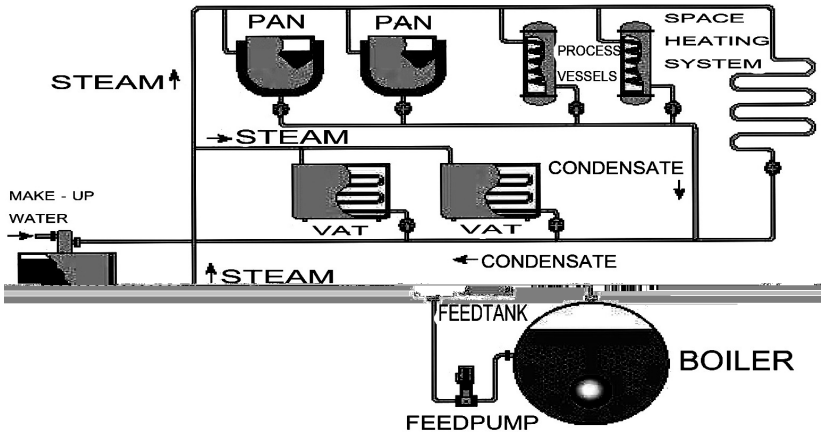
ระบบหม้อไอน้ำ
(Boiler Water System)

บทที่ 8

8.1 การควบคุมน้ำในระบบหม้อไอน้ำ

เนื่องจากหม้อไอน้ำเป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย และมีการใช้พลังงานจำนวนมาก อีกทั้งยังมีโอกาสเกิดอันตรายขึ้นได้ ในกรณีหม้อไอน้ำระเบิด ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญกับการควบคุมดูแลระบบหม้อไอน้ำเป็นพิเศษ แต่อย่างไรก็ตามยังคงพบเห็นการทำงานที่ก่อให้เกิดความสิ้นเปลืองด้านพลังงานในการปฏิบัติงาน ที่อาจเกิดจากการขาดความรู้ความเข้าใจ การไม่เอาใจใส่ เป็นต้น เพราะฉะนั้นควรตะหนักถึงความสำคัญในการควบคุมดูแลระบบหม้อไอน้ำอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากหม้อไอน้ำได้เต็มประสิทธิภาพ



รูปที่ 8.1 แผนผังระบบหม้อไอน้ำและคอนเดนเสท

8.2 การระบายน้ำทิ้งในระบบหม้อไอน้ำ (Blowdown)

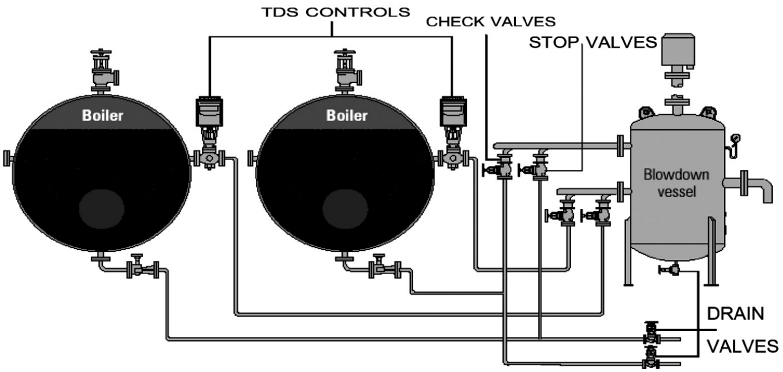
ในระบบหม้อไอน้ำทั่วไป จะมีระบายน้ำทิ้ง เพื่อลดความเข้มข้นของสารละลายในน้ำ วัตถุประสงค์เพื่อลดการเกิดตะกรัน การกัดกร่อน การพาสารและน้ำไปกับไอน้ำ (Carry over) การเกิดฟอง ซึ่งวิธีการระบายน้ำทิ้งมีอยู่สองแบบคือ

แบบครั้งคราว (Manual Blowdown)

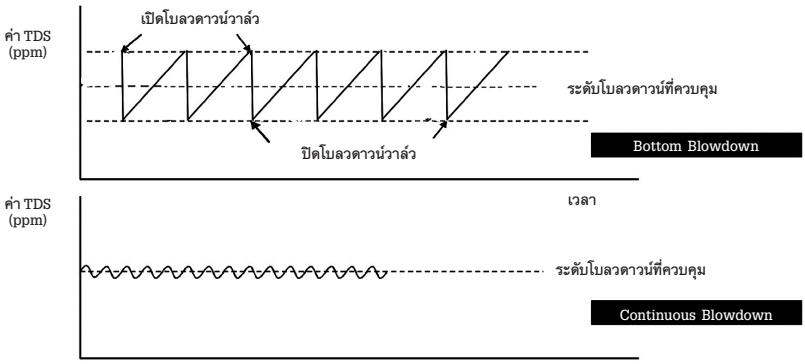
วิธีนี้ใช้เมื่อต้องการระบายตะกอนที่สะสมอยู่ด้านล่างของหม้อไอน้ำ สามารถช่วยลดทั้งสารแขวนลอยและของแข็งละลายน้ำได้ ความถี่ในการระบายน้ำทิ้งจะขึ้นอยู่กับผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ในการเปิดวาล์วระบายน้ำทิ้ง ควรเปิดระยะเวลาสั้นแต่เปิดถี่ จะดีกว่าการเปิดเวลานาน เนื่องจากสามารถกำจัดตะกอนได้ดีกว่าและสูญเสียน้ำน้อยกว่า

แบบต่อเนื่อง (Continuous Blowdown)

วิธีนี้ใช้เมื่อต้องการระบายน้ำทิ้งต่อเนื่อง ช่วยให้การควบคุมคุณภาพน้ำ มีความสม่ำเสมอ จะเป็นการระบายน้ำจากที่ระดับผิวน้ำ (Surface blowdown) ในหม้อไอน้ำ เพื่อเป็นการปล่อยน้ำที่มีสารละลายเข้มข้นสูงและสิ่งสกปรกที่เบา ซึ่งลอยอยู่บนผิวน้ำทิ้งไป ส่วนสิ่งสกปรกที่หนักและจมอยู่บริเวณด้านล่าง จะถูกปล่อยทิ้งออกด้วย Bottom blowdown valve ที่ใต้ท้องของหม้อไอน้ำด้วยการระบายน้ำแบบครั้งคราวอยู่แล้ว



รูปที่ 8.2 แสดงลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์การระบายทิ้งแบบต่อเนื่อง



รูปที่ 8.3 แสดงคุณภาพน้ำที่เกิดจากการระบายน้ำทิ้งแต่ละแบบ

8.3 การป้องกันปัญหาในระบบหม้อไอน้ำ

ปัญหาที่มีสาเหตุมาจากคุณภาพน้ำในระบบหม้อไอน้ำที่สำคัญมีอยู่ 3 ส่วนคือ

1.การกัดกร่อน

2.การเกิดตะกรันเกาะจับ

3.การพาสารและน้ำไปกับไอน้ำ (Carry over)

การป้องกันการกัดกร่อนในหม้อไอน้ำ

1) การป้องกันการกัดกร่อนจากก๊าซออกซิเจน

ออกซิเจนเป็นต้นเหตุของการกัดกร่อนแบบเป็นหลุมในหม้อไอน้ำ ดังนั้นจึงต้องมีการกำจัดก๊าซออกซิเจน มิฉะนั้นจะก่อให้เกิดปัญหาการกัดกร่อนในหม้อไอน้ำและระบบคอนเดนเสท มีวิธีป้องกันได้ 2 วิธีคือ

● วิธีทางกล จะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า ดีแอเรเตอร์ (Deaerator) เป็นวิธีกำจัดออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยการทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น ที่พบในโดยทั่วไปจะใช้อุณหภูมิอยู่ที่ 88˚C หรือ 104˚C เพื่อให้ออกซิเจนที่ละลายอยู่แยกตัวมาและออกไปกับไอน้ำ

