึ้น จำเป็นต้องตรวจสอบคุณภาพของน้ำภายในหม้อไอน้ำ ด้วยการนำเอาน้ำที่โบลดาวน์ไปวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณสิ่งเจือปนต่าง ๆ ว่า เพิ่มขึ้นเกินปริมาณที่ยอมให้หรือไม่ หากเกินสามารถปรับคุณภาพภายในหม้อไอน้ำได้ 2 วิธี คือ

1) โดยการเติมสารเคมี

ในการปฏิบัติทั่วไปจะเติมสาร “คอลลอยด์” ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติแขวนลอยในน้ำโดยไม่ตกตะกอน เช่น พวกแทนนินที่สกัดได้จากเมล็ดฝ้าย เมื่อความกระด้างทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่ใส่เกิดเป็นตะกอน ตะกอนจะไปเคลือบที่ผิวของคอลลอยด์ แทนที่จะไปจับต่อกลายเป็นตะกาน คอลลอยด์เมื่อถูกหินปูนมากจะมีขนาดใหญ่และตกลงข้างล่าง แล้วโบลดาวน์ทิ้ง

บางครั้งอาจเติมโซดาแอช ด้วยปริมาณมากเพื่อป้องกันการเกิดตะกานได้ แต่ต้องควบคุมการเติมสารเคมีที่มีอยู่ในรูปของสารละลายในหม้อไอน้ำด้วยความระมัดระวัง

สำหรับหม้อไอน้ำที่ใช้ความดันมากกว่า 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นอกจากจะปรับคุณภาพน้ำด้วยวิธีใส่ปูนขาว และโซดาแอชแล้ว ต้องเพิ่มการปรับคุณภาพน้ำด้วยฟอสเฟตเข้าไปในหม้อไอน้ำ ในปริมาณที่เหมาะสมทำให้เกิดตะกานน้อยลง และยังทำให้ตะกอนเหลวมากขึ้น ช่วยให้กำจัดด้วยวิธีถายนํ้ากันหม้อได้ง่าย หากไม่ต้องการให้มีตะกอนฟอสเฟตในหม้อไอน้ำก็เติมฟอสเฟตเข้าไปที่ถังเก็บน้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยปูนขาวและโซดาแอชแล้วผ่านเครื่องกรองน้ำจะช่วยลดความกระด้างจนเกือบศูนย์ อีกวิธีหนึ่ง คือ เติมโซดาไฟและโซเดียมฟอสเฟตเข้าไปในถังเก็บน้ำที่ไล่อากาศออก จากนั้นจึงผ่านเครื่องกรอง เนื่องจากตะกานที่

เกิดจาก ซิลิกาจะแข็งมาก ปัจจุบันการล้างหม้อไอน้ำที่ทำโดยบริษัทเอกชนทั่วไปยังมีปัญหาเมื่อพบว่าตะกรันที่จะล้างเป็นตะกรันของซิลิกา จึงควรป้องกันไม่ให้เกิดตะกรันของซิลิกา

ในหม้อไอน้ำหากไม่มีแคลเซียม ซิลิกาจะรวมตัวกับโซดาไฟ ได้เกลือชนิดหนึ่งละลายน้ำได้และไม่เป็นอันตราย สำหรับหม้อไอน้ำที่ใช้แรงดันมากกว่า 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ในน้ำมีแคลเซียมและคาร์บอเนต ซิลิกาจะรวมตัวกับแคลเซียมเกิดเป็นตะกรันได้ดีกว่าที่จะรวมตัวกับคาร์บอเนตแล้วตกตะกอนซึ่งจัดได้ง่ายกว่า แก้ปัญหานี้ได้ด้วยการเติมฟอสเฟตให้เกิดเป็นตะกอน ดีกว่ารวมกับซิลิกาแล้วเกิดเป็นตะกรัน ส่วนซิลิกาจะอยู่ในน้ำในรูปของโซเดียมซิลิเกต ซึ่งไม่เป็นอันตรายกับหม้อไอน้ำ หากหมุนเวียนน้ำไม่เร็วพอเกลือโซเดียมซิลิเกตจะแยกตัวจากน้ำมาจับเป็นตะกรันที่ท่อได้

2) ด้วยการโบลดาวน์ การที่ถ่ายน้ำได้หม้อไอน้ำบ่อย ๆ จะช่วยให้สิ่งเจือปนในหม้อไอน้ำบางชนิดที่ตกตะกอนมาถูกไล่ออกก่อนจะทำปฏิกิริยาเกิดเป็นตะกรัน

9. การเกิดตะกรันในหม้อไอน้ำ

หากไม่ปรับคุณภาพน้ำที่เติมหม้อไอน้ำจะเกิดตะกรันในหม้อไอน้ำได้ เมื่อน้ำกระด้างชั่วคราวและน้ำกระด้างถาวรตกตะกอนไปสัมผัสกับพื้นผิวที่ร้อน แม้ว่าจะมีปริมาณเกลือที่ละลายอยู่เท่าใดก็ตาม น้ำกระด้างชั่วคราวจะตกตะกอนที่อุณหภูมิมากกว่า 160 องศาฟาเรนไฮต์ สำหรับน้ำกระด้างถาวรตกตะกอนเมื่อมีปริมาณเกลือที่ละลายอยู่สูงเท่านั้น เช่น แคลเซียมซัลเฟตตกตะกอนเมื่อมีความเข้มข้นมากกว่า 180 ส่วนในแสนส่วน

ที่อุณหภูมิต่ำและความเข้มข้นของเกลือน้อย ตะกรันจะเกิดจากน้ำกระด้างชั่วคราว เช่น หม้อไอน้ำที่ใช้มีเกลือละลายอยู่น้อยกว่า 300 ส่วนในแสน สำหรับหินปูน(แคลเซียมคาร์บอเนต) แมกนีเซียมคาร์บอเนต และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ทำให้เกิดตะกรันเป็นแผ่นหนาจับบนพื้นผิวที่ร้อน ตอนแรกเกิดเป็นตะกรันแผ่นบาง ๆ หลังจากนั้นเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำจะจับกับผลึกของตะกรันเดิมพอกหนามากขึ้น

ผลเสียของการเกิดตะกรัน

1. หากตะกรันจับที่ท่อทางออก ปริมาณไอน้ำออกจากหม้อไอน้ำจะลดลง
2. ตะกรันที่จับที่ท่อหรือท่อไฟ จะทำให้เกิดการบวมของท่อ และทำให้การกลาย เป็นไอน้ำลดลง
3. ทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากขึ้น

4. ตะกรันบางส่วนติดไปกับไอน้ำ ไปจับที่ใบพัดของกังหันไอน้ำ ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง

10. การล้างตะกรันในหม้อไอน้ำ

แม้ว่าจะปรับสภาพน้ำทั้งก่อนเติมเข้าหม้อไอน้ำ และปรับสภาพในหม้อไอน้ำแล้วก็ตาม ตะกรันยังคงเกิดขึ้น ตะกรันที่มีอยู่ในหม้อไอน้ำ ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิง หรือทำให้ค่าใช้จ่ายสูงขึ้น และอาจก่อให้เกิดอันตรายจากการระเบิดของหม้อไอน้ำ จำเป็นต้องล้างตะกรันออกจากหม้อไอน้ำ

10.1 วิธีล้างตะกรันในหม้อไอน้ำ

วิธีล้างตะกรันในหม้อไอน้ำ โดยทั่วไปมี 2 วิธี คือ

10.1.1 วิธีเคาะล้าง วิธีนี้ใช้คนเข้าไปเคาะตะกรันในหม้อไอน้ำ จึงใช้ได้กับหม้อไอน้ำขนาดใหญ่ที่มีช่องคนลงใช้เวลาล้างนาน การเคาะล้างอาจไม่ทั่วทุกจุดที่มีตะกรันจับ ปัจจุบันหม้อไอน้ำแบบลูกหมูยังคงใช้วิธีนี้ สำหรับหม้อไอน้ำแบบท่อขนาดใหญ่ใช้หัวกัด (Cutting Tools) แบบใช้ลม น้ำ หรือไอน้ำขับ

10.1.2 วิธีล้างตะกรันด้วยน้ำยาเคมี วิธีนี้ใช้ได้กับหม้อไอน้ำทุกขนาดโดยเฉพาะหม้อไอน้ำที่มีขนาดเล็ก หรือหม้อไอน้ำที่มีท่อบางส่วนงอหรือที่มีท่อวางซ้อนกัน ซึ่งเราไม่สามารถใช้วิธีล้างตะกรันด้วยการเคาะได้ วิธีนี้ล้างตะกรันภายในหม้อไอน้ำได้ทุกจุดและใช้เวลาน้อยกว่าวิธีแรก แต่ต้องใช้นักเคมีที่มีความชำนาญมาควบคุมการล้าง

10.2 การล้างตะกรันด้วยน้ำยาเคมี

การล้างตะกรันด้วยน้ำยาเคมีจำเป็นต้องวิเคราะห์น้ำที่ใช้เติมหม้อไอน้ำก่อนว่ามีความเป็นด่าง (M-Alkalinity) ความกระด้างทั้งหมดมีซิลิกา และซัลเฟตจำนวนเท่าไร เพื่อทราบคุณสมบัติของน้ำก่อนเติม จากนั้นจึงพิจารณาเรื่องอื่น ๆ คือ ความหนาของตะกรัน ชนิดของตะกรัน และความจุของหม้อไอน้ำ แล้วจึงล้างตะกรัน

10.2.1 วิธีล้าง

เมื่อตะกรันเกิดจากความกระด้าง มีขั้นตอน ดังนี้

1) ถ่าน้ำในหม้อไอน้ำออกให้หมด

2) เติมน้ำพร้อมทั้งผสมน้ำยาเคมีเข้าไปภายในหม้อไอน้ำให้เต็ม แล้ว

เปิดทางเข้าออกของหม้อไอน้ำทั้งหมด ใช้ถึงขนาดจุประมาณ 200 ลิตร ใส่ น้ำยาเคมีและ

น้ำตามปริมาณที่ต้องการ แล้วปัมน้ำยาเข้าไปทางโบล์วคาวน์ และให้น้ำยาภายในหม้อไอน้ำไหลออกมาทางด้านบนหม้อไอน้ำแล้วไหลกลับมาเข้าถังน้ำยา ให้น้ำยาเคมีหมุนเวียนเช่นนี้ตลอดเวลา

ขณะที่น้ำยาหมุนเวียน ต้องตรวจสอบปริมาณของเหล็กในน้ำยาที่ออกมา ทุก ๆ 2 ชั่วโมง เพราะน้ำยาอาจไปกัดกร่อนหม้อไอน้ำ และต้องตรวจสอบปริมาณส่วนผสมของน้ำยาที่ใช้ว่ามีความเข้มข้นลดลงถึงจุดที่ต้องเปลี่ยนใหม่หรือไม่

เมื่อได้เวลา (ปกติประมาณ 24 ชั่วโมง) หรือดูจากความเข้มข้นของน้ำยาที่จึงปล่อยน้ำยาภายในหม้อไอน้ำออกทั้งหมดแล้วใช้น้ำฉีด ตะกรันจะหลุดออกมา

ล้างหม้อไอน้ำอีกครั้ง ด้วยค่า 2 % โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือ โซดาไฟล้างภายในหม้อไอน้ำด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง

10.2.2 สมของน้ำยา

น้ำยาที่ใช้มีส่วนผสม ดังนี้

- 1) สารเคมีที่ใช้ป้องกันการกัดโลหะ 0.05 % เช่น Ammohib 28
- 2) กรดเกลือ (ไฮโดรคลอริกแอซิด) 5% กรัม/ลิตร

หมายเหตุ ใช้กรด Sulfamic Acid แทนได้ แต่ต้องมีความร้อนช่วย ปัจจุบันไม่นิยมใช้ เพราะกรดตัวนี้ราคาแพง

11. ปัญหาอันเกิดจากน้ำในหม้อไอน้ำ

ภายในหม้อไอน้ำนอกจากจะเกิดตะกรันอันเนื่องมาจากน้ำที่มีคุณภาพไม่เหมาะสมแล้วยังมีปัญหาอื่น ๆ อีกมาก คือ

11.1 การกัดกร่อนและแตกร้าวของโลหะ

น้ำที่มีคุณภาพไม่เหมาะสม สามารถกัดกร่อนโลหะที่ใช้เป็นอุปกรณ์ของหม้อไอน้ำได้ ทำให้เกิดความเสียหายหรือประสิทธิภาพของอุปกรณ์ลดต่ำลง และบางครั้งอาจทำให้สิ้นเปลืองพลังงานเนื่องจากการกัดกร่อนโลหะเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ ทำให้โลหะกลับคืนสู่สภาพเดิม เช่น เหล็กเกิดการผุกร่อน จะได้สนิมหรือเหล็กออกไซด์ (แร่เหล็ก) ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ง่ายและพร้อมที่จะเกิดขึ้นทุกขณะที่โอกาสอำนวย

ลักษณะของการกัดกร่อนโลหะ มี 2 ลักษณะ ดังนี้

11.1.1 การกัดกร่อนแบบกัลวานิก เกิดขึ้นเมื่อโลหะ 2 ชนิดแช่ในน้ำ ลักษณะเช่นนี้โลหะที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่าจะเป็นขั้วบวก โลหะที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าจะเป็นขั้วลบ ทำให้มีการ

ครบวงจร โลหะที่เป็นขั้วบวกจะแตกตัวเกิดการผุกร่อน เช่น ท่อเหล็กที่มีข้อต่อทำด้วยทองแดง เมื่อใช้งานร่วมกันอยู่ในน้ำหรือน้ำไหลผ่าน ท่อเหล็กจะเกิดการกัดกร่อน

11.2.2 การกัดกร่อนเป็นหลุม มักเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ที่สัมผัสกับน้ำ เนื่องจากมีขั้วบวกอย่างแรงเกิดขึ้นเฉพาะจุด เป็นผลให้เกิดหลุมกระจายทั่วผิวโลหะปัจจัยเสริมให้มีขั้วบวกเกิดขึ้นคือความแตกต่างของสิ่งแวดล้อมของโลหะไม่เป็นเนื้อเดียวกันสำหรับในหม้อไอน้ำส่วนใหญ่เกิดจากความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในบริเวณต่าง ๆ ของผิวโลหะ

11.2 การควบคุมและป้องกันการกัดกร่อนโลหะ

การควบคุมและป้องกันการกัดกร่อนโลหะ ทำได้ 2 วิธี คือ

11.2.1 ทำลายสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม

การทำลายสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม จำเป็นต่อการสร้างปฏิกิริยากัดกร่อน เช่น

1) ปรับ pH ให้สูงขึ้น สารเคมีที่นิยมใช้มากที่สุด คือ โซดาไฟ สำหรับ โซดาแอชอาจใช้ได้ หากไม่สลายตัวเป็นคาร์บอนไดออกไซด์

2) กำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ เพราะก๊าซชนิดนี้เมื่อละลายในน้ำจะได้กรดคาร์บอนิก สามารถกัดกร่อนเหล็กได้อย่างรุนแรง ป้องกันด้วยการใช้สารประกอบอะมีนซึ่งเป็นด่าง

3) กำจัดออกซิเจน ซึ่งเป็นตัวที่ทำให้เกิดการกัดกร่อนเป็นหลุมเฉพาะแห่ง ด้วยการใช้อุปกรณ์ดีแอเรเตอร์ไล่อากาศ

11.2.1 การป้องกันการกัดกร่อนหม้อไอน้ำ

การป้องกันการกัดกร่อนด้วยสารห้ามสนิม สร้างฟิล์มป้องกันสนิม การสร้างฟิล์มป้องกัน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1) แบบเกาะปิดผิวโลหะโดยมีความหนา 1 ไมครอน

2) แบบทำปฏิกิริยากับผิวโลหะแล้วเกิดฟิล์มป้องกันโลหะมิให้ผุกร่อน

11.3 การเกิดรอยร้าว

รอยร้าวที่เกิดขึ้นบริเวณเปลือกหม้อไอน้ำ รอยพับของตะเข็บ หรือบริเวณรอบ ๆ หมุดยึดเกิดขึ้นเมื่อโลหะอยู่ในสภาพที่มีความเค้น (Stress) สูง และน้ำมีคุณภาพไม่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำที่มีโซดาไฟและซิลิกาสูง ๆ เมื่อเกิดรอยร้าว อธิบายได้ว่าเกิดจากไฮโดรเจนของโลหะถูกปล่อยไปทำปฏิกิริยากับโซดาไฟที่อยู่บนโลหะเดิม ไฮโดรเจนรวมกับคาร์บอนอยู่ระหว่าง

ผลึกโลหะ เมื่อไฮโดรเจนหลุดไปทำให้โครงสร้างของผลึกโลหะเสียรูป ทำให้เกิดรอยร้าว ตอนแรกอาจมีขนาดเล็กแต่จะขยายตัวใหญ่ขึ้นในภายหลังจนหม้อไอน้ำแตกได้

11.4 ปัญหาอื่นๆ ที่เกิดจากน้ำ

ดังที่กล่าวมาแล้ว ว่าน้ำที่ใช้กับหม้อไอน้ำก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับตะกรัน สิ่งแปลกปลอม และการกัดกร่อนภายในหม้อไอน้ำ นอกจากปัญหาดังกล่าวแล้ว น้ำที่ใช้ยังอาจก่อให้เกิดปัญหาภายในหม้อไอน้ำได้ดังนี้

11.4.1 การเกิดน้ำปะทุและน้ำเป็นฟองในหม้อไอน้ำ

น้ำปะทุภายในหม้อไอน้ำ หมายถึง ลักษณะการเดือดอย่างรุนแรง และผิดปกติของน้ำภายในหม้อไอน้ำ จะทำให้ระดับน้ำของหม้อไอน้ำแปรปรวนมาก การควบคุมระดับน้ำของหม้อไอน้ำทำได้ยาก การปะทุยังเป็นที่เหตุให้น้ำกระเด็นเป็นฟอย และหลุดไปปะปนกับไอน้ำยังผลให้น้ำติดไปกับไอน้ำมากขึ้น

น้ำเป็นฟองภายในหม้อไอน้ำ หมายถึง การเกิดเป็นฟองขนาดเล็กมากมายขึ้นบนผิวน้ำคล้ายกับฟองผงซักฟอกในอ่างซักผ้า ปัญหาการเกิดฟองจะรุนแรงน้อยกว่าการเกิดน้ำปะทุแต่ก่อให้เกิดความยุ่งยากในลักษณะเดียวกัน คือ ทำให้ไอน้ำสกปรก เนื่องจากฟองที่เกิดขึ้นหลุดติดไปกับไอน้ำ

สาเหตุที่ทำให้เกิดน้ำปะทุและน้ำเป็นฟอง มีดังนี้

- 1) น้ำที่ใช้มีสิ่งสกปรก เช่น น้ำมัน หรือสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ
- 2) น้ำที่ใช้มีสารละลายในน้ำ (TDS) สูง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ เช่น การระบายน้ำทิ้ง (Blowdown) น้อยเกินไป น้ำมีความเป็นด่างสูงเกินไป ใส่สารเคมีห้ามสนิม หรือห้ามตะกรันมากเกินไป เหล่านี้เป็นต้น

11.4.2 การเกิดแครีโอเวอร์ในหม้อไอน้ำ

แครีโอเวอร์ คือ การที่มีสิ่งแปลกปลอมปนอยู่ในไอน้ำเกิดขึ้นในหม้อไอน้ำเนื่องจากการสัมผัสโดยตรงระหว่างละอองน้ำเดือดกับไอน้ำ หรือไอระเหยของสารกับไอน้ำ สำหรับกรณีหลังนี้เกิดขึ้นเฉพาะกับหม้อไอน้ำที่มีความดันสูงมากกว่า 600 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ดังนั้นจึงแบ่งการเกิด แครีโอเวอร์ ออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

- 1) แครีโอเวอร์ที่เกิดจากละอองน้ำ เกิดขึ้นเนื่องจากละอองน้ำที่กระเด็นขึ้นผิวน้ำที่เดือดภายในหม้อไอน้ำสัมผัสกับไอน้ำที่มีอยู่ ทำให้ละอองน้ำติดไปกับไอน้ำ หาก

ละอองน้ำมีสารพวกไบคาร์บอเนตหรือเป็นตะกอนของแข็ง เช่น ทราซ ทำให้เกิดผลเสียแก่อุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำ

2) แครีโอเวอร์ที่เกิดจากไอระเหยของสาร เกิดขึ้นเฉพาะกับหม้อไอน้ำที่มีความดันสูงกว่า 600 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่ความดันสูง อุณหภูมิของน้ำจะสูงด้วย หากสูงมากพอทำให้สารละลายในน้ำ เช่น ซิลิกา เกิดการระเหยกลายเป็นก๊าซถูกพัดพาเข้าไปกับไอน้ำ ก่อให้เกิดปัญหากับอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำ เช่น กังหันเทอร์ไบน์ เป็นต้น

11.5 สาเหตุที่ทำให้เกิดแครีโอเวอร์

สาเหตุที่ทำให้เกิดแครีโอเวอร์ มีดังนี้

11.5.1 การเกิดน้ำปะทุและน้ำเป็นฟอง เนื่องจากหม้อไอน้ำถูกใช้งานผลิตไอน้ำสูงกว่าที่ออกแบบไว้

11.5.2 ระดับน้ำในหม้อไอน้ำสูงเกินไป

11.5.3 ไม่แยกน้ำที่กลั่นตัวแล้วออกจากถังพักไอน้ำ

11.5.4 นำไอน้ำไปใช้อย่างกะทันหันจนไม่สามารถผลิตไอน้ำได้ทัน ทำให้มีละอองน้ำหลุดออกไปด้วย

กิจกรรมและสื่อ

กิจกรรม มีดังนี้

1. ให้นักศึกษาอภิปรายคุณสมบัติของน้ำจากแหล่งต่าง ๆ
2. ให้นักศึกษาอภิปรายเปรียบเทียบการปรับสภาพน้ำภายในหม้อไอน้ำกับการปรับสภาพนํ้านอกหม้อไอน้ำ

3. ให้นักศึกษาอธิบายคุณภาพน้ำที่เหมาะสมกับหม้อไอน้ำ

สื่อ ประกอบด้วย

1. แผ่นใส
2. เอกสารประกอบการสอน
3. หนังสืออ่านประกอบ

การประเมินผล

1. ถาม-ตอบ ระหว่างบรรยาย
2. สังเกตการถาม การตอบคำถาม และการอภิปรายของนักศึกษา
3. ทำแบบฝึกหัดท้ายเล่ม

แบบฝึกหัด

1. จงอธิบายผลเสียอันเกิดจากการเกิดตะกอนในหม้อไอน้ำ
 - 1.1 ด้านพลังงาน
 - 1.2 ด้านเชื้อเพลิง
 - 1.3 ด้านผลผลิต
 - 1.4 ด้านการลงทุน
 - 1.5 ด้านความปลอดภัย
2. จงอธิบายความแตกต่างระหว่างสารแขวนลอยกับสารละลายน้ำ
3. การล้างกรองเรซิน แนวทางใดดีที่สุด เพราะเหตุใด

หนังสืออ่านประกอบ

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (ม.ป.ป.). เอกสารประกอบการอบรมเรื่องการปรับสภาพน้ำ. มปป.

วิชัย พงษ์ธาราธิกุล. (2542). คู่มือควบคุมหม้อไอน้ำ. กรุงเทพฯ : บริษัท ธวิพัฒน์ จำกัด.

วิวัฒน์ ภัททิยธนี. (2539). เทคโนโลยีไอน้ำ. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด.

หน่วยที่ 6
เชื้อเพลิงและการเผาไหม้

แผนการสอน

วิชา เครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ รหัสวิชา 3101-3003
ครั้งที่ 1-2 เรื่อง เชื้อเพลิงและการเผาไหม้

หน่วยที่ 6
เวลา 4 คาบ

เนื้อหาสาระ

1. เชื้อเพลิง
2. น้ำมันเตา
3. การเผาไหม้

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สามารถบอกประเภทและประโยชน์ของเชื้อเพลิงแต่ละประเภทได้
2. สามารถอธิบายคุณลักษณะที่สำคัญของน้ำมันเตาได้
3. สามารถอธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์การเผาไหม้ได้
4. สามารถเขียนสมการการเผาไหม้ได้

หน่วยที่ 6

เชื้อเพลิงและการเผาไหม้

การผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำ จำเป็นต้องใช้พลังงานความร้อนเปลี่ยนน้ำให้กลายเป็นไอน้ำ พลังงานความร้อนที่ใช้มี 3 ประเภทใหญ่ คือ ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ความร้อนที่ได้จากไฟฟ้า และความร้อนที่ได้จากพลังงานนิวเคลียร์ ความร้อนที่ได้จากไฟฟ้า ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะแต่มีราคาแพง ความร้อนจากพลังงานนิวเคลียร์ ใช้เชื้อเพลิงราคาถูก แต่การลงทุนสูง มีความเสี่ยงต่อการรั่วไหลของกัมมันตภาพรังสี ประเทศที่พัฒนาแล้วทั้งอเมริกา ยุโรป และเอเชีย ได้นำพลังงานนิวเคลียร์มาใช้ การใช้พลังงานนิวเคลียร์ต้องมีมาตรการป้องกันและเฝ้าระวังการรั่วไหลของกัมมันตภาพรังสีอย่างเคร่งครัด จากสภาพปัญหาดังกล่าว ๆ ทำให้พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงซึ่งมีราคาถูก และมีอันตรายน้อยได้รับความนิยมทั่วโลก

1. เชื้อเพลิง

เชื้อเพลิง คือ สารที่เผาไหม้แล้วให้พลังงานความร้อนออกมา มีองค์ประกอบที่สำคัญคือ คาร์บอน ไฮโดรเจน และสิ่งปนเปื้อนอื่น ๆ คุณภาพของเชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับสัดส่วนขององค์ประกอบดังกล่าว

เชื้อเพลิงแบ่งเป็น 3 ชนิดใหญ่ คือ เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงก๊าซ เชื้อเพลิงแต่ละชนิดมีรายละเอียด ดังนี้

1.1 เชื้อเพลิงแข็ง

เป็นเชื้อเพลิงที่หาได้ง่ายและมีราคาถูก ต้องการพื้นที่ในการเผาไหม้มาก ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะทั้งเขม่า และก๊าซอันตราย เมื่อนำมาใช้จำเป็นต้องสร้างระบบกำจัดก่อนปล่อยออกจากปล่องสู่บรรยากาศ เชื้อเพลิงแข็งที่ใช้สำหรับหม้อไอน้ำที่สำคัญ คือ ถ่านหิน ส่วนมากใช้กับหม้อไอน้ำขนาดใหญ่ แกลบใช้มากกับหม้อไอน้ำในโรงสีข้าว ชานอ้อยใช้กับหม้อไอน้ำโรงงานน้ำตาล จี้เลื่อย และเศษไม้ใช้กับหม้อไอน้ำในโรงงานอบไม้หรือเลื่อยไม้ เชื้อเพลิงแข็งชนิดสำคัญ ๆ และใช้งานกับหม้อไอน้ำมี ดังนี้

1.1.1 ถ่านหิน เป็นเชื้อเพลิงที่มีในธรรมชาติ (Fossil Fuel) เกิดจากการทับถมของซากพืชชนิดต่าง ๆ ภายใต้อุณหภูมิสูงใต้ผิวโลก มีมากที่สุด ประมาณ 2 ใน 3 ของเชื้อเพลิงทั้งหมดในประเทศไทย¹

สถาบันทดสอบวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา แบ่งถ่านหินออกเป็น 4 ประเภทตามลำดับอายุ ดังนี้

- 1) ลิกไนต์ (Lignite)
- 2) ซับ บิทูมินัส (Sub Bituminous)
- 3) บิทูมินัส (Bituminous)
- 4) แอนทราไซต์ (Anthracite)

ถ่านหินที่มีอายุน้อย เมื่อเผาไหม้ให้ค่าความร้อนต่ำ มีกลิ่นเหม็นและราคาถูก

1.1.2 ถ่านโค้ก เป็นเชื้อเพลิงแข็งอีกชนิดหนึ่งได้จากการเผาถ่านหินบิทูมินัสในที่ที่มีอากาศน้อย เพื่อลดปริมาณไอระเหยและเถ้า แต่จะเพิ่มสัดส่วนของคาร์บอน มีค่าความร้อนประมาณ 6,700 Kcal/kg

1.1.3 เชื้อเพลิงแข็งอื่น ๆ เช่น แกลบ ชานอ้อย ขุยมะพร้าว ชังข้าวโพด จี้เลื่อย ฟืน (Fire Wood) ชิ้นไม้สับ (Wood Chip) กากของผลปาล์ม ตลอดจนเชื้อเพลิงที่ได้จากการบำบัดน้ำทิ้งอุตสาหกรรม คือสลัดจ์ (Sludge) เชื้อเพลิงแข็งเหล่านี้ส่วนใหญ่มีค่าความร้อนต่ำ เป็นกากที่เหลือของกระบวนการผลิต นิยมใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำมาก เพราะได้ประโยชน์ทั้งเป็นเชื้อเพลิงและกำจัดกากที่เหลือจากกระบวนการผลิต

1.2 เชื้อเพลิงเหลว

เชื้อเพลิงเหลวส่วนใหญ่ได้มาจากการกลั่นน้ำมันดิบ หรือน้ำมันปิโตรเลียม ซึ่งมีในหลายประเทศ โดยเฉพาะประเทศในตะวันออกกลาง น้ำมันแต่ละแหล่งมีความแตกต่างกันตามชนิดของไฮโดรคาร์บอน และสารปนเปื้อน

¹อำพล ช่อตรง และ ศาวัฒน์ ศรีวิเชียร. (ม.ป.ป). เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น.
กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ. หน้า 3.

1.2.1 ฐานน้ำมันดิบ

น้ำมันดิบ แบ่งออกเป็น 3 ฐาน ดังนี้

1) ฐานพาราฟิน เบส (Paraffin Base) เมื่อนำมากลั่นจะให้ผลผลิตตระกูลเบนซีนและผลผลิตระดับกลางสูง กากที่เหลือส่วนใหญ่เป็นขี้ผึ้ง(Wax)

2) ฐานแนฟธีน หรือแอสฟัลต์ เบส (Naphthene or Asphalt Base) นำมากลั่นให้ผลผลิตเป็นน้ำมันเตา กากที่เหลือส่วนใหญ่เป็นยางมะตอย

3) ฐานผสม (Mixed Base) มีคุณสมบัติระหว่างฐานที่ 1 และ 2

น้ำมันดิบ (Crude Oil) ต้องนำมากลั่นเพื่อแยกชนิดของน้ำมันที่จุดเดือด (Boiling Point) ต่าง ๆ กันได้ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล น้ำมันหล่อลื่น น้ำมันเตา และยางมะตอย สำหรับน้ำมันที่นำมาใช้กับหม้อไอน้ำ คือ น้ำมันดีเซล และน้ำมันเตา

น้ำมันดีเซล แบ่งตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ออกเป็นสองชนิดใหญ่ ๆ คือ

(1) น้ำมันโซล่าหรือดีเซลหมุนเร็ว เหมาะสำหรับเครื่องยนต์ที่มีความรอบเร็วสูง เช่น รถบรรทุก รถบัส และหม้อไอน้ำขนาดเล็ก จุดเดือดอยู่ระหว่าง 180-360 องศาเซลเซียส

(2) น้ำมันจี้โล่หรือดีเซลรอบช้า เป็นเชื้อเพลิงที่เหมาะสมสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลรอบช้า เช่น เรือขนาดใหญ่ รถดีเซลราง และหม้อไอน้ำสำหรับโรงจักรขนาดใหญ่

1.2.2 น้ำมันเตา

สถาบันทดสอบวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา หรือ ASTM (American Society for Testing and Materials) แบ่งน้ำมันเตาออกเป็น 5 เกรด ตามกรรมวิธีการผลิต และคุณสมบัติการเผาไหม้¹ ดังนี้

¹อำพล ชี้อตรง และ สายัณห์ ศรีวิเชียร. (ม.ป.ป). เล่มเดิม. หน้า 203-204.

