

บทคัดย่อ

ความสามารถในการนำคอนเดนเสทกลับมาใช้ในระบบที่ใช้ไอน้ำจะช่วยทำให้ประหยัดพลังงานได้ไม่น้อยประมาณ 10 - 20 เปอร์เซ็นต์ โดยขึ้นอยู่กับระดับความดันไอน้ำที่ใช้งานและระบบการนำคอนเดนเสทกลับซึ่งจำแนกเป็นระบบ เป็ด ปีก และแฟลช โดยต้องมีระบบที่เหมาะสม

1. บทนำ

การผลิตไอน้ำไว้ใช้ในอุตสาหกรรมนั้นจำเป็นจะต้องใช้พลังงานการต้มน้ำให้กลายเป็นไอน้ำ พลังงานจึงเป็นต้นทุนในขบวนการผลิตที่สำคัญอย่างหนึ่งจึงสมควรได้รับความเอาใจใส่ และหาหนทางประหยัดให้ได้มากที่สุด ต้นทุนการผลิตไอน้ำปริมาณ 1 ตันต่อชั่วโมงเมื่อรวมค่าเชื้อเพลิง ชนิดน้ำมันเตาและค่าไฟฟ้าอื่น ๆ พอละประมาณว่าเป็นเงิน 250 ถึง 300 บาทต่อชั่วโมง หนทางในการประหยัดพลังงานนอกจากการปรับหม้อไอน้ำให้มีประสิทธิภาพแล้ว การนำคอนเดนเสทมาใช้ประโยชน์แทนที่จะทิ้งไปก็จะเป็นการช่วยประหยัดพลังงานได้อย่างมาก

ในการนำไอน้ำมาใช้ประโยชน์ยังมีผู้คนอีกจำนวนมากเข้าใจว่าสามารถนำเอาพลังงานความร้อนที่อยู่ในไอน้ำมาใช้ไปทั้งหมดแล้ว โดยทั่วไปในการใช้งานส่วนใหญ่ยังมีพลังงานความร้อนเหลืออยู่อีกกว่า 20% ความร้อนที่เหลืออยู่จะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความดันของไอน้ำที่ใช้งาน การใช้พลังงานความร้อนในไอน้ำมักจะใช้เฉพาะส่วนที่เป็นความร้อนแฝง ซึ่งเป็นความร้อนส่วนใหญ่เมื่อได้ใช้ความร้อนแฝงแล้ว ไอน้ำจะเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำร้อนต้องระบายทิ้งไปในชื่อที่เรียกว่า คอนเดนเสท โดยที่คอนเดนเสทยังมีความร้อนเหลืออยู่อีกมาก เป็นความร้อนในส่วนที่เรียกว่าความร้อนสัมผัส มีพลังงานประมาณ 20% ของทั้งหมด การทิ้งไปจึงไม่คุ้มค่าอย่างยิ่ง เพราะ 20% ของไอน้ำ 1 ตัน จะมีมูลค่า 50 - 60 บาท

ในความเป็นจริงตามสภาพที่เป็นอยู่ในอุตสาหกรรมบ้านเราที่ใช้ไอน้ำในขณะนี้ ยังมีการนำคอนเดนเสทกลับมาใช้ไ้อย่างมาก คงเนื่องมาจากสาเหตุที่ว่า

- 1) ยังไม่เข้าใจว่าคอนเดนเสทมีพลังงานเหลืออยู่มาก
- 2) ไม่ทราบว่าเอาไปใช้ที่ไหน
- 3) ไม่ทราบรายจ่ายที่สูญเสีย ไปกับการทิ้งคอนเดนเสทมากน้อยเท่าไร
- 4) ไม่ทราบวิธีการที่จะนำมาใช้ประโยชน์
- 5) ไม่ทราบจะนำเอาอุปกรณ์อะไรมาใช้น้ำคอนเดนเสทกลับ
- 6) ไม่รู้การลงทุน (หลายจุดเล็กๆ)

บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะช่วยสนับสนุนให้มีการนำคอนเดนเสทกลับมาใช้ประโยชน์ในวงกว้างขวางเพิ่มขึ้น โดยพยายามตอบคำถามต่างๆ ดังกล่าว

2. พลังงานในคอนเดนเสท

ถ้าหากได้มีการพิจารณาดูตารางไอน้ำ จะช่วยให้รู้ว่าพลังงานในคอนเดนเสทนั้นมีมากเท่าไร ดังจะยกตัวอย่างต่อไปนี้

ไอน้ำอิ่มตัวที่ความดันสัมบูรณ์ 5 kg/sq.cm. จะได้จุดหมุ่มีอุณหภูมิ 151.11 °C ความร้อนทั้งหมดในไอน้ำ 656 kcal/kg แยกเป็นความร้อนแฝง 503.9 kcal/kg และความร้อนสัมผัส 152.1 kcal/kg.

