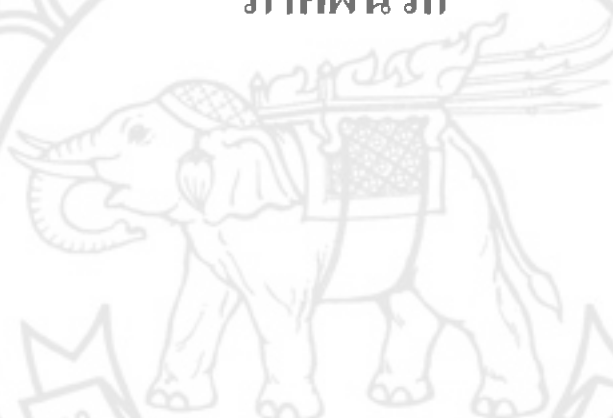


ภาคผนวก

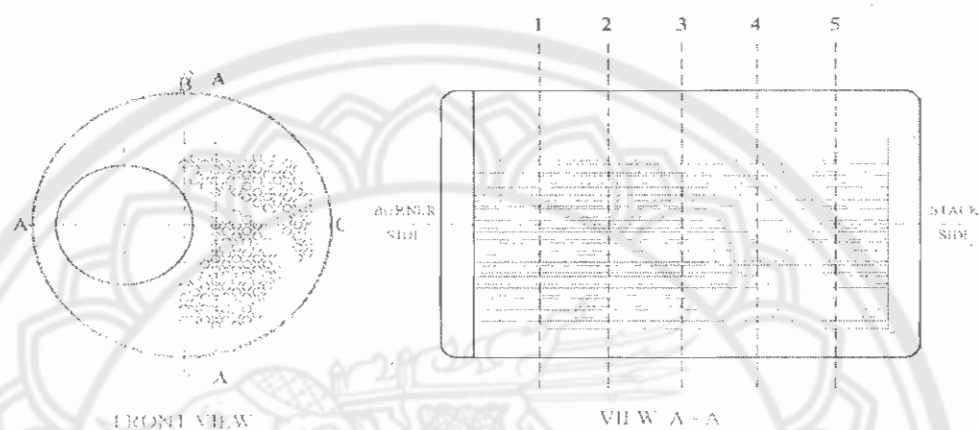


มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาคผนวก ก

ผลการตรวจสอบความหนาด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (UT Thickness Test)

1. ผลการตรวจสอบความหนาของผนังหม้อไอน้ำ



รูปที่ ก.1 แสดงตำแหน่งจุดที่ทำการตรวจสอบ

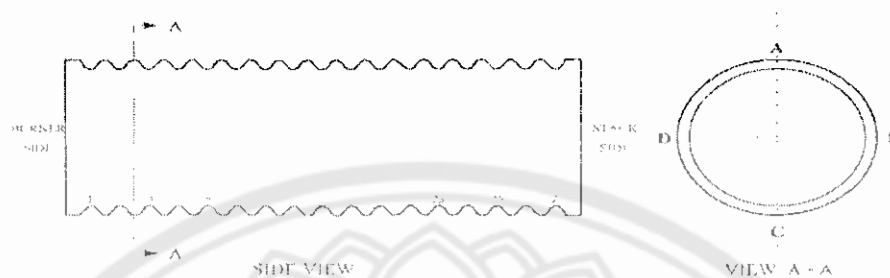
ความหนาเหล็กมาตรฐาน 16 mm

ความหนาเหล็กต่ำสุดที่ยอมรับได้ 11.2 mm

shell			
thickness (mm)			
NO.	point		
	a	b	c
1	15.78	15.67	15.66
2	15.86	15.66	15.70
3	15.80	15.60	15.68
4	16.09	16.32	16.09
5	16.05	16.32	16.20

ตารางที่ ก.1 แสดงผลการตรวจสอบความหนาของผนังหม้อไอน้ำ

2. ผลการตรวจสอบความหนาของผนังท่อไฟใหญ่



รูปที่ ก.2 แสดงตำแหน่งจุดที่ทำการตรวจสอบ

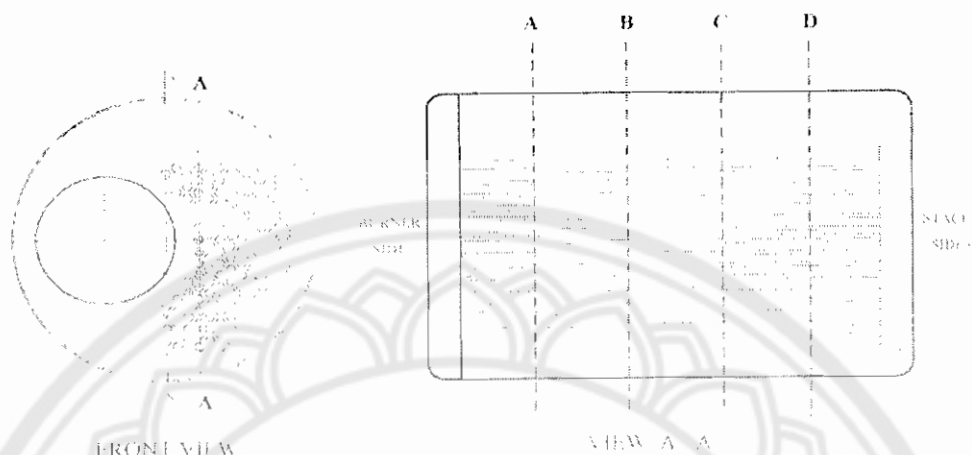
ความหนาเหล็กมาตรฐาน 16 mm

ความหนาเหล็กต่ำสุดที่ยอมรับได้ 11.2 mm

shell				
thickness (mm)				
NO.	point			
	a	b	c	d
1	15.58	16.24	15.58	16.01
3	15.56	15.98	16.16	16.16
5	15.76	16.62	16.23	15.91
7	15.76	16.29	15.75	15.86
9	15.62	16.57	16.02	15.92
11	15.64	16.43	15.63	15.75
13	15.47	15.83	15.51	15.76
15	15.48	15.81	15.59	15.58
17	15.59	15.75	15.68	15.45
19	15.88	15.75	15.67	15.58
21	15.75	15.76	15.58	15.79
23	15.50	15.70	15.73	15.45
25	15.54	15.63	15.67	15.30
27	15.43	15.58	15.66	15.25

ตารางที่ ก.2 ผลการตรวจสอบความหนาของผนังท่อไฟ

3. ผลการตรวจสอบความหนาของท่อวันด้านล่าง



รูปที่ ก.3 แสดงตำแหน่งจุดที่ทำการตรวจสอบ

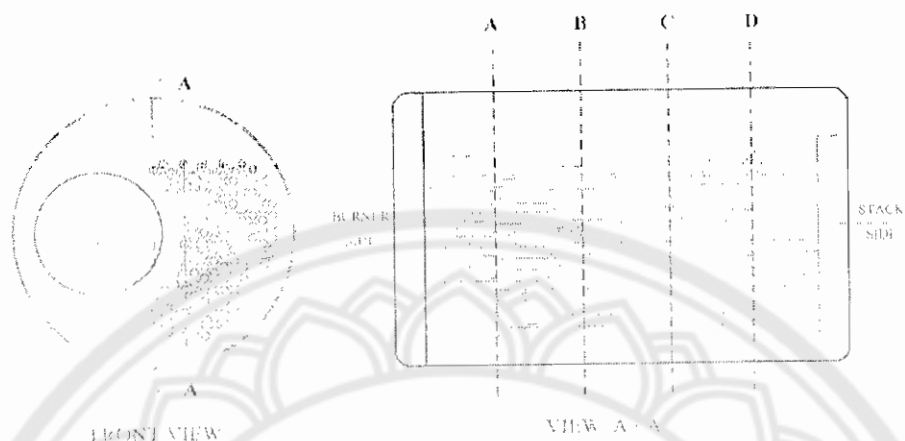
ความหนาเหล็กมาตรฐาน 3 mm

ความหนาเหล็กต่ำสุดที่ยอมรับได้ 2.1 mm

shell				
thickness (mm)				
NO.	point			
	a	b	c	d
1	3.02	3.08	3.08	3.08
2	3.05	3.08	3.14	3.13
3	3.12	3.03	3.02	3.05
4	3.08	3.02	3.02	3.06
5	3.12	3.15	3.09	3.22
6	3.08	3.1	3.02	3.01
7	3.18	3.02	3.15	3.38
8	3.15	3.15	3.22	3.2
9	3.03	3.06	3.17	3.23
10	3.13	3.06	3.05	3.13
11	3.05	3.16	3.35	3.21
12	3.19	3.38	3.2	3.22

ตารางที่ ก.3 ผลการตรวจสอบความหนาของท่อวันด้านล่าง

4.ผลการตรวจสอบความหนาของท่อควันด้านบน



รูปที่ ก.4 แสดงตำแหน่งจุดที่ทำการตรวจสอบ

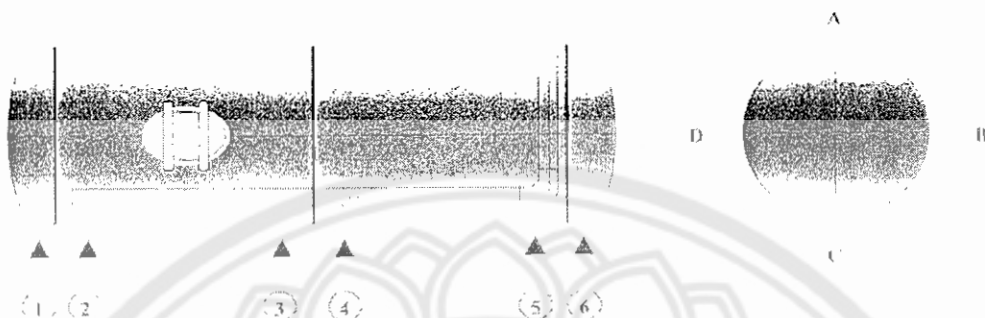
ความหนาเหล็กมาตรฐาน 3 mm

ความหนาเหล็กต่ำสุดที่ยอมรับได้ 2.1 mm

shell				
thickness (mm)				
NO.	point			
	a	b	c	d
1	3.26	3.25	3.25	3.34
2	2.88	2.95	3.02	2.91
3	3.33	3.34	3.37	3.42
4	3.15	3.22	3.16	3.05
5	3.29	3.22	3.12	3.02
6	3.29	3.24	3.36	3.35
7	3.16	3.05	3.1	3.12
8	3.2	3.25	3.24	3.19
9	3.18	3.14	3.19	3.33
10	3.13	3.26	3.17	3.28
11	3.16	3.26	3.24	3.36
12	3.24	3.32	3.34	3.36