ครอบครั้ว และ น้ำมันเกรด 2 หรือบางครั้งเรียกว่า แก๊สออยล์ สามารถนำไปใช้ผลิตน้ำมันเบนซินโดยกระบวนการแตกสลาย (Cracking)

1) น้ำมันเตาเกรด 1 และเกรด 2 เป็นน้ำมันที่ได้จากการกลั่น สำหรับน้ำมันเกรด 1 น้อยกว่าน้ำมันก๊าดเล็กน้อย ส่วนใหญ่นำมาใช้สำหรับอุปกรณ์ให้ความร้อนภายใน

2) น้ำมันเตาเกรด 3 และ เกรด 4 ส่วนใหญ่เป็นน้ำมันที่ได้จากการผสมน้ำมันเกรด 2 และเกรด 6 เข้าด้วยกัน ใช้สำหรับหม้อไอน้ำขนาดเล็ก

3) น้ำมันเตาเกรด 5 และเกรด 6 เป็นกากเหลือของน้ำมันเตา ได้จากส่วนที่เหลือของน้ำมันดิบ หลังจากน้ำมันชนิดอื่น ๆ ที่ได้กล่าวนำมาข้างต้นได้ถูกกลั่นออกไปหมดแล้ว น้ำมันชนิดนี้มีสีดำข้น มีกำมะถัน และเถ้าปนอยู่ในอัตราส่วนค่อนข้างสูง (เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ) มีราคาถูก นิยมใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่

1.2.3 คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันเตา

คุณสมบัติของเชื้อเพลิงมีความสำคัญในการออกแบบห้องเผาไหม้ และอุปกรณ์การเผาไหม้ คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันเตาที่ควรทราบมีดังนี้

1) ความหนืด (Viscosity) คือ ความต้านทานภายในของของไหล หรือความข้นใสของน้ำมันมีผลต่อการฉีดให้เป็นฝอยละออง และน้ำมันเตาแต่ละเกรดมีช่วงความหนืดต่างกัน จึงควรศึกษาค่าความหนืดของน้ำมันด้วย

ความหนืดสามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า Viscosimeter การหาค่าความหนืดทำได้โดยใส่น้ำมันปริมาณ 60 ซีซี. ลงไปในกระบอก จากนั้นให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิมาตรฐาน 100 122 หรือ 210 องศาฟาเรนไฮต์ น้ำมันจะไหลผ่านรู (Orifice) ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน ลงไปในกระบอกรองรับระยะเวลา (วินาที) ที่น้ำมันไหลผ่าน คือ ค่าความหนืด หน่วยที่ใช้เป็น SUS หรือ SSU (Seconds Saybolt Universal), เซนติสโตกส์ (Centistokes), และ SSF (Second Saybolt Furol)

ความแตกต่างของเครื่องมือวัดความหนืด SSU กับ SSF คือความยาวของท่อที่น้ำมันไหลผ่าน ค่า SSU อ่านได้เป็น 10 เท่าของค่า SSF เมื่อเรารู้ค่า SSU หรือค่า SSF และอุณหภูมิมาตรฐาน จึงสามารถหาค่าอุณหภูมิน้ำมันที่ทำให้น้ำมันมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ด้วยการใช้กราฟ น้ำมันที่ส่งไปยังหัวฉีดควรมีค่าความหนืด 100 ถึง 200 SSU

101

2) ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) เป็นตัวเลขแสดงค่าความหนักเบาของน้ำมันปิโตรเลียม และน้ำมันชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 60°F ตามวิธีการของสถาบันปิโตรเลียมแห่งสหรัฐอเมริกา (American Petroleum Institute) สามารถหาได้ดังสูตร

$$\text{ความถ่วงจำเพาะของน้ำมัน} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำมันที่ } 17^{\circ}\text{ซ (60}^{\circ}\text{ฟ)}}{\text{น้ำหนักของน้ำที่ปริมาตรเท่ากันที่ } 17^{\circ}\text{ซ (60}^{\circ}\text{ฟ)}}$$

ความถ่วงจำเพาะของน้ำมันที่อุณหภูมิมาตรฐาน 60 องศาฟาเรนไฮต์ หาได้จาก Hydrometer 2 ชนิด คือ Be (Baume) Hydrometer ซึ่งใช้แพร่หลาย และเอพีไอ สเกล (American Petroleum Institute Scales) ของสหรัฐอเมริกา

ความสัมพันธ์ระหว่าง ความถ่วงจำเพาะ API และ Be คือ

$$\text{API} = \frac{141.5}{\text{Specific gravity at } 60/60^{\circ}\text{F}} - 131.5$$

เพื่อให้ง่ายจึงตัดทศนิยมออก จะได้สมการใหม่เป็น

$$\text{Specific gravity} = \frac{140}{130 + \text{Be}}$$

3) จุดวาบไฟและจุดติดไฟ (Flash and Fire Point) การเก็บรักษาน้ำมันเชื้อเพลิงอย่างปลอดภัยจำเป็นต้องรู้ค่าจุดวาบไฟและจุดติดไฟของน้ำมัน

(1) จุดวาบไฟ (Flash Point) คือ จุดที่อุณหภูมิต่ำสุดของน้ำมันเกิดไอน้ำมันขึ้นมีจำนวนหนึ่งช่วงขณะ ไอน้ำมันนี้จุดวาบไฟขึ้น เมื่อถูกประกายไฟหรือเปลวไฟ ลูกขึ้นวูบหนึ่งแล้วดับภายใน 3 วินาที

(2) จุดติดไฟ (Fire Point) คือ อุณหภูมิต่ำสุดของน้ำมันที่ลุกติดไฟอย่างต่อเนื่องอย่างน้อย 5 วินาที

การทดสอบจุดติดไฟ มักทดสอบต่อจากจุดวาบไฟ

4) ค่าความร้อนหรือค่าแคลอริฟิค (Heating or Calorific Value) เป็นตัวบอกปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ สามารถหาได้โดยใส่เชื้อเพลิงเข้าไปในเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb Calorimeter) แล้วอัดออกซิเจนลงไปภายใต้ความดัน จากนั้นจุดไฟด้วยลวดไฟฟ้าให้เชื้อเพลิงเผาไหม้กับออกซิเจน มวล 1 หน่วยของเชื้อเพลิง ค่าความร้อนของน้ำมันเตาแต่ละชนิดใกล้เคียงกัน

5) ค่าความร้อนจำเพาะ หรือความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat) คือปริมาณพลังงานความร้อนที่ทำให้สารมวล 1 กิโลกรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส หรือฟูดง่าย ๆ ในทางปฏิบัติเป็นการหาค่าที่แสดงว่าต้องใช้ไอน้ำเท่าไร เพื่อให้ให้ความร้อนน้ำมันมีอุณหภูมิถึงจุดที่ต้องการ ปกติความร้อนจำเพาะน้ำมันเตาจะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิและความถ่วงจำเพาะ

6) สัมประสิทธิ์การขยายตัวตัวเชิงปริมาตร (Coefficient of Expansion) คือการมีปริมาตรเพิ่มขึ้นหรือลดลงของน้ำมัน ด้วยการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิ เช่น น้ำมันเตา มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวตัวเชิงปริมาตร 0.0007 ลิตรต่อองศาเซลเซียส เมื่อใช้น้ำมันเตาปริมาตร 10,000 ลิตร มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ขณะที่รถส่งน้ำมันมาถึงโรงงานวัดอุณหภูมิน้ำมันเตาพบว่า มีอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาตรน้ำมันเตาเพิ่มขึ้นเนื่องจากการขยายตัว

$$\begin{aligned}
 \text{ส่วนที่ขยายตัว} &= (40-25) \times 0.0007 = 0.0105 \\
 \text{ในหนึ่งหน่วย ขยายเป็น} &= 1 + 0.0105 = 1.0105 \\
 10,000 \text{ ลิตร ขยายเป็น} &= 10,000 \times 1.0105 \\
 &= 10,105 \text{ ลิตร}
 \end{aligned}$$

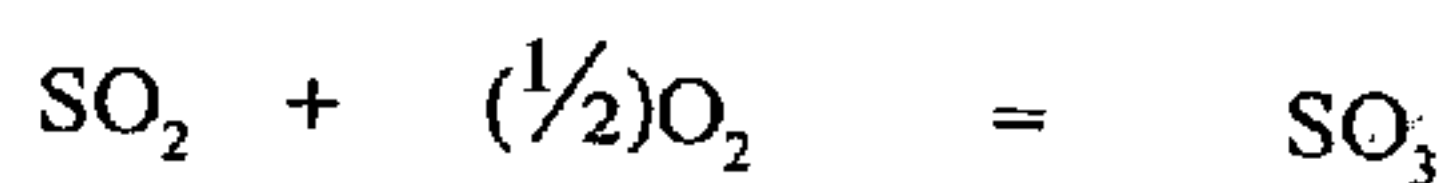
7) ปริมาณกำมะถัน (Sulfur Content) ปริมาณกำมะถันมีผลต่อเครื่องยนต์และสิ่งแวดล้อมมาก ปริมาณกำมะถันจึงต้องกำหนดระดับไว้ ทั้งในเชื้อเพลิงเหลว เชื้อเพลิงก๊าซ และเชื้อเพลิงแข็ง หากมีปริมาณมาก จำเป็นต้องกำจัดที่ไอลีก่อนที่จะปล่อยสู่บรรยากาศ เช่น กรณีสถานหินลิกไนต์ ในน้ำมันเตาที่มีกำมะถันผสมอยู่ เมื่อเผาไหม้ในหม้อไอน้ำ กำมะถันจะเปลี่ยน

103

เป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เป็นส่วนใหญ่ บางส่วนเป็น SO_3 ก่อให้เกิดมลภาวะเกี่ยวกับการกัดกร่อนโลหะ และโรครบบทางเดินหายใจต่อชุมชนที่อยู่ใกล้เคียง

การเกิดกรดกำมะถันอันเนื่องมาจากปริมาณกำมะถันที่มีในเชื้อเพลิง โดยทั่วไปยอมให้มีได้ ร้อยละ 0.85-1.5 โดยน้ำหนัก

กำมะถันจะเปลี่ยนเป็น ซัลเฟอร์ส แอซิด ก๊าซ (SO_2) ด้วยการเผาไหม้ดังสมการ



ทั้ง SO_2 และ SO_3 อยู่ในสถานะก๊าซ หากการเผาไหม้สมบูรณ์ และอุณหภูมิในการเผาไหม้สูง SO_2 และ SO_3 ออกไปกับก๊าซไอเสีย แต่บางส่วนจะรวมตัวกับน้ำในห้องเผาไหม้ เกิดเป็นกรดกำมะถัน (Sulfuric Acid)



8) จุดไหลเท (Pour Point) คือ อุณหภูมิต่ำสุดของน้ำมัน ที่จะไหลภายใต้สถานะมาตรฐาน โดยทั่วไปกำหนดให้ต่ำกว่าอุณหภูมิรอบข้าง (Ambient Temperature) 10°F คุณสมบัติข้อนี้ไม่ค่อยจำเป็นสำหรับเมืองร้อน ค่าจุดไหลเทต้องมีข้อกำหนดสูงสุดไว้ เพื่อให้ น้ำมันไหลได้เมื่อต้องการใช้ขณะอุณหภูมิต่ำ จุดไหลเทของน้ำแต่ละชนิดมีค่าไม่เท่ากัน จำเป็นต้องทราบเพื่อจัดเตรียมอุปกรณ์ให้ความร้อนกับถังเก็บน้ำมันและท่อส่งน้ำมัน เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมันอุดตันในท่อ เช่น น้ำมันเตาชนิดที่ 6 มีจุดไหลเทไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส หากนำน้ำมันเตาดังกล่าวไปใช้ในภาคเหนือช่วงฤดูหนาว อุณหภูมิต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส น้ำมันเตาจะจับตัวแข็งในถังและท่อส่งน้ำมัน จำเป็นต้องเตรียมอุปกรณ์อุ่นน้ำมันเตาที่ถังเก็บและท่อส่งน้ำมันด้วย

1.3 เชื้อเพลิงก๊าซ

ก๊าซเป็นเชื้อเพลิงที่อาจอยู่ในรูปของเหลวหรือไอ ได้มาจาก 2 แหล่งใหญ่ ๆ คือ จากน้ำมันดิบ และจากหลุมก๊าซธรรมชาติ ก๊าซธรรมชาติประกอบด้วยมีเทน (CH_4) อีเทน (C_2H_6) โพรเพน (C_3H_8) บิวเทน (C_4H_{10}) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และไนโตรเจน (N_2) เป็นต้น

ก๊าซที่ใช้กับหม้อไอน้ำ มี 2 ชนิด คือ

1.3.1 ก๊าซธรรมชาติ มีส่วนประกอบของก๊าซมีเทน ประมาณ ร้อยละ 80-90 และก๊าซอีเทน ประมาณร้อยละ 5-15 และก๊าซอื่น ๆ เล็กน้อย

ตาราง 10 คุณสมบัติและการใช้งานของเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ

ชนิดเชื้อเพลิง	ค่าความร้อน กิโลแคลอรี/กิโลกรัม	การใช้งาน
เชื้อเพลิงแข็ง		
ถ่านหิน	4,500-7,500	หม้อไอน้ำ อุตสาหกรรม
ลิกไนท์	3,000-5,000	หม้อไอน้ำ
ถ่านโค้ก	6,000-7,000	ผลิตเหล็ก อุตสาหกรรม
ถ่านไม้	6,700-7,500	ครัวเรือน
ฟืน	3,000-4,000	ครัวเรือน หม้อไอน้ำ
ขาน้อย	2,600	หม้อไอน้ำ
แกลบ	3,400	หม้อไอน้ำ
เชื้อเพลิงเหลว		
น้ำมันเบนซิน	10,000-11,500	เครื่องยนต์แก๊สโซลีน
น้ำมันปิโตรเลียม, น้ำมัน ดิบ	10,000-10,500	อุตสาหกรรม เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
น้ำมันก๊าด	10,500-11,000	หุงต้ม เครื่องไอน้ำ
น้ำมันดีเซล	10,500-11,000	อุตสาหกรรม เครื่องยนต์ดีเซล หม้อไอน้ำ
น้ำมันเตา	10,000-10,600	หม้อไอน้ำ เครื่องยนต์ดีเซล อุตสาหกรรม
เชื้อเพลิงก๊าซ		
ก๊าซธรรมชาติ	9,000-12,000	ใช้เป็นวัตถุดิบ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หม้อไอน้ำ อุตสาหกรรม ครัวเรือน รถยนต์ หม้อไอน้ำ
ก๊าซ แอล พี ก๊าซ	24,000-32,000	

1.3.2 ก๊าซ แอลพีจี (LPG) เป็นส่วนประกอบของก๊าซโพรเพน และก๊าซบิวเทน
เหมาะสำหรับใช้เป็นก๊าซหุงต้มในครัวเรือนหรือใช้กับอุปกรณ์การเผาไหม้ที่มีขนาดเล็ก

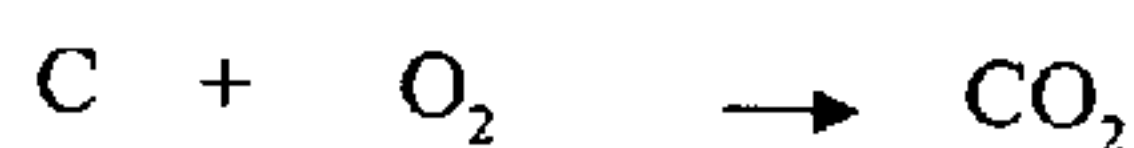
2. การเผาไหม้ (Combustion)

การเผาไหม้ หมายถึงการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างเชื้อเพลิงกับ ออกซิเจน ปฏิกิริยาจะเกิดอย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดพลังงานออกมาในรูปความร้อน ทำให้อุณหภูมิของสารผสมของเชื้อเพลิง และออกซิเจนสูงขึ้นมีผลทำให้สารผสมที่ใกล้เคียงเกิดปฏิกิริยาตาม ทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง

การเผาไหม้ที่ดีหรือการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ คือ การเผาไหม้ที่ให้ปริมาณความร้อนเท่ากับค่าความร้อนของเชื้อเพลิง ผลที่ได้จากการเผาไหม้อยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ปริมาณของเชื้อเพลิงและออกซิเจนที่ใช้มีอัตราส่วนที่พอเหมาะ การที่จะทราบว่าการเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์มากน้อยเพียงใดจำเป็นต้องใช้สมการเคมีเพื่อศึกษาถึงลักษณะของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น สมการเคมีทางด้านซ้ายมือแสดงเชื้อเพลิงและออกซิเจน หรือรีแอคแตนต์ (Reactants) ทางขวามือ แสดงผลที่ได้จากการเผาไหม้หรือโปรดักต์ (Products)

เนื่องจากส่วนประกอบสำคัญของเชื้อเพลิง คือ คาร์บอน (C) และ ไฮโดรเจน (H₂) หรือไฮโดรคาร์บอน (C_xH_y) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อสารดังกล่าวทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ดังนี้

พิจารณาการเผาไหม้ระหว่าง C กับ O₂



1 โมเลกุลของ C ทำปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์กับ 1 โมเลกุลของ O₂ แล้วให้ 1 โมเลกุลของ CO₂

ในทำนองเดียวกันสำหรับการเผาไหม้ระหว่าง H₂ กับ O₂ สมการที่ได้



2 โมเลกุล 1 โมเลกุล 2 โมเลกุล



2.1 การเผาไหม้ระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ

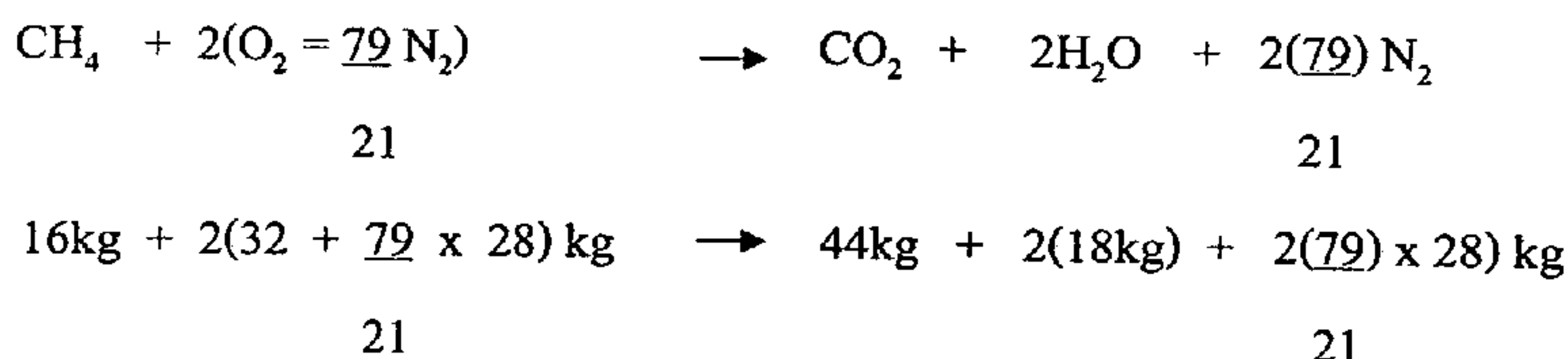
อุปกรณ์เผาไหม้ส่วนใหญ่ไม่ใช้ออกซิเจนล้วน ใช้อากาศซึ่งมีส่วนประกอบ ดังนี้

โดยน้ำหนักอากาศประกอบด้วย O₂ ร้อยละ 23 ไนโตรเจน ร้อยละ 77

โดยปริมาตรอากาศประกอบด้วย O₂ ร้อยละ 21 ไนโตรเจน ร้อยละ 79

ดังนั้น ถ้าเผาไหม้มีเทนกับอากาศได้ จะได้

106



2.2 อากาศส่วนเกิน (Excess Air)

การเผาไหม้ที่สมบูรณ์จะเกิดขึ้นเมื่อป้อนอากาศในปริมาณพอดีกับที่คำนวณตามทฤษฎี ทำให้ออกซิเจนในอากาศทุกตัวทำปฏิกิริยากับธาตุต่าง ๆ ในเชื้อเพลิงได้หมด แต่ในทางปฏิบัติต้องให้อากาศเข้าไปในห้องเผาไหม้มากกว่าปริมาณตามทฤษฎี เพื่อให้มั่นใจว่าธาตุที่ติดไฟได้ทั้งหมดในเชื้อเพลิงได้รับออกซิเจนพอเพียงที่จะทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ หากป้อนอากาศส่วนเกินเข้ามาเกินไป ออกซิเจนและไนโตรเจนส่วนเกินไม่ทำปฏิกิริยา ในการเผาไหม้จึงสูญเสียพลังงานความร้อนในห้องเผาไหม้ออก และส่งไปภายนอกทางปล่อง และการตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ปล่องจะช่วยให้ทราบปัญหาเหล่านี้ สามารถนำไปสู่การแก้ไขได้ ผู้ที่มีประสบการณ์มาก จึงใช้วิธีการสังเกตที่ปลายปล่องควัน หากควันที่ปลายปล่องมีสีน้ำตาล แสดงว่าการเผาไหม้สมบูรณ์ สีดำแสดงว่าเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ปกติยอมให้มีอากาศส่วนเกิน ร้อยละ 10-30 สำหรับเชื้อเพลิงเหลว

2.3 อุปกรณ์การเผาไหม้

อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการเผาไหม้ขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ และปริมาณของความร้อนที่ต้องการจากการเผาไหม้ การออกแบบอุปกรณ์ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่าง ๆ เพื่อทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ดี ดังนี้

องค์ประกอบในการเผาไหม้ ประกอบด้วย

2.3.1 การผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศต้องเป็นไปอย่างทั่วถึง

2.3.2 เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ต้องมีพอเพียง

2.3.3 ระหว่างการเผาไหม้ อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ต้องสูงพอที่จะให้เกิดการเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง

องค์ประกอบในข้อ 3 ควบคุมได้ง่าย เช่น โดยการปรับปริมาณ ความเร็วของเชื้อเพลิง และอากาศที่ใช้ เพื่อให้อุณหภูมิของก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้สูงกว่าจุดติดไฟของเชื้อเพลิง หรือด้วยการจุดหัวเทียนไฟฟ้าตลอดเวลาที่มีการเผาไหม้ สำหรับองค์ประกอบข้อ 1

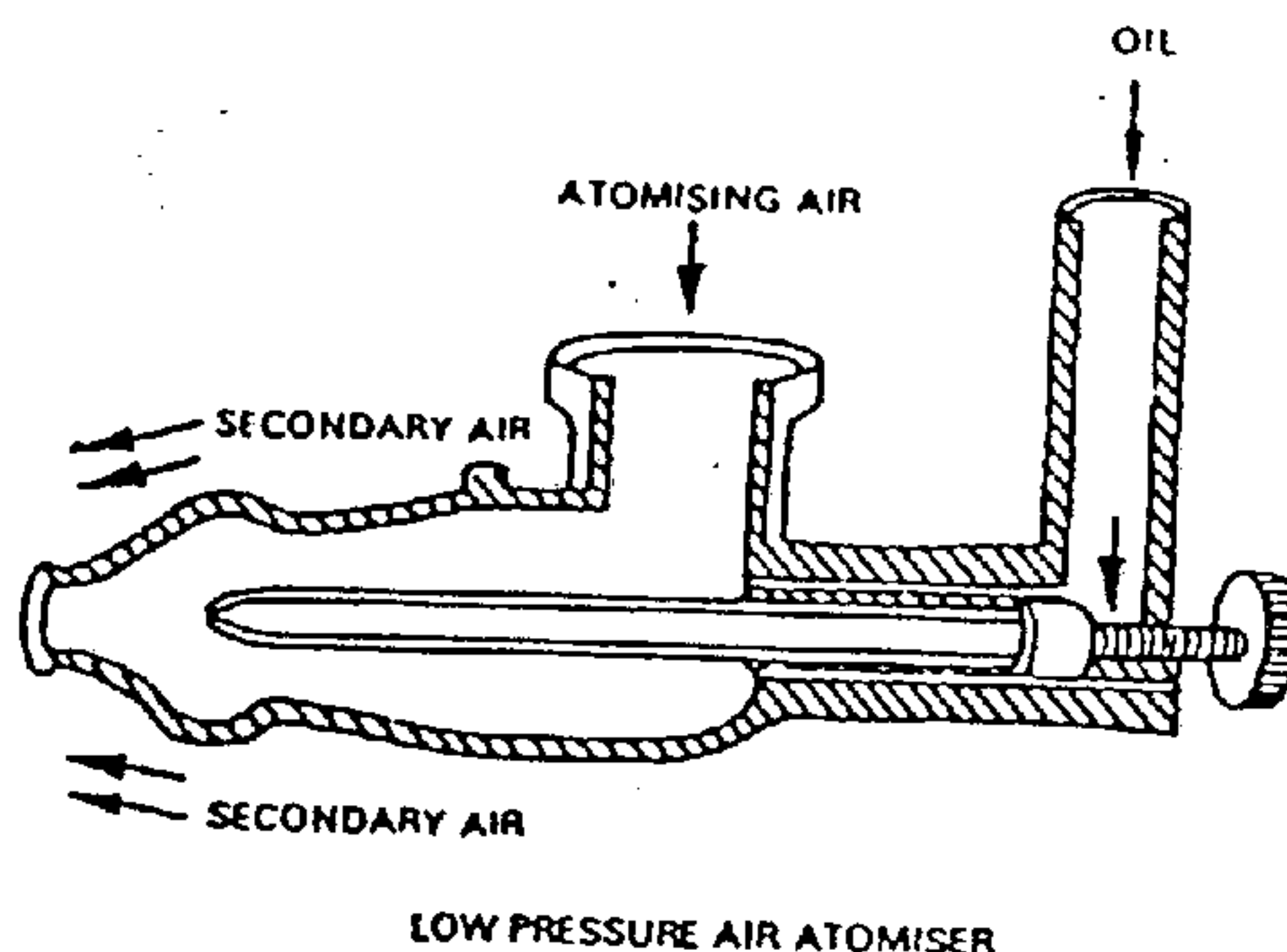
และข้อ 2 ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์เผาไหม้ ในกรณีของเชื้อเพลิงเหลว เช่น น้ำมันเตาหรือน้ำมันโซล่า อุปกรณ์ที่สำคัญที่สุดคือ หัวฉีด เป็นตัวทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นฝอยเล็ก ๆ เพื่อพ่นเข้าไปผสมกับอากาศในห้องเผาไหม้ ขนาดของฝอยน้ำมันยิ่งเล็กลงเท่าใดจะยิ่งใช้เวลาในการเผาไหม้น้อยลงเท่านั้น ดังนั้นประโยชน์ของการทำให้น้ำมันเป็นฝอย นอกจากช่วยให้เกิดการผสมที่ดีระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศแล้ว ยังทำให้สามารถใช้ห้องเผาไหม้มีขนาดเล็กลง ด้วย

2.4 ชนิดของหัวฉีด

หัวฉีดสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

2.4.1 หัวฉีดแบบใช้ลมหรือไอน้ำสเปรย์ให้เป็นฝอย หัวฉีดแบบนี้บางครั้งเรียกว่า หัวฉีดแบบบลาสต์ (Blast Burner) แบ่งเป็น 3 ประเภท ตามความดันของของไหลที่ใช้ในการเป่า กระทบน้ำมันให้เป็นฝอย ของไหลดังกล่าวอาจจะเป็นอากาศหรือไอน้ำได้ หลักการทำงานของหัวฉีดทั้ง 3 ประเภทคล้ายคลึงกัน คือ น้ำมันไหลผ่านในท่อขนาดเล็ก ซึ่งวางซ้อนอยู่ทางด้านในของท่อใหญ่ อากาศหรือไอน้ำภายใต้ความกดดันสูงไหลผ่านท่อด้านนอกที่ปลายท่อทั้งสองน้ำมันและอากาศ (หรือไอน้ำ) จะถูกเป่ากระทบกัน น้ำมันจะกลายเป็นฝอยเล็ก ๆ หัวฉีดทั้ง 3 ประเภทมีดังนี้

1) หัวฉีดแบบความดันต่ำ (Low - Pressure Burner) ดังแสดงในภาพประกอบ 12 ใช้อากาศที่ความดันประมาณ 1.08 bar ปริมาณของอากาศที่เป่ากระทบเท่ากับร้อยละ 25-40 ของอากาศที่ต้องการใช้ เพื่อให้การเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ เหมาะสำหรับหม้อไอน้ำในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลาง



ภาพประกอบ 12 หัวฉีดแบบใช้ลมความดันต่ำ

2) หัวฉีดแบบความดันปานกลาง (Medium Pressure Burner) ใช้อากาศที่มีความดันระหว่าง 1.25-2.0 bar ในการเป่ากระทบ ปริมาณที่ใช้ระหว่างร้อยละ 3-5 ของอากาศทั้งหมดที่ต้องใช้ในการเผาไหม้ ส่วนใหญ่นำมาใช้กับเตาถลุงโลหะ

3) หัวฉีดแบบความดันสูง (High Pressure Burner) ความดันของอากาศที่ใช้ประมาณ 2.00-4.45 bar ปริมาณของอากาศที่ใช้คล้ายคลึงกับแบบความดันปานกลาง

2.4.2 หัวฉีดแบบใช้ความดันของน้ำมันสเปรย์ให้เป็นฝอย (Oil Pressure Burner หรือ Mechanical Atomizer) หัวฉีดแบบนี้บางครั้งเรียกว่าหัวฉีดแบบเจต (Pressure Jet Burner) เหมาะสำหรับหม้อไอน้ำขนาดใหญ่ เช่น ในเรือเดินสมุทรและในโรงจักรไฟฟ้า หัวฉีดชนิดนี้ทำงานด้วยการปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงภายใต้ความดันสูง (70-300 psi) และความหนืดต่ำ ประมาณ 50-120 sec Redwood No.1 (ส่วนใหญ่ต้องอุ่นน้ำมันให้ร้อนเพื่อลดความหนืดก่อนป้อนเข้าสู่หัวฉีด) ผ่านไปยังรูเล็ก ๆ เพื่อให้ได้ผลดี น้ำมันถูกอัดผ่านช่องทางเล็ก ๆ ใน Swirl Chamber ทำให้ฝอยน้ำมันที่ออกมามีความเร็วทั้งที่พุ่งไปข้างหน้าและความเร็วหมุนรอบตัว (Rotational Velocity) การผสมกันระหว่างน้ำมันกับอากาศยิ่งดีขึ้น หัวฉีดแบบนี้ใช้งานสะดวกเพราะสามารถปรับความดัน และ อัตราการไหลของน้ำมันได้ง่าย แต่มีข้อเสียคือ รูของหัวฉีดมีฝุ่นผง หรือสิ่งสกปรกอื่น ๆ ไปอุดตัน ทำให้ต้องทำความสะอาดบ่อย และจำเป็นต้องติดตั้งไส้กรองน้ำมันด้วย

2.4.3 หัวฉีดแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางสเปรย์ให้เป็นฝอย (Rotary Cup Atomizers) หัวฉีดแบบนี้บางครั้งเรียกว่า หัวฉีดแบบถ้วยหมุน (Rotary Cup Burner) การทำงาน

น้ำมันถูกป้อนทางขอบด้านในของกรวยที่กำลังหมุนรอบแกนด้วยแรงหนีศูนย์กลาง ความเร็วในการหมุน 3,500-4,000 รอบต่อนาที น้ำมันถูกเหวี่ยงไปติดผนังด้านในของกรวย และถูกสับค้อออกจากปลายกรวยในขณะที่อากาศเป่า ทำให้น้ำมันที่ออกมาเป็นฝอยเล็ก ๆ หัวฉีดแบบนี้เหมาะที่จะใช้กับน้ำมันที่มีความหนืดสูง

2.5 การควบคุมการทำงานของหัวฉีด

หัวฉีดมีหลายชนิด แต่การควบคุมการทำงานของหัวฉีด มี 3 วิธีใหญ่ ๆ คือ

2.5.1 ควบคุมด้วยวิธี เปิด-ปิด (On-Off Control) หัวฉีดทำหน้าที่ป้อนเชื้อเพลิงเข้าไปเผาไหม้ในอัตราสูงสุดตามที่ออกแบบไว้จนกว่าความดันภายในหม้อไอน้ำได้ตามที่กำหนด หัวฉีดจะหยุดป้อนเชื้อเพลิง เมื่อความดันลดลงจนใหม่ เป็นเช่นนี้ตลอด นิยมใช้กับน้ำมันที่มีความหนืดต่ำ เช่น น้ำมันดีเซล หรือน้ำมันเตา เหมาะกับหม้อไอน้ำขนาดเล็ก

2.5.2 ควบคุมด้วยวิธีเร่งและหรี (High fire - Low fire Control) หัวฉีดทำงานช่วงแรกเดินหรีก่อน น้ำมันถูกป้อนประมาณร้อยละ 30 ของหัวฉีดเดินเร่ง เมื่อความดันในหม้อไอน้ำต่ำอยู่หัวฉีดจะเร่งทำงาน เมื่อความต้องการใช้ไอน้ำลดลง หัวฉีดเร่งจะหยุด แต่หัวฉีดหรียังคงเดิน เมื่อความต้องการต่ำลงหรือความดันภายในหม้อไอน้ำสูงถึงจุดที่ตั้งไว้ หัวฉีดหรีจะดับด้วย ปัจจุบันได้พัฒนาให้มีการฉีด 3 ระดับ มี Nozzle 3 ตัว ตัวที่ 1 ทำงานเดินเบา ตัวที่ 2 ทำงานเดินปานกลาง และตัวที่ 3 ทำงานเมื่อต้องการเร่งสูงสุด

2.5.3 ควบคุมด้วยวิธีปรับสูง-ต่ำ (Modulating Control) เป็นการควบคุมการทำงานของหัวฉีด ตั้งเดินเบาจนกระทั่งเร่งสูงสุดกลับไปได้ตลอดเวลา นิยมใช้กับหม้อไอน้ำที่ต้องทำงานหนัก จ่ายไอน้ำเพิ่มและลดบ่อยๆ

2.6 ปัญหาและสาเหตุการขัดข้องในระบบการเผาไหม้

การใช้หัวฉีดหากไม่มีการดูแล หรือการบำรุงรักษาที่ดี มักเกิดปัญหาขณะทำงาน หรือการที่ใช้งานหนักโดยไม่เปลี่ยนอุปกรณ์ที่ชำรุดเป็นระยะจะเกิดปัญหาขณะใช้งานได้เช่นเดียวกัน

กิจกรรมและสื่อ

กิจกรรม มีดังนี้

1. ให้นักศึกษาแสดงความคิดเห็นเรื่องเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ
2. ให้นักศึกษาอธิบายคุณลักษณะที่สำคัญของน้ำมันเตา

สื่อ ประกอบด้วย

1. แผ่นภาพ
2. แผ่นใส
3. วีดีทัศน์
4. ตัวอย่างเชื้อเพลิง
5. เอกสารประกอบการสอน
6. หนังสืออ่านประกอบ

การประเมินผล

1. ถาม-ตอบ ระหว่างบรรยาย
2. สังเกตการถาม การตอบคำถาม และการอภิปรายของนักศึกษา
3. ทำแบบฝึกหัดท้ายเล่ม

111

แบบฝึกหัด

1. จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงจากกำมะถันเป็นกรดกำมะถัน (Sulfuric Acid)
2. จงอธิบายลักษณะการทำงานของหัวฉีดแบบต่าง ๆ
3. จงเขียนสมการการเผาไหม้ของก๊าซบิวเทน (C_4H_{10})

หนังสืออ่านประกอบ

- ชำระ โชตะมังสะ และ สุจิตต์ สมองคุณ. (ม.ป.ป.). *เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น*. กรุงเทพฯ : เม็คทรายพรีนติ้ง.
- ประเสริฐ เทียนนิมิตร และคณะ. (2539). *เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น*. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีอีเคยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).
- ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (ม.ป.ป). *เอกสารประกอบการอบรมเรื่องการเผาไหม้เชื้อเพลิง*. ม.ป.พ.
- อำพล ชื้อตรง และ สายัณห์ ศรีวิเชียร. (ม.ป.ป). *เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น*. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.