● วิธีใช้สารเคมี การกำจัดก๊าซออกซิเจนโดยวิธีทางกลนั้นจะสามารถกำจัดออกได้ไม่หมดจะเหลือเพียงเล็กน้อย ดังนั้นต้องเติมสารเคมีกำจัดก๊าซออกซิเจนร่วมด้วย สารเคมีที่นิยมใช้ ได้แก่

1.โซเดียมซัลไฟต์ เป็นของแข็งสีขาว นิยมใช้โซเดียมซัลไฟต์กับหม้อไอน้ำ ความดันต่ำและปานกลาง (แรงดันต่ำกว่า 900 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) สามารถใช้กับอุตสาหกรรมอาหารได้ ส่วนใหญ่จะเติมสารเคมีให้มีปริมาณซัลไฟต์หลงเหลืออยู่ในน้ำ เพื่อให้มั่นใจว่าในน้ำไม่มีก๊าซออกซิเจนละลายอยู่ แสดงดังตารางที่ 8.1 ตำแหน่งที่เหมาะสมในการเติมสารเคมีคือในเส้นท่อก่อนเข้าสู่หม้อไอน้ำ การป้อนน้ำยาควรจะป้อนแบบต่อเนื่องและควรสัมพันธ์กับการเติมน้ำเข้าระบบ

ตารางที่ 8.1 ปริมาณโซเดียมซัลไฟต์ที่ควรมีเหลือค้างอยู่น้ำหม้อไอน้ำ

ความดันใช้งาน psig	โซเดียมซัลไฟต์ในรูป SO_3 มิลลิกรัมต่อลิตร
ต่ำกว่า 300	30-60
301-600	20-40
601-900	15-30
900-1,200	5-15
1,200-1,500	5-10

2.ไฮดราซีน ในการใช้งานต้องเติมไฮดราซีน ให้หลงเหลือในน้ำประมาณ 0.05-0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับหม้อไอน้ำความดันต่ำกว่า 600 psig ในบางครั้งจะให้มีไฮดราซีนเหลือค้างอยู่ในน้ำเลี้ยงให้มากพอที่จะจับออกซิเจนได้หมด ต้องกำหนดให้มีหลงเหลืออยู่ในน้ำเลี้ยง 0.01-0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับตำแหน่งที่เติมไฮดราซีนเข้าสู่ระบบน้ำป้อนนั้นควรเติมในเส้นท่อก่อนเข้าสู่หม้อไอน้ำ การป้อนน้ำยาควรจะป้อนแบบต่อเนื่องและควรสัมพันธ์กับการเติมน้ำเข้าระบบ

อย่างไรก็ตามไฮดราซีนไม่ควรใช้กับอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากถูกระบุว่าเป็นสารก่อเกิดมะเร็ง และไม่ได้รับการรับรองจากสถาบันทางด้านอาหาร

2) การป้องกันการกัดกร่อนจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระบบหม้อไอน้ำ เกิดจากการสลายตัวของสภาพด่างที่มีอยู่ในน้ำป้อน สามารถระเหยไปพร้อมกับไอน้ำ เมื่อละลายน้ำจะเกิดเป็นกรดคาร์บอนิก ทำให้พีเอชลดลงและกัดกร่อนในระบบคอนเดนเสท การแก้ไขมี 2 วิธีคือ

1.การใช้สารเคมี เพื่อปรับค่าพีเอชของน้ำคอนเดนเสทให้เป็นด่างเล็กน้อย สารเคมีที่ใช้เรียกว่า Neutralizing Amine

2.การใช้สารเคมีเคลือบผิวโลหะ (Filming Amine) สารเอมีนบางชนิดสามารถเคลือบผิวโลหะเป็นชั้นฟิล์มบางๆ ไม่ให้น้ำคอนเดนเสทที่มีฤทธิ์กัดกร่อนสัมผัสกับโลหะได้

การเกิดตะกรันเกาะจับ

การแก้ปัญหาตะกรันในหม้อไอน้ำนั้น ควรใช้วิธีปรับสภาพน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำให้ดีที่สุดก่อน แล้วจึงค่อยใช้สารเคมีควบคุมสภาพน้ำในหม้อไอน้ำช่วยไม่ให้เกิดตะกรันเกาะจับ ส่วนใหญ่สิ่งเจือปนที่ทำให้เกิดปัญหาตะกรันเกาะจับในหม้อไอน้ำ ได้แก่ ความกระด้าง ทั้งในรูปแคลเซียมและแมกนีเซียม ซิลิกา เหล็กออกไซด์ และทองแดงออกไซด์

การปรับสภาพน้ำป้อนให้เหมาะสมกับหม้อไอน้ำแต่ละตัว สามารถอ้างอิงได้ตามมาตรฐานของต่างประเทศเช่น ASME ของอเมริกา หรือ JIS ของญี่ปุ่น ดังที่แสดงไว้ในภาคผนวก 4 สำหรับการใช้สารเคมีเพื่อป้องกันการเกิดตะกรันมี 2 ลักษณะคือ

1.ทำให้จับตัวตกตะกอน (Precipitation)

- การกำจัดความกระด้างแคลเซียม

ในระบบหม้อไอน้ำที่มีความดันต่ำ จะใช้ฟอสเฟตเพื่อป้องกัน

การเกิดตะกรัน โดยฟอสเฟตจะทำปฏิกิริยากับความกระด้างแคลเซียมที่หลุดเข้ามาในระบบหม้อไอน้ำ เกิดเป็นสลัดจ์ของ Calcium hydroxyapatite ซึ่งเป็นสลัดจ์ที่มีลักษณะอ่อนนุ่ม เหลว ไม่เกาะติดผนังภายในของหม้อไอน้ำ กำจัดทิ้งได้ง่ายโดยการระบายหรือถ่ายน้ำ

ตะกอน Calcium hydroxyapatite จะเกิดได้ดี ในสภาวะที่มีพีเอชสูงประมาณ 11-12 ดังนั้น ถ้าพีเอชของน้ำในหม้อไอน้ำต่ำกว่า 9.5 แล้วฟอสเฟตจะจับแคลเซียม เกิดเป็นสลัดจ์ Calcium hydroxyapatite ได้ไม่หมด อาจเกิดเป็นตะกรันแข็งในระบบได้ สำหรับปริมาณฟอสเฟตในน้ำหม้อไอน้ำจะอ้างอิงตามมาตรฐาน ดังที่แสดงในภาคผนวก 4

● การกำจัดความกระด้างแมกนีเซียม

การใช้สารจำพวกฟอสเฟตนั้น ใช้ได้ผลเฉพาะเพื่อกำจัดความกระด้างแคลเซียมเท่านั้น ถ้าฟอสเฟตทำปฏิกิริยากับความกระด้างแมกนีเซียม จะได้ตะกอนหรือสลัดจ์ของแมกนีเซียมฟอสเฟต ซึ่งเป็นสลัดจ์ที่มีลักษณะเหนียวหนืด หนัก เกาะติดตามผนังในหม้อไอน้ำได้ง่าย ตะกอนแมกนีเซียมฟอสเฟตจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อปริมาณฟอสเฟต เหลือค้างอยู่ในน้ำหม้อไอน้ำมากเกินควร และหรือน้ำในหม้อไอน้ำมีความเป็นด่าง (P-Alkalinity) ต่ำ

ถ้าหากน้ำในหม้อไอน้ำมีความด่างมากพอ ความกระด้างแมกนีเซียมจะทำปฏิกิริยากับไฮดรอกไซด์เกิดเป็นตะกอนแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ และถ้าหากน้ำในหม้อไอน้ำมีปริมาณซิลิกามากพอความกระด้างจะทำปฏิกิริยากับซิลิกาเกิดเป็นตะกอนหรือสลัดจ์ของแมกนีเซียมซิลิเกต ซึ่งกระจายตัวได้ดีในน้ำและไม่เกาะติดผนังโลหะ กำจัดทิ้งได้ง่ายโดยการระบายทิ้งไปกับน้ำ