ส่วนไอน้ำอิ่มตัวที่ความดันสัมบูรณ์ 10 kg/sq.cm. จะมีค่าต่างๆ เรียงตามลำดับเหมือนข้างต้นคือ 179.04°C , 662.9 , 481.7 และ 181.2 kcal/kg

ในกรณีแรกความร้อนสัมผัสมีปริมาณเท่ากับ 23.2% ของพลังงานทั้งหมด และในกรณีหลังเท่ากับ 27.3%

จากตัวเลขต่างๆ ที่สกัดจากตารางไอน้ำ จะพบคุณสมบัติของไอน้ำว่าที่ความดันยิ่งสูง อุณหภูมิอิ่มตัวจะสูงขึ้น ส่วนปริมาณความร้อนรวมจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แต่ถ้าความร้อนแฝงจะลดน้อย และในทางกลับกันทำให้ปริมาณความร้อนสัมผัสมีมากขึ้น

อุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะไม่ไอน้ำความดันระดับที่ให้อย่างคงที่ กล่าว จึงทำให้ผู้ผลิตหม้อน้ำแบบแพคเกจทั่วไปจะสร้างหม้อน้ำที่ใช้งานที่ความดันสูงสุด 10 kg/sq.cm. ซึ่งเป็นความดันที่ผู้ผลิตนิยมสร้างหม้อน้ำมากที่สุด

ถ้าหากไม่นำคอนเดนเสทกลับมาใช้อีก ก็จะสูญเสียพลังงานความร้อนประมาณ 20% ของไอน้ำ หรือประมาณ 25% ของความร้อนของเชื้อเพลิงที่นำมาต้มน้ำ

3. คอนเดนเสทนำไปใช้ที่ใดได้

คอนเดนเสทโดยปกติเป็นน้ำที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการเอาความร้อนที่มีอยู่ไปให้ความร้อนสิ่งอื่นๆ ต่อไป แต่ทั้งนี้ควรจะได้มีการวิเคราะห์คุณภาพให้ถี่ถ้วนก่อนดำเนินการ คอนเดนเสทสามารถนำไปใช้ผสมเป็นน้ำป้อนหม้อน้ำ นำไปล้างกรรมสกลปรดต่างๆ ได้ก็นำไปเข้าอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนเพื่ออุ่นของไหลอื่นๆ หรือนำไปผ่านคอยล์เป่าลมทำ ลมร้อนนำไปอบวัสดุไล่ความชื้น เป็นต้น

4. รายจ่ายที่สูญเสียไปกับการทิ้งคอนเดนเสท

ในเรื่องการใช้ไอน้ำจนกระทั่งไอน้ำได้กลั่นตัวเป็นคอนเดนเสทนั้น มีรายจ่ายที่เกิดขึ้นโดยตรงคือ ค่าซื้อน้ำ ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำให้เป็นน้ำอ่อน ค่าใช้จ่ายในสารเคมีหรืออุปกรณ์ในการไล่ก๊าซออกซิเจนและการบอไนโตรออกไซด์ในน้ำ ค่าเชื้อเพลิงที่ต้มน้ำ ค่าหม้อน้ำ ค่าแรงพนักงาน ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่างๆ ซึ่งเมื่อประมาณโดยรวมทำให้เกิดรายจ่าย 250 ถึง 300 บาท ต่อการต้มน้ำ 1000 ลิตร ให้กลายเป็นไอน้ำและกลายมาเป็นคอนเดนเสทในที่สุดในเวลาหนึ่งชั่วโมง ดังนั้นคอนเดนเสทที่ทิ้งไปยังมีความร้อนถึง 20% จึงมีมูลค่า 50 - 60 บาท ถ้าหากได้ประมาณกันเก็บไว้จะได้ตัวเลขที่น่าสนใจเช่นถ้าให้โรงงานในใช้งานวันละ 10 ชั่วโมง หม้อน้ำขนาด 5 ตันใช้งานต่อเนื่องเต็มที่ ปีละ 300 วัน จะเป็นค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไปถึง 750,000 - 900,000 บาท ค่ะ

5. วิธีการนำคอนเดนเสทมาใช้ประโยชน์

เมื่อไอน้ำได้เปลี่ยนสภาพเป็นคอนเดนเสทแล้ว คอนเดนเสทโดยปกติจะต้องถูกระบายออกอย่างรวดเร็วโดยใช้ STEAM TRAP ทั้งนี้เพราะถ้าไม่มีการระบายออกของคอนเดนเสท อุณหภูมิของสิ่งที่ต้องการรับความร้อนจากไอน้ำจะสูงขึ้นอย่างช้าๆ และอาจจะเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า WATER HAMMER ที่ไอน้ำมากระแทกคอนเดนเสทอย่างรวดเร็วที่อาจจะก่อให้เกิดความเสียหายได้