ตารางที่ ก.4 ผลการตรวจสอบความหนาของท่อควันด้านบน

5.ผลการตรวจสอบความหนาของผนังถังน้ำป้อน



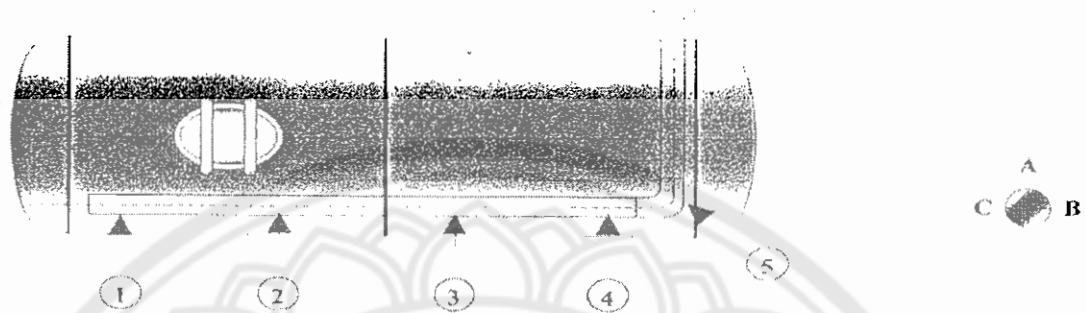
รูปที่ ก.5 แสดงตำแหน่งจุดที่ทำการตรวจสอบ

ความหนาเหล็กมาตรฐาน	7 mm
ความหนาเหล็กต่ำสุดที่ยอมรับได้	4.9 mm
จุดที่ 1 และจุดที่ 6 ความหนาเหล็กมาตรฐาน	8 mm
ความหนาเหล็กต่ำสุดที่ยอมรับได้	5.6 mm

shell				
thickness (mm)				
NO.	point			
	a	b	c	d
1	8.46	8.65	8.12	8.19
2	7.1	7.1	7.05	7.08
3	6.94	7.08	7.11	7.15
4	7.13	7.04	7.08	7.05
5	6.84	7.05	7.12	7.07
6	7.53	8.43	8.26	8.12

ตารางที่ ก.5 ผลการตรวจสอบความหนาของผนังถังน้ำป้อน

6. ผลการตรวจสอบความหนาของท่อฉีดไอน้ำอุ่นน้ำป้อน



รูปที่ ก.6 แสดงตำแหน่งจุดที่ทำการตรวจสอบ

ความหนาเหล็กมาตรฐาน 5 mm

ความหนาเหล็กต่ำสุดที่ยอมรับได้ 3.5 mm

จุดที่ 5 ความหนาเหล็กมาตรฐาน 3 mm

ความหนาเหล็กต่ำสุดที่ยอมรับได้ 2.1 mm

shell			
thickness (mm)			
NO.	point		
	a	b	c
1	5.72	5.52	5.83
2	5.58	5.63	5.86
3	5.36	5.76	5.86
4	5.67	5.79	5.76
5	3.56	3.61	3.61

ตารางที่ ก.6 ผลการตรวจสอบความหนาของท่อฉีดไอน้ำอุ่นน้ำป้อน

ภาคผนวก ข

หม้อไอน้ำ (BOILER)

หม้อไอน้ำ,หม้อน้ำ, หม้อสตีม, เตาหม้อน้ำ คือ เครื่องหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตไอน้ำโดยการถ่ายเทความร้อน ซึ่งได้จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงให้แก่ น้ำ ซึ่งอยู่ในสถานะปิดมิดชิดให้ได้ไอน้ำที่มีความดันและอุณหภูมิที่ต้องการ เพื่อนำไอน้ำไปใช้ประโยชน์ เช่น ขับเครื่องกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) ขับเครื่องจักรไอน้ำ (Steam Engine) และยังสามารถนำเอาความร้อนจากไอน้ำมาใช้ในหม้อหุงต้มอาหาร, หม้ออบแห้ง, หม้อต้มน้ำอ้อย, ทำความสะอาดภาชนะบรรจุอาหารหรือเครื่องดื่ม เป็นต้น โดยมนุษย์รู้จักสร้างหม้อไอน้ำมานานแล้ว ก่อนคริสตศักราช 130 ปี มีหม้อไอน้ำของฮีโรนักคณิตศาสตร์ชาวอียิปต์ นอกจากนี้ก็มีหม้อไอน้ำของแบลงเค่อ นักฟิสิกส์ ชาวอิตาลี และหม้อไอน้ำของปาร์บิน เป็นต้น แต่หม้อไอน้ำที่ใช้การได้จริงมีของ ชะเบรี ในปี ค.ศ.1698, ของนิโคเมน ในปี ค.ศ.1702 และหม้อไอน้ำของเจมส์วัตต์ ในปี ค.ศ. 1765

การสร้างหม้อไอน้ำแบบดั้งเดิม ซึ่งมีโครงสร้างเป็นแบบหม้อมีฝาปิด แล้วได้มีการพัฒนาปรับปรุงเป็นแบบต่างๆ จาก หม้อไอน้ำแบบหัวทรงกลม ซึ่งทำได้ มาเป็นแบบซึ่งทำให้ประหยัดเชื้อเพลิง โดยการเพิ่มพื้นที่ถ่ายเทความร้อน แล้วพัฒนามาเป็น หม้อไอน้ำแบบท่อไฟทรงกระบอก (Flue Tube Boiler) ของ Cornish และของ Lancashire หม้อไอน้ำแบบของ Cornish และ Lancashire นับว่าเป็นแบบที่ก่อให้เกิดแนวทางการสร้าง หม้อไอน้ำแบบท่อไฟ (Fire Tube Boiler) หม้อไอน้ำแบบท่อไฟนิยมแพร่หลายมากในระหว่างปี ค.ศ.1860 ถึง 1900 แต่หม้อไอน้ำแบบท่อไฟนี้ก็มีข้อเสียอีกมาก จึงได้มีการพัฒนา หม้อไอน้ำแบบต่อมา เป็นชนิดน้ำเดินในท่อแทน ซึ่งเรียกกันว่า หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ (Water Tube Boiler) ค การพัฒนาของหม้อไอน้ำ ได้มีการปรับปรุงดัดแปลงกันต่อมาจนถึงปัจจุบัน มีหลายแบบหลายชนิดด้วยกันแต่หลักใหญ่มิได้เปลี่ยนแปลงอะไรมากนัก

1. โครงสร้างของหม้อไอน้ำ

หม้อไอน้ำโดยทั่วไปจะมีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่

1. เตา (Furnace)
2. ตัวหม้อไอน้ำ (Boiler Shell)
3. อุปกรณ์และชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ

1.1 เตา (Furnace)

เตาเป็นที่เผาไหม้ของเชื้อเพลิง ประกอบด้วยอุปกรณ์เผาไหม้เชื้อเพลิง และห้องเผาไหม้สำหรับเชื้อเพลิงของแข็งส่วนล่างของเตาจะเป็นตะแกรงไฟ (Fire Grate) ส่วนเชื้อเพลิงเหลว, แก๊สและถ่านหินผงจะใช้หัวเผา (Burner) ส่วนมากเตาและตัวหม้อไอน้ำจะเป็นตัวเดียวกัน

1.2 ตัวหม้อไอน้ำ (Boiler Shell)

ตัวหม้อไอน้ำเป็นส่วนได้ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้และส่งถ่ายความร้อนนี้ให้กับน้ำซึ่งอยู่ภายใน ทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำ ตัวหม้อไอน้ำประกอบด้วย ท่อทรงกระบอก (Drum) และท่อน้ำ (Water Tube) หรือท่อไฟ (Fire Tube) ส่วนที่รับความร้อน เรียกว่า ผิวนำความร้อน (Heating Surface) ประกอบด้วยพื้นผิวที่อยู่ติดกับห้องเผาไหม้ ซึ่งส่วนใหญ่จะรับความร้อนจากเปลวไฟโดยการแผ่รังสีสูง จึงเรียกว่า ผิวนำความร้อนด้วยการแผ่รังสี ส่วนพื้นผิวที่อยู่ห่างจากห้องเผาไหม้ จะได้รับความร้อนส่วนใหญ่จากการสัมผัสกับแก๊สเผาไหม้ที่มีความร้อนสูง จึงเรียกว่า ผิวนำความร้อนโดยการพา ตัวหม้อไอน้ำเป็นภาชนะทนความดันได้สูงที่บรรจุน้ำและไอน้ำอัดตัว น้ำจะบรรจุอยู่ประมาณ 2/3-3/4 ของปริมาตรของตัวหม้อไอน้ำ นอกจากนี้ก็มีช่องสอด (Man Hole) หรือรูมือ (Hand Hole) สำหรับทำความสะอาดหรือตรวจสอบภายใน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของหม้อไอน้ำ