● สารปรับสภาพตะกอน (Sludge Conditioner)

เพื่อให้การป้องกันตะกรันในหม้อไอน้ำได้ผลดียิ่งขึ้น จึงนิยมใช้สารปรับสภาพตะกอน (Sludge Conditioning) สารนี้ไปเคลือบหรือ

ห้อมล้อมผลึกของแคลเซียมฟอสเฟต และแมกนีเซียมซิลิเกตให้แขวนลอยอยู่ในน้ำ โดยไม่ไปเกาะจับอยู่บนพื้นผิวเป็นตะกรันได้ นอกจากนี้ยังทำให้ตะกอนหรือสลัดจ์มีสภาพลื่นไหลมากขึ้น ไม่เกาะติดผนังโลหะง่าย ช่วยให้สลัดจ์กระจายตัว (Disperse) ในน้ำได้ดีเพื่อให้อยู่ในสภาพที่เป็นเม็ดเล็กๆ ถ่ายทิ้งไปกับการระบายน้ำทิ้งได้โดยง่าย สารปรับสภาพตะกอนส่วนใหญ่จะเป็นสารอินทรีย์ที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ CMC และโพลีเมอร์ชนิดต่างๆ สารปรับสภาพตะกอนที่ดีนั้นอาจต้องใช้สารหลายชนิดผสมกัน ขึ้นกับว่าส่วนผสมแบบใดจะให้ผลดีที่สุด

● สารป้องกันตะกรันจำพวกโพลีเมอร์

สารโพลีเมอร์ สามารถป้องกันและกำจัดปัญหาเรื่องตะกรันเกาะจับได้ โดยวิธีทำให้โครงสร้างผลึกของตะกรันชนิดต่างๆ เปลี่ยนแปลงไปจนกระทั่งไม่สามารถไปเกาะตามผนังโลหะได้ แต่จะแขวนลอยอยู่ในน้ำและจมตัวตกเป็นตะกอน ซึ่งกำจัดทิ้งได้โดยการระบายทิ้ง ปริมาณสารที่ต้องใช้จะเป็นปริมาณน้อยมากเพียงเพื่อให้เกิดผลที่เรียกว่า **“Threshold Effect”** คือ ไม่จำเป็นต้องใส่สารเป็นจำนวนมากเพื่อไปทำปฏิกิริยากับตะกรันทั้งหมด แค่ให้มีปริมาณสารอยู่ในน้ำเพียงเล็กน้อย ก็เพียงพอที่จะป้องกันไม่ให้เกิดตะกรันได้ ซึ่งแตกต่างกับการใช้ฟอสเฟตที่ต้องให้ไปทำปฏิกิริยากับความกระด้างจนหมด

● การป้องกันตะกรันเหล็ก

โอกาสที่จะเกิดตะกรันเกาะจับของเหล็กในรูปต่างๆ ได้เนื่องจากน้ำทำปฏิกิริยากัดกร่อนกับเนื้อเหล็ก หรือมีเหล็กละลายอยู่ในน้ำป้อนและน้ำคอนเดนเสท ตะกรันของเหล็กเป็นฉนวนป้องกันการถ่ายเทความร้อนได้มากกว่าตะกรันจากความกระด้าง สารเคมีที่ใช้ป้องกันและกำจัดตะกรันเหล็กในหม้อไอน้ำนั้น ใช้สารโพลีเมอร์บางชนิด ซึ่งจะไปทำหน้าที่เปลี่ยนโครงสร้างผลึกของตะกรัน ทำให้ไม่เกาะจับบนผนังท่อ หรือทำให้เหล็กมีสภาพกระจายตัวอยู่ในน้ำได้

2.ทำให้จับตัวละลายในน้ำ (Solubilizing)

● สารป้องกันตะกรันจำพวกคีแลนท์

สารคีแลนท์ (Chelant) ใช้สำหรับป้องกันการเกิดตะกรันในหม้อไอน้ำ ซึ่งต้องใช้อย่างระมัดระวัง เนื่องจากสามารถกัดกร่อนเหล็กได้ สารคีแลนท์จะทำปฏิกิริยาจับอิออน ของความกระด้างและของโลหะ เกิดเป็นสารเชิงซ้อนที่ละลายน้ำได้ ทำให้ไม่เกิดตะกอนในหม้อไอน้ำ สารคีแลนท์ที่นิยมใช้กันมีดังนี้ EDTA และ NTA

การใช้สารคีแลนท์นั้นมีข้อดี คือไม่มีตะกอนซึ่งก็หมดโอกาสที่จะเกิดเป็นตะกรันเกาะจับตามผิวโลหะได้ ภายในหม้อไอน้ำจะสะอาดกว่า ถ้าป้อนสารคีแลนท์มากเกินไปหรือไม่ถูกวิธีก็อาจเกิดการกัดกร่อนภายในหม้อไอน้ำได้ เพราะสารคีแลนท์ไปจับเนื้อเหล็กที่เป็นส่วนประกอบหม้อไอน้ำ

การพาสารและน้ำไปกับไอน้ำ (Carry Over)

การพาสารและน้ำไปกับไอน้ำ คือการที่มีสิ่งเจือปนซึ่งหลุดจากดรัม (ที่ผลิตไอน้ำ) ไปกับไอน้ำ ทำให้ไอน้ำไม่บริสุทธิ์ สิ่งเจือปนที่หลุดไปกับไอน้ำนั้นอาจอยู่ในสภาพที่เป็นของแข็ง ของเหลว หรือกลายเป็นไอปนไปกับไอน้ำ สารต่างๆ ที่แขวนลอยและละลายอยู่ในน้ำและหม้อไอน้ำ ถ้าหากติดไปกับไอน้ำจะทำให้เกิดตะกรันเกาะจับตามวาล์วต่างๆ ถ้ามีการใช้ไอน้ำนั้นสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตโดยตรงการที่มีสารปนไปกับไอน้ำจะทำให้มีปัญหาในการผลิตและคุณภาพผลิตภัณฑ์ลดลง

การพาสารและน้ำไปกับไอน้ำนั้นเกิดจากการที่ไม่สามารถแยกไอน้ำออกจากสภาพที่ไอน้ำ-น้ำปนกันอยู่ปัจจัยที่ทำให้การแยกไอน้ำออกจากน้ำผสมไอน้ำได้ไม่สมบูรณ์ก็เนื่องจากสาเหตุหลัก 2 ประการคือ

1.สาเหตุทางกล สภาพภายในหม้อต้มไอน้ำจะเกิดความปั่นป่วน (Turbulence) มาก อาจก่อให้เกิดการเดือดพล่าน (Priming) ซึ่งทำให้มีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในหม้อต้มไอน้ำอย่างรวดเร็ว และน้ำจำนวนหนึ่งจะหลุดปนไปกับไอน้ำได้ ในช่วงการใช้งาน เช่น การใช้ไอน้ำเพิ่มขึ้นอย่างทันทีทันใด ก็ทำให้เกิดการพาสารและน้ำไปกับไอน้ำได้

2.สาเหตุทางเคมี เกิดจากต้นเหตุ 2 ประการคือ

1) การเกิดฟอง (Foaming) จะขึ้นอยู่กับปริมาณสารแขวนลอย ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด สารละลาย ความเป็นด่าง ปริมาณสารอินทรีย์ และน้ำมันในหม้อไอน้ำ ฟองที่เกิดขึ้นเมื่อแตกก็จะกลายเป็นละอองน้ำติดไปกับไอน้ำได้ หรือไม่ถ้าเกิดจนเต็มหม้อต้มไอน้ำก็จะหลุดลอยไปกับไอน้ำได้