หน่วยที่ 7

การประหยัดพลังงานสำหรับหม้อไอน้ำ

แผนการสอน

วิชา เครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ รหัสวิชา 3101-3003 หน่วยที่ 7
ครั้งที่ 1-2 เรื่อง การประหยัดพลังงานสำหรับหม้อไอน้ำ เวลา 4 คาบ

เนื้อหาสาระ

1. ขั้นตอนการเกิดไอน้ำ
2. คุณสมบัติของไอน้ำ
3. การประหยัดพลังงานความร้อน
4. การบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ
5. การประหยัดพลังงานจากการใช้ไอน้ำ
6. เครื่องดักไอน้ำ
7. การนำคอนเดนเสดกลับมาใช้
8. วิธีการต่อคอนเดนเสดกลับมาใช้
9. จนวนกันความร้อน
10. วัสดุที่นำมาใช้ทำฉนวน
11. พ.ร.บ.ส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายขั้นตอนการเกิดไอน้ำได้
2. อธิบายคุณสมบัติของไอน้ำได้
3. อธิบายแนวทางการประหยัดพลังงานความร้อนได้
4. อธิบายวิธีการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ
5. อธิบายแนวทางการประหยัดพลังงานจากการใช้ไอน้ำ
6. อธิบายหลักการทำงานของเครื่องดักไอน้ำแต่ละประเภทได้
7. อธิบายวิธีการนำคอนเดนเสดกลับมาใช้ได้

8. อธิบายวิธีการต่อคอนเดนเสดกลับมาใช้ได้
9. บอกหน้าที่ของฉนวนกันความร้อนได้
10. บอกคุณลักษณะของวัสดุที่นำมาทำฉนวนได้
11. บอกวาระสำคัญของ พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ได้

หน่วยที่ 7

การประหยัดพลังงานสำหรับหม้อไอน้ำ

ไอน้ำที่หม้อไอน้ำผลิตได้นั้น ต้องลงทุนสูง ไม่ว่าจะเป็นเรื่องการปรับปรุงภาชนะ การใช้น้ำมันและการสูญเสียความร้อนต่าง ๆ ดังนั้นไอน้ำที่ได้จึงมีคุณค่ายิ่ง ควรใช้ให้คุ้มค่าที่สุด ในภาวะที่มีการแข่งขันสูง โรงงานหรือสถานประกอบการใดสามารถลดต้นทุนการผลิตได้มาก จะทำให้ขายสินค้าได้ในราคาต่ำ ทำให้ยอดการจำหน่ายสูง ย่อมได้เปรียบผู้ที่มีต้นทุนสูงกว่า การใช้ไอน้ำอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดต้นทุนการผลิตได้ รัฐบาลได้เห็นความสำคัญจึงออกพระราชบัญญัติ “การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535” ขึ้น เพื่อกระตุ้นให้ภาคเอกชนเห็นความสำคัญของการอนุรักษ์พลังงานทั้งด้านไฟฟ้าและด้านความร้อน ซึ่งทำให้การใช้หม้อไอน้ำและการใช้ไอน้ำถูกต้องเหมาะสม และมีประสิทธิภาพ การประหยัดพลังงานสำหรับหม้อไอน้ำมีแนวทางดำเนินการได้ ดังนี้

1. ขั้นตอนในการเกิดไอน้ำ

การเกิดไอน้ำในหม้อไอน้ำ มีขั้นตอนที่ควรพิจารณา 8 ขั้นตอน¹ คือ

1.1 ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส น้ำจะกลายเป็นน้ำแข็ง หากให้ความร้อนแก่น้ำแข็งจะทำให้น้ำแข็งมีอุณหภูมิสูงขึ้นตามปริมาณความร้อนที่ได้รับ ปริมาณความร้อนที่ให้ช่วงนี้เรียกว่า ความร้อนสัมผัส (Sensible Heat)

1.2 น้ำแข็งที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส หากเราให้ความร้อนเพิ่มเข้าไปเรื่อย ๆ อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากความร้อนถูกนำไปเปลี่ยนสถานะจากน้ำแข็ง อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ให้กลายเป็นน้ำที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ปริมาณความร้อนที่ใช้ในช่วงนี้ เรียกว่าความร้อนแฝง (Latent Heat) เช่น ความร้อนแฝงที่ต้องการทำน้ำแข็ง 1 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นน้ำที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีค่า 80 Kcal

1.3 น้ำอุณหภูมิที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นตามปริมาณความร้อนที่ได้รับ เช่น น้ำ 1 กิโลกรัม ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อได้รับความร้อน 100

¹วิชย พถกษัธราธิกุล. (2542). เล่มเดิม. หน้า 97-99.

Kcal ทำให้น้ำมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 100 องศาเซลเซียส

1.4 น้ำอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เมื่อให้ความร้อนเพิ่มอุณหภูมิจะไม่เปลี่ยน เพราะความร้อนที่ได้รับจะใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากน้ำกลายเป็นไอน้ำ ความร้อนช่วงนี้เราเรียกว่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ น้ำ 1 กิโลกรัม อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จะกลายเป็นไอน้ำ ต้องใช้ความร้อน 639 Kcal

1.5 อุณหภูมิที่เริ่มมีไอน้ำเกิดขึ้น เรียกว่า อุณหภูมิอิ่มตัว (Saturation Temperature) น้ำและไอน้ำที่อุณหภูมินี้ เรียกว่า น้ำอิ่มตัว และไอน้ำอิ่มตัว

1.6 ไอน้ำอิ่มตัวมีอุณหภูมิและความดันสัมพันธ์กัน ดังตาราง 11

1.7 เมื่อไอน้ำเริ่มเกิดขึ้น ปริมาณไอน้ำจะเพิ่มตามความร้อนที่ได้รับ ทำให้ช่วงนี้มีทั้งไอน้ำอิ่มตัวและน้ำอิ่มตัว หากได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นต่อไป ทำให้น้ำอิ่มตัวกลายเป็นไอน้ำอิ่มตัวเพิ่มขึ้นจนไม่มีน้ำอิ่มตัวปน เมื่อถึงจุดนี้ เรียกว่า ไอน้ำอิ่มตัวแห้ง

1.8 เมื่อให้ความร้อนแก่ไอน้ำอิ่มตัวแห้ง อุณหภูมิสูงเร็วขึ้น สำหรับปริมาตรจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นกลายเป็นซูเปอร์ฮีตสตีม (Superheated Steam)

2. คุณสมบัติของไอน้ำ

ไอน้ำในหม้อไอน้ำ มีคุณสมบัติ ดังนี้

2.1 ไอน้ำอิ่มตัว เหมาะที่จะใช้ในการถ่ายเทความร้อน สำหรับซูเปอร์ฮีตสตีม เหมาะสำหรับการขับเคลื่อนกังหันไอน้ำ

2.2 พลังงานความร้อนที่ใช้ในการถ่ายเท กับอุณหภูมิหรือความดันมีความสัมพันธ์กัน ดังตาราง 11 จะเห็นว่าไอน้ำที่ความดันสูงหรืออุณหภูมิสูงจะมีพลังงานความร้อนที่ใช้ในการถ่ายเทต่ำ

2.3 ซูเปอร์ฮีตสตีม เมื่อถ่ายเทความร้อนออกไปอุณหภูมิจะลดลงจนถึงจุดอิ่มตัว ค่าความร้อนที่ถ่ายเทไปนั้นเป็นของก๊าซ จึงไม่มีการกลั่นตัวเป็นน้ำ

ตาราง 11 ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน อุณหภูมิและพลังงานความร้อนที่ใช้ในการถ่ายเท

ความดันที่เกจ		จุดเดือด		พลังงานความร้อนที่ใช้ในการถ่ายเท	
ปอนด์/ตร.นิ้ว	กก.ตร.ชม.	ฟาเรนไฮต์	เซลเซียส	บีทียู/ปอนด์	กิโลแคลอรี/กก.
0.0	0.030	212	100	970	538.8
5.0	0.350	228	109	960	533
15.0	1.050	250	121	945	525
35.0	2.500	281	138	924	513
45.0	3.000	292	144	915	508
85.0	6.000	328	164	888	493
185.0	13.000	382	194	843	469
285.0	20.000	417	214	809	449

2.4 ใช้น้ำอิมตัว เมื่อถ่ายเทความร้อนออกไปอุณหภูมิจะไม่ลดลง เพราะพลังงานความร้อนที่ถ่ายออกไป คือความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ

2.5 การถ่ายเทความร้อน จนกระทั่งก่อให้เกิดการกลั่นตัว น้ำคอนเดนเสดที่ได้มีอุณหภูมิเท่ากับใช้น้ำอิมตัว

3. การประหยัดพลังงานความร้อน

การประหยัดพลังงานความร้อนในที่นี้ จะกล่าวถึงการประหยัดพลังงานทั้งระบบที่มีการนำหม้อไอน้ำมาใช้งาน กับส่วนที่มีการนำไอน้ำไปใช้และการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ การประหยัดพลังงานแต่ละด้าน มีดังนี้

3.1 การประหยัดพลังงานหม้อไอน้ำ

การประหยัดพลังงานหม้อไอน้ำ สามารถดำเนินการได้หลายแนวทาง ได้แก่

3.1.1 การออกแบบหม้อไอน้ำ

เพื่อให้ได้หม้อไอน้ำที่สามารถผลิตไอน้ำได้เร็ว จำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัย

ต่าง ๆ ดังนี้

1) ห้องเผาไหม้ ต้องมีขนาดเหมาะสมกับชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ เพื่อให้การเผาไหม้สมบูรณ์ ห้องเผาไหม้หากทำด้วยอิฐจะสูญเสียความร้อนมาก ควรสร้างห้องเผาไหม้ที่สามารถเอาความร้อนมาใช้ประโยชน์ เช่น มีท่อน้ำอยู่ภายใน เป็นต้น

2) พื้นที่ถ่ายเทความร้อน ต้องมีมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ แต่ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยด้วยเพราะพื้นที่ถ่ายเทความร้อนมาก ทำให้ปริมาณความร้อนถูกส่งไปยังน้ำเพื่อผลิตไอน้ำได้มาก

3) การจัดทิศทางของเปลวไฟหรือก๊าซร้อน หม้อไอน้ำที่มีการจัดทิศทางของเปลวไฟหลายเที่ยวทำให้ก๊าซร้อนถ่ายเทความร้อนให้กับพื้นที่รับความร้อนมากขึ้น หม้อไอน้ำแบบหลังเปียงจะสูญเสียความร้อนน้อยกว่าหม้อไอน้ำแบบหลังแฉ่ง

4) วัสดุที่ใช้ทำ ห้องเผาไหม้ ท่อไฟเล็ก ท่อไฟใหญ่หรือท่อน้ำ ทำจากวัสดุที่สามารถถ่ายเทความร้อนได้ดีและมีความแข็งแรง ไม่ควรจะสร้างให้หนาเกินความจำเป็น เพราะทำให้ถ่ายเทความร้อนได้ยาก

5) หุ้มฉนวน ควรหุ้มฉนวนหม้อไอน้ำทุกส่วน เช่น เปลือก ฝาหน้า-หลัง ช่องคนลอย และช่องมือลอย เพื่อลดจุดที่ความร้อนภายในหม้อไอน้ำจะถ่ายเทออกมาจากภายนอก ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า

3.1.2 การสังเกตการทำงานของหม้อไอน้ำ

การสังเกตการทำงานของหม้อไอน้ำ สามารถพิจารณาจากการทำงานของหม้อไอน้ำได้ ดังนี้

1) อุณหภูมิก๊าซไอเสียก่อนเข้าปล่องควัน ปกติมีค่าประมาณอุณหภูมิน้ำบวกด้วย 60 องศาเซลเซียส

2) ปริมาณอากาศส่วนเกินที่ใช้เผาไหม้ ปกติหม้อไอน้ำขนาดเล็กในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปที่ใช้เชื้อเพลิงเหลวต้องการอากาศส่วนเกินประมาณ ร้อยละ 20-30

¹กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
(2541, พฤษภาคม – สิงหาคม). ข่าวสารการประหยัดพลังงาน. 16 (2) : 12-13.

สำหรับถ่านหินต้องการอากาศส่วนเกินประมาณ ร้อยละ 50-80

3) อุณหภูมิที่อุณหภูมิเชื้อเพลิงก่อนเผาไหม้ ปกติก่อนการใช้เชื้อเพลิงโดยเฉพาะ น้ำมันเตา จะอุ่นให้ร้อนประมาณ 80-110 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันเตา

4) ความดันน้ำมันเชื้อเพลิง การตั้งความดันน้ำมันเชื้อเพลิงไม่เหมาะสม ทำให้การแตกตัวเป็นละอองไม่ดี การเผาไหม้ไม่หมดจดสมบูรณ์ และเกิดเขม่า

5) คูเปลวไฟ เพื่อสังเกตความสมบูรณ์ของการเผาไหม้

6) การบำรุงรักษาหัวเผา หากการบำรุงรักษาหัวเผาไม่ดีจะเกิดคราบเขม่า เกาะติดที่ปลายหัวเผา

7) อัตราการผลิตไอน้ำ หากผลิตไอน้ำในอัตราต่ำสมควรเปลี่ยนขนาด หม้อไอน้ำ

8) การปล่อยน้ำทิ้งจากหม้อไอน้ำ หากมากเกินไปจะสูญเสียความร้อน โดยเปล่าประโยชน์

3.1.2 เชื้อเพลิงและการเผาไหม้

1) เชื้อเพลิง ควรเลือกใช้เชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนสูง ราคาถูก หาง่าย และ ไม่ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านมลภาวะ แต่การที่หาเชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติครบถ้วนตามที่กล่าวมาแล้ว นับเป็นเรื่องยาก หากทำได้จะเป็นสิ่งที่มีประโยชน์ หลักในการเลือกเชื้อเพลิงเพื่อการประหยัด สิ่งแรกควรพิจารณาคือสิ่งที่เหลือจากการผลิตหรือผลพลอยได้จากการผลิต ชนิดใดมีค่าความร้อน พอนำมาเป็นเชื้อเพลิงได้ควรนำมาเป็นเชื้อเพลิง ถือว่าประหยัดที่สุด เช่น แกลบจากโรงสีข้าว กากอ้อยจากโรงงานน้ำตาลและน้ำดำ (Black Liquor) จากโรงงานเยื่อกระดาษ เป็นต้น สำหรับโรงงานที่อยู่ใกล้ชุมชน สิ่งแรกที่ต้องพิจารณาเลือกใช้เชื้อเพลิง คือ ปัญหามลภาวะ สำหรับโรงงานที่อยู่ห่างไกล สิ่งแรกที่ต้องพิจารณาคือราคาของเชื้อเพลิง และการขนส่ง

นอกจากนี้แล้วยังจำเป็นต้องวางแผนสำหรับการประหยัดเชื้อเพลิงเป็น ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 เลือกและจัดหาเครื่องวัดที่จำเป็น

ขั้นที่ 2 บันทึกการวัดทุกวันหรือทุกสัปดาห์ในสมุดปฐมนิเทศ (Log Book)

ขั้นที่ 3 หาความสัมพันธ์ของพลังงานที่ใช้ต่อผลผลิต

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบว่าใช้พลังงานอย่างไรควรจัดประหยัดพลังงานอย่างไร

ขั้นที่ 5 จัดทำมาตรการประหยัดพลังงานที่ได้รับการแนะนำจากผู้สำรวจ

ขั้นที่ 6 ตั้งเป้าการใช้พลังงานเป็นรายเดือนหรือรายปี

ขั้นที่ 7 บันทึกการใช้พลังงานประจำวันหรือสัปดาห์อย่างต่อเนื่อง

ขั้นที่ 8 เปรียบเทียบผลกับเป้าหมายที่ตั้งไว้

ขั้นที่ 9 ปรับปรุงและแก้ไขการดำเนินการ

2) หัวฉีด (Burner) ควรเลือกหัวฉีดให้เหมาะสมกับสภาพการใช้ไอน้ำ หากใช้หัวฉีดขนาดใหญ่ จะทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูง เพราะหัวฉีดต้องเดิน ๆ หยุด ๆ บ่อย ทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ขณะที่หัวฉีดเริ่มทำงาน มีเชื้อเพลิงส่วนหนึ่งเผาไหม้ไม่หมด

3) การเผาไหม้ เพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน ต้องทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ที่สุด คือ น้ำมันเผาไหม้หมด อาจใช้วิธีการสังเกตสภาวะภายในหม้อไอน้ำโดยพิจารณาจากสีของเปลวไฟ หรือสีของควันไฟ หากจะให้แม่นยำต้องใช้เครื่องมือวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ ทำให้ทราบว่าหม้อไอน้ำที่ใช้ ประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ มีเท่าใด หากไม่เป็นไปตามที่กำหนดต้องปรับปรุงแก้ไข

สารที่เหลือจากการสันดาป (Exhaust Product) ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำ เหม่า เชื้อเพลิงที่ไม่สันดาป หรือออกซิเจนส่วนเกินที่เหลือจากการสันดาป และก๊าซเฉื่อย อาจเกิดสารพิษ (SO_x) และไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ปริมาณ NO_x ที่เกิดขึ้นน้อยมาก ในการคำนวณถือว่าไม่เกิดปฏิกิริยาใด ๆ

3.1.3 น้ำที่ใช้ป้อนเข้าหม้อไอน้ำ

1) คุณสมบัติของน้ำ กรณีที่น้ำมีคุณสมบัติไม่เหมาะสม เช่น มีตะกอน และความกระด้างสูง ทำให้เกิดสิ่งสกปรกหรือตะกอนเคลือบผิวรับความร้อนของท่อไฟหรือท่อน้ำ ทำให้การส่งผ่านความร้อนเป็นไปได้ยาก กรณีที่สารแขวนลอยในน้ำสูง ทำให้สิ่งเหล่านี้ติดไปกับไอน้ำไปอุดตันในระบบระบายความร้อน ประสิทธิภาพการระบายความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนลดลง

2) อุณหภูมิของน้ำ กรณีที่ใช้น้ำเย็นป้อนเข้าหม้อไอน้ำ น้ำเย็นทำให้อุณหภูมิของน้ำในหม้อไอน้ำลดลง การเกิดไอน้ำจะช้าลงด้วย ในทำนองกลับกันหากอุณหภูมิของน้ำที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำสูง จะทำให้การเกิดไอน้ำรวดเร็วขึ้น

3.1.4 การควบคุมหม้อไอน้ำ

เพื่อประหยัดพลังงานการควบคุมหม้อไอน้ำ ดังนี้

1) เดินเครื่องให้เต็มกำลัง (Full Load) การเดินเครื่องเต็มกำลัง แสดงว่าเราใช้งานหม้อไอน้ำเต็มที่ตามที่ออกแบบไว้ หากใช้เพียงครึ่งเดียวของอัตราการผลิตไอน้ำที่ออกแบบไว้ เป็นการลงทุนไม่คุ้มค่า เพราะหม้อไอน้ำขนาดใหญ่มีอัตราการผลิตไอน้ำมาก มีราคาแพง เช่น โรงงานใช้ไอน้ำปริมาณ 5 ตัน/ชั่วโมง แต่ซื้อหม้อไอน้ำขนาด 10 ตัน/ชั่วโมง มาใช้ เป็นต้น

2) เดินเครื่องให้คงที่ คือ การปรับแต่งหม้อไอน้ำ ให้ทำงานด้วยความดันคงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เช่น เท่ากับ 1 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร จากความดันที่กำหนด การปรับแต่งทำให้เครื่องควบคุมความดัน ซึ่งควบคุมการเปิดและปิดหัวฉีด

3) ใช้งานอย่างต่อเนื่อง หมายถึง การเดินเครื่องหม้อไอน้ำตลอด 24 ชั่วโมง หากทำได้ บางครั้งจะมีปัญหาเพราะกระบวนการผลิตไม่ได้ทำตลอดเวลา หม้อไอน้ำจึงต้องหยุดสำหรับโรงงานใดที่มีหม้อไอน้ำ 2 เครื่อง และเดินใช้งานสลับกัน มีข้อเสนอแนะว่าไม่ควรสลับใช้วันต่อวัน แต่ควรสลับใช้อย่างน้อย 1 สัปดาห์

4) ระดับน้ำที่ควบคุมคงที่ ไม่ควรเกิน $3/4$ นิ้ว การควบคุมระดับน้ำในหม้อไอน้ำแตกต่างกันมากทำให้อุณหภูมิของน้ำภายในหม้อไอน้ำแปรปรวนไปด้วย เพราะน้ำที่ป้อนเข้ามาใหม่จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าน้ำที่มีอยู่ในหม้อไอน้ำ จึงทำให้อุณหภูมิในหม้อไอน้ำลดลง การเกิดไอน้ำจะช้าตามไปด้วย

5) ตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ เพื่อให้ทราบถึงความสามารถในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงว่ามีความสมบูรณ์หรือไม่ ปกติจะวัดที่ปล่องหม้อไอน้ำโดยใช้เครื่องมือวัดคุณภาพอากาศเข้ามาแล้ววิเคราะห์โดยใช้เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ หากค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจน (O_2) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไนโตรเจน (N_2) และประสิทธิภาพการเผาไหม้ หรืออาจใช้เครื่องมือวิเคราะห์แบบ Orsat ซึ่งใช้กรรมวิธีทางเคมี อาจะวัดค่าใดค่าหนึ่ง เช่น O_2 ซึ่งเป็นอากาศส่วนเกินที่เผาไหม้ไม่หมดหรือวัด CO_2 จากนั้น จึงปรับแต่งการเผาไหม้ให้สมบูรณ์ ตารางที่ 12 แสดงประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ และอุณหภูมิของก๊าซที่ระบายออกทางปล่องไม่ควรเกิน 250 องศาเซลเซียส

ตาราง 12 ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ

เชื้อเพลิง การเผาไหม้	แก๊ส	น้ำมันโซล่า	น้ำมันเตา
ดีที่สุด	10% CO ₂	12.8% CO ₂	13.8% CO ₂
ดี	9% CO ₂	11.5% CO ₂	13% CO ₂
พอใช้	8.5% CO ₂	10% CO ₂	12.5% CO ₂
ต้องปรับปรุง	8% CO ₂	8% CO ₂	12% CO ₂

6) การถ่ายน้ำกันหม้อไอน้ำ (Blowdown) การถ่ายน้ำควรกระทำเท่าที่จำเป็น เพื่อลดความเข้มข้นของสารละลายในหม้อไอน้ำ การถ่ายน้ำบ่อยจะสูญเสียความร้อนมากเกินไป สำหรับหม้อไอน้ำขนาดใหญ่ที่ใช้วิธีการถ่ายน้ำอย่างต่อเนื่อง (Continuous Blowdown) นั้น ควรนำ ความร้อนจากน้ำที่ถ่ายออกมาใช้ประโยชน์เพื่อประหยัดพลังงานด้วย

4. การบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ

นอกจากจะสามารถประหยัดพลังงานตามวิธีที่กล่าวมาแล้ว การบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ จะช่วยประหยัดพลังงานได้เช่นกัน และสามารถทำได้ดังนี้

4.1 ด้านสัมผัสไฟ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง จะเกิดเขม่าควัน หรือขี้เถ้าจับตามท่อไฟ ทั้งท่อไฟใหญ่และท่อไฟเล็ก หรือท่อน้ำ ทำให้ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนลดลง ควรทำความสะอาดเป็นระยะ เช่น 7 วัน/ครั้ง หรือ 1 เดือน/ครั้ง เป็นต้น

4.2 ด้านสัมผัสน้ำ เนื่องจากบางครั้งเราไม่สามารถปรับคุณภาพน้ำให้ดีที่สุดได้เพราะ ค่าใช้จ่ายสูง จึงยอมให้มีสิ่งแปลกปลอมทั้งตะกอนและตะกอนผสมอยู่ในน้ำบ้าง หากสิ่งเหล่านี้ เคลือบที่ท่อไฟ หรือท่อน้ำ จะทำให้ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนลดลง จำเป็นต้องตรวจสอบเป็นระยะหากพบต้องล้างทำความสะอาด

4.3 อุปกรณ์การเผาไหม้ เพื่อให้การเผาไหม้สมบูรณ์ต้องจัดเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ อยู่ในสภาพที่ดีเสมอ เช่น ทำความสะอาดหัวฉีด ชุดอุ่นน้ำมัน ชุดกรองน้ำมัน และพัดลม ตาม กำหนดเวลา เเกจวัดความดันน้ำมัน และมิเตอร์วัดอุณหภูมิน้ำมัน ต้องตรวจความแม่นยำทุกปี

4.4 แก๊สรอยรั่วต่าง ๆ โดยเฉพาะช่องคนลอด และช่องมือลอด หากใส่ไม่ดีทำให้มีไอน้ำหรือน้ำรั่วขณะใช้งาน วาล์วต่าง ๆ เมื่อใช้งานไปนานอาจจะรั่ว ควรตรวจสอบและซ่อมแซม เช่น วาล์วถ่ายน้ำ และวาล์วหอคอยแก้ว ที่ฝาปิดด้านหน้าและหลังหม้อไอน้ำด้านสัมผัสไฟมักจะรั่ว ทำให้ความร้อนสูญเสียตามรอยรั่ว หากพบให้เปลี่ยนใหม่

4.5 ฉนวน เมื่อใช้งานนานหรือสัมผัสกับไอน้ำหรือน้ำบ่อย มักจะชำรุด ทำให้ความเป็นฉนวนลดลง ควรเปลี่ยนใหม่ อิฐและปูนทนไฟที่ใช้เป็นฉนวนบริเวณฝาปิดด้านหน้าและด้านหลังส่วนสัมผัสไฟมักแตกร้าว ทำให้ความร้อนถ่ายเทออกมาภายนอกได้ง่าย ควรซ่อมแซมหรือเปลี่ยนใหม่

5. การประหยัดพลังงานจากการใช้ไอน้ำ

การประหยัดพลังงานจากการใช้ไอน้ำควรดำเนินการ ดังนี้

5.1 ใช้ไอน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

เนื่องจากไอน้ำเกิดจากการลงทุนค่อนข้างสูง จำเป็นต้องใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนี้

5.1.1 กรณีหม้อไอน้ำขนาดใหญ่ หากประหยัดต้องผลิตไอน้ำที่ความดันสูงแล้วใช้ไอน้ำไปขับเครื่องกังหันไอน้ำผลิตกระแสไฟฟ้ามาใช้ในโรงงานสำหรับไอเสียที่ออกมาจากกังหันไอน้ำเป็นไอแห้งมีความดันต่ำ จึงต้องสเปรย์น้ำเข้าไปเพื่อให้ความชื้นหรือกลายเป็นไอน้ำอิ่มตัว หลังจากนั้นเอาไอน้ำอิ่มตัวที่ได้ไปใช้ในการถ่ายเทความร้อน เมื่อไอน้ำถ่ายเทความร้อนแล้วจะกลั่นตัวเป็นน้ำ เราเรียกว่าน้ำคอนเดนเสด น้ำที่ได้ซึ่งยังมีความร้อนป้อนกลับไปยังหม้อไอน้ำ

5.1.2 กรณีหม้อไอน้ำขนาดเล็ก คล้ายกับหม้อไอน้ำขนาดใหญ่ เพียงแต่ไม่มีกังหันไอน้ำที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า กล่าวคือ หม้อไอน้ำจะผลิตได้เป็นไอน้ำอิ่มตัว จากนั้นถูกส่งไปใช้งาน แลกเปลี่ยนความร้อนได้เป็นน้ำคอนเดนเสดไหลกลับเข้ามายังถังพักน้ำ

5.2 หุ้มฉนวนทุกส่วนของระบบใช้ไอน้ำ การหุ้มฉนวนต้องหุ้มตั้งแต่ท่อจ่ายไอน้ำโดยตลอด รวมทั้งหน้าแปลนของท่อจ่ายไอ วาล์วต่าง ๆ ถังพักไอ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ท่อน้ำคอนเดนเสด ถังเก็บน้ำคอนเดนเสด ตลอดจนถังพักน้ำที่จะป้อนเข้าหม้อไอน้ำ

5.3 ซ่อมรอยรั่วของระบบไอน้ำ มักพบว่าหม้อไอน้ำรั่วเสมอ บริเวณปะเก็นของหน้าแปลนของท่อจ่ายไอน้ำ วาล์ว และข้อต่อต่าง ๆ

5.4 เพิ่มประสิทธิภาพอุปกรณ์ใช้ไอน้ำ

การเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์ใช้ไอน้ำ ทำได้ดังนี้

5.4.1 เปลี่ยนวิธีการใช้ไอน้ำสัมผัสโดยตรงกับชิ้นงาน กลับมาใช้วิธีแลกเปลี่ยนความร้อนแทน (Direct Steam Heating เป็น Indirect Steam Heating)

5.4.2 ไล่อากาศและน้ำที่ค้างภายในออก โดยเฉพาะการจ่ายไอน้ำเข้ามาครั้งแรก ภายในอุปกรณ์จะมีอากาศและน้ำค้างอยู่ หากไม่ไล่ออกให้หมดสิ่งเหล่านี้จะเป็นความต้านทาน

5.4.3 ใช้อุปกรณ์แยกไอน้ำ (Seperator) แยกน้ำออกจากไอน้ำก่อนที่จะป้อนเข้าอุปกรณ์ใช้ไอน้ำ