1.3 อุปกรณ์และชิ้นส่วนประกอบต่างๆ

อุปกรณ์และชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ เหล่านี้ ขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของหม้อไอน้ำว่า มีความจำเป็นต้องใช้มากน้อยเพียงใด ได้แก่ เครื่องคงไอน์ (Superheater) สำหรับเพิ่มความร้อนให้ไอน้ำ, อุปกรณ์ประหยัดเชื้อเพลิง (Economizer), อุปกรณ์อุ่นอากาศ (Air Preheater) เครื่องเป่าลม, อุปกรณ์ป้อนน้ำป้อนหม้อไอน้ำ, และอุปกรณ์ส่งน้ำป้อนหม้อไอน้ำ สำหรับหม้อไอน้ำปัจจุบันส่วนมากมีอุปกรณ์

ควบคุมอัตโนมัติ นอกจากนี้ก็มีอุปกรณ์ประกอบย่อยได้แก่ ถังนิรภัย, ถังถ่ายน้ำวาล์วต่างๆ , เครื่องมือวัดความดัน, เครื่องมือวัดระดับน้ำและเครื่องขัดเขม่า เป็นต้น

2. ชนิดของหม้อไอน้ำ

หม้อไอน้ำที่ใช้กันอยู่ปัจจุบัน มีอยู่ด้วยกันหลายแบบตามขนาดและจุดประสงค์การใช้งาน การแบ่งชนิดของหม้อไอน้ำอาจแบ่งได้โดยยึดหลัก ดังนี้

1. ตามลักษณะการวางแนวแกนของเปลือกหม้อไอน้ำ
2. ตามลักษณะการใช้งาน
3. ตามตำแหน่งเตา
4. ตามน้ำหรือก๊าซร้อนที่อยู่ในท่อ
5. หม้อไอน้ำที่สร้างขึ้นพิเศษ

การแบ่งหม้อไอน้ำเพื่อที่จะสามารถเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียได้เหมาะสม นิยมแบ่งหม้อไอน้ำ ตามลักษณะหรือก๊าซร้อนที่อยู่ในท่อ ซึ่งจะแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

1. หม้อไอน้ำแบบท่อไฟ (Fire Tube Boiler)
2. หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ (Water Tube Boiler)

2.1 หม้อไอน้ำท่อไฟ

หม้อไอน้ำแบบท่อไฟ เป็นหม้อไอน้ำที่มีโครงสร้างง่ายๆ ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ (Fire Box) ถูกส่งผ่านเข้าภายในท่อเหล็กซึ่งมีจำนวนมาก ประกอบอยู่ตามยาวของหม้อไอน้ำ ภายนอกของท่อไฟมีน้ำอยู่โดยรอบ ความร้อนจากการเผาไหม้ จะทำให้น้ำที่อยู่รอบนอกท่อไฟ และห้องเผาไหม้ร้อนและเดือดเปลี่ยนสภาพเป็นไอน้ำ ตลอดความยาวที่ไฟวิ่งผ่านตั้งแต่ห้องเชื้อเพลิงไปจนถึงปล่องควัน หม้อไอน้ำประเภทนี้ ส่วนมากมีขนาดเล็กความดันต่ำ โดยทั่วไปที่ใช้ความดันไม่ควรเกิน 150 ปอนด์ต่อตารางเมตรนี้ อัตราการผลิตไอน้ำมีขนาดตั้งแต่ 15,000 ปอนด์ต่อชั่วโมงลงมา ไอน้ำที่ได้นำไปใช้กับเครื่องจักรไอน้ำและเครื่องจักรที่ให้ความร้อนต่างๆ หม้อไอน้ำแบบนี้ยังใช้กันมาก เช่น หัวจักรรถไฟ, เรือกลไฟ, โรงสีไฟ, โรงอบไม้, โรงงานกระดาษ, โรงงานอาหารสัตว์, โรงงานผลิตอาหารสำเร็จรูป, โรงงานสับประคกระป๋อง เป็นต้น

ส่วนประกอบของหม้อไอน้ำแบบท่อไฟ

หม้อไอน้ำแบบท่อไฟมีแบบต่างๆ หลายชนิดด้วยกัน แต่ละชนิดก็มีจุดประสงค์ที่ใช้งานแตกต่างกัน พร้อมทั้งยังมีส่วนประกอบของหม้อไอน้ำที่แตกต่างออกไปบ้าง แต่ ส่วนประกอบของหม้อไอน้ำแบบท่อไฟ โดยทั่วไปเท่าที่เรารู้จัก ได้แก่

1. ตัวหม้อไอน้ำ (Boiler Shell) มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกกลมทำด้วยเหล็กกล้า
2. ช่องลอด (Man Hole) ที่ตัวหม้อไอน้ำตอนบนและทางด้านหน้าหม้อไอน้ำตอนล่างสำหรับคนลอดเข้าไปทำความสะอาดหรือตรวจสอบ
3. เตา (Furnace) เป็นที่สำหรับเชื้อเพลิงไหม้ ถ้าหม้อไอน้ำความดันต่ำผิวจะเรียบ ถ้าหม้อไอน้ำกำลังสูงมักจะสร้างให้เป็นลอนลูกฟูกเพื่อให้แข็งแรงและเพิ่มพื้นที่ผิวนำความร้อนให้มากขึ้น
4. ท่อไฟ (Fire Tube) สำหรับให้เกิดความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเดินผ่าน ปลายทั้งสองของท่อไฟยึดติดแน่นกับแผ่นเหล็กฝาปิดหน้าหม้อไอน้ำและแผ่นเหล็กแผ่นหน้าของห้องเผาไหม้
5. สะเต (Stay) สำหรับยึดส่วนประกอบของหม้อไอน้ำที่เป็นเหล็กแผ่นเรียบแบนไม่ให้โป่งออกเมื่อหม้อไอน้ำมีความดัน
6. เหล็กดระกรับไฟ (Fire Grate) สำหรับรองรับเชื้อเพลิง
7. ผนัง (Bridge Wall)
8. ประตูเตา (Furnace Door)
9. ประตูรังชีได้้า (Ash Pit Door)
10. ห้องควัน (Smoke Box)

หม้อไอน้ำแบบท่อไฟสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 แบบ คือ

2.1.1 หม้อไอน้ำแบบท่อไฟแบบเผาไหม้ภายนอก

ภายในตัวหม้อไอน้ำ ซึ่งตั้งเกือบขนานกับแนวราบจะเป็นห้องเผาไหม้ ก่อด้วยอิฐทนไฟ แก๊สเผาไหม้ให้ความร้อนกับส่วนล่างของตัวหม้อไอน้ำจะผ่านเข้าไปยังท่อไฟและวกออกมาให้ความร้อนกับด้านข้างของตัวหม้อไอน้ำอีกด้วย ปลายทั้งสองข้างของท่อไฟก็ประกอบเข้ากับแผ่นหัวท้าย โดยใช้เครื่องมือขยายปลายท่อ เนื่องจากแผ่นหัวท้ายใช้เหล็กแผ่นแบนส่วนบนจึงต้องยึดแข็งแรงไว้ด้วยก๊สเช็ทสะเต ในจำนวนกลุ่มท่อไฟจะมีท่อบางท่อที่หนากว่าปกติ ทำหน้าที่เป็นท่อสะเตเพื่อเพิ่มความแข็งแรงแก่ส่วนนี้ ท่อสะเตจะยึดกับแผ่นหัวท้ายด้วยแป้นเกลียว ที่ส่วนล่างสุดจะมีแท่งสะเตช่วยเสริมความแข็งแรงตัวหม้อไอน้ำจะเอียงเทหลังเล็กน้อย และมีท่อพ่นทิ้งคืดไกล้อๆ กับแผ่นท้าย

2.1.2 หม้อไอน้ำแบบท่อไฟแบบเผาไหม้ภายใน

หม้อไอน้ำแบบนี้ ห้องเผาไหม้สร้างอยู่ภายในตัวหม้อไอน้ำ ไม่จำเป็นต้องมีทางไฟภายนอก ซึ่งทำด้วยอิฐทนไฟ จึงติดตั้งได้ง่าย เหมาะสมสำหรับใช้ในโรงงาน หม้อไอน้ำแบบนี้มีแบบซึ่งเรียกว่า หม้อไอน้ำแบบหัวรถจักรไอน้ำและแบบที่ติดตั้งอยู่กับที่เรียกว่า Kewanee Boiler เป็นแบบมีห้องเผาไหม้รูปกล่องสี่เหลี่ยม(Fire Box) และกลุ่มท่อไฟหม้อไอน้ำแบบนี้ มีแบบซึ่งแก๊สเผาไหม้จากห้องเผาไหม้ผ่านกลุ่มท่อมายังห้องควัน (Smoke Box) แล้วปล่อยออกสู่ภายนอก เรียกว่า แบบไฟทางเดียว ส่วนแบบแก๊สเผาไหม้ไหลกลับผ่านกลุ่มท่อส่วนบนมายังด้านหน้าของหม้อไอน้ำ เรียกว่า แบบไฟวนกลับ

2.1.3 หม้อไอน้ำแบบท่อไฟแบบสำเร็จรูป หรือแพคเกจ (Package Boiler)

หม้อไอน้ำสำเร็จรูป เป็นหม้อไอน้ำแบบท่อไฟชนิดเผาไหม้ภายในที่ทำการสร้างสำเร็จมาจากโรงงาน มีการออกแบบโครงสร้างแข็งแรง มีอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับหม้อไอน้ำครบ จึงมีความสะดวกในการนำมาติดตั้งใช้งานหม้อไอน้ำชนิดนี้ มีการนำมาใช้ตามโรงงานอุตสาหกรรม, โรงแรม, โรงพยาบาล ในปัจจุบันเป็นจำนวนมาก เชื่อเพลิงใช้ได้เหมาะสมกับหม้อไอน้ำแบบนี้เช่น น้ำมันเตาและก๊าซธรรมชาติ