2) การพาสารในสถานะที่เป็นไอ (Vaporous Carry over) เกิดได้เนื่องจาก ไอน้ำมีคุณสมบัติในการละลายสารต่างๆ ติดไปกับไอน้ำได้ เช่น โซเดียมซัลเฟต โซเดียมคลอไรด์ โซดาไฟ และโซเดียมฟอสเฟต ซึ่งสารเหล่านี้จะละลายในน้ำ

ตารางที่ 8.2 ปัจจัยที่ทำให้เกิดแคริโอเวอร์

การออกแบบ/ปัจจัยทางกล	การควบคุมหม้อไอน้ำ	ปัจจัยทางเคมี
การออกแบบหม้อไอน้ำ	ระดับเปลี่ยนแปลงมาก	ความเป็นด่าง
ขนาดของหม้อต้มไอน้ำ	อัตราการใช้ไอน้ำไม่สม่ำเสมอ	สารอินทรีย์
โครงสร้างของหม้อต้มไอน้ำ	แรงดันไอน้ำลดลงอย่างกะทันหัน	สารแขวนลอย
ความดันที่ใช้		น้ำมัน
อัตราการผลิตไอน้ำ		สารละลาย
		ซิลิกา

ในปัจจุบันหม้อไอน้ำที่ออกแบบมาดีและมีการควบคุมคุณภาพน้ำอย่างดีก็ยังมีการพาสารติดไปกับไอน้ำบ้างเล็กน้อยประมาณ 0.005-0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร

ในการการป้องกันการพาสารและน้ำไปกับไอน้ำ ที่เกิดจากสาเหตุทางกล สามารถแก้ไขโดยการใช้หม้อต้มไอน้ำที่มีขนาดใหญ่เพียงพอ และติดตั้งเครื่องแยกน้ำจากไอน้ำไว้ภายใน สำหรับสาเหตุจากทางเคมีนั้นต้องอาศัยการควบคุมปริมาณสารละลายในน้ำ ความเป็นด่าง ซิลิกา และ

น้ำมันในน้ำหม้อไอน้ำ ให้เป็นไปตามมาตรฐาน ถ้ามีมากเกินไป สามารถลดลงได้โดยการระบายน้ำทิ้งให้มากขึ้น บางครั้งมีการใช้สารลดฟอง (Antifoam) ไปทำให้แรงตึงผิวของน้ำลดลงและฟองแตกง่ายขึ้น

8.4 กับดักไอน้ำ (Steam Trap)

ทำหน้าที่ระบายน้ำคอนเดนเสทออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อให้ไอน้ำใหม่สามารถเข้าไปในเครื่องเพื่อถ่ายเทความร้อนได้ หากไม่สามารถระบายคอนเดนเสทออกจากเครื่องได้ทันเกิดน้ำสะสม การถ่ายเทความร้อนก็จะเกิดช้าลง เกิดปัญหาต่างๆ ตามมา เช่น ความร้อนไม่เพียงพอ อุณหภูมิที่ควบคุมไม่คงที่ เป็นต้น

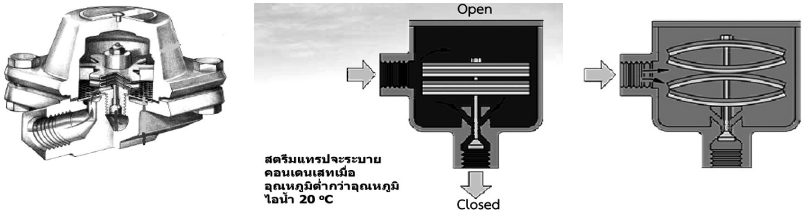
ชนิดของกับดักไอน้ำ

การใช้กับดักไอน้ำที่ถูกต้องจะสามารถทำให้ระบบจ่ายไอน้ำทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และประหยัดพลังงาน ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการผลิตของอุตสาหกรรมอาหารได้ โดยทั่วไปในอุตสาหกรรมสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้

1.ชนิดเทอร์โมสเตติก

หลักการทำงานอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิ หรือความดันและอุณหภูมิในการเปิดวาล์ว เพื่อระบายคอนเดนเสท และปิดวาล์วเพื่อป้องกันไอน้ำรั่วไหล เช่น

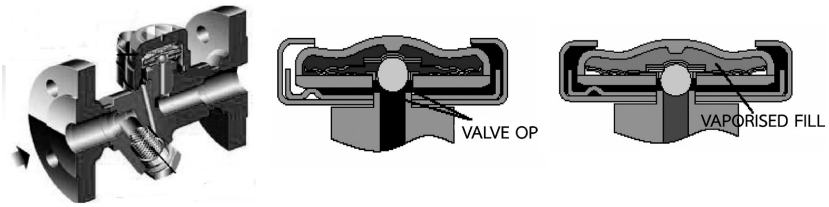
● *แบบไบเมทัล (Bimetallic Trap)* สตรีมแทรปจะระบายคอนเดนเสทเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิไอน้ำ 20 °C



รูปที่ 8.4 การทำงานของกับดักไอน้ำแบบแบบ ไบเมทัล (Bimetallic Trap)

ข้อดี	ข้อเสีย
✪ ใช้กับท่อก๊าซร้อนทนทาน	✪ ผลต่างอุณหภูมิสำหรับปิดเปิดลิ้นสูง
✪ ทนน้ำกระแทก	✪ ใช้งานไปนานๆคุณสมบัติของไบเมททัล จะเปลี่ยนแปลง
✪ ระบายอากาศทิ้งดี	

● *แบบเบลโลส์ (Bellows Type Trap)* มีหลักการทำงานเช่นเดียวกับแบบ Bimetallic โดยเมมเบรนแคปซูล (Membrane Capsule) มีลักษณะเป็นแคปซูลสแตนเลสภายในบรรจุของเหลวชนิดหนึ่ง ซึ่งมีคุณสมบัติในการขยายตัว-หดตัว เมื่อได้รับความร้อน หรือสูญเสียความร้อนไป



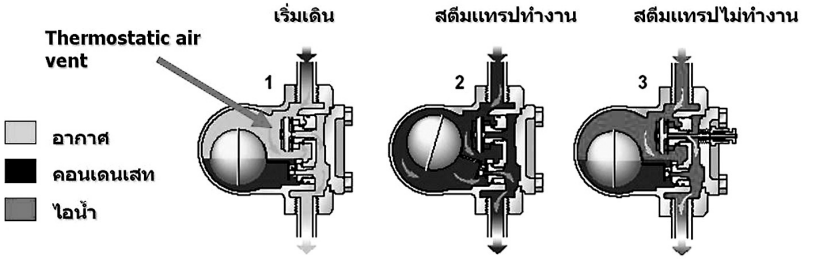
รูปที่ 8.5 การทำงานของกับดักไอน้ำแบบเบลโลส์ (Bellows Type Trap)

ข้อดี	ข้อเสีย
✪ สามารถปรับตั้งและควบคุมอุณหภูมิน้ำระบายได้	✪ ไม่ทนน้ำกระแทก
✪ ระบายอากาศทิ้งดี	✪ ไม่เหมาะกับความดันสูง

2.ชนิดแมคคานิค

หลักการทำงานโดยอาศัยการขึ้นและลงของลูกบอล ถ้วยคว่ำและถ้วยหงาย ในการปิด Orifice เพื่อป้องกันไอน้ำรั่วไหลและเปิด Orifice เพื่อระบายคอนเดนเสท เช่น