5.4.4 ทำความสะอาดผิวรับและถ่ายเทความร้อน เพราะสิ่งสกปรกที่เคลือบผิวทั้ง 2 ด้าน เป็นความต้านทานให้ความร้อนไหลผ่านยากขึ้น จึงควรทำความสะอาดเป็นระยะ

6. เครื่องดักไอน้ำหรือสตีมแทรป (Steam Trap)

เป็นลิ้นอัตโนมัติ ทำหน้าที่ปล่อยน้ำที่เกิดจากการควบแน่นของไอน้ำ หรือปล่อยก๊าซที่ไม่ควบแน่น เช่น อากาศออกไป โดยไม่ยอมให้ไอน้ำออกไปได้ ไอน้ำจะกลั่นตัวเป็นน้ำคอนเดนเสดได้หลายสาเหตุ คือ

6.1 การกลั่นตัวเป็นคอนเดนเสด

ไอน้ำจะกลั่นตัวเป็นน้ำคอนเดนเสดได้หลายสาเหตุ ดังนี้

6.1.1 กลั่นตัวในท่อจ่ายไอน้ำ ปกติท่อจ่ายไอน้ำหุ้มฉนวนไว้ เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนออกไปภายนอกแต่ไม่สามารถป้องกันได้ทั้งหมด คงมีความร้อนบางส่วนสูญเสียไป จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณภาพและความหนาของฉนวนที่ใช้หุ้มท่อ การสูญเสียความร้อนของไอน้ำในท่อทำให้ไอน้ำกลั่นตัวเป็นน้ำ น้ำที่กลั่นตัวในท่อ หากไม่กำจัดออกไปภายนอก อาจเกิด Water Hammer (การกระแทกของน้ำ) ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายต่อเครื่องจักรและระบบท่อส่งไอน้ำ ดังนั้น น้ำที่กลั่นตัวอยู่ในท่อต้องกำจัดออกสู่ภายนอก

6.1.2 กลั่นตัวจากเครื่องแยกไอน้ำ เนื่องจากไอน้ำอิ่มตัวยังมีละอองน้ำผสมอยู่ จำเป็นต้องแยกออกก่อนที่จะส่งเข้าอุปกรณ์ใช้ไอน้ำ ดังนั้น ที่เครื่องแยกไอน้ำจึงมีน้ำที่ถูกดึงออกจากไอน้ำอิ่มตัวเป็นจำนวนมาก เราจึงต้องระบายออกไปภายนอก

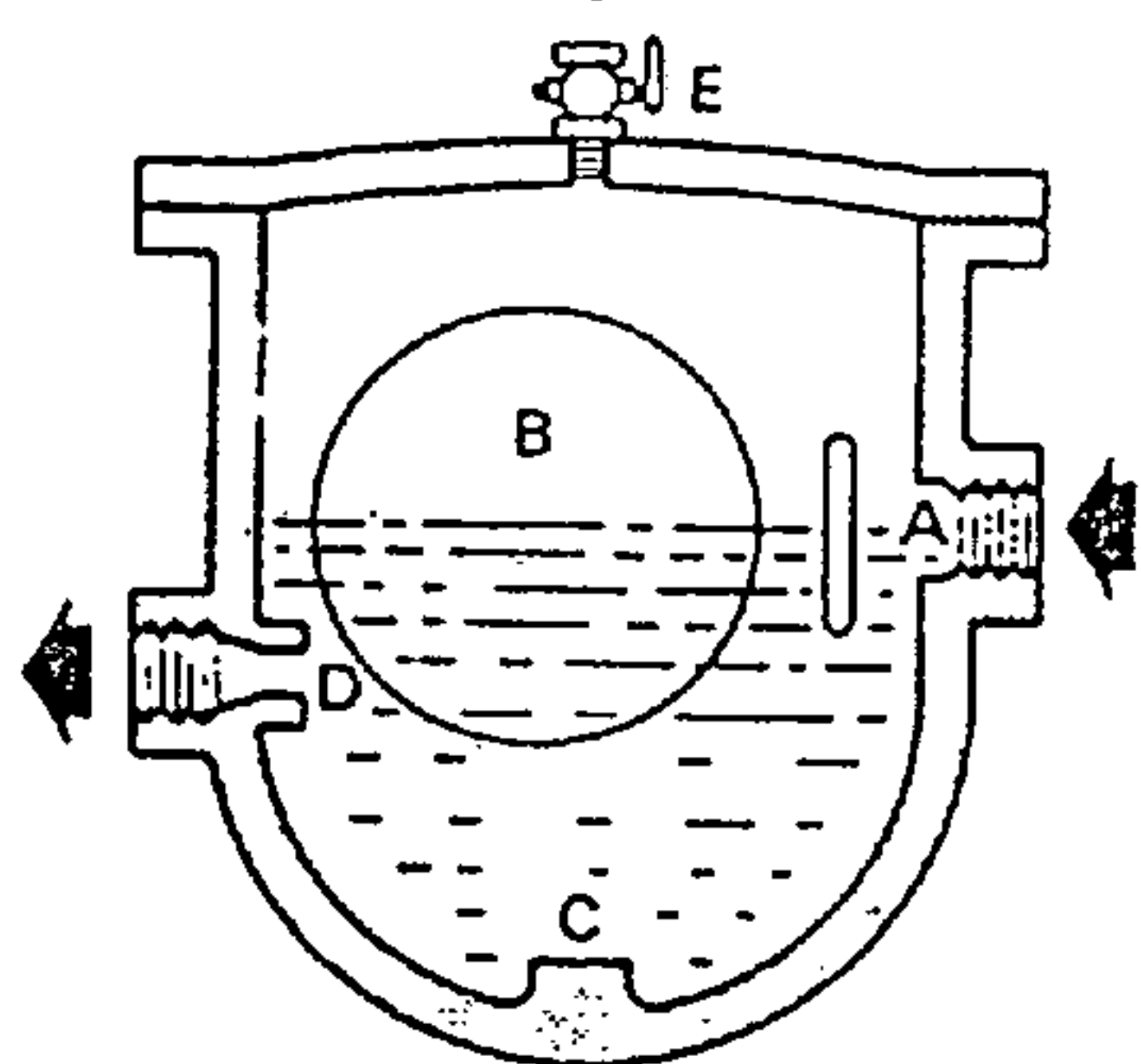
6.1.3 กลั่นตัวภายในเครื่องใช้ไอน้ำ ไอน้ำเมื่อเข้าไปภายในเครื่องจะคายความร้อนให้กับชุดแลกเปลี่ยนความร้อน ทำให้ไอน้ำกลั่นตัวเป็นน้ำภายในเครื่องที่ใช้ไอน้ำ กวาระบายน้ำออกสู่ภายนอกให้หมด มิฉะนั้นน้ำที่กลั่นตัวจะทำให้การถ่ายเทความร้อนของเครื่องใช้ไอน้ำลดลง เพราะน้ำที่กลั่นตัวจะแย่งที่ไอน้ำ

6.2 ประเภทเครื่องดักไอน้ำ

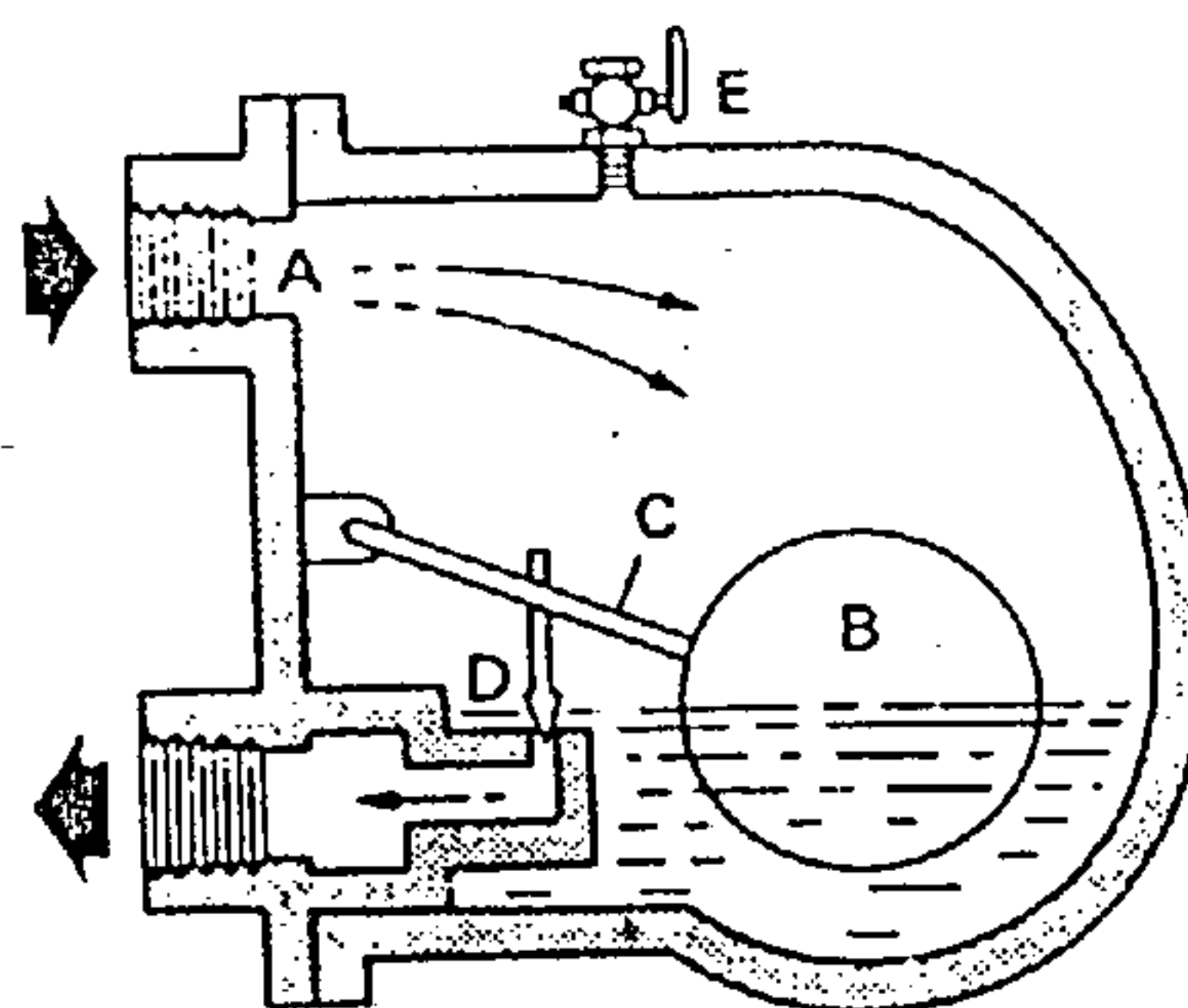
เครื่องดักไอน้ำแบ่งตามลักษณะและการทำงานได้ 3 ประเภท ดังนี้

6.2.1 เครื่องดักไอน้ำเชิงกล (Mechanical Trap) เครื่องดักไอน้ำชนิดนี้ทำงาน โดยอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่น หรือความถ่วงจำเพาะ ระหว่างไอน้ำกับน้ำ มีลูกลอยหรือบัลเบ็ทเป็นตัวเปิดปิดลิ้น เครื่องดักไอน้ำเชิงกลยังสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1) เครื่องดักไอน้ำชนิดลูกลอย มีทั้งชนิดลูกลอยอิสระและลูกลอยติดคาน ดังภาพประกอบ 13



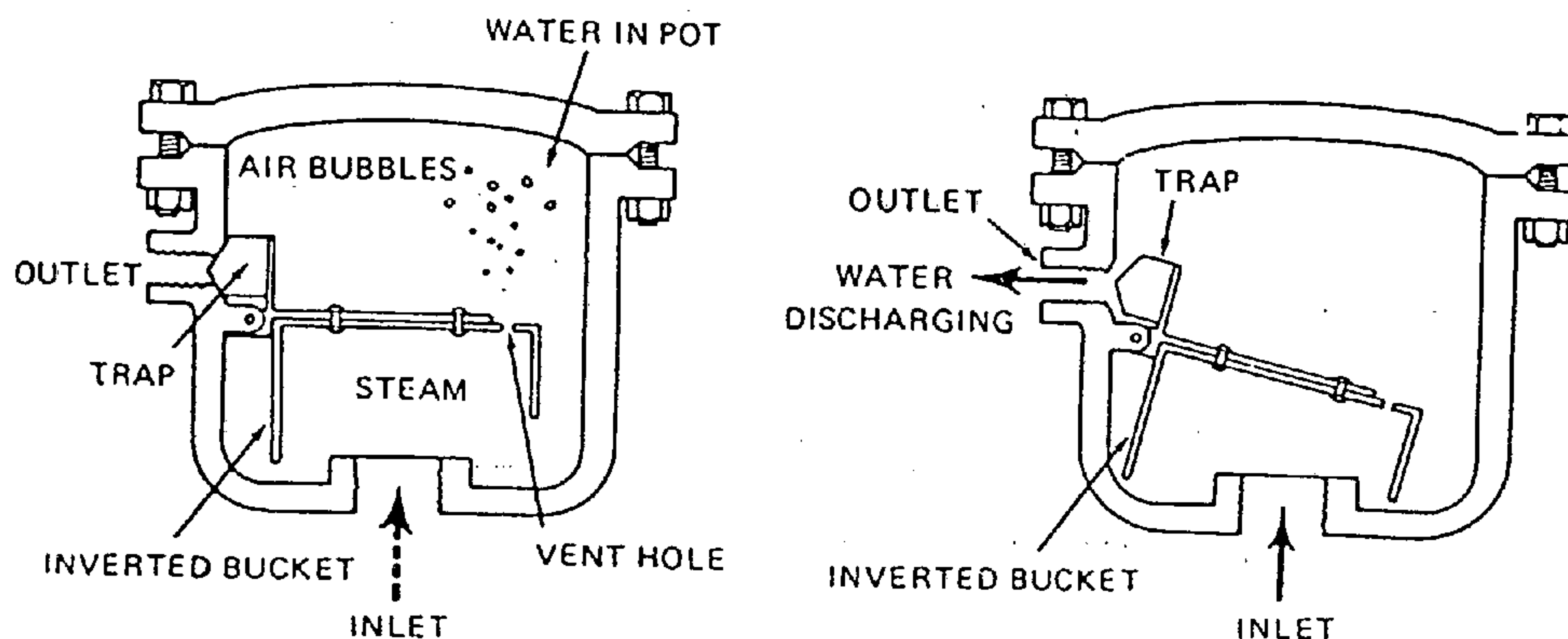
อุปกรณ์ดักไอน้ำแบบลูกลอยอิสระ



อุปกรณ์ดักไอน้ำแบบลูกลอยติดคานอย่างง่าย ๆ

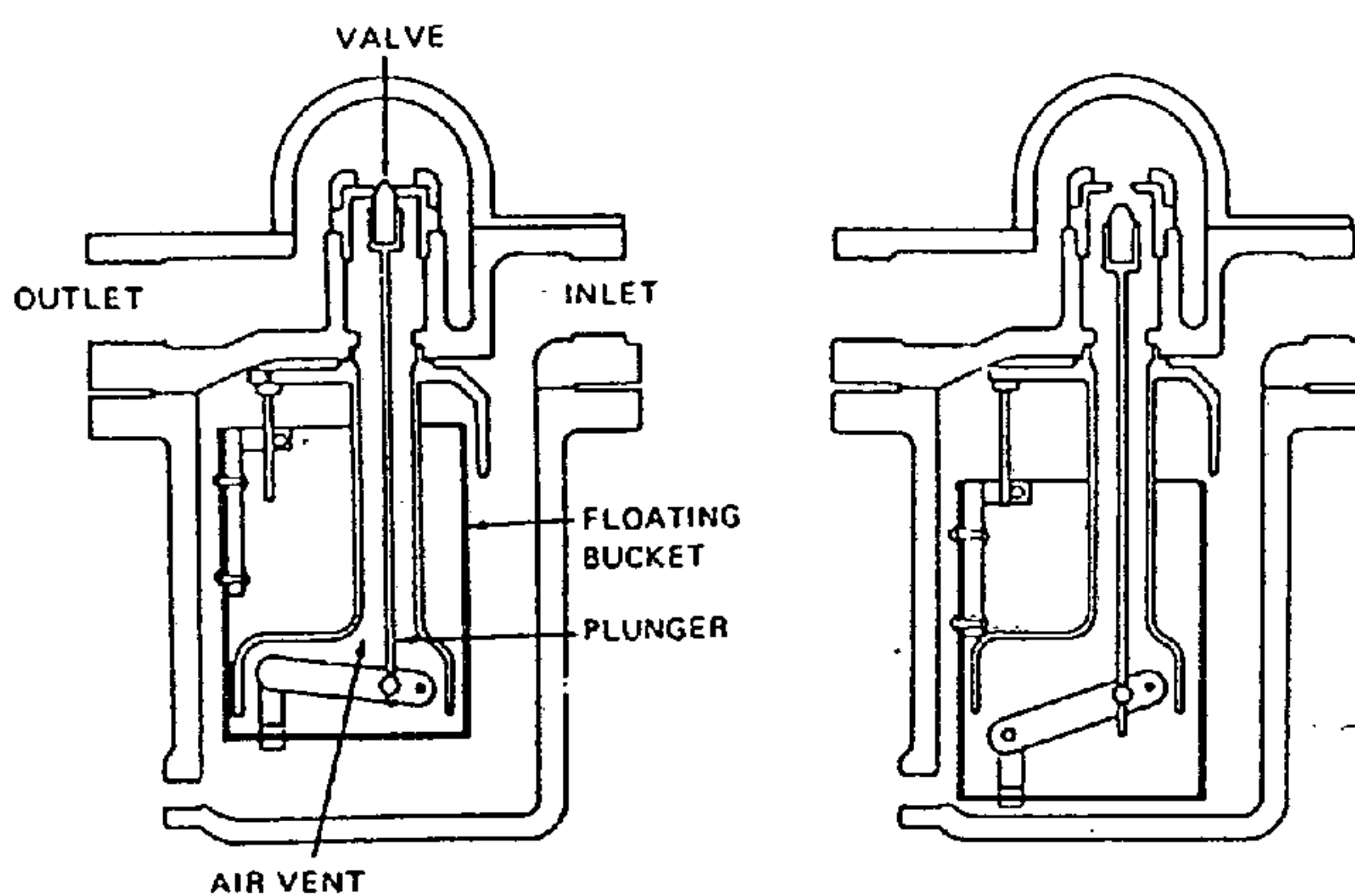
ภาพประกอบ 13 เครื่องดักไอน้ำแบบลูกลอยอิสระและลูกลอยติดคาน

127



ภาพประกอบ 14 เครื่องดักไอน้ำชนิดบั๊กเก็ตคว่ำ

2) เครื่องดักไอน้ำชนิดบั๊กเก็ต (Bucket) มีอยู่ 2 ชนิด คือ บั๊กเก็ตคว่ำ ดังภาพประกอบ 14 และบั๊กเก็ตหงายดังภาพประกอบ 15

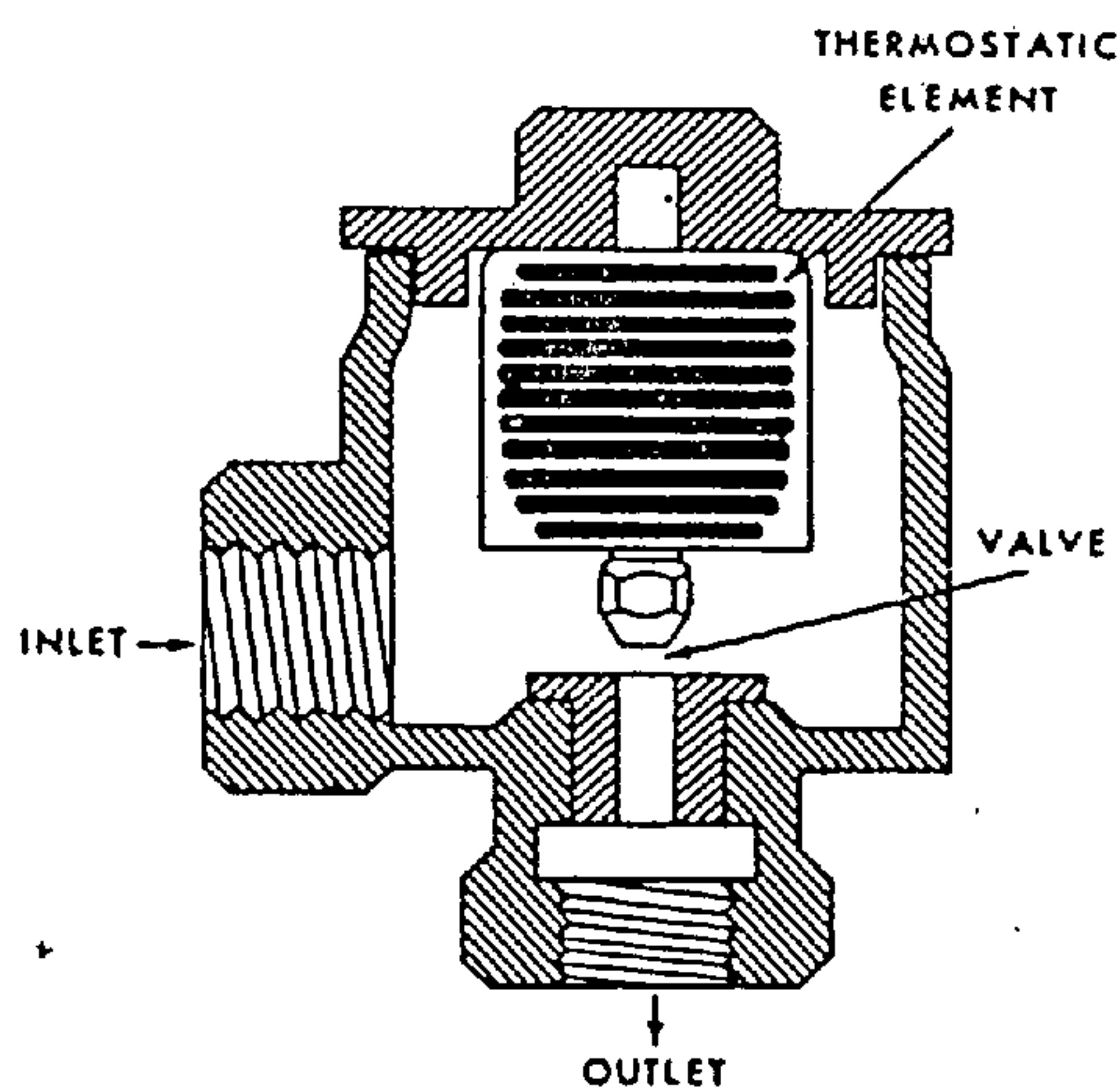


ภาพประกอบ 15 เครื่องดักไอน้ำชนิดบั๊กเก็ตหงาย

6.2.2 เครื่องดักไอน้ำแบบเทอร์โมสแตติก (Thermostatic Trap) เครื่องดักไอน้ำชนิดนี้การทำงานอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิ ไอน้ำ และน้ำคอนเดนเสด ไอน้ำจะรักษา

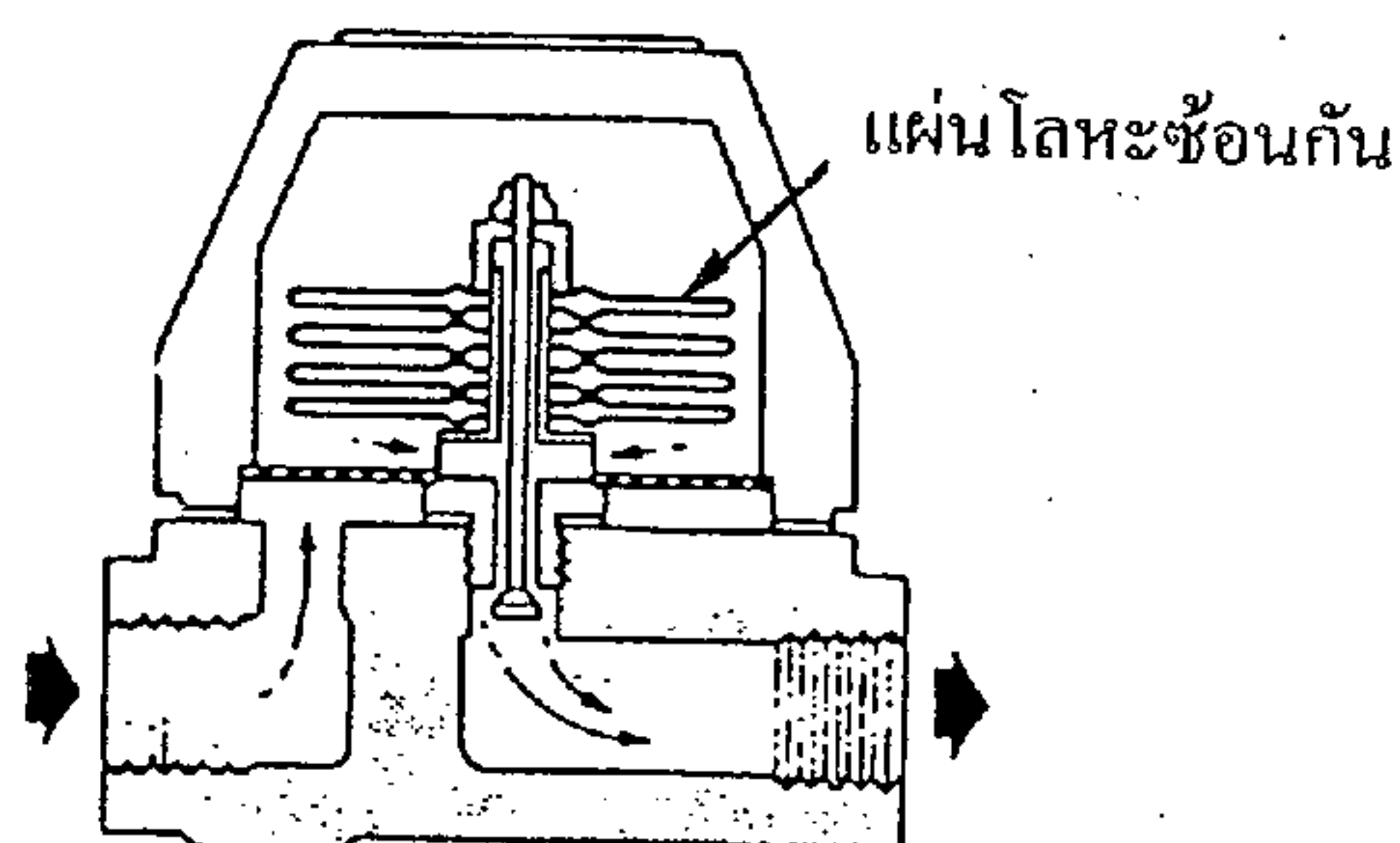
อุณหภูมิคงที่ตามความดัน เมื่ออุณหภูมิที่ระบายออกดูความร้อนไปด้วยทำให้อุณหภูมิของไอน้ำลดลง ด้วยเหตุนี้แรงขยายตัวและหดตัวตามความแตกต่างของอุณหภูมิจะเปิดและปิดลิ้น เครื่องดักไอน้ำแบบเทอร์โมสแตติก แบ่งออกได้ 2 ชนิด

1) เครื่องดักไอน้ำชนิดเบลโลว์ส (Bellows) มีทั้งแบบโลหะขยายตัว ของเหลวขยายตัว และไอน้ำขยายตัว ดังภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 16 เครื่องดักไอน้ำแบบเบลโลว์ส

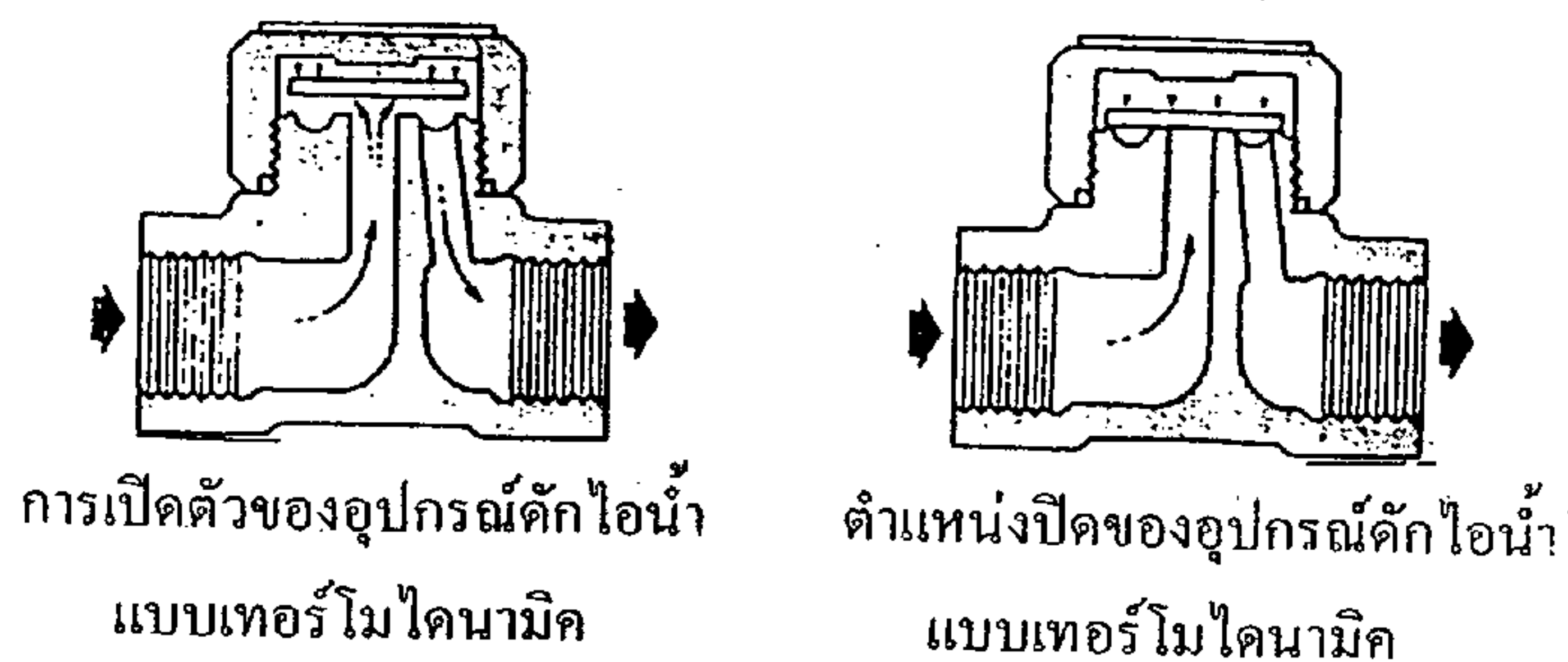
2) เครื่องดักไอน้ำชนิดไบเมทัล (Bimetal) มีลักษณะดังภาพประกอบ 17



ภาพประกอบ 17 เครื่องดักไอน้ำชนิดไบเมทัล

6.2.3 เครื่องดักไอน้ำแบบเทอร์โมไดนามิก (Thermodynamic Trap) เครื่องดักไอน้ำชนิดนี้การทำงานอาศัยความจริงที่ว่า น้ำระเหยหรือคอนเดนเสดจะเป็นไอน้ำแฟลช (Flash Steam) เมื่อปล่อยไปในบรรยากาศที่ความกดดันต่ำกว่า ความแตกต่างของความดันและความเร็วของไอน้ำกับน้ำ คอนเดนเสดจะเป็นตัวควบคุมการปิดเปิดรูระบาย เครื่องดักไอน้ำแบบเทอร์โมไดนามิก ยังสามารถแบ่งได้อีก 2 ชนิด คือ

- 1) เครื่องดักไอน้ำชนิดออริฟิส (Orifice) หรือ อิมพัลส์ (Impulse)
- 2) เครื่องดักไอน้ำชนิดจาน



ภาพประกอบ 18 เครื่องดักไอน้ำชนิดจาน

6.3 วิธีการเลือกใช้เครื่องดักไอน้ำ

เนื่องจากเครื่องดักไอน้ำมีหลายชนิดจำเป็นต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์และลักษณะงาน ในการเลือกใช้เครื่องดักไอน้ำ ควรพิจารณาความเหมาะสมของเงื่อนไขต่าง ๆ ดังนี้

- 6.3.1 ความดันไอน้ำสูงสุดและต่ำสุดที่ใช้งาน
- 6.3.2 อุณหภูมิใช้งานสูงสุด
- 6.3.3 ปริมาณน้ำคอนเดนเสด
- 6.3.4 ความเปลี่ยนแปลงของความดันภายในระบบ
- 6.3.5 ขนาดเครื่องดักไอน้ำ
- 6.3.6 โลหะที่ใช้ทำตัวเครื่องดักไอน้ำ
- 6.3.7 ชนิดของเครื่องดักไอน้ำ
- 6.3.8 เงื่อนไขการติดตั้ง
- 6.3.9 ความเหมาะสมกับเครื่องจักร

6.4 ตำแหน่งที่ควรติดตั้งเครื่องดักไอน้ำ

การพิจารณาว่าจะติดตั้งเครื่องดักไอน้ำที่ใด จุดสำคัญ คือจุดที่มีน้ำคอนเดนเสดมารวมกันในระบบการใช้ไอน้ำมีหลายแห่ง ดังนี้

- 6.4.1 ท่อจ่ายไอน้ำ ควรเลือกติดตั้งบริเวณท่อจ่ายไอน้ำที่ต่ำสุด เพราะเป็นจุดรวมน้ำคอนเดนเสด หรือบริเวณท่อโค้งงอมีน้ำคอนเดนเสดสะสม
- 6.4.2 ถังพักไอน้ำหรือเฮดเดอร์ เป็นจุดที่มีน้ำคอนเดนเสดมาก เพราะไอน้ำเกิดการลดความดันเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่และมีการถ่ายเทความร้อนไปภายนอก
- 6.4.3 ทางเข้าลิ้นลดความดันและลิ้นอัตโนมัติน้ำไอน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่ทางเข้าของลิ้นทั้งสอง ทำให้มีน้ำคอนเดนเสดมาก อีกทั้งจะช่วยลดส่วนผสมของน้ำมิให้เข้าไปในลิ้นทั้ง 2 มากเกินไป
- 6.4.4 บริเวณตรงกลางของท่อรับการขยายตัวที่เป็นรูปตัวยู หรือโอเมก้า
- 6.4.5 บริเวณอุปกรณ์แยกน้ำ (Separator)
- 6.4.6 ทางเข้าและทางออกของอุปกรณ์ใช้ไอน้ำ

6.5 วิธีเดินท่อทางเข้าและทางออกเครื่องดักไอน้ำ

การเดินท่อทางเข้าและทางออกเครื่องดักไอน้ำ ดำเนินการดังนี้

6.5.1 ท่อทางเข้าเครื่องดักไอน้ำ

การเดินท่อทางเข้าเครื่องดักไอน้ำ ดำเนินการดังนี้

- 1) ต่อมาจากจุดต่ำสุดของตำแหน่งมีน้ำคอนเดนเสดมารวมกัน
- 2) ท่ออยู่สูงกว่าเครื่องดักไอน้ำเสมอ
- 3) เพื่อความปลอดภัยและประหยัดพลังงานควรหุ้มฉนวน

6.5.2 ท่อทางออกเครื่องดักไอน้ำ

การเดินท่อทางออกเครื่องดักไอน้ำ ดำเนินการดังนี้

- 1) อยู่สูงกว่าเครื่องดักไอน้ำต้องติดตั้งวาล์วก้นกลับ
- 2) ปลายสุดไม่ควรจุ่มลงในบ่อน้ำ
- 3) ควรมีการติดตั้ง Bypass
- 4) กรณีที่มีอุปกรณ์ใช้ไอน้ำหลายชุด ควรเดินท่อเข้าและออกแยกจากกัน พร้อมติดตั้งเครื่องดักไอน้ำแยกคนละชุดด้วย
- 5) ท่อรวมน้ำคอนเดนเสด ควรยกสูงกว่าทางออกของท่อเครื่องดักไอน้ำและต้องติดตั้งวาล์วก้นกลับด้วย

6.6 ข้อบกพร่องของเครื่องดักไอน้ำและวิธีการตรวจสอบ

ข้อบกพร่องของเครื่องดักไอน้ำมี 3 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ

- 6.6.1 อุดตัน เนื่องจากมีสิ่งสกปรกหรือเกิดฟองอากาศ
- 6.6.2 รั่ว เป็นข้อบกพร่องที่พบบ่อยที่สุด เกิดจากสิ่งสกปรกไปจับที่วาล์วหรือบ่าวาล์ว หรือวาล์วสึกหรอ
- 6.6.3 ระบายน้ำคอนเดนเสดไม่หมด เกิดจากเครื่องดักไอน้ำมีขนาดเล็ก หรือเกิดมีน้ำคอนเดนเสดมากกว่าปกติ แล้วไม่ได้เปิด By Pass Valve.