2.1.4 หม้อไอน้ำแบบท่อไฟแบบยืน

เป็นหม้อไอน้ำแบบท่อไฟชนิดเผาไหม้ภายใน ตอนล่างเป็นห้องเผาไหม้หรือห้องไฟ (Fire Box) ตอนบนเป็นตัวหม้อไอน้ำแนวตั้ง ดังนั้นจึงใช้พื้นที่ติดตั้งน้อยและไม่ต้องก่ออิฐ แต่เนื่องจากไม่สามารถสร้างให้มีพื้นที่ผิวนำความร้อนมากได้ จึงทำได้แต่เฉพาะหม้อไอน้ำขนาดเล็กและมีประสิทธิภาพต่ำ

มี 2 แบบคือ แบบท่อขวางแนวนอน และแบบท่อไฟหลายท่อ

แบบท่อขวางแนวนอน ในห้องเผาไหม้มีท่อต่อเป็นทางน้ำในแนวนอนจำนวน 1-6 ท่อ การสร้างเป็นท่อขวางแนวนอน (Cross Tube) นี้ ทำให้มีพื้นที่นำความร้อนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ก็เป็นการเสริมความแข็งแรงของห้องไฟด้วย น้ำป้อนหม้อไอน้ำจะถูกส่งเข้าทางตอนล่าง ส่วนท่อไอน้ำส่งออกมีรูปเป็นตัวยู (U) ต่อจากฝาบนออกที่ข้างๆ ตัวหม้อไอน้ำ เนื่องจากที่กันหม้อไอน้ำจะมีตะกอนหรือตะกรัน เพื่อหลีกเลี่ยงการร้อนจัดของส่วนนี้ จึงสร้างตะแกรงไฟให้สูงกว่าระดับกันเล็กน้อย เพื่อเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวนำความร้อนของหม้อไอน้ำประเภทนี้ จึงมีการสร้างท่อไฟเพิ่มขึ้นเป็นแบบท่อไฟหลายท่อที่ตอนบนของห้องไฟและที่ตัวหม้อไอน้ำจะมีท่อไฟหลายท่อติดอยู่

2.2 หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ

หม้อไอน้ำประเภทนี้ การสร้างมีบางอย่างที่แตกต่างกับหม้อไอน้ำแบบท่อไฟคือ จัดทำให้น้ำภายในหม้อไอน้ำแยกออกมาอยู่ในหม้อท่อน้ำ และภายนอกของท่อเหล่านี้ได้รับความร้อนจากเปลวไฟจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงตลอดทางที่ไฟผ่านหม้อท่อน้ำ หม้อไอน้ำประเภทท่อน้ำ เป็นหม้อไอน้ำขนาดใหญ่ ความดันไอน้ำตั้งแต่ 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้วขึ้นไป และสามารถผลิตไอน้ำได้มาก ไอน้ำที่ผลิตได้ส่วนมากจะเป็นไอน้ำร้อนจัด (Superheated Steam) ใช้กับเครื่องกังหันไอน้ำ (Power Plant), โรงงานน้ำตาล, โรงงานกระดาษ, โรงกลั่นน้ำมัน, โรงงานทำน้ำมันปาล์ม, เรือเดินทะเล ฯลฯ

ส่วนประกอบของหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ

หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำโดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ ดังต่อไปนี้

1. ถังน้ำ (Water Drum or Mud Drum)
2. ถังน้ำกับไอน้ำ (Steam and Water Drum)
3. ท่อน้ำ (Water Tube)
4. ห้องเผาไหม้ (Furnace)
5. เครื่องดงไอ (Superheater)
6. อุปกรณ์ประหยัดเชื้อเพลิง (Economizer)
7. อุปกรณ์อุ่นอากาศ (Air Heater)
8. เครื่องดักขี้เถ้า (Dust Collector)
9. พัดลมส่ง (FORCE Draft Fan)
10. พัดลมดูด (Induce Draft Fan)
11. ปล่องควัน (Stack)

ในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกันหลายแบบที่ใช้งานกัน ซึ่งการแบ่งแบบอาจอาศัยหลักการพิจารณาดังนี้

- (1) การไหลหมุนเวียนของน้ำในท่อน้ำ
- (2) ลักษณะการวางท่อน้ำ
- (3) จำนวนถังน้ำและไอน้ำ (Drum)
- (4) ขนาดการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำ

จากหลักการแบ่งหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำดังกล่าว หลักการแบ่งที่นิยมและสะดวกในการแบ่งชนิดมักใช้พิจารณาการไหลหมุนเวียนของน้ำในท่อ ซึ่งการแบ่งลักษณะนี้ สามารถแบ่งหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ

ได้ 3 ประเภท คือ

- (1) หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำที่น้ำหมุนเวียนธรรมชาติ (Natural Circulation Water Tube Boiler)
- (2) หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำที่น้ำหมุนเวียนบังคับ (Forced Circulation Water Tube Boiler)
- (3) หม้อไอน้ำแบบน้ำไหลผ่านเลย (Once Through Boiler)

2.2.1 หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำที่น้ำหมุนเวียนธรรมชาติ

หม้อไอน้ำประเภทนี้ การหมุนเวียนของน้ำในหม้อไอน้ำเกิดจากการพาความร้อนตามธรรมชาติ ดังนั้น ความดันของไอน้ำที่ผลิตออกมาจะไม่ถึง 200 บาร์ เนื่องจาก น้ำหมุนเวียนธรรมชาติมีขีดจำกัด โครงสร้างของเตาออกแบบได้ง่าย และสามารถขยายหรือออกแบบได้อิสระ แต่ออกแบบภาระความร้อน (Heat Load) หรือพื้นที่ผิวนำความร้อนที่ติดตั้งในเตาไฟต้องเผื่อความปลอดภัยไว้ให้มากพอ

2.2.2 หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำที่น้ำหมุนเวียนบังคับ

หม้อไอน้ำแบบนี้ การหมุนเวียนของน้ำในหม้อไอน้ำใช้ปั๊มน้ำเป็นตัวทำหน้าที่หมุนเวียนน้ำในหม้อไอน้ำ ข้อดีของหม้อไอน้ำชนิดนี้ที่ดีกว่าหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำที่น้ำหมุนเวียนธรรมชาติคือ อัตราการหมุนเวียนของน้ำไม่มีผลมากนักในการเปลี่ยนแปลงพื้นที่รับความร้อน/ความสูงของหม้อไอน้ำ หรือการเปลี่ยนแปลงความดันในการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำ แต่หม้อไอน้ำชนิดนี้ก็มีข้อยุ่งยากมากขึ้น เกี่ยวกับตัวปั๊มน้ำที่ต้องนำมาติดตั้งเพื่อใช้งานที่อุณหภูมิและความดันสูง

2.2.3 หม้อไอน้ำแบบน้ำไหลผ่านเลย

หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำที่น้ำหมุนเวียนธรรมชาติ และแบบหมุนเวียนบังคับ น้ำที่หมุนเวียนเข้าหม้อไอน้ำ จะไม่สามารถผลิตออกเป็นไอน้ำได้ทั้งหมด โดยปกติหม้อไอน้ำทั้งสองแบบนี้ น้ำที่ส่งเข้าหมุนเวียนในหม้อไอน้ำจะต้องมีอัตราประมาณ 4-10 เท่าของขนาดกำลังผลิตไอน้ำที่หม้อไอน้ำผลิตได้ เพื่อให้ อัตราการผลิตไอน้ำได้ปริมาณคงที่อยู่เสมอ หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำที่น้ำหมุนเวียน จึงต้องใช้พื้นที่ผิวนำความร้อนแบบให้น้ำหมุนเวียน ส่วนหม้อไอน้ำแบบน้ำไหลผ่านเลย พื้นที่นำความร้อนสำหรับการอุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำ การผลิตไอน้ำ และการคงไอน้ำ ต้องมีท่อผลิตไอน้ำที่มีพื้นที่ผิวนำความร้อนเพียงพอต่อการผลิตไอน้ำแบบน้ำไหลผ่านครั้งเดียว หม้อไอน้ำแบบน้ำไหลเลยจะไม่มีถังน้ำกับไอน้ำ (Drum)

ลักษณะหม้อไอน้ำที่ดี

หม้อไอน้ำทุกแบบที่สร้างขึ้นมามีใช้งาน ล้วนแล้วแต่มีข้อดีและข้อเสียของตัวเองทั้งนั้น ถ้าต้องการหม้อไอน้ำที่ดีครบทุกประการแล้ว หม้อไอน้ำนั้นควรจะต้องมีลักษณะ ดังนี้

1. ตัวโครงสร้างต้องเป็นแบบง่ายๆ แข็งแรงและปลอดภัยต่อการใช้งาน
2. ต้องใช้วัสดุและช่างฝีมือที่สร้างหม้อไอน้ำให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้
3. การออกแบบการไหลหมุนเวียนของน้ำและก๊าซตลอดจนกระทั่งการถ่ายเทความร้อนต้องทำงานได้ดี
4. มีพื้นผิวนำความร้อนมากและถ่ายเทความร้อนได้ดี
5. สามารถทำการตรวจสอบและซ่อมแซมทุกส่วนได้โดยสะดวก
6. เตาเผาไหม้เชื้อเพลิง ต้องมีพื้นที่เพียงพอที่จะทำการเผาไหม้เชื้อเพลิงภายในเตาได้อย่างสมบูรณ์
7. มีส่วนเก็บกักไอน้ำได้มาก