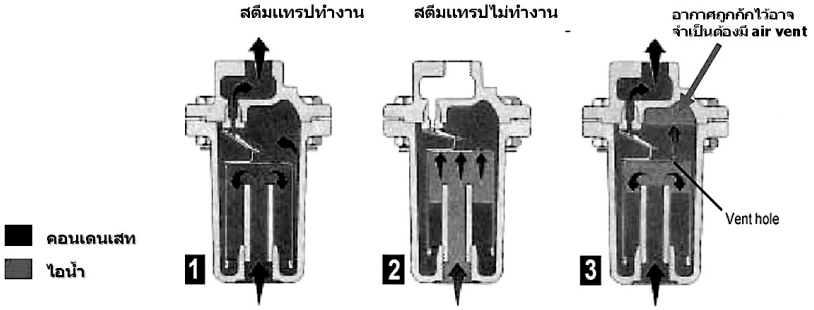
● *แบบลูกลอย (Float Trap)*



รูปที่ 8.6 การทำงานของกับดักไอน้ำแบบ Float and lever (แบบลูกลอยมีก้านยก)

ข้อดี	ข้อเสีย
✪ ใช้กับอุปกรณ์ใช้ไอน้ำเหมาะกับโหลดต่ำ	✪ ไม่ทนต่อน้ำกระแทก
✪ ปล่อยน้ำได้เร็วและต่อเนื่อง ✪ โครงสร้างง่ายและบำรุงรักษาง่าย	✪ ไม่เหมาะกับความดันสูง

● *แบบถ้วยคว่ำ (Inverted Bucket Trap)*



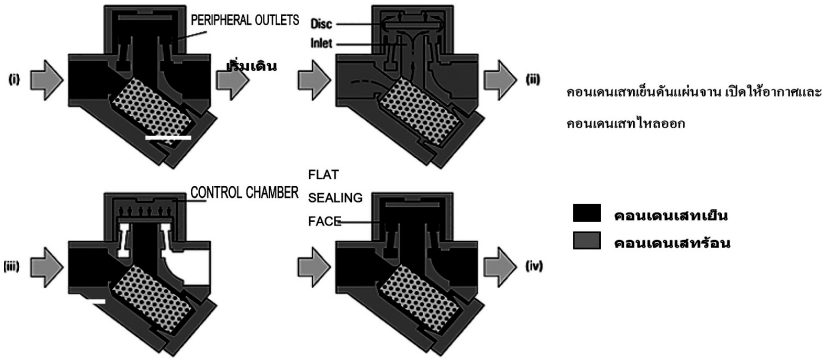
รูปที่ 8.7 การทำงานของกับดักไอน้ำแบบ Inverted Bucket (แบบถ้วยคว่ำ)

ข้อดี	ข้อเสีย
✪ ทนต่อน้ำกระแทก ทนความดันสูง	✪ ระบายอากาศทิ้งได้ไม่ดี
	✪ ระบายคอนเดนเสทไม่ดีกว่าแบบลูกลอย
	✪ ติดตั้งไม่สะดวก

3.ชนิดเทอร์ไดนามิกส์

หลักการทำงานอาศัยความแตกต่างของความดัน และความเร็วของไอน้ำในการเปิดวาล์วเพื่อระบายคอนเดนเสท และปิดวาล์วเพื่อป้องกันไอน้ำรั่วไหล เช่น

- *แบบจาน (Conventional Disc Trap)*



รูปที่ 8.8 การทำงานของกับดักไอน้ำแบบจาน (Conventional Disc Trap)

ข้อดี	ข้อเสีย
✪ ขนาดเล็ก น้ำหนักเบา	✪ ต้องมีผลต่างความดันทำงานอย่างน้อย 0.3 บาร์
✪ โครงสร้างง่าย	✪ มีขีดจำกัดของความดันย้อนกลับ (30%)
✪ ทนต่อน้ำกระแทก	
✪ สามารถใช้กับไอดงได้	

ข้อควรระวัง : *ไม่ควรติดตั้งกับดักไอน้ำชนิดนี้ในบริเวณที่กับดักสัมผัสกับน้ำหรือฝนโดยตรงเพราะจะทำให้สูญเสียพลังงานมาก และไม่ควรหุ้มฉนวนที่ตัวกับดักไอน้ำ (ในกรณีที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ควรมีอุปกรณ์ครอบคลุมกับดักไอน้ำเพื่อป้องกันน้ำ/ฝนสัมผัสโดยตรง)*

การสูญเสียพลังงานใน Steam trap มีลักษณะรูปแบบการสูญเสียได้ 2 สาเหตุ ได้แก่

1.การเปิดค้างของกับดักไอน้ำ

2.การอุดตันของกับดักไอน้ำ

การตรวจสอบและวิเคราะห์กับดักไอน้ำ

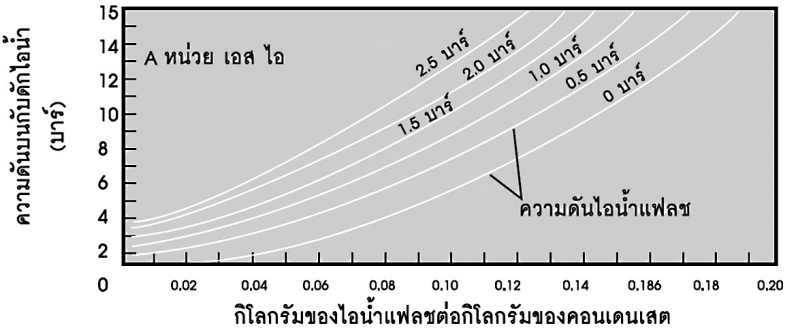
การตรวจสอบและวิเคราะห์กับดักไอน้ำ คือการตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์กับดักไอน้ำว่ายังใช้งานได้ปกติหรือไม่ โดยความบกพร่องของกับดักไอน้ำ มี 2 ลักษณะคือ กับดักไอน้ำเปิดตลอดเวลา (Failed Open) ทำให้สูญเสียไอน้ำตลอดเวลา และกับดักไอน้ำปิดตลอดเวลา (Failed Closed) ทำให้มีปัญหากับเครื่องจักร โดยการตรวจสอบการทำงานต้องทำในขณะใช้งานอยู่ ไม่มีความจำเป็นต้องถอดล้างหาก กับดักไอน้ำยังทำงานปกติดี ซึ่งวิธีการตรวจสอบสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

- มีช่วงที่สตีมแทรปเย็นตัวหรือไม่
- สตีมแทรปพ่นไอน้ำทิ้งอยู่ตลอดเวลาหรือไม่
- สตีมแทรปอุดตันหรือไม่
- วาล์ว by-pass ของสตีมแทรปเปิดทิ้งอยู่หรือไม่
- การติดตั้งสตีมแทรปถูกต้องหรือไม่ (ตำแหน่ง ทิศทาง มุม)
- เลือกใช้ชนิดของสตีมแทรปเหมาะสมกับอุปกรณ์หรือไม่
- อุปกรณ์ให้ความร้อนด้วยไอน้ำมีปัญหาอุณหภูมิผิดปกติหรืออุณหภูมิไม่สม่ำเสมอหรือไม่
- สตีมแทรปมีน้ำท่วมอยู่หรือไม่
- สตีมแทรปที่ติดตั้งอยู่เหมาะสมกับความดันหรือไม่

8.5 ลักษณะการสูญเสียพลังงานจากไอน้ำแฟลช (Flash Steam)