6.7 วิธีการตรวจสอบเครื่องดักไอน้ำ

การตรวจสอบเครื่องดักไอน้ำมีขั้นตอน ดังนี้

- 6.7.1 จับดูว่าเครื่องดักไอน้ำร้อนหรือเย็น
- 6.7.2 สังเกตการทำงานโดยฟังเสียงหรือดูช่องกระจกหรือใช้เครื่องมือตรวจวัด

6.7.3 ตรวจสอบปลายท่อของเครื่องดักไอน้ำ ดูความแรงของไอน้ำและน้ำที่พุ่งออกมา

6.7.4 มีประวัติของเครื่องดักไอน้ำแต่ละตัว พร้อมแผนผังตำแหน่งที่ติดตั้ง

6.7.5 มีผู้รับผิดชอบและกำหนดเวลาการตรวจสอบแน่นอน

7. การนำคอนเดนเสดกลับมาใช้

ปัจจุบันพลังงานความร้อนส่วนใหญ่ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมจำนวนมาก มักอยู่ในรูปของไอน้ำที่ได้จากการต้มน้ำในหม้อไอน้ำด้วยการใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงในการทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำ ความร้อนที่อยู่ในไอน้ำ ถูกนำไปใช้ในกระบวนการต่างๆ เช่น การอบ การรักษาระดับอุณหภูมิ การทำความร้อน การระเหย เป็นต้น ไอน้ำจึงเป็นแหล่งพลังงานที่มีคุณค่ามาก แต่พลังงานจากไอน้ำที่ถูกนำไปใช้เป็นเพียงความร้อนแฝง สำหรับความร้อนสัมผัสหรือความร้อนที่ได้จากการกลั่นตัวของไอน้ำ (คอนเดนเสด) มักจะปล่อยทิ้งไป ซึ่งมีปริมาณร้อยละ 20-30 ของความร้อนทั้งหมดในไอน้ำ หากสามารถนำเอาคอนเดนเสดกลับมาใช้ได้ทั้งหมดจะลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำประมาณร้อยละ 20-30 เช่นเดียวกัน นอกจากนี้แล้วยังสามารถลดมลภาวะของอากาศและเพิ่มผลผลิตด้วย

ความสำคัญของการนำเอาคอนเดนเสดหรือไอน้ำร้อนที่ระบายออกมา ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ประโยชน์ เพราะยังมีความร้อนเหลืออยู่ในคอนเดนเสดมาก ขณะเดียวกันก็ทำให้เครื่องใช้ไอน้ำมีประสิทธิภาพถ่ายเทความร้อนดีขึ้นด้วย

วิธีการนำคอนเดนเสดไปใช้ประโยชน์ มีแนวทางพิจารณา ดังนี้

7.1 นำไปใช้ในส่วนอื่นของกระบวนการผลิตที่ต้องการไอน้ำความดันต่ำกว่า โดยการแฟลชในถังที่มีความดันต่ำให้กลายเป็นไอน้ำได้อีก

7.2 นำไปใช้ในส่วนอื่นของกระบวนการผลิตที่ต้องการใช้น้ำร้อน

7.3 นำไปใช้ป้อนเข้าหม้อไอน้ำ

การนำคอนเดนเสดป้อนเข้าหม้อไอน้ำ ส่งผลต่อหม้อไอน้ำ ดังนี้

7.3.1 ลดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้

7.3.2 ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำจะดีขึ้นเมื่อใช้น้ำร้อนป้อน

7.3.3 ลดปริมาณน้ำดิบและสารเคมีที่ใช้สำหรับน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ

8. วิธีการต่อคอนเดนเสดกลับมาใช้

เมื่อเกิดน้ำคอนเดนเสดในระบบจ่ายและใช้ไอน้ำ ต้องใช้เครื่องดักไอน้ำเป็นอุปกรณ์ดึงน้ำออกมา น้ำคอนเดนเสดที่ถูกดึงออกจากระบบไอน้ำสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ ทำได้ 3 วิธี ดังนี้

8.1 ใช้เครื่องดักไอน้ำร่วมกับถังรวมน้ำคอนเดนเสด กรณีที่มีเครื่องดักไอน้ำหลายชุด ทางออกของเครื่องดักไอน้ำจะส่งน้ำคอนเดนเสดมาเข้าถังรวมน้ำคอนเดนเสดที่จัดเตรียมไว้ โดยอัตโนมัติ จากนั้นจึงส่งไปใช้งาน โดยอาศัยความสูงของถังรวมน้ำคอนเดนเสด ทำให้ไม่สามารถส่งไปได้ไกล

8.2 ใช้ปั๊มหอยโข่ง (Centrifugal Pump) เพื่อแก้ปัญหาในข้อที่ 1 เรื่องการส่งน้ำคอนเดนเสดไปไกลไม่ได้จึงใช้ปั๊มช่วยทำให้ส่งน้ำคอนเดนเสดไปได้ไกล แต่ถังรวมน้ำคอนเดนเสดต้องวางสูงกว่าทางเข้าปั๊ม 2-3 เมตร เพื่อป้องกันการเกิด Cavitation

8.3 ใช้ปั๊มคอนเดนเสด (Condensate Recovery Pump Unit) เพื่อแก้ไขข้อจำกัดในข้อ 1 และข้อ 2 จึงใช้ปั๊มคอนเดนเสดที่ออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับดูดและส่งน้ำคอนเดนเสดจากท่อรวมของเครื่องดักไอน้ำต่าง ๆ ไปยังหม้อไอน้ำโดยตรง

9. ฉนวนกันความร้อน

ทำหน้าที่ของฉนวน คือกันความร้อน หรือให้ความร้อนไหลออกไปภายนอก หรือภายนอกไหลเข้ามาน้อยที่สุด ฉนวนกันความร้อนมีหน้าที่ทั้งการป้องกันความร้อนและอื่น ๆ ดังนี้

9.1 ลดความร้อนหรือการสูญเสียความร้อนจากท่อจ่ายไอน้ำ อุปกรณ์ความร้อน และโครงสร้าง

9.2 ควบคุมอุณหภูมิที่ผิว เพื่อป้องกันอันตรายจากการสัมผัส และควบคุมความสบาย

9.3 ทำให้การควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการผลิตได้ง่าย

9.4 ป้องกันหรือลดการแพร่กระจายของไฟ

9.5 ป้องกันการเกิดน้ำแข็ง หรือการกลั่นตัวน้ำที่ผิวภายนอก

9.6 ลดความดังของเสียง

9.7 ดูดกลืนความสั่นสะเทือน

ในโรงงานอุตสาหกรรมไม่ว่าจะขนาดเล็กหรือใหญ่ ที่ใช้ความร้อนจากไอน้ำ ย่อมมีการสูญเสียความร้อน เนื่องจากอุณหภูมิในท่อหรืออุปกรณ์ใช้ไอน้ำสูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศภายนอก ทำให้ความร้อนภายในพยายามออกภายนอก จำเป็นต้องมีฉนวนป้องกัน ฉนวนหุ้มพื้นผิวโลหะที่คร่ำ เปลือกหม้อไอน้ำ ท่อจ่ายไอน้ำ หรืออุปกรณ์ใช้ไอน้ำ หากอุณหภูมิภายในสูง 900°ฟ. เมื่อถ่ายเทความร้อนโลหะผิวโลหะด้านนอกมีอุณหภูมิ 896°ฟ. เมื่อหุ้มฉนวนทำให้อุณหภูมิ 896°ฟ. ถ่ายเทไปบรรยากาศภายนอก ลดลงเหลือเพียง 87°ฟ. ที่ผิวภายนอกของฉนวนมีอุณหภูมิ 87°ฟ. ใกล้เคียงกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมภายนอกจึงไม่ถ่ายเทความร้อนหรือถ่ายเทน้อย

10. วัสดุที่ใช้ทำฉนวน

ปกติวัสดุกันความร้อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 500°ซ. เรียกว่า ฉนวนความร้อน หากอุณหภูมิสูงกว่านี้เรียกว่า วัสดุกันความร้อน วัสดุที่ใช้ทำฉนวนความร้อนมีทั้งแบบสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์การกันความร้อนเกิดขึ้นได้โดยอากาศที่แทรกอยู่ตามช่องว่างในโครงสร้าง ลักษณะคล้ายฟองน้ำของตัววัสดุฉนวนเอง วัสดุที่ใช้ทำฉนวนแบ่งออกเป็น 5 พวกใหญ่ ๆ คือ

10.1 Flake Insulation มีลักษณะเป็นปุยเม็ดเล็ก ๆ เพื่อแยกอากาศทำให้ความร้อนผ่านไปได้ยาก เช่น ใช้ไมก้าเป็นวัสดุ

10.2 Fibrous Insulation มีทั้งทำจากสารอินทรีย์ เช่น ไม้ หรือขานอ้อย และทำจากสารอนินทรีย์ เช่น โยแก้ว โยหิน (Rock Wool) Alumina Silica และ Asbestos เป็นต้น

10.3 Granular Insulation นี้ทำจากวัสดุจำพวก Calcium Silicate และ Diatomaceous Silica เป็นต้น

10.4 Cellular or Glass Insulation ทำจากพวกแก้ว ยาง และพลาสติก

10.5 Reflective Insulation ทำจากแผ่น sheet บาง ๆ หรือฟอยล์ซึ่งทำจาก อะลูมิเนียม หรือ Stainless Steel เพื่อสะท้อนความร้อนให้ย้อนกลับ

11. พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

สถานการณ์ปัจจุบัน รูปแบบการใช้พลังงานเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เป็นผลให้อัตราการใช้พลังงานต่าง ๆ เพิ่มขึ้นทุกปี นับเป็นภาระหนักต่อฐานะการเงินและการลงทุนของประเทศที่ต้องจัดหาพลังงานมาใช้ให้เพียงพอและเหมาะสม นอกจากนี้แล้วยังต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงานมหาศาลดังกล่าวด้วย

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 มีรายละเอียดเกี่ยวกับการส่งเสริมและอนุรักษ์พลังงาน¹ พอสรุปได้ดังนี้

11.1 อนุรักษ์พลังงาน หมายความว่า ผลิตและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

11.2 โรงงาน หรืออาคาร ที่เข้าข่ายตามกฎหมายฉบับนี้ คือได้รับอนุมัติให้ใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ 1,000 KW ขึ้นไป หรือให้ตั้งหม้อแปลงชุดเดียวหรือหลายชุดรวมตั้งแต่ 1,175 KVA หรือใช้พลังงานสิ้นเปลืองหรือความร้อนจากไอน้ำจากแหล่งภายนอกในรอบปีรวมกันเทียบเท่าตั้งแต่ 20 ล้าน MJ ขึ้นไป

11.3 การอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน

การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานได้แก่ การดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนี้

11.3.1 ปรับปรุงประสิทธิภาพของการเผาไหม้เชื้อเพลิง

11.3.2 ป้องกันการสูญเสียพลังงาน

11.3.3 นำพลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่

11.3.4 การเปลี่ยนไปใช้พลังงานอีกประเภทหนึ่ง

11.3.5 การปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าฯ

11.3.6 อื่น ๆ

¹กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. (2541). พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

136

11.4 หน้าที่ของเจ้าของโรงงาน

เจ้าของโรงงานหรือสถานประกอบการมีหน้าที่ ดังนี้

11.4.1 จัดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน

ผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน ต้องมีคุณสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่ง คือ

1) จบ ปวส. และมีประสบการณ์การทำงานอย่างน้อย 3 ปี โดยมีผลงานด้านอนุรักษ์พลังงาน

2) จบปริญญาตรี ทางวิศวกรรมศาสตร์ หรือทางวิทยาศาสตร์ โดยมีผลงานด้านอนุรักษ์พลังงาน

3) ผ่านการฝึกอบรมด้านอนุรักษ์พลังงาน

11.4.2 ส่งข้อมูลเกี่ยวกับการผลิต การใช้พลังงาน และการอนุรักษ์พลังงาน

11.4.3 บันทึกข้อมูลการใช้พลังงาน การติดตั้งหรือเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรที่มีผลต่อการใช้พลังงาน

11.4.4 กำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานของโรงงานแล้วจัดส่งให้กรมพัฒนาฯ

11.4.5 ตรวจสอบ วิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน

11.5 หน้าที่ของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน

ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานมีหน้าที่ ดังนี้

11.5.1 บำรุงรักษา และตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องจักร และอุปกรณ์เป็นระยะ

11.5.2 ปรับปรุงวิธีการใช้พลังงานให้เป็นไปตามหลักการอนุรักษ์พลังงาน

11.5.3 รับรองข้อมูลที่เจ้าของโรงงานส่งให้กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

11.5.4 ควบคุม ดูแล บันทึกข้อมูล และพร้อมให้เจ้าหน้าที่ตรวจสอบได้

11.5.5 ช่วยเจ้าของโรงงานในการกำหนดเป้าหมาย และแผนอนุรักษ์พลังงาน

กิจกรรมและสื่อ

กิจกรรม มีดังนี้

1. ให้นักศึกษาอภิปรายขั้นตอนการเกิดไอน้ำในหม้อไอน้ำ
2. ให้นักศึกษาอภิปรายการประหยัดพลังงานจากการใช้ไอน้ำ
3. ให้นักศึกษาบอกวิธีการเลือกใช้เครื่องดักไอน้ำ

สื่อ ประกอบด้วย

1. แผ่นภาพ
2. แผ่นใส
3. เอกสารประกอบการสอน
4. หนังสืออ่านประกอบ

การประเมินผล

1. ถาม-ตอบ ระหว่างบรรยาย
2. สังเกตการถาม การตอบคำถาม และการอภิปรายของนักศึกษา
3. ทำแบบฝึกหัดท้ายเล่ม

แบบฝึกหัด

1. การประหยัดพลังงานความร้อน แนวทางใดดีที่สุด เพราะเหตุใด
2. จงเปรียบเทียบหลักการทำงานของเครื่องทำความเย็นแต่ละประเภท
3. นักศึกษาคิดว่า การประกาศใช้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 มีผลดีอย่างไร

หนังสืออ่านประกอบ

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

(2541, พฤษภาคม – สิงหาคม). ข่าวสารการประหยัดพลังงาน. 16 (2) : 12-13.

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. (2538).

ข้อเสนอแนะในการใช้หม้อไอน้ำและเตาเผาอย่างมีประสิทธิภาพ. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. (2538).

การนำคอนเดนเสดมาใช้ประโยชน์ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. (2541).

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535. กรุงเทพฯ :

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

วิชัย พงษ์ธาราธิกุล. (2542). คู่มือควบคุมหม้อไอน้ำ. กรุงเทพฯ : บริษัท ตรีพัฒน์ จำกัด.

วิวัฒน์ ภัททิยธนี. (2539). เทคโนโลยีไอน้ำ. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด.

หน่วยที่ 8

การควบคุม และการตรวจสอบหม้อไอน้ำ

แผนการสอน

วิชา เครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ รหัสวิชา 3101-3003

หน่วยที่ 8

ครั้งที่ 1-2 เรื่อง การควบคุม และการตรวจสอบหม้อไอน้ำ

เวลา 4 คาบ

เนื้อหาสาระ

1. การควบคุมหม้อไอน้ำ
2. การตรวจหม้อไอน้ำ
3. การบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ
4. วิธีการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ
5. การบำรุงรักษาอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยของหม้อไอน้ำ
6. การเก็บรักษาหม้อไอน้ำ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายแนวทางการควบคุมหม้อไอน้ำได้
2. อธิบายแนวทางการตรวจสอบหม้อไอน้ำได้
3. บอกแนวทางและประโยชน์ของการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำได้
4. บอกวิธีการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำได้
5. บอกแนวทางการบำรุงรักษาอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยของหม้อไอน้ำได้
6. อธิบายการเก็บรักษาหม้อไอน้ำได้

หน่วยที่ 8

การควบคุม และการตรวจสอบหม้อไอน้ำ

หม้อไอน้ำจะใช้งานได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพสูงสุด ขึ้นอยู่กับการควบคุมหม้อไอน้ำ ว่าได้ตรวจสอบเป็นระยะตามที่กำหนดและบำรุงรักษาหม้อไอน้ำตามกำหนดเวลาหรือไม่ เนื่องจากหม้อไอน้ำมีทั้งแบบท่อน้ำและแบบท่อไฟ ใช้เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว หรือเชื้อเพลิงก๊าซ และควบคุมโดยใช้คน (Manual Control) หรือ ควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ (Automatic Control) จึงอธิบายโดยสรุปและครอบคลุมเนื้อหากว้าง ๆ เท่านั้น

1. การควบคุมหม้อไอน้ำ

การควบคุมหม้อไอน้ำ เริ่มตั้งแต่การเตรียมหม้อไอน้ำก่อนเดินเครื่อง จนกระทั่งหยุดใช้งานประจำวัน พร้อมการบันทึกรายงานประจำวัน เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ที่ทำหน้าที่ควบคุมหม้อไอน้ำได้ปฏิบัติอย่างถูกต้อง การควบคุมหม้อไอน้ำมีขั้นตอน¹ ดังนี้

1.1 การเตรียมหม้อไอน้ำ ต้องเตรียมหม้อไอน้ำให้พร้อมก่อนเดินเครื่อง หรือจุดไฟในห้องเผาไหม้ ผู้ควบคุมหม้อไอน้ำต้องดำเนินการ ดังนี้

1.1.1 สวิตช์ควบคุมต่าง ๆ บนแผงควบคุมหม้อไอน้ำต้องอยู่ในตำแหน่งปิด

1.1.2 เปิดเมนสวิตช์ป้อนไฟเข้าแผงควบคุม

1.1.3 เปิดสวิตช์ ป้อนน้ำ อุ่นน้ำมัน และสัญญาณเตือนภัย

1.1.4 ตรวจสอบระดับน้ำในหลอดแก้วด้วยการเปิดวาล์วได้หลอดแก้วแล้วปิด สังเกตระดับกลับคืนสู่ตำแหน่งปกติหรือไม่ เร็วหรือช้าถ้าระดับน้ำในหลอดแก้วสูงกว่าระดับปกติ ควรเปิดวาล์วถ่ายน้ำเพื่อลดปริมาณน้ำในหม้อไอน้ำให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

1.1.5 ตรวจสอบการทำงานของเครื่องควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติ ด้วยการระบายน้ำในห้องลูกลอยแล้วป้อนน้ำทำงาน

1.1.6 ตรวจสอบการทำงานของสัญญาณเตือนภัยอัตโนมัติเมื่อน้ำแห้งด้วยการระบายน้ำออกจากห้องลูกลอย หรือบริเวณที่ติดตั้งสัญญาณเตือนภัย เมื่อระดับน้ำต่ำสัญญาณเตือนภัย

¹วิชย พยุภษราราชกุล. (2542). เล่มเดิม. หน้า 121-124.

ทำงานด้วยสัญญาณเสียง หรือสัญญาณแสง

1.1.7 ตรวจระบบตัดการทำงานของหัวฉีดอัตโนมัติเมื่อน้ำแห้ง (Low – Water Fuel Cutouts, LWCO)

1.1.8 เปิดวาล์วถ่ายน้ำ ระบายน้ำออกจากหม้อไอน้ำปริมาณพอสมควร เพื่อระบายตะกอนหรือสิ่งสกปรกออกจากหม้อไอน้ำ

1.1.9 วาล์วจ่ายไอน้ำปิด วาล์วปั้มน้ำเปิด เจ็มนกจะวัดความดันสูงอยู่ที่ศูนย์ (ป้อนค่าต่อตารางนิ้ว หรือกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

1.1.10 ตรวจวัดคุณภาพน้ำที่จะป้อนเข้าหม้อไอน้ำ หาความกระด้าง ความเป็นกรด ความเป็นด่าง ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำทั้งหมด และอื่นๆ ตามความเหมาะสม

1.1.11 ปริมาณน้ำในถังมีเพียงพอ หรืออยู่ในระดับปกติ

1.2 การดำเนินการขณะเดินเครื่อง เริ่มตั้งแต่หัวฉีดทำงาน จนกระทั่งหัวฉีดหยุดทำงาน (เปิดสวิตช์หัวฉีด) ผู้ควบคุมหม้อไอน้ำต้องดำเนินการ ดังนี้

1.2.1 เปิดวาล์วหรือสวิตช์จ่ายก๊าซที่ใช้สำหรับจุดนำ แล้วเปิดสวิตช์จุดประกายไฟที่หัวจ่ายก๊าซ จะเกิดการลุกไหม้ของก๊าซ

1.2.2 เปิดสวิตช์หัวฉีดน้ำมัน ฝอยละอองน้ำมันที่พุ่งออกมาจะลุกไหม้เกิดเป็นเปลวไฟ สำหรับเชื้อเพลิงแข็งเริ่มจุดไฟที่เชื้อเพลิงกรณีที่ใช้หัวฉีดอัตโนมัติ การทำงานของชุดจุดนำและการฉีดน้ำมันจะทำงานโดยอัตโนมัติ

1.2.3 ผู้ควบคุมหม้อไอน้ำ ควรอยู่บริเวณหม้อไอน้ำขณะที่หัวฉีดทำงาน หรือเชื้อเพลิงแข็งลุกไหม้ ไม่ควรเร่งไฟอย่างรวดเร็ว ควรค่อย ๆ เร่งไฟ จนกระทั่งความดันในหม้อไอน้ำถึงกำหนดที่จ่ายไปใช้งานได้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการขยายตัวอย่างรวดเร็ว

1.2.4 เปิดวาล์วจ่ายไอน้ำ ๆ เพื่อจ่ายไอน้ำออกไปใช้งาน ความดันภายในหม้อไอน้ำจะลดลง

1.2.5 ขณะใช้งานเมื่อความดันสูงถึงจุดที่ตั้งไว้หัวฉีดจะหยุดทำงาน หากใช้เชื้อเพลิงแข็งควรหยุดป้อนเชื้อเพลิงและลมเข้าห้องเผาไหม้ สังเกตการทำงานของปั้มน้ำกับระดับน้ำในหลอดแก้ว และอุปกรณ์ต่างๆ ของหม้อไอน้ำว่าอยู่ในสภาพปกติหรือไม่

1.2.6 ควบคุมระดับน้ำและความดันของหม้อไอน้ำให้คงที่ หรืออยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

1.2.7 เมื่อครบ 1 ชั่วโมง หลังจากหัดทำงานหรือเชื้อเพลิงแข็งลูกใหม่ควรตรวจสอบส่วนประกอบและอุปกรณ์ต่าง ๆ พร้อมทั้งจดบันทึกรายงานประจำวันลงในสมุดปฐ (Log Book)

1.2.8 กรณีที่ทำงานเป็นกะ การตรวจสอบส่วนประกอบ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ประจำ ชั่วโมง และควรกระทำต่อหน้าผู้ที่มารับงานช่วงต่อไป

1.3 การหยุดหม้อไอน้ำประจำวัน การหยุดใช้หม้อไอน้ำประจำวัน เนื่องจากหม้อไอน้ำไม่ได้ทำงานตลอด 24 ชั่วโมง แต่ใช้งานเพียง 10-14 ชั่วโมงต่อวัน ผู้ควบคุมหม้อไอน้ำควรดำเนินการกับหม้อไอน้ำ ดังนี้

1.3.1 ปิดวาล์วก๊าซ และสวิตช์หัด หากเป็นเชื้อเพลิงแข็งให้ดับไฟในห้องเผาไหม้ พร้อมทำความสะอาดด้วยการโกยขี้เถ้าออก

1.3.2 ใช้ไอน้ำที่ค้างในหม้อไอน้ำให้หมด หรือระบายออกให้หมด จนกระทั่งเข็มที่มาตรวัดความดันตกมาที่ 0.00 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

1.3.3 เปิดวาล์วถ่ายน้ำ เพื่อระบายตะกอนบางส่วนภายในหม้อไอน้ำออก

1.3.4 ปิดสวิตช์ต่าง ๆ ที่แผงควบคุมหม้อไอน้ำ

1.3.5 ปิดสวิตช์เมน พร้อมทั้งตรวจสอบความเรียบร้อยโดยรอบหม้อไอน้ำอีกครั้ง ก่อนออกจากบริเวณหม้อไอน้ำ

1.3.6 ปิดประตูใส่ถ่านในห้องหม้อไอน้ำ

1.4 การจดบันทึกรายงานประจำวัน

การจดบันทึกรายงานประจำวันของหม้อไอน้ำเป็นสิ่งจำเป็นผู้ควบคุมหม้อไอน้ำต้องจดบันทึก ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้สามารถบอกความผิดปกติของระบบการทำงาน หรือข้อบกพร่องของอุปกรณ์ ซึ่งช่วยให้สามารถวางแผนแก้ไขหรือป้องกันก่อนที่จะเกิดอันตรายได้

บันทึกรายงานประจำวันของหม้อไอน้ำที่นำมาศึกษา เป็นเพียงแนวทางให้หัวหน้างานหรือวิศวกรนำไปใช้ การใช้งานจริงสามารถปรับปรุงให้เหมาะสมกับความต้องการ

ตัวอย่าง วิธีการกรอกบันทึกรายงานประจำวันของหม้อไอน้ำสำหรับเชื้อเพลิงเหลว มีรายละเอียด ดังนี้

145

- วันที่.....หมายถึงวันที่หม้อไอน้ำใช้งาน
- หม้อไอน้ำหมายเลข.....หม้อไอน้ำมีหลายเครื่อง ต้องบันทึกทุกเครื่องที่ใช้งาน
หม้อไอน้ำเครื่องใดนำมาใช้ก่อน ถือเป็นหมายเลข 1
- เวลา.....หมายถึงเวลาที่จดบันทึกอาจ เช่น 1 ชั่วโมง หรือ 1/2 ชั่วโมง
จำนวนช่องที่เตรียมไว้ ต้องพอที่จะกรอกได้ครบ 1 วัน
- ชื่อผู้ควบคุม.....หมายถึง ผู้ที่ได้รับมอบหมายให้ควบคุมหม้อไอน้ำหมายเลข
นั้น ๆ
- ความดันไอน้ำ.....หมายถึง ความดันที่อ่านได้จากเกจความดันหรือไอน้ำ (ควร
กำหนดหน่วยความดันไว้ด้วย)
- ระดับน้ำในหลอดแก้ว.....มี 2 ช่อง แสดงว่า หม้อไอน้ำมีหลอดแก้ว 2 ชุด ก่อน
กรอกข้อความ ปกติหรือผิดปกติ ควรตรวจสอบระดับใน
หลอดแก้วก่อนป้อนน้ำ
- ความดัน.....ควรจดขณะป้อนน้ำทำงาน และควรจดหน่วยวัดความดันด้วย
พร้อมทั้งสังเกตการสั่นหรือค้างของเข็มด้วย
- อุณหภูมิน้ำเข้า.....ดูจากเทอร์โมมิเตอร์ที่วัดว่ามีอุณหภูมิเท่าใด หน่วยเป็นองศา
เซนติเกรด หรือองศาฟาเรนไฮต์
- หมายเลขมิเตอร์น้ำ.....จดตัวเลขที่อ่านได้จากมิเตอร์ หน่วย ลูกบาศก์เมตร
- ความดัน.....ควรจดขณะหัวฉีดทำงาน
- อุณหภูมิ.....ดูจากเทอร์โมมิเตอร์ หรืออุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่ทางเข้า และ
ทางออกของหัวฉีด พร้อมหน่วยที่อ่านเป็นองศาเซนติเกรด
หรือองศาฟาเรนไฮต์
- หมายเลขมิเตอร์น้ำมัน.....จดตัวเลขที่อ่านได้จากมิเตอร์ หน่วยเป็นลิตร
- อุณหภูมิถังพัก.....ดูจากอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ หน่วยองศาเซนติเกรดหรือองศา
ฟาเรนไฮต์
- อุณหภูมิที่ปล่องไฟ.....ควรจดขณะหัวฉีดทำงานหน่วยองศาเซนติเกรด หรือองศา
ฟาเรนไฮต์
- ด้านใต้ของตาราง.....เป็นการเฉลี่ยค่าที่สำคัญต่าง ๆ ของตารางและสิ่งที่จะต้องม
ีการตรวจสอบประจำวันหรือประจำสัปดาห์