จากลักษณะดังกล่าวทั้งหมด หม้อไอน้ำเพียงเครื่องเดียวไม่สามารถที่จะมีลักษณะที่ดีได้ครบถ้วนจากหลักการพิจารณาดังกล่าว เป็นเพียงแนวทางเพื่อจะหาทางเลือกหม้อไอน้ำที่มีลักษณะดีให้ได้มากที่สุด

3. ข้อดีและข้อเสียของหม้อไอน้ำแบบท่อไฟและแบบท่อน้ำ

หม้อไอน้ำแบบท่อไฟและแบบท่อน้ำ ต่างก็มีข้อดีและข้อเสียบางลักษณะที่แตกต่างกันออกไป การจะพิจารณาเลือกใช้หม้อไอน้ำประเภทใด ควรจะต้องพิจารณาถึงลักษณะงานที่จะนำหม้อไอน้ำไปใช้ว่ามีลักษณะเหมาะสมกับหม้อไอน้ำแบบใด ก็จะได้รับประโยชน์จากการใช้หม้อไอน้ำแบบนั้นได้มาก

3.1 ข้อดีของหม้อไอน้ำแบบท่อไฟ

1. โดยที่น้ำอยู่นอกท่อไฟ และมีปริมาตรมากจึงทำให้หม้อไอน้ำแบบน้ำไม่สั่นหรือไม่สะท้อนได้ง่ายขณะปฏิบัติงาน แม้ว่าอัตราใช้ไอน้ำอาจจะไม่สม่ำเสมอตลอดเวลา หรืออัตราการเผาไหม้ไม่คงที่สม่ำเสมอก็ตาม หม้อไอน้ำแบบท่อไฟจึงง่ายต่อการใช้งาน และแน่นอนมาก เหตุผลก็คือ เมื่อหม้อไอน้ำมีน้ำบรรจุอยู่ด้วยปริมาณมากๆ จึงเท่ากับเป็นการสะสมพลังงานเป็นจำนวนมาก พลังงานจำนวนนี้จะอยู่ในรูปของความดันและอุณหภูมิ เมื่อใช้ไอน้ำไปความดันก็ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมาก
2. ราคาถูก ดังนั้น ในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก จึงใช้หม้อไอน้ำแบบท่อไฟเป็นส่วนใหญ่
3. ไม่ต้องใช้น้ำเลี้ยงที่มีคุณภาพดีนัก เพราะตะกอนเกาะอยู่ที่ผิวนอกของท่อทำความสะดวกง่ายจึงเท่ากับเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการปรับสภาพน้ำในบางแห่งใช้น้ำที่ผ่านการกรองเท่านั้นก็ใช้ได้

3.2 ข้อเสียของหม้อไอน้ำแบบท่อไฟ

1. การเริ่มติดเตาชนิดนี้กินเวลานาน เพราะมีน้ำบรรจุอยู่มากกินเวลาเป็นชั่วโมงๆ กว่าจะได้อุณหภูมิและความดันที่ต้องการ
2. เมื่อเทียบน้ำหนักต่อจำนวนไอน้ำทั้งหม้อไอน้ำแบบท่อไฟกับหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ หม้อไอน้ำแบบท่อไฟจะหนักกว่า
3. ประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer Efficiency) ไม่ดีเท่าที่ควร เพราะการถ่ายเทความร้อนไม่ได้ใช้การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) ให้เป็นประโยชน์เพียงพอ
4. ในกรณีเกิดระเบิดจะมีอันตรายมาก เพราะมีทั้งน้ำร้อนและไอน้ำจำนวนมากสะสมอยู่ภายใน
5. หม้อไอน้ำแบบท่อไฟไม่สามารถผลิตไอน้ำที่มีความดันสูงๆ ได้เกิน 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เพราะพื้นที่ของผิวน้ำที่สัมผัสกับไอน้ำมีมาก ไอน้ำจึงอยู่ในรูปไอน้ำอิ่มตัว (Saturated Steam)

3.3 ข้อดีของหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ

1. การไหลเวียนของน้ำกระทำได้ดี โดยธรรมชาติ เนื่องจากการจัดวางท่อจะอยู่ในลักษณะเป็นวงจรร เมื่อการไหลเวียนดีการถ่ายเทความร้อนก็ดีขึ้น
2. การถ่ายเทความร้อน ด้วยการแผ่รังสีกระทำได้ดี
3. ใช้เวลาสั้นในการเริ่มจุดเตา
4. สามารถผลิตไอน้ำที่มีความดันสูงๆ ได้
5. เมื่อเกิดการระเบิดจะระเบิดเพียงท่อเดียวหรือสองท่อ ซึ่งเท่ากับเป็นการลดอันตรายลง

3.4 ข้อเสียของหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ

1. ราคาแพงกว่า
2. ทำความสะอาดลำบาก
3. เมื่อมีการใช้งานที่ต้องการความดันไม่คงที่ ไอน้ำก็จะไม่คงที่ด้วย
4. ต้องใช้น้ำเลี้ยงที่มีคุณภาพที่ดีคือ ต้องใช้น้ำอ่อนมากๆ น้ำที่ใช้จึงมีราคาแพงและยังอาจพบปัญหาการกำจัดน้ำเสียอีกด้วย

4. อุปกรณ์และชิ้นส่วนประกอบหม้อไอน้ำ

หม้อไอน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อใช้งานมีหลายแบบด้วยกัน ดังนั้นอุปกรณ์และชิ้นส่วนประกอบของหม้อไอน้ำบางอย่างก็มีความแตกต่างกันออกไป ซึ่งก็เป็นการยากลำบากที่จะอธิบายทุกๆ อย่างได้ครบถ้วน ในที่นี้

จะอธิบายให้ทราบหน้าที่และความสำคัญเฉพาะ อุปกรณ์และชิ้นส่วนประกอบที่เป็นพื้นฐานของหม้อไอน้ำ ได้แก่

4.1 ลิ้นหรือวาล์ว (Valve)

วาล์วมีหลายชนิดและโครงสร้างแตกต่างกันตามสภาพ และจุดมุ่งหมายในการใช้งานในหม้อไอน้ำ ซึ่งมีความดันและอุณหภูมิที่แตกต่างกัน วาล์วที่ควรรู้จักที่ใช้ในหม้อไอน้ำ ได้แก่

4.2 วาล์วทรงกลม (Globe Valve)

เหมาะที่จะใช้กับงานที่ต้องปิด-เปิดอย่างช้าๆ วาล์วชนิดนี้มีความเสียดทานสูง มักจะใช้วาล์วจ่ายไอน้ำ ดังรูปที่ ข.1

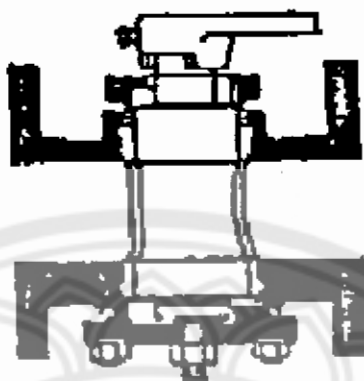


รูปที่ ข.1 วาล์วทรงกลม

ที่มา : <http://teenet.chiangmai.ac.th/emac/journal/1999/05/02.php>

4.3 ปลั๊กวาล์ว (Plug Valve)

มีลักษณะดังรูปที่ ข.2 เหมาะสำหรับงานที่ต้องการปิด-เปิดเร็ว เพราะหมุนเพียง 1/4 รอบก็เปิดกว้างสุด วาล์วชนิดนี้ความเสียดทานต่ำ พบในการใช้เป็นวาล์วหลอดแก้วและวาล์วถ่ายน้ำ



รูปที่ ข.2 ปลั๊กวาล์ว

ที่มา : <http://teenet.chiangmai.ac.th/emac/journal/1999/05/02.php>

4.4 เกทวาล์ว (Gate Valve)

มีลักษณะดังรูปที่ ข.3 เหมาะสำหรับงานที่ต้องการปิด-เปิด ไม่เร็วเกินไป ทิศทางการไหลจะผ่านตรงทำให้มีความเสียดทานต่ำ

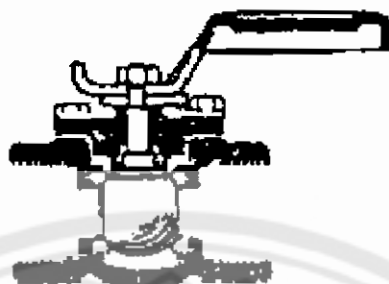


รูปที่ ข.3 เกทวาล์ว

ที่มา : <http://teenet.chiangmai.ac.th/emac/journal/1999/05/02.php>

4.5 บอลวาล์ว (Ball Valve)

มีลักษณะดังรูปที่ ข.4 เหมาะสำหรับงานที่ต้องการปิด-เปิดเร็ว เพราะหมุนเพียง 1/4 รอบก็เปิดกว้างสุด เช่นเดียวกับปลั๊กวาล์ว แต่มีความเสียดทานต่ำกว่า มักใช้เป็นวาล์วถ่ายน้ำและวาล์วท่อน้ำเข้า



รูปที่ ข.4 บอลด์วาล์ว

ที่มา : <http://teenet.chiangmai.ac.th/emac/journal/1999/05/02.php>

4.6 วาล์วกันกลับหรือเชควาล์ว (Check Valve)