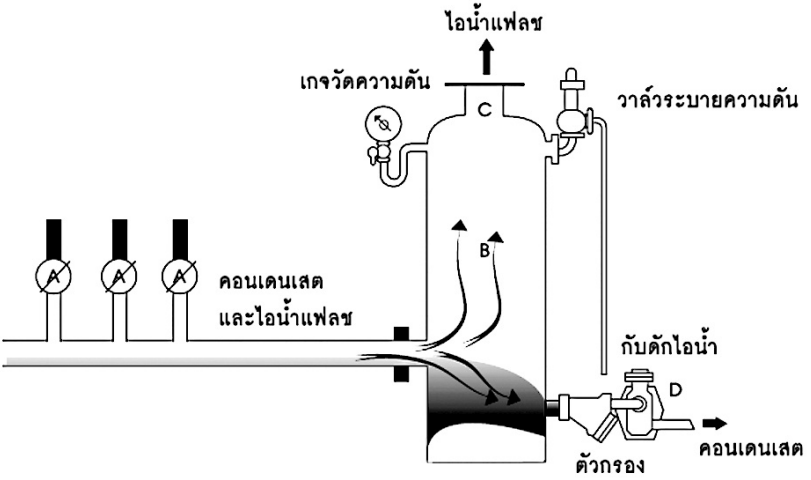
จากตารางไอน้ำในภาคผนวก 5 แสดงว่าถ้าคอนเดนเสทมีความดันเป็น 7 บาร์ อุณหภูมิของคอนเดนเสทจะเป็น 170°C และมีความร้อนสัมผัสเป็น 719 kJ/kg น้ำภายใต้ความดันบรรยากาศไม่สามารถมีอุณหภูมิได้สูงกว่า 100°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิน้ำเดือด ดังนั้นน้ำที่เข้ากับดักไอน้ำ (Steam trap) ด้วยความร้อน 719 kJ/kg และออกจากกับดักไอน้ำที่ 419 kJ/kg มีความแตกต่างอยู่ 300 kJ/kg ซึ่งน้ำไม่สามารถรับไว้ได้ ส่วนหนึ่งของ

พลังงานนี้ ใช้ในการระเหยน้ำอีกครั้งดังนั้นน้ำส่วนหนึ่งจะเปลี่ยนเป็นไอน้ำ ซึ่งเรียกว่า ไอน้ำแฟลช จะเห็นได้ว่าหากไม่มีการนำไอน้ำแฟลชหรืออุปกรณ์รองรับเพื่อนำไอน้ำแฟลชกลับไปใช้งาน จะทำให้สูญเสียพลังงานเท่ากับ 300 kJ/kg ซึ่งมีผลทำให้การใช้เชื้อเพลิงของระบบหม้อไอน้ำเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 8.9 แสดงปริมาณไอน้ำแฟลชที่เกิดขึ้นที่เงื่อนไขการทำงานต่างๆ

โดยทั่วไปวิธีมาตรฐานในการใช้ความร้อนจากไอน้ำแฟลชที่ได้จากคอนเดนเสทที่ออกจากกับดักไอน้ำ (Steam trap) จะถูกรวบรวม และต่อเข้าไปเข้าถังแฟลช ดังรูป 8.10 เพื่อเก็บคอนเดนเสทที่มีความร้อนสูง และจากเครื่องที่ใช้น้ำความดันสูง ไอน้ำแฟลชที่ได้จากถังแฟลชนี้สามารถนำไปใช้กับเครื่องที่ใช้ไอน้ำความดันต่ำ พิจารณาคอนเดนเสทความดันสูงผ่านกับดักไอน้ำ (Steam trap) A ไปยังถังแฟลช B ถังแฟลชมีความดันต่ำกว่า ดังนั้นคอนเดนเสทบางส่วนจะเปลี่ยนเป็นไอน้ำแฟลช เมื่อออกจากกับดักไอน้ำ (Steam trap) ไอน้ำแฟลชถูกนำออกไปผ่าน C และมีคอนเดนเสทที่เหลือจาก B ออกไปผ่านกับดักไอน้ำ D ซึ่งควรจะเป็น กับดักไอน้ำ (Steam trap) ประเภทลูกลอยที่สามารถปล่อยคอนเดนเสทออกได้อย่างต่อเนื่อง ถังแฟลชควรจะติดตั้งวาล์วระบายความดัน (Relief valve) เพื่อป้องกันความดันสูงเกินไปในขณะที่มีความต้องการไอน้ำความดันต่ำลดลงต่ำกว่าอัตราการเกิดไอน้ำแฟลช

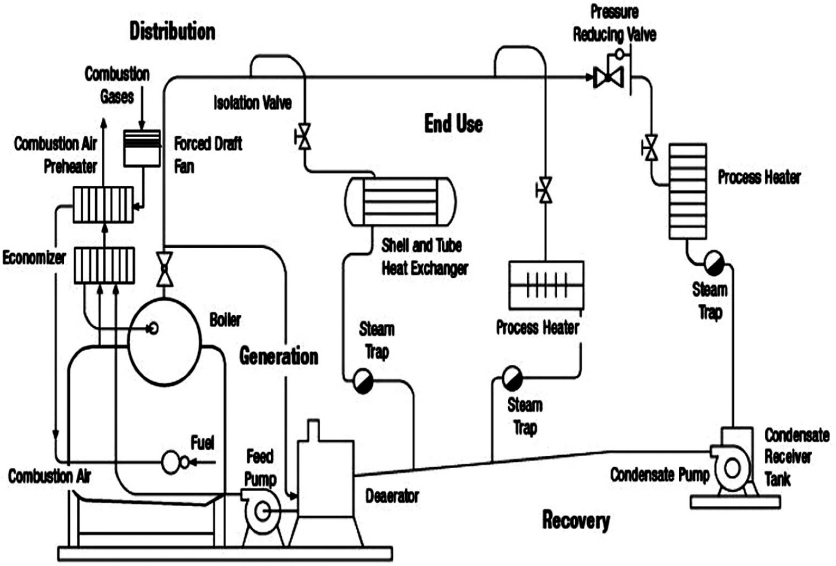


รูปที่ 8.10 ถังแฟลช

8.6 การนำคอนเดนเสทกลับมาใช้งาน

ระบบหม้อไอน้ำที่มีประสิทธิภาพควรมีการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่ เนื่องจากมีความร้อนสะสมอยู่ในน้ำคอนเดนเสทและยังมีของแข็งละลายน้ำในปริมาณต่ำ ซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับใช้เป็นน้ำป้อนแก่หม้อไอน้ำ

ในการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้งานโดยปกติ สามารถส่งกลับไปยังเครื่องดีแอเรเตอร์ไล่อากาศ ถังน้ำป้อนหม้อไอน้ำ หรือนำไปใช้ในกระบวนการอื่นๆ ได้โดยตรง แต่ถ้าพบว่ามีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนจากการใช้งาน ก็ไม่ควรส่งน้ำคอนเดนเสทนี้กลับไประบบหม้อไอน้ำอีก สามารถนำน้ำคอนเดนเสทที่ปนเปื้อนไปใช้เป็นน้ำสำหรับกระบวนการให้ความร้อน หรือส่งผ่านไปที่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งจะสามารถนำปริมาณความร้อนกลับมาใช้ประโยชน์ ก่อนปล่อยน้ำทิ้งไป



รูปที่ 8.11 วงจรไอน้ำและคอนเดนเสท

สำหรับประโยชน์ของการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่สามารถสรุปได้ดังนี้

1.ช่วยประหยัดน้ำป้อนหม้อไอน้ำ เนื่องจากน้ำคอนเดนเสทที่ไม่ได้นำกลับมาใช้ใหม่ในระบบหม้อไอน้ำ จะต้องถูกแทนที่ด้วยน้ำป้อนใหม่ ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงขึ้น

2.คุณภาพของน้ำคอนเดนเสทในสภาวะที่ไม่มีการปนเปื้อน ก็คือน้ำกลั่น ซึ่งมีปริมาณของแข็งละลายน้ำเจือปนน้อยมาก การนำน้ำคอนเดนเสทกลับเข้ามาใช้ในถังน้ำป้อนหม้อไอน้ำ เป็นการช่วยลดความต้องการในการระบายน้ำทิ้ง และช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำได้ด้วย