2. การตรวจหม้อไอน้ำ

วัตถุประสงค์ของการตรวจหม้อไอน้ำ คือการป้องกันการชำรุดหรือความเสียหายที่อาจเกิดกับหม้อไอน้ำ อันเนื่องมาจากสภาวะการทำงานที่ไม่ปลอดภัย ซึ่งมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้าง การควบคุมที่ไม่ดี ขาดการบำรุงรักษา ขาดการตรวจ ทดสอบส่วนประกอบ และอุปกรณ์เกี่ยวกับความปลอดภัย จึงเกิดความเสียหายแก่หม้อไอน้ำ

การตรวจหม้อไอน้ำอย่างถูกหลักวิชาการเป็นระยะ ๆ จะช่วยลดอุบัติเหตุและความเสียหายได้

2.1 ประเภทของผู้ตรวจหม้อไอน้ำ

ผู้ทำหน้าที่ตรวจหม้อไอน้ำแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.1.1 ผู้ตรวจตามกฎหมาย (Authorized Inspector) ในสหรัฐอเมริกา หมายถึงผู้ที่ทำงานให้กับรัฐ หรือบริษัทประกันภัย ซึ่งรับประกันหม้อไอน้ำ ผู้ตรวจเหล่านี้ต้องผ่านการสอบข้อเขียนตามกฎหมาย ในประเทศไทยหมายถึง เจ้าหน้าที่ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม หรือวิศวกรตั้งแต่ระดับสามัญวิศวกรเครื่องกลขึ้นไป ที่ได้รับอนุญาตขึ้นทะเบียนจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม

2.1.2 ผู้ตรวจของโรงงาน (Plant Inspector) ในสหรัฐอเมริกา ได้แก่ บุคคลที่มีความรู้จากการศึกษาและประสบการณ์ในการปฏิบัติงาน การตรวจสอบ และการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำและได้รับแต่งตั้งจากผู้จัดการโรงงาน สำหรับประเทศไทย หมายถึงหัวหน้างาน วิศวกร หรือผู้ควบคุมประจำหม้อไอน้ำที่ได้รับมอบหมายจากผู้จัดการโรงงาน

2.2 ความถี่ในการตรวจสอบ (Inspection Frequency)

กฎหมายทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ส่วนใหญ่กำหนดให้หม้อไอน้ำต้องหยุดเพื่อตรวจสอบทั้งภายในและภายนอก ตรวจการทำงานของส่วนประกอบและอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย และทดสอบอัดน้ำอย่างน้อยปีละครั้งโดยผู้ตรวจตามกฎหมาย

จากสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุหม้อไอน้ำระเบิดในประเทศไทย และการเกิดอุบัติเหตุเกี่ยวกับหม้อไอน้ำในสหรัฐอเมริกา ทำให้ทราบว่า การตรวจหม้อไอน้ำโดยละเอียดปีละครั้งไม่สามารถป้องกันการเกิดอุบัติเหตุจากหม้อไอน้ำได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มความถี่ในการตรวจให้มากขึ้น โดยผู้ตรวจของโรงงาน เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับระยะเวลาการตรวจสอบ อาจจะเป็น 1 วัน 7 วัน 1 เดือน และ 3-6 เดือน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์นั้น ว่ามีโอกาสชำรุดง่าย ทำงานผิดพลาด หรือใช้งานมานาน้อยเพียงใด

2.3 วิธีการตรวจหม้อไอน้ำเป็นระยะ ๆ

มาตรการสำคัญที่ช่วยป้องกันอุบัติเหตุจากหม้อไอน้ำอย่างได้ผล แม้ว่าหม้อไอน้ำ จะได้รับการตรวจสอบประจำปีแล้วก็ตาม ยังไม่เพียงพอ เพราะโครงสร้าง ส่วนประกอบ และ อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยของหม้อไอน้ำ ต้องทำงานภายใต้ภาวะที่มีความดันและอุณหภูมิสูง ตลอดเวลาใช้งาน จึงมีโอกาสรั่วหรือทำงานผิดพลาดได้ง่าย วิธีการตรวจหม้อไอน้ำเป็นระยะ ๆ ตามช่วงเวลาที่กำหนด ทำได้ดังนี้

2.3.1 ตรวจหม้อไอน้ำทุก 1 วัน

ในแต่ละวันต้องตรวจสอบสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

- 1) หลอดแก้ววัดระดับน้ำ วาล์ว และท่อ ตรวจสอบการทำงานและการอุดตัน
- 2) วาล์วถ่ายน้ำทิ้ง ตรวจสอบการอุดตัน สิ่งสกปรก และการชำรุดของวาล์ว
- 3) เครื่องควบคุมระดับน้ำ ตรวจสอบการทำงาน หาความสัมพันธ์กับปั๊มน้ำ และหลอดแก้ว
- 4) สัญญาณเตือนภัยอัตโนมัติ ตรวจสอบการทำงานของสัญญาณเสียงหรือแสง และการตัดหัวฉีด
- 5) เครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำ ตรวจสอบวัดคุณภาพน้ำ เช่น ความกระด้าง ความเป็นกรด - ด่าง ตรวจสอบปริมาณน้ำไหล
- 6) ปั๊มน้ำ ตรวจสอบการรั่ว และการตัน

2.3.2 ตรวจหม้อไอน้ำทุก 7 วัน

การตรวจหม้อไอน้ำทุก 7 วัน ต้องตรวจสอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

- | | |
|-----------------------|---|
| 1) ถังนิรภัย | ทดสอบการทำงานและดูการรั่วซึม |
| 2) วาล์วจ่ายไอน้ำ | ตรวจสอบการรั่วซึมโดยเฉพาะแกนวาล์ว |
| 3) หัวฉีด | ตรวจสอบการรั่วซึม ลักษณะเปลวไฟ และทิศทาง |
| 4) คาไฟ | ตรวจสอบการทำงาน และสิ่งสกปรก |
| 5) กระบอกดูการเผาไหม้ | ตรวจสอบการชำรุด เช่น การแตกร้าว |
| 6) อุปกรณ์อุ่นน้ำมัน | ตรวจสอบการรั่วซึมของน้ำมัน และ อุณหภูมิน้ำมัน |

7) ไล่กรองน้ำมัน

ตรวจการอุดตัน

8) พัดลม

ตรวจการหมุน และเสียงดัง

2.3.3 ตรวจหม้อไอน้ำทุก 1 เดือน

การตรวจหม้อไอน้ำทุกเดือน ต้องตรวจอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

- 1) เกจวัดความดันและท่อ ตรวจการทำงานของเกจ และ
การอุดตันของท่อ
- 2) สวิตช์ควบคุมความดันและท่อ ตรวจการทำงานสอดคล้องกับ
ความดันที่ตั้ง และการอุดตัน
ของท่อ
- 3) วาล์วกันกลับที่ท่อน้ำเข้าตรวจการรั่ว หรือการเปิดค้าง
- 4) ถังเก็บน้ำมัน ตรวจสอบสิ่งสกปรกที่ก้นถัง และ
การรั่ว
- 5) ท่อน้ำหรือท่อไฟด้านสัมผัสไฟ ตรวจการรั่วซึม บวม
- 6) ฝานิรภัย ตรวจการทำงาน และการรั่ว
- 7) อิฐทนไฟ ฉนวนกันความร้อน ตรวจการรั่วซึม
- 8) ปลั๊กหลอมละลาย ตรวจการรั่วซึม
- 9) เหล็กยึดโยง ตรวจการกัดกร่อน แตกร้าว
- 10) ช่องมือถอด ช่องคนถอด ตรวจการรั่วซึมและแตกร้าว
และช่องทำความสะอาด
- 11) อุปกรณ์แยกน้ำ ตรวจการอุดตันและกัดกร่อน
- 12) ถังพักไอน้ำ ตรวจการรั่วซึมและแตกร้าว
- 13) ท่อน้ำหรือท่อไฟด้านสัมผัสน้ำ ตรวจตะกอนและกัดกร่อน

2.3.4 การเตรียมหม้อไอน้ำสำหรับตรวจประจำปี

การเตรียมหม้อไอน้ำสำหรับตรวจประจำปี ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

- 1) หยุดใช้หม้อไอน้ำ ปิดสวิตช์ไฟที่ต่อเข้าแผงควบคุม ถอดท่อน้ำมัน
เชื้อเพลิงที่ส่งเข้าหัวฉีด
- 2) ระบายน้ำภายในหม้อไอน้ำออก ขณะที่หม้อไอน้ำยังมีความร้อนเพียงพอ
ที่จะทำให้ให้น้ำภายในหม้อไอน้ำแห้ง

- 3) เปิดช่องคนลอด และช่องมือลอด เพื่อให้อากาศ และความชื้นออก
- 4) เปิดฝาปิดหน้าและหลัง ที่ปิดท่อไฟใหญ่และท่อไฟเล็ก
- 5) ผู้ตรวจของโรงงาน ควรตรวจภายในหม้อไอน้ำทั้งด้านสัมผัสน้ำและสัมผัสไฟ เพื่อดูสภาพทั่วไป ก่อนเข้าต้องแน่ใจว่าหม้อไอน้ำเย็น และมีอากาศเพียงพอ
- 6) การตรวจสอบภายในหม้อไอน้ำ ต้องใช้ไฟแรงเคลื่อนต่ำ 6 หรือ 12 โวลต์ สายไฟต้องได้มาตรฐานและกันน้ำได้ รอยต่อสายไฟต้องอยู่นอกหม้อไอน้ำ
- 7) การตรวจหม้อไอน้ำบริเวณห้องเผาไหม้ อุปกรณ์แสงสว่างต้องเป็นชนิดป้องกันการเกิดประกายไฟ เพราะบริเวณดังกล่าวอาจมีวัสดุติดไฟได้ง่าย เช่น ฝุ่นถ่านหิน เหมะควัน และน้ำมัน เป็นต้น
- 8) ด้านสัมผัสน้ำ ควรปล่อยให้ยู่สภาพเดิม ไม่ต้องทำความสะอาด เว้นแต่ผู้ตรวจของโรงงานได้มาดูแล้วเห็นว่าควรทำความสะอาด
- 9) ด้านสัมผัสไฟ เช่น ท่อไฟใหญ่ ท่อไฟเล็ก และห้องเผาไหม้ ควรทำความสะอาดเขม่าและขี้เถ้าที่ตกค้างออกให้หมด
- 10) อิฐทนไฟไม่ต้องเอาออก นอกจากจำเป็นต้องตรวจบริเวณนั้น
- 11) ถอดส่วนประกอบ และอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย
- 12) ถอดท่อที่ต่อไปส่วนประกอบ และอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย

2.4 การตรวจสอบชิ้นส่วนที่สัมผัสน้ำ และชิ้นส่วนต่างๆ

การตรวจสอบชิ้นส่วนที่สัมผัสน้ำและชิ้นส่วนต่างๆ ดำเนินการ ดังนี้

- 2.4.1 แต่งกายให้รัดกุม ใช้ไฟแรงเคลื่อนต่ำ มีการระบายอากาศภายใน
- 2.4.2 ตรวจท่อไฟใหญ่ ท่อไฟเล็ก ท่อน้ำ และ Drum เพื่อหาการกัดกร่อน และแตกร้าวโดย เฉพาะบริเวณรอยต่อ ตะเข็บ และส่วนโค้งงอ ตรวจหาตะกรัน และสิ่งสกปรกอื่น ๆ เป็นคราบน้ำมันหรือโคลน
- 2.4.3 ตรวจเหล็กยึดโยง (Stay) ดูการกัดกร่อน แตกร้าว หรือเสียรูป
- 2.4.4 ตรวจปลั๊กหลอมละลาย ซึ่งพบในหม้อไอน้ำรุ่นเก่า ๆ ดูตะกรันที่เกาะ และเปลี่ยนใหม่เมื่อใช้ครบ 1 ปี
- 2.4.5 ตรวจช่องคนลอดและช่องมือลอด ดูการกัดกร่อน บิดเบี้ยวหรือเสียรูป
- 2.4.6 ตรวจช่องหรือท่อทางที่ต่อไปยังวาล์วต่าง ๆ ป้อนน้ำ หลอดแก้ว เกจวัดความดัน ดูการกัดกร่อน แตกร้าว และตะกรัน

150

2.4.7 อุปกรณ์แยกน้ำออกจากไอน้ำ ดูการอุดตัน การกัดกร่อนหรือแตกร้าว

2.5 การตรวจสอบส่วนที่สัมผัสไฟ และชิ้นส่วนต่างๆ

ส่วนที่สัมผัสไฟและชิ้นส่วนต่างๆ ดำเนินการตรวจสอบ ดังนี้

2.5.1 ตรวจสอบท่อไฟใหญ่ ท่อไฟเล็ก ท่อน้ำ และ Drum ดูการกัดกร่อน การบวม หรือเสียรูป การบิดตัว คราบเขม่า

2.5.2 ตรวจสอบอิฐทนไฟ ดูการแตกร้าวหรือชำรุดอื่น ๆ

2.5.3 ตรวจสอบฉนวนกันความร้อน ด้วยการถอดออกมาทำความสะอาด ตรวจสอบสปริงและปะเก็น

2.5.4 ตรวจสอบฝาปิดหน้าและหลัง ดูการบิดงอ สลักเกลียวชำรุด ปะเก็นชำรุด

2.5.5 ตรวจสอบปล่อง ดูการกัดกร่อน และการชำรุดอื่น ๆ

2.6 การตรวจสอบประกอบและอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย

ส่วนประกอบและอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย ต้องดำเนินการตรวจสอบ ดังนี้

2.6.1 หลอดแก้ว ถอดมาตรวจสอบดูการกัดกร่อน แตกร้าว

2.6.2 เกจวัดความดัน ปรับตั้งความแม่นยำ การค้างของเข็ม

2.6.3 วาล์วต่างๆ ตรวจสอบการกัดกร่อน หรือสึกหรอ

2.6.4 ป้อนน้ำ ตรวจสอบ การกัดกร่อน

2.6.5 หัวฉีด ตรวจสอบการสึกหรอ

2.6.6 เครื่องควบคุมระดับน้ำ ตรวจสอบการสึกหรอ หรือขัดข้อง

2.6.7 ลิ้นนิรภัย ตรวจสอบการกัดกร่อน

2.6.8 อื่น ๆ

2.7 การตรวจสอบความปลอดภัยหม้อไอน้ำโดยการอัดน้ำ (Hydrostatic Test)

เป็นหน้าที่ของผู้ตรวจสอบตามกฎหมาย ตรวจสอบเมื่อเป็นหม้อไอน้ำใหม่ หม้อไอน้ำใช้งานแล้ว 1 ปี หม้อไอน้ำมีการซ่อมส่วนที่รับความดัน หม้อไอน้ำที่เก็บไว้นาน การทดสอบจะอัดน้ำด้วยความดัน 1.5 เท่าของความดันใช้งานสูงสุด หากความดันใช้งานไม่เกิน 60 ปอนด์/ตารางนิ้ว ควรทดสอบด้วยความดัน 2 เท่า สำหรับส่วนประกอบและอุปกรณ์ใด ๆ ที่ทนความดันไม่ได้ ต้องถอดออกหรือเปลี่ยนใหม่

2.7.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบอัดน้ำ

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบอัดน้ำ ประกอบด้วย

1) ป้อนน้ำแรงดันสูง สายยางทนความดันสูง หัวต่อ

- 2) เครื่องวัดความหนาโลหะ
- 3) เครื่องตรวจสอบลื่นนิริภัย
- 4) เครื่องตรวจสอบเกจวัดความดัน
- 5) อุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพของน้ำ เช่น D.S. Meter, PH Meter และชุดวัดความกระด้าง

6) ชุดหมี ค้อน ไฟฉาย ตลับเมตร แปรงลวด

2.7.2 ข้อห้าม

ข้อห้ามในการทดสอบความปลอดภัยหม้อไอน้ำ มีดังนี้

- 1) ห้ามใช้แก๊สหรือลมอัดแทนน้ำ
- 2) ลื่นนิริภัยแบบสปริง ห้ามขันสปริงแน่นขณะทดสอบความดันสูง
- 3) อุณหภูมิของน้ำที่ใช้อัด ประมาณ 21-49° ซ.

2.7.3 วิธีการอัดน้ำ

วิธีการอัดน้ำ ดำเนินตามขั้นตอน ดังนี้

- 1) ประกอบส่วนต่าง ๆ ของหม้อไอน้ำเข้าที่
- 2) ปิดวาล์วถ่ายน้ำ วาล์วจ่ายไอน้ำ วาล์วหลุดแก๊ว วาล์วชุดควบคุมระดับน้ำ
- 3) เติมน้ำให้เต็ม พร้อมไล่อากาศภายในออกให้หมด
- 4) วัดความหนา บริเวณเปลือก ผังก้น-หลัง และท่อไฟใหญ่
- 5) ป้อนน้ำเข้าอย่างช้า ๆ จนกระทั่งถึงความดันที่กำหนดไว้
- 6) ตรวจการรั่วซึมที่วาล์วต่าง ๆ ช่องคนลวด ช่องมือลวด ท่อไฟเล็ก ท่อไฟใหญ่ เปลือกหม้อไอน้ำ ฯลฯ
- 7) ระบายน้ำออก ประกอบลื่นนิริภัยที่ปรับตั้งความดันเสร็จเข้าที่ จากนั้นอัดน้ำ ตรวจสอบการทำงานของลื่นนิริภัยว่าตรงกับเกณฑ์กำหนดหรือไม่
- 8) เกจวัดความดัน ต้องปรับความแม่นยำ
- 9) หากไม่พบการรั่วซึม แสดงว่าหม้อไอน้ำได้ผ่านการตรวจสอบแล้ว
- 10) ระบายน้ำออกอยู่ในระดับพร้อมใช้งาน

3. การบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ

การบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ เป็นมาตรการที่สำคัญในการยืดอายุการใช้งานของหม้อไอน้ำและส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ยืนยาว และไม่เกิดการชำรุดขณะใช้งาน การบำรุงรักษาอย่างถูกต้องสม่ำเสมอช่วยลดการเกิดอุบัติเหตุเกี่ยวกับหม้อไอน้ำ และลดค่าใช้จ่ายของหม้อไอน้ำให้น้อยลง การบำรุงรักษาไม่ได้หมายถึงการทำความสะอาด แต่มีความหมายครอบคลุมถึงการตรวจสอบ การซ่อมแซม การปรับปรุง และการเปลี่ยนโครงสร้างหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ของหม้อไอน้ำให้อยู่ในสภาพที่ดีและปลอดภัยแก่การใช้งาน วิธีการเก็บรักษาหม้อไอน้ำ ถือเป็นการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ

3.1 แนวทางการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ

แนวทางการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำโดยทั่วไปประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

3.1.1 การวางแผนงานสำหรับบำรุงรักษาโครงสร้างส่วนประกอบ และอุปกรณ์หม้อไอน้ำด้วยการกำหนดระยะเวลาที่แน่นอน วิธีการที่ถูกต้องและมอบหมายให้มีผู้รับผิดชอบอย่างชัดเจน

3.1.2 ควบคุมให้ดำเนินการตามแผนงาน มีการบำรุงรักษาอย่างเคร่งครัด

3.1.3 เลือกใช้วัสดุ หรือส่วนประกอบ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ของหม้อไอน้ำที่ได้มาตรฐานหรือดีที่สุดเท่าที่จะหาได้ พร้อมทั้งจัดทำประวัติ

3.1.4 ต้องสำรองอะไหล่ที่ต้องใช้งานประจำหรือชำรุดได้ง่าย เช่น ปะเก็นของช่องคนลอด ช่องมือลอด หรือปะเก็นทนไฟสำหรับฝาปิดผนังและหลังหม้อไอน้ำ วาล์วขนาดต่าง ๆ และหลอดแก้ว เป็นต้น

3.1.5 จัดอบรมพนักงานที่ทำหน้าที่ควบคุมหรือบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ ให้มีความตระหนักถึงอันตราย และสามารถแยกแยะปัญหาที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ที่ใกล้ชำรุด พร้อมทั้งการรายงานเพื่อทำการซ่อมแซม

3.1.6 ปรับปรุงโครงสร้างส่วนประกอบและอุปกรณ์ต่าง ๆ ของหม้อไอน้ำให้ดีขึ้นด้วยการเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ใหม่ มีการหล่อลื่นที่ดี ลดปัญหาสิ่งแวดล้อมทั้งความร้อนและความดัน ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยและความประหยัด

3.2 ประโยชน์ของการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ

การบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ มีประโยชน์ ดังนี้

3.2.1 ประหยัดเวลา การบำรุงรักษาที่ดี และตรงตามระยะเวลาที่กำหนดทำให้หม้อไอน้ำอยู่ในสภาพใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย ไม่เสียเวลาหยุดซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ต่าง ๆ ของหม้อไอน้ำขณะใช้งานอันเนื่องมาจากการรั่วหรือชำรุด

3.2.2 ประหยัดค่าใช้จ่าย การบำรุงรักษาหม้อไอน้ำเป็นประจำทำให้ไม่ต้องทำงานเร่งด่วน หรือสั่งซื้ออะไหล่อย่างเร่งด่วน ไม่เสียเงินค่าล่วงเวลาหรือค่าใช้จ่ายในการสั่งของอย่างเร่งด่วน

3.2.3 ลดอุบัติเหตุจากหม้อไอน้ำ การบำรุงรักษาหม้อไอน้ำอย่างสม่ำเสมอทำให้หม้อไอน้ำอยู่ในสภาพที่ปลอดภัยแก่การใช้งาน โอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุน้อยลงหรือไม่มีผู้ควบคุมหม้อไอน้ำมีความมั่นใจในความปลอดภัย

3.2.4 สร้างขวัญและกำลังใจในการทำงาน ให้พนักงานมีทัศนคติที่ดีต่อฝ่ายบริหาร

3.2.5 สร้างชื่อเสียงให้บริษัท เพราะการเกิดอุบัติเหตุเกี่ยวกับหม้อไอน้ำทำให้เสียชื่อเสียง หากมีการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำอย่างถูกต้องสม่ำเสมอ แสดงว่าบริษัทให้ความสำคัญต่อชีวิตของพนักงานโดยไม่คำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่ต้องลงทุน เป็นการสร้างภาพพจน์ที่ดีแก่บริษัท

4. วิธีการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ

วิธีการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำจะกล่าวรวม ๆ ทั้งหม้อไอน้ำแบบท่อไฟ และหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ เพราะการบำรุงรักษาทั้งโครงสร้าง ส่วนประกอบ และอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยต่าง ๆ ใกล้เคียงกันมาก

4.1 การบำรุงรักษาด้านสัมผัสไฟ

การบำรุงรักษาด้านสัมผัสไฟ ได้แก่ บริเวณห้องเผาไหม้ ท่อไฟใหญ่ ท่อไฟเล็ก ผนังหม้อไอน้ำ ท่อน้ำ ระยะเวลาที่ต้องบำรุงรักษาทุก 3 เดือน ถึง 1 ปี ดำเนินการดังนี้

4.1.1 ทำความสะอาดและตรวจดูอิฐทนไฟหรือวัสดุทนไฟ ในห้องเผาไหม้หรือภายในท่อไฟใหญ่ บริเวณที่ติดตั้งหัวฉีดมีการแตกร้าว เสื่อมสภาพ หรือการชำรุดอื่น ๆ หากพบต้องแก้ไขซ่อมส่วนที่ทำได้ หรืออิฐทนไฟหมดอายุต้องเปลี่ยนใหม่

4.1.2 ทำความสะอาดท่อไฟเล็กและท่อไฟ ปริมาณเขม่ามากหรือน้อย หรือจับเป็นก้อนแข็งบ่งบอกถึงการทำงานของหัวฉีด

4.1.3 การทำความสะอาดท่อไฟเล็ก ควรใช้แปรงลวดขนาดที่พอดีกับท่อพร้อมเหล็กแบริ่งที่มีความยากมากกว่าความยาวหม้อไอน้ำ การทำความสะอาดท่อไฟใหญ่ใช้แปรงลวดเข้าไปขัด ผู้เข้าไปควรสวมหน้ากาก หากปริมาณเขม่ามากให้ใช้เครื่องดูดฝุ่น ห้ามใช้พัดลมเป่าเพราะอาจเกิดอันตราย

4.1.4 ห้ามใช้น้ำทำความสะอาดด้านสัมผัสไฟโดยเด็ดขาด เพราะเขม่ามีกำมะถันผสมอยู่ เมื่อรวมตัวกับน้ำทำให้เกิดเป็นกรดและกัดโลหะที่ทำท่อไฟ

4.1.5 สังเกตดูว่าท่อไฟใหญ่หรือห้องเผาไหม้มีส่วนใดที่เกิดการบวม โดยเฉพาะด้านบน สำหรับท่อไฟเล็กสังเกตให้ว่าได้รับความร้อนสูงเกินไปหรือไม่ โดยเฉพาะท่อไฟเล็กในแถวบน หากพบว่าผิดปกติต้องซ่อมแซมหรือเปลี่ยนใหม่

4.1.6 สังเกตการโค้งงอของท่อไฟเล็ก ใช้วิธีการมองจากด้านหน้าไปด้านหลัง สำหรับท่อน้ำให้ดูความตรงของท่อน้ำทุก ๆ ท่อ

4.1.7 สังเกตว่ามีการรั่วของน้ำในท่อไฟ หรือภายนอกท่อน้ำ หากพบต้องเปลี่ยนใหม่ ไม่ควรซ่อม

4.1.8 สังเกตการรั่วของน้ำที่ปลายทั้ง 2 ข้างของท่อไฟเล็กหรือท่อน้ำ โดยเฉพาะการใช้วิธีการเบ่งหรือบานท่อมักจะรั่วซึม หากพบต้องบานท่อใหม่ทุกท่อที่รั่วซึม

4.1.9 ทำความสะอาดผนังหน้าและผนังหลังด้วยแปรงลวด พร้อมสังเกตว่ามี การรั่ว หรือมีรอยรั่วซึมของน้ำหรือไม่ หากพบต้องรีบแก้ไข

4.1.10 สังเกตดูการรั่วของปะเก็นที่ทำหน้าที่ซีลฝาหน้าและฝาหลังหม้อไอน้ำ หากมีการฉีกขาดหรือหมดอายุต้องเปลี่ยนใหม่ และหากปะเก็นมีเขม่าจับหนาต้องทำความสะอาด

4.1.11 สังเกตอิฐทนไฟที่บุฝาหน้าและฝาหลัง หากแตกร้าวหรือหลุดร่วงต้องซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพเรียบร้อย

ตาราง 13 ระยะเวลาตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ

ระยะเวลา	1 วัน	7 วัน	1 เดือน	3-6 เดือน	1 ปี
สิ่งที่ต้องตรวจสอบและบำรุงรักษา					
หลอดแก้ววัดระดับน้ำ วาล์ว และท่อ	○			●	
วาล์วถ่ายน้ำทิ้ง	○			●	
เครื่องควบคุมระดับน้ำ	○			●	
สัญญาณเตือนภัยอัตโนมัติ	○			●	
เครื่องปรับคุณภาพน้ำ	○				●
ปั๊มน้ำ	○				●
ลิ้นนิรภัย		○			●
วาล์วจ่ายไอน้ำ		○			●
หัวฉีด		○		●	
ตาไฟ		○		●	
กระบอกดูการเผาไหม้		○		●	
อุปกรณ์อุ่นน้ำมัน		○		●	
ไส้กรองน้ำมัน		○		●	
พัดลม		○			●
เกจวัดความดันและท่อ			○		●
สวิตช์ควบคุมความดันและท่อ			○		●
วาล์วกันกลับที่ท่อน้ำเข้า			○		●
ถังเก็บน้ำมัน			○		●
ท่อน้ำหรือท่อไฟฟ้าด้านสัมผัสไฟ			○		●
ฝานิรภัย			○		●
อิฐทนไฟ ฉนวนกันความร้อน				○	●
ปลั๊กหลอมละลาย				○	●
เหล็กยึดโยง				○	●
ช่องมือถอด				○	●
อุปกรณ์แยกน้ำ				○	●
ถังพักไอน้ำ				○	●
ท่อน้ำหรือท่อไฟฟ้าด้านสัมผัสน้ำ				○	●

หมายเหตุ

- หมายถึง การตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ การระบายน้ำ การระบายไอ และอื่นๆ
- หมายถึง การบำรุงรักษา การปรับปรุงแก้ไข การเปลี่ยนหรือซ่อม และอื่นๆ

4.2 การบำรุงรักษาด้านสัมผัสน้ำ

การบำรุงรักษาด้านสัมผัสน้ำ ได้แก่ การบำรุงรักษาภายในของหม้อไอน้ำ บริเวณที่มีน้ำหรือไอน้ำบรรจุอยู่ การบำรุงรักษาด้านสัมผัสน้ำปกติจะทำทุก 3-6 เดือน หรือ 1 ปี ด้วยการทำความสะอาดพร้อมตรวจดูการเกิดตะกอน การกัดกร่อน แตกร้าว โค้งงอ เสียรูปของท่อไฟใหญ่ ท่อไฟเล็ก ท่อน้ำ ภายในครีမ် เหล็กยึดโยง และท่อที่ต่อไปยังส่วนประกอบและอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย การบำรุงรักษาด้านสัมผัสน้ำสามารถดำเนินการได้ตามตาราง 14 ซึ่งแสดงปัญหาที่เกิดขึ้นสาเหตุ พร้อมกับวิธีการบำรุงรักษา

4.3 การบำรุงรักษาส่วนประกอบหม้อไอน้ำ

การบำรุงรักษาส่วนประกอบหม้อไอน้ำ ควรมีการบำรุงรักษาเป็นระยะ ๆ ตามคู่มือหม้อไอน้ำที่มีอยู่ หรือตามข้อเสนอแนะของผู้สร้างหม้อไอน้ำ อย่างไรก็ตามหากไม่กำหนดระยะเวลาการบำรุงรักษาส่วนประกอบหม้อไอน้ำมาก่อนและไม่มีข้อมูลหรือแนวทางปฏิบัติ ขอให้ดูตัวอย่างในตาราง 13 อย่างไรก็ตามหากพบว่าผิดปกติก่อนถึงระยะเวลาที่ต้องบำรุงรักษา จำเป็นต้องดำเนินการ วิธีการบำรุงรักษาส่วนประกอบต่างๆ ของหม้อไอน้ำทำได้ ดังนี้

4.3.1 เครื่องวัดระดับน้ำและวาล์ว ควรบำรุงรักษาทุก 3 ถึง 6 เดือน เนื่องจากแท่งแก้ว หรือหลอดแก้วมักมีตะกอนหรือสิ่งสกปรกเกาะแน่น ทำให้มองระดับน้ำไม่ชัด ควรใช้ผ้าพร้อมผงซักฟอกทำความสะอาดภายนอก ภายในใช้แปรงลวดขนาดเล็ก สำหรับวาล์วหลอดแก้วมักรั่วตามแกนหรือรอยต่อ หากพบปะเก็นชำรุดควรเปลี่ยน เมื่อใช้งานครบ 1 ปี ควรถอดเครื่องวัดระดับน้ำและวาล์วออกทำความสะอาด แล้วปรับปรุง ซ่อมแซม หรือเปลี่ยนส่วนที่ชำรุดหรือสึกหรอ

4.3.2 เกจวัดความดันและท่อไซฟอน ควรบำรุงรักษาอย่างน้อยปีละครั้ง ด้วยการถอดท่อไซฟอนมาทำความสะอาดประจำ พร้อมปรับความแม่นยำ (Calibrate) ของเข็มวัดความดันให้ถูกต้อง

ตาราง 14 การเกิดปัญหา สาเหตุ และการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำด้านสัมผัสน้ำ