มีลักษณะดังรูปที่ ข.5 วาล์วกันกลับจะยอมให้ของไหลผ่านไปได้แต่ย้อนกลับไม่ได้ โดยทั่วไปจะติดตั้งไว้ที่ท่อเข้าหม้อไอน้ำและท่อจ่ายไอน้ำ (สำหรับโรงงานที่ใช้หม้อไอน้ำ ตั้งแต่ 2 เครื่อง และต่อท่อจ่ายไอน้ำร่วมกัน) วาล์วกันกลับที่ใช้ในปัจจุบันมีหลายแบบ เช่น เชควาล์วแบบสวิง (Swing Check Valve) เหมาะสำหรับการติดตั้งกับท่อที่วางในแนวดิ่ง เชควาล์วแบบลูกสูบ (Piston Valve) เหมาะที่จะใช้งานกับท่อที่วางในแนวนอน



รูปที่ ข.5 เชควาล์วแบบสวิงและแบบลูกสูบ

ที่มา : <http://teenet.chiangmai.ac.th/emac/journal/1999/05/02.php>

4.7 วาล์วลดความดัน (Pressure Reducing Valve)

มีลักษณะดังรูปที่ ข.6 วาล์วลดความดันจะทำหน้าที่ ควบคุมความดันหรือลดความดันของไอน้ำที่หม้อไอน้ำจ่ายมาให้เหมาะสมกับงานที่ใช้การควบคุมความดัน จะทำงานโดยอัตโนมัติ โรงงานที่หม้อไอน้ำใช้งานความดัน 100 ปอนด์/ตารางนิ้ว แต่มีเครื่องจักรใช้ความดัน 25 และ 75 ปอนด์/ตารางนิ้ว ถ้าเครื่องจักรทั้ง 2 ไม่ติดตั้งวาล์วลดความดันจะทำให้เครื่องจักรชำรุดได้



รูปที่ ข.6 วาล์วลดความดัน

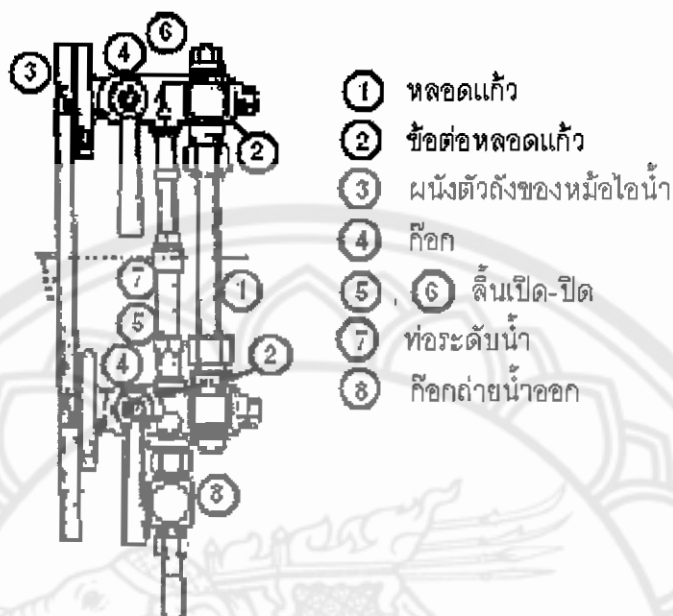
ที่มา : <http://teenet.chiangmai.ac.th/emac/journal/1999/05/02.php>

4.8 เครื่องวัดระดับน้ำ (Valve)

ระดับน้ำในถังของตัวหม้อไอน้ำขึ้นลง ขึ้นอยู่กับปริมาณการผลิตไอน้ำและปริมาณน้ำป้อนเข้า เพราะฉะนั้น จะต้องติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำและเพื่อรักษาระดับน้ำ ให้อยู่ในระดับที่ปกติเสมอ เครื่องวัดระดับน้ำที่ใช้กับหม้อไอน้ำ มีอยู่หลายแบบด้วยกันสามารถแบ่งเป็นชนิดใหญ่ๆ ได้ 2 ชนิด คือ

4.9 เครื่องวัดระดับน้ำแบบแก้ว

เป็รเครื่องวัดระดับน้ำภายในหม้อไอน้ำโดยตรง มีอยู่ด้วยกันหลายแบบ เช่น แบบหลอดแก้วกลม แบบแผ่นแก้วสะท้อนแสง แบบแผ่นแก้วแบบโปร่งแสง แบบสองสีและแบบความดันสูง เป็นต้น แบบหลอดแก้วกลมเป็นแบบที่มีการใช้มากที่สุด ดังรูปที่ ข.7



รูปที่ ข.7 เครื่องวัดระดับน้ำแบบหลอดแก้วกลม

ที่มา : <http://teenet.chiangmai.ac.th/emac/journal/1999/05/02.php>

4.10 เครื่องวัดระดับน้ำแบบความดัน

แตกต่าง ใช้การวัดระดับน้ำภายในหม้อไอน้ำ โดยอาศัยความดันภายในหม้อไอน้ำ ส่งผลถึงระดับของเหลวในหลอดแก้วเพิ่มขึ้นหรือลดลง

4.11 เครื่องวัดความดัน (Pressure Gauge)

ที่หม้อไอน้ำจะต้องติดตั้งเครื่องวัดความดัน ซึ่งแสดงความดันที่ถูกต้องอยู่เสมอ เครื่องวัดความดันที่ใช้กันมีหลายแบบ แต่ที่นิยมใช้กันเป็นเครื่องวัดความดันแบบท่อบูร์ด็อน (Bourdon-tube Pressure Gauge)

4.12 ระบบส่งน้ำเข้าหม้อไอน้ำ

ระบบส่งน้ำเข้าหม้อไอน้ำ มีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

4.12.1 อุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพน้ำ ใช้สำหรับปรับปรุงคุณภาพน้ำให้เหมาะสมที่จะใช้กับหม้อไอน้ำ

4.12.2 ถังพักน้ำ ใช้สำหรับเก็บสำรองน้ำที่จะจ่ายให้กับหม้อไอน้ำ ถังพักน้ำควรมีอุปกรณ์ยกระดับน้ำและวาล์วถ่ายน้ำ ความจุของถังพักควรมีมากพอที่หม้อไอน้ำจะใช้ในวันหนึ่งๆ

4.12.3 มาตรการปริมาณน้ำ ใช้วัดปริมาณน้ำที่ส่งเข้าหม้อไอน้ำ เพื่อจะได้ทราบปริมาณน้ำที่ใช้สำหรับหม้อไอน้ำในระยะเวลาหนึ่งๆ

4.12.4 เครื่องสูบน้ำหรือปั๊มน้ำ (Feed Water Pump) ทำหน้าที่ส่งน้ำจากถังพักน้ำเข้าหม้อไอน้ำ เครื่องสูบน้ำต้องมีความสามารถส่งน้ำเข้าหม้อไอน้ำได้มากกว่าอัตราการผลิตไอน้ำ นอกจากนั้นเครื่องสูบน้ำต้องมีความสามารถอัดน้ำให้มีความดันสูงกว่าความดันใช้งานของหม้อไอน้ำอย่างน้อย 1.5 เท่า เครื่องสูบน้ำมีใช้หลายแบบ ดังนี้

- เครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยง (Centrifugal Pump) เช่น Turbine
- เครื่องสูบน้ำแบบ โรตารี (Rotary Pump)
- เครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบ (Reciprocating Pump)
- เครื่องสูบน้ำแบบ Injector

4.12.5 เกจวัดความดันน้ำ ปกติจะติดตั้งไว้ที่ท่อน้ำระหว่างเครื่องสูบน้ำกับหม้อไอน้ำ สามารถใช้หาความผิดปกติของระบบส่งน้ำเข้าหม้อไอน้ำได้โดยการอ่านค่าจากเกจวัดความดัน

5. ระบบเชื้อเพลิงและการเผาไหม้

การส่งเชื้อเพลิงเข้าเตา เพื่อทำการเผาไหม้เชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับ ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ว่าเป็นอย่างไร ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้

5.1 เชื้อเพลิงแข็ง (Solid fuel) เช่น พวกละกอบ ฟืน การส่งเชื้อเพลิงเข้าเตาเผาไหม้ อาจใช้คนโกยหรือใช้สายพาน (Stoker) ในระบบการเผาไหม้แบบนี้ ภายในเตาต้องมีตะแกรง (Grate) หรือสายพานเพื่อเป็นที่วางเชื้อเพลิงสำหรับการเผาไหม้ อากาศจะเข้าทางใต้ตะแกรงหรือสายพานเพื่อทำการเผาไหม้

5.2 เชื้อเพลิงผง (Pulverized fuel) เช่น ถ่านหินผง เชื้อเพลิง จะถูกกลั่นด้วยอากาศชั้นต้น (Primary air) มารวมกับอากาศชั้นสอง (Secondary air) ที่หัวฉีด (Burner) ซึ่งหัวฉีดจะทำหน้าที่พ่นเชื้อเพลิงพร้อมอากาศเข้าไปเผาไหม้ในเตาของหม้อไอน้ำระบบการเผาไหม้เป็นแบบลอยตัว

5.3 เชื้อเพลิงเหลว (Liquid fuel) เช่น น้ำมันเตาหรือน้ำมันดีเซลจะต้องใช้หัวฉีดเป็นตัวพ่นน้ำมันให้เป็นละอองรวมกับอากาศเข้าเตา เพื่อจะลุกไหม้ได้ง่าย หัวฉีดน้ำมันมีหลายแบบ ดังนี้

- แบบใช้ลมหรือไอน้ำสเปรย์น้ำมันให้เป็นฝอย (Atomizer)
- แบบใช้ความดันของน้ำมันสเปรย์น้ำมันให้เป็นฝอย (Nozzle)
- แบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางสเปรย์น้ำมันให้เป็นฝอย (Rotary Cup) การใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง จะต้องมีการอุ่นน้ำมัน (Oil Heater) ซึ่งเครื่องอุ่นน้ำมันจะให้ความร้อนที่ได้มาจากไอน้ำหรือไฟฟ้าอุ่นน้ำมันเตาให้ความหนืดน้อยลง เพื่อสะดวกต่อการส่งน้ำมันเข้าหัวฉีดและทำให้การฉีดน้ำมันเป็นฝอยดีขึ้น