3.ทำให้หม้อไอน้ำมีประสิทธิภาพสูงสุด ลดการสูญเสียพลังงานจากหม้อไอน้ำ เพราะน้ำคอนเดนเสทมีอุณหภูมิสูง ส่งผลให้น้ำป้อนที่มีน้ำคอนเดนเสทผสมมีอุณหภูมิสูงขึ้น มีการใช้ความร้อนและเชื้อเพลิงน้อยลง ในการทำน้ำให้ร้อนตามต้องการ

8.7 การหุ้มฉนวนกันความร้อน

เนื่องจากระบบหม้อไอน้ำเป็นระบบที่มีการใช้พลังงานความร้อนสูง โดยทั่วไปอุณหภูมิไอน้ำในท่อจะมีอุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิบรรยากาศจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ เนื่องจากธรรมชาติถูกกำหนดให้บริเวณที่อุณหภูมิสูงจะถูกถ่ายเทความร้อนไปที่อุณหภูมิต่ำเสมอ ดังนั้นจึงมักทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากอุปกรณ์สู่บรรยากาศ ซึ่งถือว่าเป็นการสูญเสียพลังงานอย่างหนึ่ง ปัจจุบันจึงได้มีเทคโนโลยีฉนวนกันความร้อนมาใช้งาน เพื่อป้องกันการสูญเสียพลังงานจากการถ่ายเทความร้อนดังกล่าว โดยสามารถคำนวณพลังงานสูญเสียความร้อนได้จากสูตร

อัตราการสูญเสียความร้อนที่ลดลง = (อัตราการสูญเสียความร้อนก่อนหุ้มฉนวน - อัตราการสูญเสียความร้อนหลังหุ้มฉนวน)
ปริมาณการสูญเสียความร้อนลดลง = อัตราการสูญเสียความร้อนลดลง x ความยาวท่อ x ชั่วโมง

ตัวอย่างการคำนวณ

โรงงานมีการเดินท่อไอน้ำขนาด 2 นิ้ว เข้าไปใช้งานในกระบวนการผลิตจากการตรวจสอบพบว่าท่อไอน้ำมีระยะทางทั้งหมด 150 เมตร โดยวัดอุณหภูมิที่ผิวท่อไอน้ำ ได้เท่ากับ 91˚C อุณหภูมิอากาศภายนอกได้เท่ากับ 35˚C

จากตารางที่ 8.3 เปิดค่าความร้อนได้ เท่ากับ 132 W/m ดังนั้นพลังงานความร้อนที่สูญเสียปัจจุบันมีค่าเท่ากับ 19.8 kW

ตารางที่ 8.3 *พลังงานความร้อนที่แผ่สูญเสียจากท่อ (วัตต์/เมตร)*

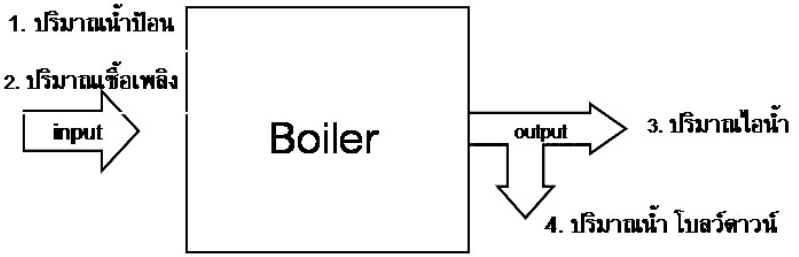
อุณหภูมิแตกต่าง ^0C	Pipe Size (ขนาดท่อ)									
	15 mm	20 mm	25 mm	32 mm	40 mm	50 mm	65 mm	80 mm	100 mm	150 mm
	W/m (วัตต์ / เมตร)									
56	54	65	79	103	108	132	155	188	233	324
67	68	82	100	122	136	168	198	236	296	410
78	83	100	122	149	166	203	241	298	360	500
89	99	120	146	179	205	246	289	346	434	601
100	116	140	169	208	234	285	337	400	501	696
111	134	164	198	241	271	334	392	469	598	816
125	159	191	233	285	321	394	464	555	698	969
139	184	224	272	333	373	458	540	622	815	1133
153	210	255	312	382	429	528	623	747	939	1305
167	241	292	357	437	489	602	713	838	1093	1492
180	274	329	408	494	556	676	808	959	1190	1660
194	309	372	461	566	634	758	909	1080	1303	1852

อายุการใช้งานของฉนวนความร้อน

โดยทั่วไปฉนวนความร้อนจะมีอายุการใช้งานประมาณ 5-15 ปี ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและสภาพการติดตั้งใช้งาน ถ้าการติดตั้งใช้งานไม่เหมาะสมจะทำให้อายุการใช้งานของฉนวนสั้นลง เช่น การติดตั้งในพื้นที่ที่มีความชื้นสูงและไม่มีวัสดุห่อหุ้มฉนวนความร้อน ความชื้นจะทำให้ฉนวนความร้อนเสื่อมอายุเร็วขึ้น ลักษณะของฉนวนความร้อนเสื่อมสภาพ สังเกตได้เมื่อมีการติดตั้งใช้งานระยะหนึ่งแล้วอุณหภูมิผิวฉนวนสูงกว่าเดิมเกิน 20 องศาเซลเซียส และการเกาะยึดตัวของเนื้อฉนวนความร้อนจะเริ่มเปื่อยยุ่ยไม่เกาะติดกัน เมื่อใช้มือจับดึงเนื้อฉนวนจะหลุดติดมือออกมาได้ง่ายโดยที่ใช้แรงดึงน้อย หรือสังเกตจากการที่มีเศษฉนวนหลุดร่วงลงพื้น

8.8 วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ

หลักการที่ใช้ในการคำนวณหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ



รูปที่ 8.12 สมดุลมวลของระบบหม้อไอน้ำ

จากสูตร

ค่าความร้อนที่ต้องการ = ค่าความร้อนของไอน้ำ + ค่าความร้อนของน้ำโบลว์ดาวน์ - ค่าความร้อนของน้ำป้อน

เมื่อ

ค่าความร้อนไอน้ำ (kcal/kg) = ปริมาณไอน้ำ x (ค่าเอนทาลปีสถานะไอน้ำที่ความดันหม้อไอน้ำ)[1]

ค่าความร้อนของน้ำโบลว์ดาวน์ (kcal/kg) = ปริมาณน้ำโบลว์ดาวน์ x (ค่าเอนทาลปีสถานะไอน้ำที่ความดันหม้อไอน้ำ)[1]

ค่าความร้อนของน้ำป้อน (kcal/kg) = ปริมาณน้ำป้อน x ค่าเอทนทาลปีสถานะของเหลวที่อุณหภูมิน้ำป้อน

ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ (%) = (ค่าความร้อนที่ต้องการ x 100)/(ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง x ค่าความร้อนเชื้อเพลิง)

[1] ค่าเอนทาลปีสถานะไอน้ำที่ความดันหม้อไอน้ำ หาได้จากการอ่านค่าเกจความดัน หน่วยเป็น Bar บวกเพิ่มอีก 1 บรรยากาศ (Bar+1) แล้วจึงนำค่าที่ได้ไปเปิดตารางไอน้ำเพื่อหาค่าเอนทาลปีต่อไป

วิธีการเก็บข้อมูล

● **ปริมาณน้ำป้อน** ใช้การจดบันทึกจากมาตรวัดน้ำ หน่วยเป็น ลบ.ม./วัน หรือ ลบ.ม./ชม.