ปัญหา	สาเหตุ	การบำรุงรักษา (แก้ไข - ป้องกัน)
เกิดตะกรัน	1. น้ำมีความกระด้าง หรือ ซิลิกาสูง	1. ปรับหรือเพิ่มระบบปรับคุณภาพน้ำ ใหม่ หากไม่มีต้องติดตั้ง
เกิดตะกอน	2. ขาดการบำรุงรักษาระบบ ปรับคุณภาพน้ำ	2. กำหนดระยะเวลาบำรุงรักษาให้แน่นอน
การผุกร่อนหรือกัดเป็นรูพรุน	1. มีโคลนหรือสิ่งสกปรก อื่น ๆ เจือปนในน้ำมาก	1. ติดตั้งเพิ่มเติมหรือทำความสะอาดถัง กรองทราย
	2. มีสารแขวนลอย (T.D.S.) สูง	2. ติดตั้งระบบการระบายน้ำทิ้งทางวาล์ว ถ่ายกันหม้อไอน้ำเป็นระยะทุกชั่วโมง
	1. สภาพน้ำเป็นกรด ค่า PH ต่ำกว่า 7 ในน้ำมี HCl , H ₂ SO ₄ ละลายอยู่	1. ปรับระบบเติมน้ำยา หรือสารเคมี เข้าไปเพื่อปรับค่า PH น้ำในหม้อไอน้ำ ให้มีค่า 9-11
	2. มี O ₂ และ CO ₂ ละลายอยู่ ในน้ำสูง	2. ปรับระบบไล่อากาศ หรือ Deaerator พร้อมเติมสารเคมีปรับค่า PH ให้เป็น ด่าง
แตกร้าวในเนื้อโลหะ	1. น้ำมีสภาพความเป็นด่าง สูงคือ มี NaCO ₃ , Na (HCO ₃) และ Na (HO ₃)	1. ปรับปรุงระบบ เพื่อลดความเป็นด่าง ของน้ำที่เข้าหม้อไอน้ำ
	2. ได้รับความดันสูง	2. หาทางลดความเค้นบริเวณที่เสี่ยงหรือ ออกแบบบริเวณนั้น ให้แข็งแรงเป็น พิเศษ
เกิดการบวม โค้งงอ หรือเสียรูป	1. น้ำแข็ง	1. ปรับระบบควบคุมระดับน้ำให้ เหมาะสมหรือติดตั้งสัญญาณเตือน
	2. ตะกรันหนา	2. ปรับคุณภาพน้ำ เพื่อขจัดความ กระด้างให้ดีขึ้น หากไม่มีต้องติดตั้ง
	3. ตะกอนหรือโคลนมาก	3. ปรับกรองทรายและระบายน้ำทางวาล์ว ถ่ายน้ำมากขึ้น
	4. การออกแบบไม่เหมาะสม	4. คำนวณและออกแบบใหม่ให้เหมาะสม กับความดันและอุณหภูมิที่ใช้งาน

4.3.3 วาล์วต่าง ๆ เนื่องจากการใช้วาล์วหลายชนิดตามจุดต่าง ๆ ของหม้อไอน้ำ เช่น วาล์วจ่ายไอน้ำ วาล์วถ่ายน้ำ วาล์วท่อน้ำเข้า เชื้อควาล์ว และวาล์วอื่น ๆ ระยะเวลาในการบำรุงรักษาอยู่ในช่วง 3-12 เดือนต่อครั้ง การบำรุงรักษาทำได้โดยการถอดทุกส่วนของวาล์วมาล้างทำความสะอาด พร้อมตรวจสอบการสึกหรอหรือชำรุด หากพบต้องซ่อมหรือเปลี่ยนใหม่ จุดที่มักมีปัญหาการสึกหรอหรือกัดกร่อน ได้แก่ บ่าวาล์ว หน้าวาล์ว และแกนวาล์ว สำหรับซีล(Seal)หรือปะเก็น หากสึกหรอหรือกัดกร่อนควรเปลี่ยนใหม่

4.3.4 ระบบส่งน้ำเข้าหม้อไอน้ำรวมถึงถังพักน้ำ ท่อดูดน้ำ ใส้กรองสิ่งสกปรก (Strainer) มาตรวัดปริมาณน้ำ ปั๊มน้ำ และท่อส่งน้ำเข้าหม้อไอน้ำควรบำรุงรักษาทุกปี โดยถอดออกมาทำความสะอาดและตรวจการสึกหรอหรือชำรุด สำหรับ Strainer ควรถอดออกมาทำความสะอาดทุก 1 ปี มอเตอร์ปั๊มน้ำควรตรวจการรั่วของสายไฟและสายดิน สายพานส่งกำลังหรือเพลาส่งกำลัง ควรสังเกตว่ามีการชำรุดหรือสึกหรอด้วยหากพบต้องแก้ไข ชั้นนัตที่ยึดปั๊มน้ำหรือมอเตอร์กับแท่นให้แน่น ปั๊มน้ำบางชนิดต้องอัดจาระบีอย่างสม่ำเสมอ

4.3.5 ระบบเชื้อเพลิงและอุปกรณ์การเผาไหม้ ได้แก่ ถังเก็บน้ำมัน ใส้กรองน้ำมัน เครื่องอุ่นน้ำมัน หัวฉีด หัวจุดนำก๊าซ หัวจ่ายก๊าซ วาล์วปิด-เปิดก๊าซและน้ำมัน พัดลม ตาไฟ และกระบอกการเผาไหม้ ควรถอดมาทำความสะอาดระหว่าง 3-12 เดือน สำหรับหัวฉีด หากพบว่า การเผาไหม้ไม่หมดจดหรือมีเขม่ามากขณะที่ชิ้นส่วนไม่ชำรุด ควรทำความสะอาดทุกสัปดาห์ หากการจุดระเบิดครั้งแรกมีเขม่าควันมากถือว่าเป็นเรื่องปกติที่ยอมรับได้ แต่เมื่อลูกไหม้สึกกร่อน ควันจะลดน้อยลง ตาไฟอาจต้องทำความสะอาดบ่อย มิฉะนั้นการส่งสัญญาณให้หัวฉีดจะทำงานผิดปกติ และถังเก็บน้ำมันควรหมั่นระบายสิ่งสกปรกทิ้ง

4.3.6 ระบบจ่ายไอน้ำ ได้แก่ อุปกรณ์แยกน้ำ ท่อจ่ายไอน้ำ ขั้วต่อหรือท่อรับการขยายตัวและถังพักไอน้ำ ควรบำรุงรักษาทุกปีด้วยการทำความสะอาด เพื่อขจัดตะกอนและสิ่งสกปรกที่ตกค้างอยู่ออกไป รอยต่อของท่อจ่ายไอน้ำมักจะซึมตรงปะเก็นควรทำเครื่องหมายหรือสัญลักษณ์ไว้ขณะใช้งาน เมื่อถึงคราวบำรุงรักษาจะได้เปลี่ยนปะเก็นใหม่

4.3.7 ฉนวนกันความร้อน ปกติใช้ท่อหุ้มหม้อไอน้ำ ท่อจ่ายไอน้ำ และถังพักไอน้ำทำจากใยแก้ว ใยหินหรือแอสเบสตอส ฉนวนมีอายุใช้งานนาน 5-7 ปี หากมีการรั่วของไอน้ำบริเวณที่มีฉนวน อาจทำให้ฉนวนชำรุดเร็วขึ้น จึงต้องสังเกตว่าประสิทธิภาพของความเป็นฉนวนลดลงมากหรือน้อย ควรทำความสะอาดวัสดุที่หุ้มฉนวนด้วย หากพบว่าชำรุดควรซ่อมหรือเปลี่ยนใหม่

4.3.8 บันไดและทางเดินบนหม้อไอน้ำ ทุกปีควรทำความสะอาดพร้อมทั้งตรวจสอบการชำรุดของชั้นบันไดและทางเดินบนหม้อไอน้ำ หากพบต้องซ่อมแซม

5. การบำรุงรักษาอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยของหม้อไอน้ำ

การบำรุงรักษาอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยของหม้อไอน้ำ การตรวจสอบเพียงอย่างเดียวไม่สามารถประกันได้ว่าอุปกรณ์อยู่ในสภาพที่ดี หม้อไอน้ำให้อยู่ในสภาพที่ปลอดภัย จำเป็นต้องบำรุงรักษาเป็นระยะควบคู่ไปด้วย ทำให้สร้างความมั่นใจยิ่งขึ้น การบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆ ทำได้ ดังนี้

5.1 ถังนิรภัย ควรบำรุงรักษาอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง โดยการถอดชิ้นส่วนต่าง ๆ ของถังนิรภัยออกมาทำความสะอาด พร้อมทั้งตรวจสอบการสึกหรอหรือชำรุด หากพบจะต้องซ่อมหรือเปลี่ยนใหม่ วาล์วและบ่าวาล์วของถังนิรภัยควรบดให้เรียบด้วยกากเพชรชนิดเดียวกับที่ใช้บดวาล์วเครื่องยนต์ หากกัดกร่อนมากอาจใช้วิธีการกลึงปาดหน้าใหม่ สำหรับแกนวาล์วต้องใช้กระดาษทรายขัดให้เรียบ ก้านหรือคานโยกต้องไม่บิดงอ สปริงถ้าหรือเป็นสนิมมากควรเปลี่ยนใหม่ ขนาดและความแข็งต้องเท่าเดิม บำรุงรักษาแล้ว ต้องตรวจสอบ และปรับความดันถังนิรภัยให้ถูกต้องและเหมาะสมกับการใช้งาน

5.2 ปลั๊กหลอมละลาย ควรทำความสะอาดด้านสัมผัสเป็นระยะ ควบคู่ไปกับการทำความสะอาดบริเวณที่ติดตั้ง เช่น ท่อไฟใหญ่ สำหรับด้านสัมผัสน้ำควรทำความสะอาดเพื่อขจัดตะกอนหรือตะกรัน ทุกครั้งที่เปิดช่องคนลอด ควรมีปลั๊กหลอมละลายและสารที่ใช้สำหรับอุดรูปลั๊กหลอมละลายสำรองไว้ด้วย ปลั๊กหลอมละลายเมื่อใช้ครบปีควรเปลี่ยนใหม่

5.3 เครื่องควบคุมระดับน้ำ ควรบำรุงรักษาทุก 3-6 เดือน ด้วยการทำความสะอาดภายในห้องลูกลอยหรือห้องอิเล็กทรอนิกส์ เพราะมีตะกอนหรือตะกรันตกค้างอยู่ภายใน เครื่องควบคุมระดับน้ำเป็นแบบแท่งอิเล็กทรอนิกส์ ควรถอดมาขัดทำความสะอาดด้วยกระดาษทรายละเอียดพร้อมตรวจการกัดกร่อนและตรวจการแตกร้าวของฉนวนแท่งอิเล็กทรอนิกส์ด้วย สำหรับแบบลูกลอยควรทำความสะอาดลูกลอยและตรวจดูมีการขัดตัวหรือการร้าวหรือไม่ พร้อมทั้งตรวจสอบสายไฟที่บริเวณหัวของแท่งปรอท มักจะพบว่าชำรุดเสมอ ฝาคกรอบใช้ผ้าสะอาดเช็ดและตรวจการแตกร้าว

5.4 สัญญาณเตือนภัยอัตโนมัติ ควรบำรุงรักษาทุก 3-6 เดือน ตัวรับสัญญาณที่ต่อโดยตรงกับหม้อไอน้ำส่วนใหญ่ใช้ร่วมกับเครื่องควบคุมระดับน้ำ ดังนั้นเมื่อบำรุงรักษาเครื่องควบ

คุมระดับน้ำแล้ว ส่วนนี้ไม่ต้องทำอะไร สำหรับตัวส่งสัญญาณที่เป็นเสียงหรือแสงควรใช้ผ้าสะอาด เช็ด พร้อมตรวจสอบการทำงาน

5.5 สวิตช์ควบคุมความดัน ควรบำรุงรักษาอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง ด้วยการทำความสะอาด พร้อมทั้งตรวจการชำรุดของสายไฟหรือกระจกและเข็ม ท่อที่ต่อมายังสวิตช์ควบคุมความดันต้องทำความสะอาดเช่นเดียวกัน

5.6 ฟานิรภัย ควรบำรุงรักษาอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง ด้วยการถอดทุกส่วนมาทำความสะอาดพร้อมตรวจการชำรุดของปะเก็นและสปริงการใส่กลับที่เดิมขณะขันนัตที่กดสปริงต้องระมัดระวัง หากขันแน่นเกินไปก๊าซที่ระเบิดในห้องเผาไหม้จะระบายออกไม่ได้ ก่อให้เกิดอันตรายแก่ชุดหัวฉีดได้ ในทางกลับกันหากขันนัตน้อยไปความร้อนจากการเผาไหม้จะรั่วออกมาได้ง่าย

5.7 การบำรุงรักษาอุปกรณ์หรือสิ่งอื่นที่เกี่ยวข้องกับหม้อไอน้ำ มีหลายอย่างที่ต้องบำรุงรักษาแต่ไม่สามารถจัดกลุ่มเข้ากับสิ่งที่กล่าวมาแล้ว จึงต้องแยกมารวมไว้ด้วยกัน ดังนี้

5.7.1 ช่องคนลวด ช่องมือลวด และช่องทำความสะอาด ควรทำความสะอาดทุกครั้งที่ถอดออกมา การทำความสะอาดต้องทำทั้งช่องที่ติดอยู่กับหม้อไอน้ำ และส่วนที่เป็นฝาปิดสำหรับก้ามปู สลักเกลียวและหัวนัต ควรล้างทำความสะอาดพร้อมตรวจสอบการชำรุดของเกลียว ควรใช้จาระบีหรือน้ำมันทาเกลียวขณะประกอบด้วย ปะเก็นควรเปลี่ยนใหม่ทุกครั้งที่ถอด การต่อปะเก็นต้องทำอย่างถูกวิธี วัสดุที่ใช้ทำปะเก็นต้องทนความร้อนและความดันได้สูง มิฉะนั้นจะฉีกขาดหรือรั่วเมื่อนำไปใช้งาน

5.7.2 เครื่องปรับคุณภาพน้ำ ควรล้างทำความสะอาดเรซินหรือทราย ตามระยะเวลาที่กำหนด หรือตรวจวัดคุณภาพน้ำเกินเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ถังกรองทรายใช้นาน ๆ จะเกิดการอุดตันของตะกอนหรือทรายอัดแน่นเกินไป ทำให้น้ำไหลผ่านได้น้อย จึงควรล้างตะกอนออกพร้อมทั้งเปลี่ยนทรายใหม่ การใช้น้ำเกลือล้างเครื่องกรองเรซินไม่ควรใช้วิธีการแช่ ควรใช้วิธีการปล่อยให้น้ำเกลือไหลย้อนทางขณะกรองน้ำเพื่อให้เม็ดเรซินกระจายตัวไม่เกาะกันแน่น และให้น้ำเกลือชะล้างความกระด้างที่เกาะรอบเม็ดเรซินได้หมด เมื่อล้างเรซินสะอาดแล้วต้องใช้น้ำบริสุทธิ์ส่งเข้าไปล้างน้ำเกลือภายในถังเรซินให้หมดก่อนใช้ถังกรองเรซินต่อไป

5.7.3 ปล่องไฟ ควรบำรุงรักษาอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง ด้วยการล้างทำความสะอาดทั้งภายในและภายนอกปล่อง พร้อมทั้งตรวจการรั่วหรือชำรุดของปล่องด้วย ปล่องอิฐจะแตกร้าวหรือร้าวเสมอ ๆ ควรซ่อมให้เรียบร้อย สำหรับปล่องเหล็กพบว่ามีกรร่วและกัดกร่อนสูงบริเวณ

รอยต่อหรือน้ำแข็ง ต้องทำความสะอาดและทาสีเพื่อป้องกันการกัดกร่อน ปล่องเหล็กมีอายุการใช้งาน 5-7 ปี หากพบว่าฐานชำรุดมากที่ไม่ควรซ่อมด้วยวิธีดัดปะ เพราะความแข็งแรงไม่พอ

6. การเก็บรักษาหม้อไอน้ำ

การเก็บรักษาหม้อไอน้ำ เมื่อหม้อไอน้ำหยุดใช้งานนาน ๆ ไม่มีวิธีการเก็บที่ถูกต้อง และเหมาะสมแล้วจะทำให้โครงสร้าง ส่วนประกอบ และอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยเกี่ยวกับหม้อไอน้ำชำรุดหรือเสื่อมคุณภาพได้ง่าย ดังนั้นจึงควรเรียนรู้วิธีการเก็บรักษาหม้อไอน้ำที่ถูกต้องเพื่อยืดอายุการใช้งานของหม้อไอน้ำให้ยาวนานขึ้น การเก็บรักษาหม้อไอน้ำสามารถทำได้ ดังนี้

6.1 ตัดหรือยกสวิทช์ไฟใหญ่ที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำ

6.2 ส่วนประกอบและอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย ดำเนินการดังนี้

6.2.1 กรณีเก็บหม้อไอน้ำไม่เกิน 3 เดือน และยังต้องการใช้งาน ควรตรวจสอบการทำงานให้เรียบร้อย ว่าอยู่ในสภาพปกติแล้วปิดวาล์วหรือท่อที่ต่อออกจากหม้อไอน้ำไปภายนอกให้สนิท

6.2.2 กรณีเก็บหม้อไอน้ำเกิน 3 เดือน และยังต้องการใช้งาน ควรบำรุงรักษาส่วนประกอบและอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยให้เรียบร้อยแล้วประกอบเข้าที่เดิม หาพลาสติกหรือผ้าคลุมชุดปั้มน้ำ หัวฉีด เกจวัดความดัน เครื่องควบคุมระดับน้ำ แผงควบคุมหม้อไอน้ำ และบริเวณที่สำคัญอื่นๆ เพื่อป้องกันฝุ่น สารเคมี หรือสิ่งสกปรกอื่นๆ

6.2.3 กรณีเก็บหม้อไอน้ำเกิน 3 เดือน และไม่ต้องการใช้งาน หรือเก็บไว้รอจำหน่าย ควรบำรุงรักษาส่วนประกอบและอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยให้เรียบร้อย แล้วประกอบเฉพาะวาล์วเข้าที่ ส่วนประกอบและอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยอื่นๆ ที่เหลือใส่กล่องหรือภาชนะที่แข็งแรงและมิดชิด

6.3 การเก็บรักษาด้านสัมผัสไฟ ให้ทำความสะอาดและบำรุงรักษาอื่น ๆ ตามวิธีการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำด้านสัมผัสไฟดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

6.4 การเก็บรักษาด้านสัมผัสน้ำ ทำได้ 2 วิธี ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่จะเก็บรักษา แต่ต้องล้างตะกอนหรือสิ่งสกปรกออกให้หมดก่อนเก็บ มีวิธีเก็บดังนี้

6.4.1 การเก็บแบบเปียก เหมาะสำหรับเก็บหม้อไอน้ำไม่เกิน 3 เดือน วิธีการทำเติมน้ำเข้าไปภายในหม้อไอน้ำจนเกือบเต็ม เดินเครื่องหม้อไอน้ำให้เกิดไอน้ำชั่วขณะ จากนั้นเติมโซเดียมซัลไฟด์หรือไฮดรอกไซด์ลงไปในน้ำให้มีความเข้มข้นประมาณ 100 PPM (ใช้โซเดียมซัลไฟด์

หรือไฮดราซีน 1.5 ปอนด์ ต่อน้ำ 100 แกลลอน) เพื่อกำจัดออกซิเจน แล้วเติมโซดาไฟเพื่อทำให้น้ำเป็นด่าง ด้วยความเข้มข้นประมาณ 400 PPM (ใช้โซดาไฟ 3 ปอนด์ต่อน้ำ 1,000 แกลลอน) หลังจากนั้นเติมน้ำให้เต็มแล้วปิดวาล์วหรือท่อทางออกจากหม้อไอน้ำทุกแห่ง

6.4.2 การเก็บแบบแห้ง เหมาะสำหรับเก็บหม้อไอน้ำเกิน 3 เดือน วิธีการทำใช้อากาศร้อนเป่าภายในหม้อไอน้ำให้แห้ง แล้วใส่สารดูดความชื้น เช่น ปูนขาว ซิลิกาเจล หรือ แอคติเวทอลูมินา ปริมาณ 80 ปอนด์ต่อปริมาตร 1,000 ลูกบาศก์ฟุต ไว้ในถาดแล้ววางภายในหม้อไอน้ำส่วนสัมผัสน้ำ จากนั้นปิดวาล์วหรือช่องทางออกต่าง ๆ ให้สนิทเพื่อป้องกันความชื้นเข้าไปภายใน

กิจกรรมและสื่อ

กิจกรรมการเรียนการสอน มีดังนี้

1. ให้นักศึกษาบอกขั้นตอนในการควบคุมหม้อไอน้ำ
2. ให้นักศึกษาอธิบายวิธีการตรวจหม้อไอน้ำ
3. ให้นักศึกษาบอกแนวทางการเก็บรักษาหม้อไอน้ำ

สื่อ ประกอบด้วย

1. แผ่นภาพ
2. แผ่นใส
3. เอกสารประกอบการสอน
4. หนังสืออ่านประกอบ

การประเมินผล

1. ถาม-ตอบ ระหว่างบรรยาย
2. สังเกตการถาม การตอบคำถาม และการอภิปรายของนักศึกษา
3. ทำแบบฝึกหัดท้ายเล่ม

164

แบบฝึกหัด

1. จงบอกแนวทางและประโยชน์ของการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ
2. จงอธิบายการบำรุงรักษาอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยของหม้อไอน้ำ

หนังสืออ่านประกอบ

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2530). คู่มือควบคุมหม้อไอน้ำ. ม.ป.ท.
วิชัย พงษ์ธาราธิกุล. (2542). คู่มือควบคุมหม้อไอน้ำ. กรุงเทพฯ : บริษัท ธวิพัฒน์ จำกัด.

หน่วยที่ 9

กฎหมายและมาตรฐานหม้อไอน้ำ

แผนการสอน

วิชา เครื่องจักรพลังน้ำและไอน้ำ รหัสวิชา 3101-3003
ครั้งที่ 1 เรื่อง กฎหมายและมาตรฐานหม้อไอน้ำ

หน่วยที่ 9
เวลา 2 คาบ

เนื้อหาสาระ

1. กฎหมายเกี่ยวกับความปลอดภัยของหม้อไอน้ำ
2. มาตรฐานหม้อไอน้ำ
3. การสร้างหม้อไอน้ำ
4. ส่วนควบหม้อไอน้ำ
5. การคำนวณออกแบบหม้อไอน้ำ
6. การทดสอบหม้อไอน้ำ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกสาระสำคัญของกฎหมายเกี่ยวกับความปลอดภัยของหม้อไอน้ำ
2. อธิบายมาตรฐานหม้อไอน้ำได้
3. อธิบายเทคนิคการสร้างหม้อไอน้ำได้
4. บอกส่วนควบหม้อไอน้ำได้
5. ใช้สูตรคำนวณออกแบบหม้อไอน้ำได้
6. อธิบายวิธีการทดสอบหม้อไอน้ำได้

หน่วยที่ 9

กฎหมายและมาตรฐานหม้อไอน้ำ

หน่วยงานราชการ 3 กระทรวง ที่ควบคุมดูแลความปลอดภัยหม้อไอน้ำ ได้แก่ กระทรวงอุตสาหกรรม กระทรวงมหาดไทย และกระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม แต่ละกระทรวงต่างถือกฎหมายคนละฉบับ และต่างควบคุมความปลอดภัยของหม้อไอน้ำตามอำนาจหน้าที่ที่กฎหมายกำหนดไว้ หากกฎหมายทั้งสามฉบับสอดคล้องกันหรือใกล้เคียงกัน จะไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อโรงงานอุตสาหกรรม สถานประกอบการ หรือผู้ใช้ แต่มีกฎหมายบางข้อมีความแตกต่างกันทำให้เกิดความสับสนในทางปฏิบัติ จำเป็นต้องอาศัยการประสานงานจากหน่วยงานทั้งสอง รายละเอียดของกฎหมายที่ทั้ง 3 หน่วยงานดูแล มีดังนี้

1. กฎหมายเกี่ยวกับความปลอดภัยของหม้อไอน้ำ

กระทรวงอุตสาหกรรม มีกฎหมายเกี่ยวกับหม้อไอน้ำ กฎกระทรวงฉบับที่ 2 (พ.ศ.2535) และกฎกระทรวง ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2535) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 18 (พ.ศ.2538) และระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรมว่าด้วยการขึ้นทะเบียนบุคคลต่าง ๆ ซึ่งควบคุมตั้งแต่การสร้างหม้อไอน้ำ การใช้หม้อไอน้ำ และการตรวจสอบหม้อไอน้ำ มีสาระสำคัญ ว่าการสร้างหรือซ่อมหม้อไอน้ำต้องได้รับการออกแบบ และควบคุมการสร้าง หรือซ่อมจากวิศวกรหม้อไอน้ำที่ใช้ต้องมีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายต่าง ๆ รวม 13 รายการ เช่น ถิ่นนิรภัย ป้อนน้ำ หลอดแก้วและสัญญาณเตือนอัตโนมัติ เป็นต้น พร้อมทั้งต้องมีผู้ควบคุมหม้อไอน้ำที่มีคุณสมบัติผ่านการอบรมหลักสูตรผู้ควบคุมหม้อไอน้ำ หรือจบประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาช่างยนต์ หรือช่างกลโรงงาน และหม้อไอน้ำต้องได้รับการตรวจสอบความปลอดภัยในการใช้งานประจำปีจากวิศวกร นอกจากนี้กฎหมายยังระบุด้วยว่าวิศวกรที่ทำงานเกี่ยวกับหม้อไอน้ำ และคนที่ควบคุมหม้อไอน้ำต้องได้รับการขึ้นทะเบียนจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมก่อนจึงสามารถปฏิบัติงานได้ โรงงานต้องจัดทำข้อมูลการตรวจและการทดสอบความปลอดภัยหม้อไอน้ำด้วย

กระทรวงมหาดไทย มีกฎหมายที่เกี่ยวกับหม้อไอน้ำคือ พระราชบัญญัติวิชาชีพ วิศวกรรม พ.ศ.2505 อยู่ในการควบคุมดูแลของกองงานคณะกรรมการควบคุมการประกอบอาชีพวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม (กว.กส.) สำนักงานปลัดกระทรวงมหาดไทย ซึ่งเป็นการควบคุมการทำงานด้านวิศวกรรม ในส่วนที่เกี่ยวกับหม้อไอน้ำระบุว่า ผู้ที่จะทำงานได้ต้องเรียนมาในสาขาวิชาวิศวกรรมควบคุมเครื่องกลหรือเทียบเท่าและได้รับอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม หม้อไอน้ำทุกขนาดจะต้องได้รับการออกแบบ คำนวณ และควบคุมการสร้างจากวิศวกร

สำหรับการตรวจสอบความปลอดภัยหม้อไอน้ำต้องเป็นสามัญวิศวกรขึ้นไป ผู้ใดดำเนินงาน วิศวกรรมโดยไม่ได้รับอนุญาต มีโทษจำคุกไม่เกิน 1 ปี หรือปรับไม่เกิน 10,000 บาท หรือทั้งจำทั้ง ปรับ

กระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม มีกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับหม้อไอน้ำ ยังคงยึดถือ ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย “เรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับหม้อไอน้ำ พ.ศ. 2534” มีสาระสำคัญที่แตกต่างและเหมือนกับประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ดังนี้

ประกาศกระทรวงมหาดไทย เหมือนกับ ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ในเรื่องที่เกี่ยวข้อง กับหม้อไอน้ำ ได้แก่

1. ต้องมีผู้ควบคุมหม้อไอน้ำ มีคุณสมบัติตามที่กำหนด
2. หม้อไอน้ำต้องได้รับการตรวจสอบความปลอดภัย ปีละ 1 ครั้ง จากวิศวกร
3. อุปกรณ์ต่าง ๆ ของหม้อไอน้ำ

ส่วนใหญ่จะกำหนดเหมือนกัน ในเรื่องเกี่ยวกับ

3.1 ถังนิรภัย

3.2 มาตรวัดระดับน้ำ

3.3 มาตรวัดความดัน

3.4 เครื่องสูบน้ำ มีความสามารถทำความดันได้อย่างน้อย 1.5 เท่า ของความดันใช้งาน

สูงสุด

3.5 ต้องมีวาล์วกันกลับ (กรณีที่มีหม้อไอน้ำ 2 เครื่อง และต่อท่อจ่ายถึงกัน)

3.6 สัญญาณเตือนภัยเมื่อน้ำแห้ง

3.7 ติดตั้งบันได (กรณีหม้อไอน้ำสูงเกิน 3 เมตร)

3.8 ต้องมีวาล์วถ่ายน้ำ

ประกาศกระทรวงมหาดไทย แตกต่างจาก ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมในเรื่องที่ เกี่ยวกับหม้อไอน้ำ ได้แก่

1. ไม่ครอบคลุมถึงหม้อต้มน้ำมัน (Thermal Oil or Hot Oil)

2. ไม่ครอบคลุมหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำขดบางชนิด

3. ผู้ควบคุมหม้อไอน้ำและวิศวกรตรวจหม้อไอน้ำไม่ต้องขึ้นทะเบียน

4. ผลการตรวจสอบหม้อไอน้ำประจำปีของวิศวกร ไม่ต้องส่งแต่ให้เก็บไว้พร้อม รับการตรวจสอบ

5. กำหนดระยะห่างระหว่างหม้อไอน้ำกับหม้อไอน้ำ ระยะห่างหม้อไอน้ำกับผนังห้องและเพดาน อย่างน้อย 1.5 เมตร

6. กำหนดให้มีคณะกรรมการที่ปรึกษาเกี่ยวกับหม้อไอน้ำ ทำหน้าที่เสนอความเห็นเกี่ยวกับนโยบาย การปรับปรุงหรือแก้ไขเพิ่มเติม หรือให้คำแนะนำอื่น ๆ เกี่ยวกับหม้อไอน้ำให้กับกรมแรงงาน

7. อุปกรณ์ต่าง ๆ ของหม้อไอน้ำ

อุปกรณ์ของหม้อไอน้ำตามประกาศ คือ

7.1 ท่อถ่ายน้ำ ต้องติดตั้งวาล์ว 2 ชุด

7.2 ต้องติดตั้งปั๊มน้ำ 2 ชุด เมื่อพื้นที่รับความร้อนมากกว่า 50 ตารางเมตร

7.3 ปั๊มน้ำต้องสามารถสูบน้ำเข้ามากกว่า 1.5 เท่าของอัตราการผลิตสูงสุด

7.4 ท่อน้ำเข้าต้องมีมาตรวัดความดัน

2. มาตรฐานหม้อไอน้ำ

ปัจจุบันประเทศไทยได้กำหนดมาตรฐานหม้อไอน้ำขึ้น เป็นมาตรฐานไม่บังคับ ผู้ผลิตหม้อไอน้ำจึงสามารถสร้างตามแบบที่วิศวกรออกแบบให้ หรือสร้างอิงตามมาตรฐานต่างประเทศ หรือสร้างตามแบบที่บริษัทผู้ผลิตหม้อไอน้ำในต่างประเทศกำหนด (License) หรืออาจใช้วิธีตั้งเข้าสำเร็จรูป หม้อไอน้ำที่ผลิตได้มาตรฐานไม่น่าห่วงเรื่องอันตรายมากนัก เพราะมีการออกแบบที่ดี วัสดุที่ใช้เหมาะสม กรรมวิธีการผลิตถูกต้องอุปกรณ์ที่ใช้กับหม้อไอน้ำได้มาตรฐานเป็นที่ยอมรับและยังมีการควบคุมการผลิตอย่างใกล้ชิด มีการตรวจสอบคุณภาพสม่ำเสมอ สำหรับผู้ผลิตหม้อไอน้ำในประเทศไทยยังมีหลายแห่งที่สร้างหม้อไอน้ำไม่ได้มาตรฐาน ทั้งด้านการออกแบบ วัสดุที่ใช้ กรรมวิธีการผลิต อุปกรณ์ความปลอดภัยไม่มีคุณภาพ การควบคุมการผลิตและคุณภาพไม่ดี ทำให้เกิดอุบัติเหตุเสมอ มีข้อดีตรงที่ราคาถูก ทำให้ผู้ประกอบการโรงงานหลายแห่งสนใจซื้อใช้ เมื่อเกิดอุบัติเหตุขึ้นร้ายแรง เช่น การระเบิด จะเห็นว่าไม่คุ้มค่า เพราะสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน

2.1 มาตรฐานหม้อไอน้ำของต่างประเทศ

มาตรฐานหม้อไอน้ำของต่างประเทศที่ใช้กันแพร่หลาย ได้แก่

2.1.1 ASME (The American Society of Mechanical Engineering) ของสหรัฐอเมริกา

2.1.2 JIS (Japanese Industrial Standard) ของญี่ปุ่น

2.1.3 BS (British Standard) ของอังกฤษ

2.1.4 DIN (Deutsches Institute Fur Normung) ของเยอรมัน

2.2 มาตรฐานหม้อไอน้ำของแต่ละประเทศ ต่างกำหนดขึ้นมาจากพื้นฐานของความปลอดภัยในการใช้งานเป็นหลัก มีความแตกต่างในรายละเอียดบ้าง แล้วแต่ประเทศใดจะเห็นความเหมาะสม ในที่นี้ขอยกตัวอย่างมาตรฐานหม้อไอน้ำของ ASME และ JIS มาเปรียบเทียบ เพราะมาตรฐานทั้งสอง เป็นที่ยอมรับว่ามีความปลอดภัยสูงเป็นที่นิยมใช้ในประเทศไทย