5.4 เชื้อเพลิงก๊าซ (Gas fuel) เช่น ก๊าซธรรมชาติ หัวฉีดจะพ่นก๊าซเชื้อเพลิงเข้าสู่เตา เพื่อรวมกับอากาศและเกิดการเผาไหม้ต่อไป นอกจากอุปกรณ์ที่ใช้การลำเลียงเชื้อเพลิงป้อนเข้าเตาเผาไหม้เชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำในระบบเชื้อเพลิงและการเผาไหม้ ต้องมีอุปกรณ์ดังนี้

5.4.1 พัดลม (Fan)

พัดลม จะทำหน้าที่ป้อนอากาศเข้าห้องเผาไหม้พัดลมที่ใช้กับหม้อไอน้ำโดยทั่วไป แบ่งได้ 2 แบบ คือ

- (1) พัดลมแบบอากาศไหลตามแนวแกน (Axial Flow Fan)
- (2) พัดลมแบบแรงเหวี่ยง (Centrifugal Fan) หม้อไอน้ำส่วนใหญ่ จะใช้พัดลมแบบแรงเหวี่ยง

5.4.2 กระบวนการเผาไหม้ (Deep Hole)

ใช้สำหรับการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงและทราบทิศทางของเปลวไฟ เพื่อจะได้ปรับแต่งเชื้อเพลิงกับอากาศให้ได้สัดส่วนที่เหมาะสม

6. ระบบจ่ายไอน้ำ

ระบบจ่ายไอน้ำของหม้อไอน้ำมีอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

6.1 อุปกรณ์แยกน้ำออกจากไอน้ำ

เนื่องจากหม้อไอน้ำผลิตไอน้ำได้เป็นไอน้ำที่มีความชื้นหรือน้ำผสมอยู่ เมื่อนำไปใช้งาน ความร้อนจะลดลงเร็ว อีกทั้งอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อเครื่องจักรไอน้ำได้ การแยกน้ำออกจากไอน้ำทำได้หลายวิธี คือ

- (1) เปลี่ยนทิศทางการไหลของไอน้ำ
- (2) ให้ไอน้ำไหลชนแผ่นกั้นหรือตะแกรงกรอง

(3) อาศัยแรงหนีศูนย์กลาง

(4) แบบใช้ทั้ง 3 วิธีรวมกัน

6.2 วาล์วจ่ายไอน้ำ (Main Steam Valve)

ทำหน้าที่จ่ายไอน้ำออกจากหม้อไอน้ำไปใช้งาน

6.3 ท่อจ่ายไอน้ำ (Steam Pipe)

ทำหน้าที่ส่งไอน้ำไปใช้งาน ท่อจ่ายไอน้ำควรต้องใช้ฉนวนหุ้ม เพื่อจะช่วยลดการสูญเสียความร้อนของไอน้ำ

6.4 ถังพักไอน้ำ (Header)

จะทำหน้าที่เก็บไอน้ำผลิตได้ แล้วจ่ายไปยังเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ต้องการใช้ไอน้ำ ถังพักน้ำจะต้องสร้างจากวัสดุที่ทนความดันและอุณหภูมิของไอน้ำได้ ถังพักไอน้ำควรมีลิ้นนิรภัย (Safety Valve) เพื่อวัดความดัน วาล์วถ่วงน้ำหรือเครื่องดักไอน้ำ (Steam Trap) และหุ้มฉนวนกันความร้อน

7. ระบบช่วยประหยัดเชื้อเพลิง

เป็นระบบการนำเอาความร้อนที่ใช้แล้วกลับมาใช้ประโยชน์อีกครั้ง ทำให้ช่วยประหยัดพลังงานหรือค่าใช้จ่ายให้น้อยลง เครื่องช่วยประหยัดมี 2 แบบ คือ

7.1 เครื่องอุ่นลม (Air Pre Heater)

จะใช้ความร้อนที่จะออกปล่องไฟกลับมาอุ่นอากาศที่จะป้อนเข้าไปช่วยในการเผาไหม้ จะช่วยให้การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดีขึ้น

7.2 เครื่องอุ่นน้ำ (Economizer)

จะใช้ความร้อนจากปล่องไฟหรือไอน้ำที่เหลือจากใช้งานมาอุ่นน้ำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น บางครั้งอุ่นน้ำจนมีอุณหภูมิเกือบ 212 F (เกือบเดือด) เมื่อน้ำเข้าไปหม้อไอน้ำได้รับความร้อนอีกเพียงเล็กน้อยก็เดือดกลายเป็นไอน้ำทำให้ประหยัดเชื้อเพลิงที่จะมาต้มให้เดือด

8. อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยของหม้อไอน้ำ

หม้อไอน้ำ ถึงแม้ว่าจะมีโครงสร้างที่แข็งแรง และส่วนประกอบที่จำเป็นแล้ว แต่ก็ยังเกิดอันตรายได้ จึงต้องติดตั้งอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย จึงจะทำให้หม้อไอน้ำมีความปลอดภัยในการใช้งานมากยิ่งขึ้น อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยของหม้อไอน้ำมีดังนี้

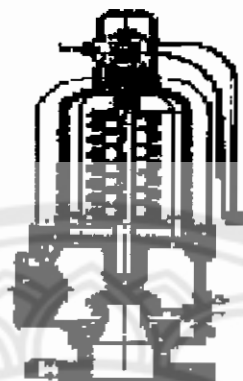
5.

2



รูปที่ ข.9 ตึ้นนิรภัยแบบคานคอดัด

4



รูปที่ ข.10 ลิ้นบริจแบบสปริง แบบ POP SAFETY

ที่มา : <http://teenet.chiangmai.ac.th/emac/journal/1999/05/02.php>

8.2 ปลั๊กหลอมละลายหรือสะดือหม้อไอน้ำ (Fusible Plug)

ปกติจะติดตั้งไว้บริเวณห้องเผาไหม้หรือบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง ปลั๊กหลอมละลายจะทำงานเมื่อระดับน้ำต่ำจนเกือบถึงจุดอันตราย สารที่อุดปลั๊กหลอมละลายต่ำ (ประมาณ 235 องศาเซลเซียส) จะหลอมละลาย ทำให้น้ำหรือน้ำภายในหม้อไอน้ำไหลออกมาดับไฟ ปลั๊กหลอมละลายบางแบบจะติดตั้งไว้สำหรับ ฟันไอน้ำให้รับหยุดหม้อไอน้ำก่อนที่จะเกิดอันตรายหรือระเบิดได้ โดยทั่วไปจะต้องเปลี่ยน สารที่อุดปลั๊กไว้ทุกๆ ปี

ปลั๊กหลอมละลายที่ใช้มีหลายชนิด ดังนี้

- แบบใส่ทางด้านในหรือด้านน้ำ (Inside Type)
- แบบใส่ทางด้านนอกหรือด้านไฟ (Outside Type)
- แบบทำหน้าที่เป็นฟิวส์เมื่อละลายจะมีสัญญาณ (Fuse Alarm)

8.3 เครื่องควบคุมระดับน้ำ (Water Level Control)

จะทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายน้ำเข้าหม้อไอน้ำเพื่อรักษาระดับน้ำภายในหม้อไอน้ำให้อยู่ในช่วงที่กำหนด เครื่องควบคุมระดับน้ำโดยทั่วไปจะทำงานโดยอาศัยความแตกต่างของระดับน้ำส่งสัญญาณไปควบคุม การทำงานเครื่องสูบน้ำ กล่าวคือ เมื่อน้ำมากจะส่งสัญญาณให้เครื่องสูบน้ำหยุดทำงาน แต่ถ้าน้ำน้อยก็จะส่งสัญญาณให้เครื่องสูบน้ำทำงาน

8.4 สัญญาณเตือนภัยอัตโนมัติ (Automatic Alarm)

เป็นอุปกรณ์สำหรับแจ้งอันตราย เมื่อน้ำในหม้อไอน้ำมีน้อยกว่าที่ใช้งานตามปกติ จะเป็นสัญญาณเสียงเพียงอย่างเดียวหรือมีสัญญาณแสงด้วยก็ได้ โดยปกติจะติดตั้งสัญญาณเตือนภัยอัตโนมัติทำงานร่วมกับเครื่องควบคุมระดับน้ำ

8.5 สวิตช์ควบคุมความดัน (Pressure Control Switch)