● **อุณหภูมิน้ำป้อน** ใช้การจดบันทึกจาก Thermometer ของถังเก็บน้ำป้อน

● **ปริมาณน้ำโบลว์ดาวน์** หาได้จากสูตร (โดยใช้ค่า EC, TDS, Cl, M-Alk เป็นตัวกำหนด ซึ่งค่าใดมี limit ที่ถึงค่าที่ควบคุมก่อน ให้ใช้ค่านั้นเป็นตัวกำหนด)

● **ปริมาณไอน้ำ** หาได้จากสูตร

● **อุณหภูมิไอน้ำ/น้ำโบลว์ดาวน์** จากการอ่านค่าความดันของหม้อไอน้ำ แล้วนำไปเทียบ Steam Table จะได้เป็นอุณหภูมิ ^{o}C (โดยที่ อุณหภูมิน้ำโบลว์ดาวน์ = อุณหภูมิไอน้ำ)

● **ค่าเอนทาลปี** น้ำป้อน น้ำโบลว์ดาวน์ ไอน้ำ ได้จากการเปิด Steam Table ที่อุณหภูมินั้นๆ

● **ปริมาณเชื้อเพลิง** ได้จากการจดข้อมูลการใช้เชื้อเพลิง (ในช่วงเวลาเดียวกับการจดบันทึกปริมาณน้ำป้อน)

● **ค่าความร้อนเชื้อเพลิง** ได้จากตารางในภาคผนวก 6 ค่าความร้อนเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

แนวทางและข้อแนะนำในการเก็บข้อมูลเชื้อเพลิง

ปกติการเก็บข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของระบบหม้อไอน้ำ มักทำได้ยาก เนื่องจากมีข้อจำกัดในด้านอุปกรณ์และการปฏิบัติงาน จึงมีแนวทางในการดำเนินการดังนี้

เชื้อเพลิงเหลว เช่น น้ำมันเตา น้ำมันดีเซล กรณีที่ทางโรงงานไม่มีการติดมาตรวัดการใช้เชื้อเพลิง ในการจดข้อมูลส่วนใหญ่จะมีความผิดพลาด เนื่องจากการวัดการใช้เชื้อเพลิงจากถังเก็บน้ำมันที่มีขนาดใหญ่

รวมถึงระดับอ้างอิงปริมาณการใช้ของตัวถังเก็บ(ส่วนใหญ่จะมีสเกลที่หยาบ)ไม่ละเอียด ทำให้ค่าที่อ่านได้ไม่ถูกต้อง ดังนั้นควรมีการปรับความละเอียดในการอ่านค่าปริมาณการใช้น้ำมันของถังเก็บใหม่

เชื้อเพลิงก๊าซ เช่น ก๊าซปิโตรเลียมเหลว กรณีที่ทางโรงงานไม่มีการติดมาตรวัด ในการจดข้อมูลส่วนใหญ่จะมีความผิดพลาด เนื่องจากวัดการใช้เชื้อเพลิงจากถังเก็บที่มีขนาดใหญ่ อีกทั้งถังเก็บส่วนใหญ่จะไม่มีสเกลวัดปริมาณเชื้อเพลิงมีเพียงแต่มาตรวัดความดัน ทำให้ไม่สามารถเก็บบันทึกข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงได้ ดังนั้นหากจำเป็นต้องการเก็บข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงสามารถนำข้อมูลการซื้อเชื้อเพลิงมาใช้ได้ เพียงแต่ต้องจดบันทึกปริมาณการใช้น้ำป้อนในรอบที่มีการซื้อเชื้อเพลิงอย่างแม่นยำกว่าคือ ต้องเป็นระยะเวลาเดียวกัน (ชั่วโมงเดียวกัน)

เชื้อเพลิงแข็ง เช่น แกลบ ไม้สับ กะลาปาล์ม ถ่านหิน ทุกๆ ครั้งก่อนนำเชื้อเพลิงไปใช้งานควรมีการลงบันทึกข้อมูลปริมาณการรับเชื้อเพลิงทุกครั้ง จากนั้นจึงนำค่าน้ำหนักที่บันทึกได้มาเทียบกับข้อมูลรอบการจดบันทึกการใช้น้ำป้อนในช่วงระยะเวลาเดียวกัน

บทสรุป

ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของระบบหม้อไอน้ำ เชื้อเพลิงน้ำมันเตาที่สามารถทำได้ คือ

ประสิทธิภาพของหัวฉีด Nozzle 80%
ประสิทธิภาพของหัวฉีด Rotary 85% } **Bench Mark**

ตัวอย่างการคำนวณของระบบหม้อไอน้ำ

โรงงานมีการใช้งานหม้อไอน้ำขนาด 16 ตัน/ชม. หัวเผาเป็นแบบ nozzle ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตา อุณหภูมิน้ำป้อน 60°C ความดันไอน้ำที่ผลิต 5 บาร์เกจ

จากการเก็บข้อมูล (1 วัน) พบว่า มีการใช้เชื้อเพลิง 9,390 ลิตร มีปริมาณน้ำป้อน = 137 ลบ.ม. ค่า EC ของน้ำป้อน = 2,150 μS/cm และค่า EC ของน้ำทิ้ง (B/D) = 11,860 μS/cm

คำนวณหาค่าวัฏจักรความเข้มข้น $= \frac{EC(B/D)}{EC(FW)} = \frac{11,860}{2,150} = 5.5$

คำนวณหา % B/D $= FW / N = 100 / 5.5 = 18.13\%$

$\therefore$ *B/D* $= 181.3$ *liters/m*^{3} *of FW*

$\therefore$ *Steam* $= 1,000-181.3 = 818.7$ *liters/m*^{3} *of FW*

เปิด Steam Table เพื่อหาค่า Enthalpy ที่ Absolute pressure 6 kg/cm^2 จะได้

- Enthalpy of 6 kg/cm^2 Saturated water... HBW = 159.25 kcal/kg
- Enthalpy of 6 kg/cm^2 Saturated steam... HS = 658.1 kcal/kg
- Enthalpy of 60 OC Feed water..... Hf = 59.94 kcal/kg
- Gross heat of combustion of fuel oil..... Ff = 9,850 kcal/lit

คำนวณหาค่าความร้อนที่ต้องการ จากสูตร

ค่าความร้อนที่ต้องการ = ค่าความร้อนของไอน้ำ+ค่าความร้อนของน้ำโบลว์ดาวน์-ค่าความร้อนของน้ำป้อน

$\therefore$ *Total heat* $= (658.1 \times 818.7) + (159.25 \times 181.3) - (59.94 \times 1,000)$
$= 507,718.5$ *kcal/ton of FW .....theoretical*

กำหนดให้ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ = 80% โดยค่าความร้อนน้ำมันเตา = 9,850 kcal/liters

∴ Total heat required $= \frac{507,718.5}{0.80}$ *= 634,648 kcal/ton of FW*

∴ อัตราการใช้เชื้อเพลิง $= \frac{634,648}{9,850}$ *= 64.48 liters/ton of FW*

$= \frac{64.43}{1 - 0.1813}$ *= 78.7 lit/ton of steam*

คำนวณหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำได้

อัตราการใช้เชื้อเพลิง $= \frac{9,390}{137}$ *= 68.54 liters/ton of FW*

$= \frac{68.54}{1 - 0.1813}$ *= 83.72 liters/ton of steam*

ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ $= \frac{507,718.5 \times 100}{9,850 \times 68.54}$ *= 75.2%*

ปริมาณไอน้ำ *= (137 x 0.8187)* *= 112.16 ton/day*

ส่วนต่างเทียบกับ Bench Mark (Eff. 80%) ต่อ FW 1 ton = 68.54 - 64.48

∴ ปริมาณน้ำมันเตาส่วนต่างที่เกิดขึ้น = 4.06 liters/ton of FW

∴ ส่วนต่างของน้ำมันเตาที่เกินใน 1 วัน = 556 liters (จากน้ำป้อน)

ราคาน้ำมันเตาลิตรละ 18 บาท

∴ ใช้เงินเกินวันละ = 10,008 บาท

1 ปี (300 วัน) = 3,002,400 บาท/ปี