2.3 มาตรฐานหม้อไอน้ำของ ASME มาตรฐานหม้อไอน้ำของ ASME เป็นมาตรฐานที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในสหรัฐอเมริกาและประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก ส่วนที่เกี่ยวข้องกับหม้อไอน้ำอยู่ใน Section I Rules For Construction Power Boiler สรุปได้ว่า มาตรฐานนี้ให้ใช้กับหม้อไอน้ำที่มีความดันสูงกว่า 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (PSI) หรือหม้อไอน้ำที่ผลิตน้ำร้อนอุณหภูมิสูงกว่า 250 องศาฟาเรนไฮต์ แต่ไม่ครอบคลุมถึงหม้อไอน้ำชนิดที่บรรจุน้ำไม่เกิน 6 แกลลอน หรือมีอุณหภูมิไม่เกิน 350 องศาฟาเรนไฮต์ หรือไม่เกิดไอน้ำในชุด นอกจากนั้นกล่าวถึงการออกแบบโครงสร้างต่าง ๆ ของหม้อไอน้ำ โดยเฉพาะบริเวณที่ต้องรับความดันสูง การติดตั้ง (Stay) ยึดเพื่อเพิ่มความแข็งแรง การต่อแผ่นเหล็กด้วยวิธีการเชื่อมและใช้หมุดย้ำ การตรวจและทดสอบความแข็งแรงของรอยต่อต่าง ๆ โดยเฉพาะบริเวณที่ใช้การเชื่อม กำหนดคุณสมบัติของวัสดุที่จะนำมาสร้างหม้อไอน้ำแต่ละจุดซึ่งมีความแตกต่างกัน ข้อเสนอแนะในการเลือกใช้ลิ้นนิรภัย เครื่องควบคุมน้ำ เกจวัดความดันและปั้มน้ำ วิธีการติดตั้งวาล์วจ่ายไอน้ำ ท่อน้ำ ท่อจ่ายไอน้ำและท่อถ่ายน้ำ วิธีการตรวจสอบความปลอดภัยหม้อไอน้ำด้วยการอัดน้ำ (Hydrostatic test) เพื่อหาการรั่วหรือการแตกร้าวของโครงสร้างหม้อไอน้ำ

2.4 มาตรฐานหม้อไอน้ำของ JIS ส่วนที่เกี่ยวข้องกับหม้อไอน้ำ ได้แก่ JIS B8201-1967 Construction Of Steel Boiler For Land Use โดยมีเนื้อหาของมาตรฐานที่สำคัญ ๆ เช่น การออกแบบ การสร้าง การติดตั้ง การเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์เหมือนกับของ ASME แต่จะมีความแตกต่างกันในรายละเอียด กล่าวคือ มาตรฐานหม้อไอน้ำของ JIS กับ ASME มีความแตกต่างกัน 4 ประการสำคัญ คือ

2.4.1 มาตรฐานหม้อไอน้ำของ JIS ไม่ครอบคลุมถึงหม้อไอน้ำที่เคลื่อนที่ได้ หม้อไอน้ำไฟฟ้า หม้อไอน้ำที่มีพื้นที่รับความร้อนน้อยกว่า 3.5 ตารางเมตร และมีรูระบาย

ไอน้ำไม่เล็กกว่า 25 มิลลิเมตร หม้อไอน้ำที่ผลิตน้ำร้อนที่มีความดันไม่เกิน 10 เมตร-น้ำ และมีพื้นที่รับความร้อนไม่เกิน 8 ตารางเมตร

2.4.2 เส้นนิริภัย JIS กำหนดว่า หม้อไอน้ำที่มีพื้นที่รับความร้อนเกิน 50 ตารางเมตร จะต้องมียุทธภัย 2 ชุด สำหรับ ASME ระบุว่าต้องมีเส้นนิริภัย 2 ชุด เมื่อหม้อไอน้ำมีพื้นที่รับความร้อน 50 ตารางฟุต (47 ตารางเมตร) หรืออัตราการผลิตไอน้ำ 4,000 ปอนด์ต่อชั่วโมง หรือหม้อไอน้ำไฟฟ้าที่ใช้กำลังเกิน 1,100 กิโลวัตต์

2.4.3 ปืนน้ำ JIS กำหนดว่า ควรมีปืนน้ำ 2 ชุด หรือมากกว่า สำหรับ ASME กำหนดให้มีปืนน้ำไม่น้อยกว่า 2 ชุด เมื่อหม้อไอน้ำมีพื้นที่รับความร้อนเกิน 50 ตารางฟุต

2.4.4 การตรวจสอบอัดน้ำ JIS กำหนดไว้อย่างละเอียด คือ หม้อไอน้ำที่ความดันใช้งานสูงสุดไม่เกิน 4.3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (kg/cm^2) ให้อัดน้ำที่ความดัน 2 เท่า หากความดันใช้งานสูงสุดระหว่าง 4.3-5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ให้อัดน้ำที่ความดัน 1.3 เท่า แล้วบวกด้วย 3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับหม้อไอน้ำที่ความดันใช้งานสูงกว่า 15 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ให้อัดน้ำที่ความดัน 1.5 เท่า ขณะที่ ASME กำหนดไว้ให้อัดน้ำที่ความดัน 1.5 เท่าของความดันใช้งานสูงสุดที่ออกแบบไว้

2.4.5 มาตรฐานหม้อไอน้ำ มอก. 855-2532 มอก. 855-2532 เป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม “หม้อไอน้ำ” เกี่ยวกับการสร้าง เป็นมาตรฐานไม่บังคับ ทำให้บริษัทผู้ผลิตหม้อไอน้ำในประเทศ สามารถใช้เป็นแนวทางการสร้างหม้อไอน้ำให้ถูกต้องหลักวิศวกรรมมากขึ้น มาตรฐานหม้อไอน้ำฉบับนี้มีรายละเอียดมาก ครอบคลุมทั้งหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำและแบบท่อไฟ มีสาระที่สำคัญ ๆ ดังนี้

1) มาตรฐานนี้ใช้เฉพาะหม้อไอน้ำที่ทำด้วยเหล็กกล้า สำหรับผลิตไอน้ำหรือน้ำร้อน

หม้อไอน้ำตามมาตรฐาน JIS ไม่ครอบคลุมถึงหม้อไอน้ำต่อไปนี้

- (1) หม้อไอน้ำไฟฟ้าและหม้อไอน้ำที่ใช้ในยานพาหนะ
- (2) หม้อไอน้ำที่ใช้ความดันไม่เกิน 100 กิโลพาสคัล(KPa) หรือ 1.02 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของเปลือก 300 มิลลิเมตร และยาวไม่เกิน 600 มิลลิเมตร หรือมีพื้นที่รับความร้อนไม่เกิน 1 ตารางเมตร

(3) หม้อไอน้ำที่มีพื้นที่ผิวรับความร้อนไม่เกิน 3.5 ตารางเมตร และ ความดันสูงสุดไม่เกิน 50 กิโลพาสคัล (0.51 kg/cm^2) มีท่อระบายไอน้ำสู่บรรยากาศขนาดไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร

(4) หม้อไอน้ำร้อนที่มีความดันสูงสุดไม่เกิน 100 กิโลพาสคัล และมีผิวรับความร้อนไม่เกิน 8 ตารางเมตร

2) ความหมายของคำที่ใช้มาตรฐานนี้

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐาน JIS มีดังนี้

(1) หม้อไอน้ำ (Boiler) หมายถึง เครื่องผลิตไอน้ำหรือน้ำร้อนโดยอาศัยความร้อนที่ได้จากก๊าซสันดาปอุณหภูมิสูงเป็นส่วนใหญ่

(2) ก๊าซสันดาป (Combustion) หมายถึง ก๊าซที่ได้จากเผาไหม้ของเชื้อเพลิง

(3) ความดันใช้งานสูงสุดของหม้อไอน้ำ (Maximum Allowable Working Presssure) หมายถึง ความดันที่ไม่เกินค่าต่ำสุดของความดันใช้งานสูงสุดสำหรับทุกส่วนของหม้อไอน้ำ

(4) ผิวรับความร้อน (Heating Surface) หมายถึง พื้นที่ผิวหน้าโลหะของหม้อไอน้ำส่วนที่สัมผัสกับก๊าซสันดาป และอีกด้านหนึ่งสัมผัสกับน้ำ โดยวัดพื้นที่ด้านสัมผัสก๊าซสันดาป

การคำนวณผิววัดความร้อน ทำได้ดังนี้

(4.1) หม้อไอน้ำประเภทท่อไฟ ให้คำนวณผิวรับความร้อนจากพื้นที่ผิวของโลหะที่สัมผัสกับก๊าซสันดาป และอีกด้านหนึ่งเป็นน้ำ โดยวัดพื้นที่ด้านก๊าซสันดาป (กรณีท่อไฟกลมวัดภายใน)

(4.2) หม้อไอน้ำประเภทท่อน้ำ ให้คำนวณผิวรับความร้อนจากพื้นที่ของโลหะที่สัมผัสกับก๊าซสันดาป (กรณีท่อน้ำกลมวัดภายนอก)

(4.3) วัสดุ ให้ใช้เหล็กกล้าคาร์บอน หรือเหล็กกล้าคาร์บอนหล่อที่มีส่วนประกอบทางเคมี ดังแสดงในตาราง 15 และคุณสมบัติทางกล ตามที่กำหนดไว้ สำหรับทำเปลือก ผนัง ท่อไฟ ท่อน้ำ และส่วนที่รับความดันอื่นๆ

ตาราง 15 ส่วนประกอบทางเคมีเหล็ก เมื่อวิเคราะห์เหล็กหลอมจากบ้ำหรือผลิตภัณฑ์

ธาตุ	ร้อยละไม่เกิน
คาร์บอน	0.35
ซิลิคอน	0.40
แมงกานีส	1.40
ฟอสฟอรัส	0.05
กำมะถัน	0.05

3. การสร้างหม้อไอน้ำ

การสร้างหม้อไอน้ำมีข้อกำหนดที่สำคัญ ดังนี้

3.1 การเชื่อม ช่างเชื่อมต้องผ่านการทดสอบทุก 1 ปี รอยเชื่อมของส่วนต่าง ๆ ของหม้อไอน้ำต้องเป็นไปตามที่กำหนดในมาตรฐาน

3.2 กรรมวิธีทางความร้อน

กรรมวิธีทางความร้อน ทำได้ดังนี้

3.2.1 เหล็กหนาเกิน 20 มิลลิเมตรขึ้นไป ให้คลายความเค้นรอยเชื่อม กรณีที่เป็นเหล็กกล้า คาร์บอน ต้องกระทำที่อุณหภูมิอย่างน้อย 600 ± 20 องศาเซลเซียส โดยค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิ 2 นาที 30 วินาที ต่อความหนา 1 มม. และทิ้งไว้ให้เย็นในเตา สำหรับส่วนที่หนาเกิน 20 มิลลิเมตร มีค่าไม่เกิน 400°C จากนั้น นำออกจากเตา ทิ้งไว้ให้เย็นบริเวณที่ไม่มีลมโกรก ต้องทำกราฟแสดงเวลา และอุณหภูมิของการคลายความเค้น

3.2.2 ส่วนที่รับความดัน

ส่วนที่รับความดัน กระทำโดยวิธีใดวิธีหนึ่งดังนี้

- 1) อบหม้อไอน้ำทั้งใบในเตาปิด
- 2) อบเป็นส่วน ๆ เช่น ฝา หรือ เปลือก ที่ประกอบไปด้วยส่วนที่ต้องได้รับการคลายความเค้น ก่อนต่อยึดกับส่วนอื่น ๆ

3) ทำกรรมวิธีทางความร้อนเป็นส่วน ๆ สำหรับตะเข็บตามแนวรอบวงของเปลือกและท่อความร้อนในแนวรอบวงต้องมากกว่า 4 เท่าของความหนาโลหะ

3.2.3 การตรวจสอบด้วยรังสี สามารถทำได้ดังนี้

รอยเชื่อมที่เปลือกและเสดเคอร์ ตามแนวยาวต้องตรวจสอบด้วยรังสี (Radiographic Examination) 100 % สำหรับรอยเชื่อมตามแนวเส้นรอบวงของ ข้อต่อ ท่อ และเสดเคอร์ ให้เป็นดังนี้

- 1) ส่วนที่หนาไม่เกิน 6 มิลลิเมตร ไม่ต้องตรวจด้วยรังสี
- 2) ส่วนที่หนา 6-12 มิลลิเมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกไม่เกิน 102 มิลลิเมตร ไม่ต้องตรวจด้วยรังสี
- 3) ส่วนที่หนาเกิน 12 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 19 มิลลิเมตร หรือมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกไม่เกิน 170 มิลลิเมตร ให้สุ่มตัวอย่างรอยเชื่อม 5 แห่ง ตรวจด้วยรังสีและความยาวรวมของรอยเชื่อมที่ตรวจประมาณ 5% ของความยาวรวมรอยเชื่อม
- 4) ส่วนที่หนาเกิน 19 มิลลิเมตร หรือมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกเกิน 170 มิลลิเมตร ให้ตรวจด้วยรังสี 10% ของความยาวรอยเชื่อม
- 5) รอยต่อรูปตัวที ไม่สามารถตรวจสอบด้วยรังสีได้ ให้ตรวจด้วยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonic examination) ทุกแห่ง

4. ส่วนควบหม้อไอน้ำ

ส่วนควบหม้อไอน้ำ มีข้อกำหนดที่สำคัญ ดังนี้

- 4.1 ถังนิรภัย ต้องเป็นแบบสปริงมีคานสำหรับทดสอบด้วยมือ หม้อไอน้ำมีพื้นที่รับความร้อนเกิน 50 ตร.ม. ต้องมีถังนิรภัย 2 ตัว บ่าถังไม่ต่ำกว่า 15 มม.
- 4.2 เครื่องวัดระดับน้ำ ต้องมี 2 วิธี และหนึ่งในสองวิธีต้องเป็นมาตรไส
- 4.3 เครื่องวัดความดัน สเกลวัดความดันสูงสุด 1.5-2 เท่าของความดันใช้งานสูงสุด และมีขีดบอกความดันใช้งานสูงสุด หน้าปัดไม่ต่ำกว่า 100 มม. มีท่อไซฟอนด้วย
- 4.4 ถัง ให้ใช้แบบเหล็กกล้าคาร์บอนหล่อ

5. การคำนวณออกแบบ

การคำนวณออกแบบ กำหนดรายละเอียด ดังนี้

- 5.1 ความดันที่ยอมให้ (P) สำหรับส่วนต่าง ๆ ของหม้อไอน้ำที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอน โดยใช้ค่าใดค่าหนึ่งไม่น้อยกว่า

$$f = \frac{R_{20}}{2.7} \text{ หรือ } = \frac{Et}{1.6} \dots\dots\dots 1$$

- f = ค่าความเค้นที่ยอมให้ (เมกะพาสคัล)
- R₂₀ = ความต้านทานแรงดึงของเหล็กที่อุณหภูมิห้อง (เมกะพาสคัล)
- E = ความต้านแรงดึงที่จุดครากบน หรือความเค้นพิสูจน์ที่อุณหภูมิ t (เมกะพาสคัล)
- t = อุณหภูมิโลหะส่วนที่ร้อนที่สุด (°ซ)

5.2 ความหนาของเปลือกทรงกระบอกและเสกเตอร์ ต้องไม่น้อยกว่า 5 มม. เมื่อใช้เชื่อม และ 7 มม. เมื่อใช้หมุดย้ำ หรือคำนวณจากสูตร ต่อไปนี้

$$e = \frac{PR}{fz - 0.5 P} + 0.75 \dots\dots\dots 2$$

- e = ความหนาต่ำสุด ของเปลือกทรงกระบอก (มม.)
- P = ความดันใช้งานสูงสุด (เมกะพาสคัล, MPa)
- R = รัศมีภายในของเปลือกทรงกระบอก (มม.)
- f = ความเค้นที่ยอมให้ สูตรที่ 1 (เมกะพาสคัล)
- z = ประสิทธิภาพของรอยเชื่อม ตามยาว
- 0.75 = ความหนาเพื่อการกัดกร่อน (มม.)

5.3 ผนังหม้อไอน้ำแบบนอน ความหนาต่ำสุดคำนวณ ดังนี้

$$e = \frac{PR}{2f_1} + e_1 \dots\dots\dots 3$$

e = ความหนาของแผ่นเหล็กผนัง (มม.)

P = ความดันใช้งานสูงสุด (เมกะพาสคัล)

R = รัศมีภายในผนัง (มม.)

f_1 = $0.8f$ (หา f จากสูตร 1)

e_1 = ความหนาเพื่อการกัดกร่อน (0.75 มม.)

5.4 ท่อไฟใหญ่

การคำนวณความหนาของท่อไฟใหญ่ พิจารณา 2 กรณี คือ

5.4.1 กรณีท่อไฟใหญ่เป็นแบบเรียบ ให้ใช้ค่าที่คำนวณจากสูตร 4 แต่ ต้องไม่เกิน 22 มิลลิเมตร

5.4.2 กรณีท่อไฟใหญ่เป็นแบบลอน ความหนาควรอยู่ระหว่าง 8-22 มม. หาได้จากการคำนวณจากสูตร 4

$$e = \frac{PD}{2f_1} + e_1 \quad \dots\dots\dots 4$$

e = ความหนาของแผ่นเหล็ก (มม.)

P = ความดันใช้งานสูงสุด (เมกะพาสคัล)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อไฟแบบเรียบ หรือภายนอกที่ก้นของลอน (มม.)

L = ความยาวของส่วนที่อยู่ระหว่างศูนย์กลางของจุดยึด (มม.)

C_1, C_2 = ค่าคงที่ (หาได้จากตารางที่ 9.1)

f_1 = $0.6 f$

e_1 = ความหนาเพื่อการกัดกร่อน (0.75 มม.)

6. การทดสอบหม้อไอน้ำ

การทดสอบหม้อไอน้ำ มีเกณฑ์การทดสอบ ดังนี้

6.1 วุฒิผู้ตรวจสอบ ต้องเป็นไปตามที่ กว.กำหนดพร้อมได้รับอนุญาตให้ขึ้นทะเบียนจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม และสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.)

6.2 การตรวจสอบขณะสร้าง ต้องตรวจเกี่ยวกับ การออกแบบ การคำนวณ วัสดุ ที่ใช้ในการสร้าง และการทดสอบ โดยดำเนินการประเมินผลขณะสร้างเป็นระยะ

6.3 การทดสอบด้วยความดันของน้ำ หม้อไอน้ำทุกเครื่องต้องทดสอบด้วยน้ำที่ความดัน 1.5 เท่าของความดันออกแบบ ยกเว้นหม้อไอน้ำขนาดใหญ่ (ท่อน้ำ) ซึ่งทดสอบ ณ ที่ติดตั้งให้ทดสอบที่ความดัน 1.25 เท่าของความดันออกแบบ โดยรักษาความดันที่ทดสอบไม่น้อยกว่า 30 นาที

กิจกรรมและสื่อ

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน มีดังนี้

1. ให้นักศึกษาบอกรายชื่อหน่วยงานต่าง ๆ ที่ดูแลความปลอดภัยของหม้อไอน้ำ
 2. ให้นักศึกษาร่วมกันอภิปราย ว่าการมีที่รัฐมีหลายหน่วยงานดูแลความปลอดภัยของหม้อไอน้ำ มีข้อดีข้อเสียอย่างไร
 3. ให้นักศึกษาบอกละเอียดสำคัญของกฎหมายเกี่ยวกับความปลอดภัยของหม้อไอน้ำ
- สื่อ ประกอบด้วย

1. แผ่นภาพ
2. แผ่นใส
3. เอกสารประกอบการสอน
4. หนังสืออ่านประกอบ

การประเมินผล

1. ถาม-ตอบ ระหว่างบรรยาย
2. สังเกตการถาม การตอบคำถาม และการอภิปรายของนักศึกษา
3. ทำแบบฝึกหัดท้ายเล่ม

186

แบบฝึกหัด

1. จงบอกข้อกำหนดที่สำคัญในการสร้างหม้อไอน้ำ
2. จงบอกส่วนควบที่สำคัญของหม้อไอน้ำ
3. จงอธิบายเกณฑ์การทดสอบหม้อไอน้ำ

หนังสืออ่านประกอบ

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2530). คู่มือควบคุมหม้อไอน้ำ. ม.ป.พ.
วิชัย พงษ์ธาราธิกุล. (2542). คู่มือควบคุมหม้อไอน้ำ. กรุงเทพฯ : บริษัท ธวิพัฒน์ จำกัด.
สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2535). การประหยัดพลังงานความร้อน.
ม.ป.พ.

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2539). เชื้อนอเนกประสงค์. ม.ป.พ.
_____. (ม.ป.ป.). เอกสารประกอบการอบรมเรื่องการปรับสภาพน้ำ.
มปพ.
- กิดานันท์ มลิทอง. (2543). เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วน
จำกัด อรุณการพิมพ์.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2544). ร่างนโยบายของกระทรวงศึกษาธิการปีงบประมาณ 2545.
กรุงเทพฯ. เอกสารอัดสำเนา.
- กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
(พฤษภาคม – สิงหาคม 2541). ข่าวสารการประหยัดพลังงาน. 16 (2) : หน้า 12-13.
_____. (2541). พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535. กรุงเทพฯ :
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- _____. (2538). การเผาไหม้เชื้อเพลิงและการบำรุงรักษาหัวเผา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- _____. (2538).
ข้อเสนอแนะในการใช้หม้อไอน้ำและเตาเผาอย่างมีประสิทธิภาพ. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- _____. (2538). การนำคอนเดนเสดมาใช้ประโยชน์ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- _____. (2538). การนำคอนเดนเสดมาใช้ประโยชน์และแฟลชสตีมกลับมาใช้ประโยชน์ 2.
กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- _____. (ม.ป.ป.). เครื่องปั๊มน้ำ. (เอกสารเผยแพร่ชุดประสิทธิภาพการใช้พลังงาน รหัส EC
01/02/5)
- _____. (2538). สตรีมแทป. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2530). คู่มือควบคุมหม้อไอน้ำ. ม.ป.พ.
- กรมวิชาการ. (2538). เอกสารแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพัฒนาคุณภาพโรงเรียน.
กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- กรมวิชาการ. (2540). ผู้บริหาร... ผู้นำการพัฒนาระบบการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์การ
ศึกษา.

กรมอาชีวศึกษา. (2543). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542. กรุงเทพฯ : พริกหวานกราฟฟิค.

กรมอาชีวศึกษา. (2544). แนวปฏิบัติตามนโยบายของกระทรวงศึกษาธิการ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2545. กรุงเทพฯ. เอกสารอัดสำเนา.

จักรพรรดิ วัฒนา. (2540) รายงานการศึกษาองค์ประกอบที่ส่งผลต่อคุณภาพการศึกษา โรงเรียนประเภท สามัญศึกษา เขตการศึกษา 1. สำนักพัฒนาการศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม เขตการศึกษา 1. เอกสารอัดสำเนา.

✓ เกลิมศักดิ์ นามเชียงใต้. (2544). กลยุทธ์ในการทำผลงานทางวิชาการ สำหรับอาจารย์ 3. กรุงเทพฯ : หจก. อุบลกิจออฟเซตการพิมพ์.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2543). ประมวลสาระชุดวิชาการพัฒนาหลักสูตรและวิทยวิธีทางการสอน. นนทบุรี : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์. (ม.ป.ป.) เทคโนโลยีไอน้ำ. ม.ป.พ.

ชูชัย สมितिไกร. (2542). การฝึกอบรมบุคลากรในองค์การ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไทยกราฟท์อุตสาหกรรม. (ตุลาคม, 2535). “เรื่องของความดัน (Pressure),” สารวิศวกรรม. 2(14) : 1-2.

ไทยกราฟท์อุตสาหกรรม. (พฤศจิกายน, 2535). “เรื่องของความดัน (Pressure),” สารวิศวกรรม. 2(15) : 1.

ไทยกราฟท์อุตสาหกรรม. (ธันวาคม, 2535). “เรื่องของความดัน (Pressure),” สารวิศวกรรม. 2(16) : 1-2.

ธวัชชัย ชัยจิรฉายากุล. (2543). ประมวลสาระชุดวิชาการพัฒนาหลักสูตรและวิทยวิธีทางการสอน. นนทบุรี : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ธวัชชัย ชัยจิรฉายากุล และอรุณี หรดาล. (2539). ประมวลสาระชุดวิชาประสบการณ์วิชาชีพมหาบัณฑิตหลักสูตรและการสอน. นนทบุรี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ธำรง โชตะมังสะ และสุจิตต์ สมองคุณ. (ม.ป.ป.). เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น. กรุงเทพฯ : เม็ดทรายพรินติ้ง.

✓ บุญเกื้อ ควรรหาเวช. (2543). นวัตกรรมการศึกษา. กรุงเทพฯ : หจก. เอส.อาร์. พรินติ้ง.

บุญญศักดิ์ ใจจงกิจ. (ม.ป.ป.). เครื่องจักรพลังน้ำ เครื่องจักรไอน้ำ และหม้อน้ำ. นนทบุรี : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ประเวศ วะสี. (2543). ปฏิรูปการเรียนรู้ ผู้เรียนสำคัญที่สุด. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว,

ประเสริฐ เทียนนิมิตร และคณะ. (2539). เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. (2543). การบริหารงานวิชาการ. กรุงเทพฯ : บริษัท พิมพ์ดี จำกัด.

พีระ รัตนวิจิตร. (2540). รายงานการวิจัย เรื่องการศึกษาความสัมพันธ์ของพฤติกรรมการบริหารของผู้บริหารสถานศึกษาที่มีต่อพฤติกรรมการสอนของข้าราชการครูในโรงเรียนปฏิรูปการ ศึกษา เขตการศึกษา 12. สำนักพัฒนาการศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม เขตการศึกษา 1. เอกสารอัดสำเนา.

ไพจิตร สดวกการ และคณะ. (2542). รายงานการวิจัย เรื่องการวิจัยและพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ที่เน้น การพัฒนาคุณภาพความคิดเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมยุคข้อมูลข่าวสารสำหรับเยาวชน ในสถานศึกษา. กรุงเทพฯ. เอกสารอัดสำเนา.

ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (ม.ป.ป). เอกสารประกอบการอบรมเรื่องการเผาไหม้เชื้อเพลิง. ม.ป.พ.

มังกร ทองสุกดี. (2523). การวางแผนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : สามเจริญพานิช.

มูลนิธิวิถีทรรศน์. (2543). ปฏิวัติการศึกษาไทย แก้ปัญหามาตรกัมทางจิตวิญญาณ. กรุงเทพฯ : อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน).

รุ่ง แก้วแดง. (2543). รูปแบบและภารกิจอุดมศึกษา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

วิญญา วิศาลาภรณ์. (2521). เอกสารประกอบคำบรรยายเรื่องการประเมินผลทางการศึกษา. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พิษณุโลก. เอกสารอัดสำเนา.

วิชัย ประสิทธิ์วุฒิเวชช์. (2542). การพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษาที่ท้องถิ่น. กรุงเทพฯ : บริษัท เซ็นเตอร์ ดิสคัฟเวอรี จำกัด.

วิชัย พงษ์ธาราธิกุล. (2539). คู่มือควบคุมหม้อไอน้ำ. กรุงเทพฯ : บริษัท ธวิพัฒน์ จำกัด.

วิวัฒน์ ภัททิยธนี. (2539). เทคโนโลยีไอน้ำ. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด.

สมนึก นนธิจันทร์. (2542). การเรียนการสอน การวัดและประเมินผลจากสภาพจริงของผู้เรียน โดยใช้ Portfolio. กรุงเทพฯ : บริษัท โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.

- สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2535). *การประหยัดพลังงานความร้อน*. ม.ป.พ. สุธรรม อารีกุล. (2543). *อุดมศึกษาสู่ปวงชน*. กรุงเทพฯ : บริษัท สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช จำกัด.
- สุเนตร แสงการ. (ม.ป.ป.) *คู่มือการสอนวิชากลศาสตร์ของไหล*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี., เอกสารอัดสำเนา.
- สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2543). *เรียนรู้สู่ครูมืออาชีพ*. กรุงเทพฯ : บริษัท ที.พี. พรินท์ จำกัด.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2544). *ปฏิรูปการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำลี ทองธิว และปรีชา คัมภีรปกรณ. (2538). *ประมวลสาระชุดวิชาการพัฒนาระบบการสอน*. นนทบุรี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- เสริมศักดิ์ วิชาลาภรณ์. (2536). *เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่องยุทธศาสตร์ในการพัฒนาเอกสารผลงานทางวิชาการ*. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. เอกสารอัดสำเนา.
- อุทัย ดุลยเกษม. (2543). *ศึกษาเรียนรู้*. กรุงเทพฯ : มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.
- อุบล พวงสุวรรณ. (2544). *รายงานการวิจัย เรื่องการพัฒนาชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง วิชาภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารที่เน้นสภาพจริงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. หน่วยศึกษานิเทศ กรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 5. เอกสารอัดสำเนา.
- อำพล ชี้อตรง และสายัณห์ ศรีวิเชียร. (ม.ป.ป). *เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น*. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.
- อำภา บุญช่วย. (2537). *การบริหารงานวิชาการในโรงเรียน*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- อำรุง จันทวานิช. (2544). *แนวทางการนำมาตรฐานหลักสูตรไปสู่การออกแบบการจัดการเรียนรู้ และการวัดประเมินผลตามสภาพจริง*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- Mazahiro Yoshizawa. (1986). *Supplementary reading for Thermodynamics*. Samutprakarn : SEAFDEC.
- Yanmar Co., Ltd. *Yanmar Diesel Engine Instruction Book..* Japan : Yanmar Co., Ltd.
- Cengel, Yanus A. and Boles, Michael A. (1998). *Thermodynamics An Engineering Approach*. USA : McGraw – Hill.

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจแก้แบบสอบถาม

ผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบแบบสอบถามความคิดเห็น

1. นายน่วม ห่วงทอง
ตำแหน่ง อาจารย์ 3 ระดับ 9 วิทยาลัยเทคนิคราชบุรี จังหวัดราชบุรี
2. นายเสรี เลิศสุชาตวณิช
ตำแหน่ง อาจารย์ 3 ระดับ 8 วิทยาลัยเทคนิคราชบุรี จังหวัดราชบุรี
3. นายอำพร ทองนุช ตำแหน่ง ผู้อำนวยการวิทยาลัยการอาชีพอัมพวา อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม

ภาคผนวก ข

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา

ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบรายละเอียดของเนื้อหาที่เรียบเรียงขึ้นแต่ละหน่วยการสอน

1. นายวิชัย พฤกษ์ธาราธิกุล

ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์ ภาควิชาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล วุฒิวิศวกร (วก. 527)

2. นายธีรพนธ์ พุทธิกิจวิวงศ์

ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาพลังงาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

3. นายวิสิฐ ธนกิจอำไพ

ตำแหน่งผู้อำนวยการวิทยาลัยการอาชีพปากท่อ อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี

4. นายกฤษดา เกิดคำ

ตำแหน่ง อาจารย์ 3 ระดับ 8 วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง จังหวัดอ่างทอง

5. นายสันติ อุ้เพชร

ตำแหน่ง อาจารย์ 3 ระดับ 8 วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท จังหวัดชัยนาท

ประวัติย่อผู้ทำสารนิพนธ์

ประวัติย่อผู้ทำสารนิพนธ์

ชื่อ	นายสมศักดิ์ ตันติวิวัฒน์
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ. 2496
สถานที่เกิด	อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	153/50 หมู่ 12 ตำบลเจดีย์หัก อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี 70000
ตำแหน่ง	อาจารย์ 3 ระดับ 8
สถานที่ทำงาน	วิทยาลัยเทคนิคราชบุรี กรมอาชีวศึกษา
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2514	มัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนปากพนัง อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช
พ.ศ. 2517	มัธยมศึกษาตอนปลาย สายอาชีพ จากโรงเรียนการช่างนครศรีธรรมราช
พ.ศ. 2519	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จากวิทยาลัยเทคนิคภาคใต้ จังหวัดสงขลา
พ.ศ. 2525	ปริญญาตรีครุศาสตรบัณฑิต (ค.อ.บ.) จากวิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา
พ.ศ. 2530	Certificate of Marine Engineering. Southeast Asian Fisheries Development Center. (SEAFDEC)
พ.ศ. 2545	การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) การบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