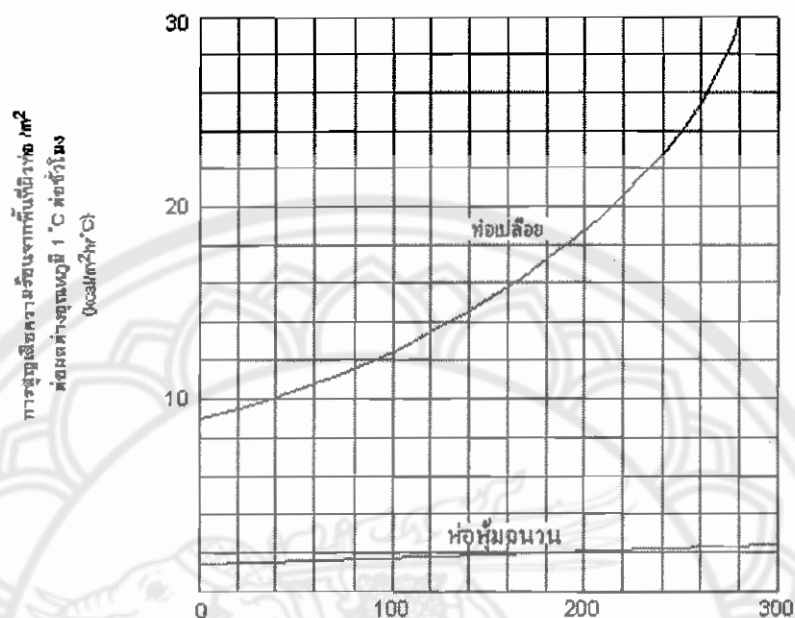
สวิตช์ควบคุมความดัน ทำงานโดยอาศัยความดันของไอน้ำไปกระทำต่อเบลโลว์ส (Bellows) ที่ควบคุมหัวฉีดน้ำมัน ถัดตั้งสวิตช์ควบคุมความดันให้มีความแตกต่างกัน (Difference Pressure) มากไป ทำให้ความดันไอน้ำที่จะนำไปใช้งานไม่สม่ำเสมอ แต่ถ้าตั้งให้มีความดันแตกต่างกันน้อยไป จะทำให้หัวฉีดทำงานบ่อยและอาจชำรุดได้ง่าย ดังนั้นการตั้งสวิตช์ควบคุมความดันจะต้องพิจารณาให้รอบคอบและเหมาะสมต่อการทำงาน

8.6 ฝานิรภัย (Access Door)

หม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงเหลวควรจะมีฝานิรภัย เพื่อช่วยป้องกันแรงกระแทกขณะเริ่มติดไฟในห้องเผาไหม้ มิให้กระทำได้อันตรายต่อห้องเผาไหม้ ฝานิรภัยโดยทั่วไปจะทำไว้ที่ด้านหลังหม้อไอน้ำ แต่บางรุ่นก็ทำไว้ด้านข้าง

8.7 ฉนวนกันความร้อน (Insulation)

ฉนวนกันความร้อนใช้สำหรับท่อห่อหุ้มเปลือกหม้อไอน้ำหรือท่อจ่ายไอน้ำ เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนรูปที่ 18 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการสูญเสียความร้อนของท่อไอน้ำที่หุ้มฉนวนและไม่หุ้มฉนวน



กราฟที่ ข.1 แสดงปริมาณการสูญเสียความร้อนจากผิวท่อเป็ลิยและท่อที่หุ้มฉนวน โดยฉนวนกันความร้อนที่นิยมใช้หุ้มหม้อไอน้ำ ได้แก่ โยแก้ว, โยหิน และอิฐทนไฟ

ที่มา : <http://teenet.chiangmai.ac.th/emac/journal/1999/05/02.php>

9. สาเหตุที่ทำให้หม้อไอน้ำระเบิด

หม้อไอน้ำเป็นภาชนะมีความดัน (Pressure Vessel) ซึ่งความดันภายใน อาจจะระเบิดออกมาเมื่อไหร่ก็ได้ สาเหตุที่ทำให้หม้อไอน้ำระเบิด ส่วนใหญ่เกิดกับหม้อไอน้ำแบบท่อไฟ ส่วนหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ การระเบิดไม่ค่อยปรากฏบ่อยนัก ส่วนมากที่พบได้แก่ ท่อน้ำแตกและถ้าน้ำแห้งหม้อไอน้ำ ถึงน้ำกับไอน้ำจะยุบลงมาได้ซึ่งเสียหายมาก

สาเหตุที่ทำให้หม้อไอน้ำระเบิดโดยทั่วๆ ไป สามารถสรุปได้ ดังนี้ คือ

9.1 หม้อไอน้ำแบบท่อไฟ

สาเหตุที่เกิดการระเบิดมีดังนี้

1. น้ำแห้งหม้อ เนื่องจากช่างไฟไม่เอาใจใส่ เติมน้ำ ไม่ค่อยดูแลระดับน้ำในหม้อไอน้ำ ถ้าเป็นหม้อไอน้ำสมัยใหม่ที่มีสัญญาณเตือนภัยระดับน้ำต่ำหรือสัญญาณดับไฟที่หัวเผาไม่ทำงาน ส่วนบนของห้องเผาไหม้ไม่มีน้ำหล่อเลี้ยงจะร้อนแดงและยุบตัวประกอบกับความดันไอน้ำภายใน คั้นให้หม้อไอน้ำแตกระเบิดออกได้

2. หม้อไอน้ำมีสภาพเก่ามาก เนื้อเหล็กบางจนทนความดันไอน้ำไม่ได้
3. ลิ้นนิรภัย (Safety Valve) ไม่ทำงาน ถ้าความดันไอน้ำในหม้อไอน้ำเกิดสูงขึ้น เกินความดันไอน้ำใช้งาน และลิ้นนิรภัย (Safety Valve) ไม่เปิดให้ไอน้ำระบายออกทำให้ความดันไอน้ำในหม้อไอน้ำสูงขึ้น เกินกำลังความแข็งแรงของหม้อไอน้ำ หม้อไอน้ำอาจจะระเบิดได้
4. มีตะกรัน (Scale) จับตามผิวเตาด้านสัมผัสกับน้ำมากเกินไป หรือผิวเตาด้านสัมผัสกับไฟมีคราบน้ำมันจับหนาเกินไป ทำให้บริเวณนั้นได้รับความร้อนจัด เนื้อโลหะบริเวณนั้นจะอ่อนตัว ความดันภายในหม้อไอน้ำจะดันให้หม้อไอน้ำแตกชำรุดได้
5. ช่องทางที่ก๊าซร้อนผ่านออกแคบลงเนื่องจากมีเขม่าจับมากเกินไป ก๊าซร้อนภายในเตาจะสะสมมากขึ้นๆ อาจทำให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ถ้าอุณหภูมิเนื้อโลหะสูงกว่า 600 องศาฟาเรนไฮน์ อาจทำให้เตายุบตัวพังได้

9.2 หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ

สาเหตุที่เกิดการระเบิด คล้ายกับหม้อไอน้ำแบบท่อไฟ

ภาคผนวก ก

การทดสอบด้วยแรงดันน้ำ

การทดสอบ Hydro Static Test หรือ การทดสอบด้วยแรงดันน้ำ เป็นวิธีการทดสอบความแข็งแรงของอุปกรณ์ต่างๆ หรือทดสอบ แนวตะเข็บรอยเชื่อมว่ามีสภาพความแข็งแรงเป็นอย่างไร หรือใช้ในการทดสอบรอยรั่วของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ความดันที่ได้กำหนดว่าสามารถทนแรงดันได้เท่าไร โดยในการทดสอบได้กำหนดไว้ว่าอุปกรณ์ต้องสามารถทนแรงดันทดสอบระดับ 1.25 เท่าของแรงดันใช้งาน โดยมีเงื่อนไขคือต้องเป็นอุปกรณ์ที่ไม่มีการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนแปลงแก้ไขใดๆทั้งสิ้น แต่ถ้าหากอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนมีการซ่อมแซมหรือมีการเปลี่ยนใหม่จะต้องทำการทดสอบที่ระดับแรงดัน 1.5 เท่าของแรงดันใช้งานทั้งนี้เพื่อเป็นการทำการทดสอบอุปกรณ์ใหม่และเพื่อความปลอดภัยในการใช้งานอุปกรณ์ใหม่

ขั้นตอนในการทดสอบ Hydro Static Test

1. ทำการเติมน้ำลงในหม้อไอน้ำและถึงน้ำป้อนจนถึงระดับที่กำหนดไว้โดยก่อนเดิมจะต้องทำการหลอกสัญญาณของอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำ หรือเรียกว่า การ SIM สัญญาณ (Simulation Signal) เพื่อไม่ให้อุปกรณ์ตรวจวัดเตือนหรือตัดการทำงานของปั้มน้ำป้อนเนื่องจากการเติมน้ำเกินระดับที่กำหนดไว้
2. หลังจากทำการเติมน้ำลงในถึงน้ำป้อนและหม้อไอน้ำเป็นที่เรียบร้อยแล้วจึงทำการปิดฝาช่องลดด้านบนของหม้อไอน้ำให้เรียบร้อย
3. เปิดปั้มน้ำป้อนให้ทำการอัดน้ำเข้าหม้อไอน้ำโดยในการอัดน้ำเข้าหม้อไอน้ำต้องสังเกตมาตรวัดแรงดันน้ำว่ามีอัตราการเพิ่มขึ้นของแรงดันเป็นอย่างไร โดยให้ทำการรักษาการเพิ่มขึ้นของแรงดันให้อยู่ในระดับ 1 bar ต่อ 1 นาที หากอัตราการเพิ่มขึ้นของแรงดันภายในหม้อไอน้ำเพิ่มขึ้นเร็วกว่าปกติให้ทำการเปิดลิ้นระบาย (Drain) เพื่อลดแรงดันน้ำภายในหม้อไอน้ำให้มีอัตราการเพิ่มขึ้นของแรงดันอยู่ในอัตราที่กำหนดไว้โดยในการทำการทดสอบได้ทำการทดสอบที่แรงดัน 15 bar เมื่อแรงดันถึงที่กำหนดไว้ให้รักษาระดับแรงดันที่กำหนดไว้คงที่ประมาณ 1 – 2 นาที
4. หลังจากทีรักษาระดับแรงดันให้คงที่ 1 – 2 นาที เรียบร้อยแล้วจึงทำการตรวจสอบว่ามีรอยรั่วบริเวณรอยต่อหรือแนวตะเข็บรอยเชื่อมของอุปกรณ์หรืออุปกรณ์สามารถรับแรงดันได้หรือไม่
5. หลังจากทำการตรวจสอบเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงทำการลดระดับแรงดันน้ำภายในหม้อไอน้ำลงโดยต้องรักษาระดับอัตราการลดแรงดันลงในระดับ 1 bar ต่อ 1 นาที เช่นกัน