เมื่อระบายคอนเดนเสทออกมาได้สำเร็จแล้ว ก็มีทางเลือกอยู่ 2 ทางคือทิ้งไปหรือนำมาใช้ อีก ด้วยเหตุผลที่ได้กล่าวไว้แล้วจึงไม่ควรนำคอนเดนเสททิ้งไป เมื่อตัดสินใจนำคอนเดนเสทมาใช้ อีกก็จะต้องมีที่เก็บรวบรวมคอนเดนเสทไว้ในถังเก็บแล้วอาศัยไอน้ำส่งมาไปยังสถานที่ใช้งาน ระบบง่าย ๆ เช่นนี้จะประกอบด้วยถังที่ต้องมีการระบายไอน้ำแฟลช (FLASH STEAM) ออกสู่บรรยากาศเพราะ คอนเดนเสทมักจะมีพลังงานมากเกินไปที่จะอยู่ในรูปของเหลวทั้งหมด จึงมีบางส่วนเป็นไอน้ำแฟลชเอา พลังงานส่วนเกินออกไป คอนเดนเสทจึงอยู่ในสภาพของเหลวได้

ดังตัวอย่างเช่น มีการใช้ไอน้ำที่ความดัน 10 kg/sq.cm. และคอนเดนเสทเมื่อ ระบายออกจาก STEAM TRAP มีความดัน 5 kg/sq.cm. จากตัวเลขที่ให้ไว้แล้วความร้อน สัมผัสคือ 181.2 และ 152.1 kcal/kg ตามลำดับ คอนเดนเสทที่ระบายออกมีความร้อนอยู่ 181.2 kcal/kg เมื่อพบสภาพความดัน 5 kg/sq.cm. เมื่อผ่าน STEAM TRAP มาแล้ว จะมี พลังงานส่วนเกินอยู่ $181.2 - 152.1 = 29.1$ kcal/kg ความร้อนส่วนเกินนี้จะทำให้คอนเดนเสท เกิดกลายเป็นไอน้ำแฟลชที่ความดัน 5 kg/cm² ไปบางส่วน ส่วนที่กลายเป็นไอน้ำเท่ากับพลังงานส่วนเกินหารด้วยความร้อนแฝงที่ความดัน 5 kg/sq.cm. อันเท่ากับ 503.9 kcal/kg ดังนั้นจึงกลายเป็น ไอน้ำแฟลช 0.058 kg. และเหลือเป็นคอนเดนเสท 0.942 kg.

เพื่อที่จะสามารถหาปริมาณไอน้ำแฟลชและคอนเดนเสทได้สำหรับทุกกรณี จึงควรจะเสนอ ความจริงข้างต้นในรูปสมการ

ถ้าให้	m_1	เป็นมวลของคอนเดนเสทหรือของไอน้ำที่ความดันก่อนการระบาย, kg
	h_{s1}	เป็นความร้อนสัมผัสของคอนเดนเสทก่อนการระบาย kcal/kg

- m_2 เป็นมวลของไอน้ำแฟลชหลังการระบาย kg
 h_{s2} เป็นความร้อนสัมผัสของคอนเดนเสทหลังการระบาย kcal/kg
 h_{L2} เป็นความร้อนแฝงของไอน้ำแฟลชหลังการระบาย kcal/kg

ดังนั้น จากกฎการอนุรักษ์มวลสาร

$$m_3 = m_1 - m_2$$

โดยที่ m_3 เป็นปริมาณคอนเดนเสทหลังการระบาย kg จากกฎการอนุรักษ์พลังงาน

ความร้อนก่อนการระบาย = ความร้อนหลังการระบาย หรือ

ความร้อนในคอนเดนเสทก่อนการระบาย = ความร้อนในไอน้ำแฟลช + ความร้อนในคอนเดนเสทหลังการระบาย

$$m_1 h_{s1} = m_2 (h_{L2} + h_{s2}) + (m_1 - m_2) h_{s2}$$

$$= m_2 h_{L2} + m_1 h_{s2}$$

$$m_2 = m_1 \frac{(h_{s1} - h_{s2})}{h_{L2}}$$

โดยปกติทั่วไป คอนเดนเสทที่ระบายออกมาก็จะถูกเก็บรวบรวมไว้ในถังที่เป็กระบายออกสู่บรรยากาศแล้วจะถูกปั๊มส่งต่อไปยังหม้อน้ำต่อไป ทำให้มีไอน้ำแฟลชสูญเสียไปเป็นการสูญเสียทั้งพลังงานและน้ำ คอนเดนเสทที่ปั๊มส่งไปในกรณีนี้จะมีอุณหภูมิประมาณ 80°C ซึ่งก็น่าจะเป็นอุณหภูมิสูงสุดที่มันจะทำงานได้แต่ก็มีขีดเค้นที่จะรับอุณหภูมิสูงกว่านี้ได้ การประหยัดพลังงานในเรื่องนี้คือพยายามดักไอน้ำแฟลชไว้ด้วย

ระบบที่จะนำคอนเดนเสทมาใช้งานแบ่งได้เป็น

1. ระบบเปิด
2. ระบบปิด
3. ระบบไอน้ำแฟลช

6. อุปกรณ์ที่จะนำคอนเดนเสทกลับ ไปใช้ประโยชน์

อุปกรณ์พื้นฐานที่สุดคือปั๊มน้ำธรรมดา ซึ่งจะต้องมีระบบที่ทำให้ไอน้ำสามารถออกจากปั๊มได้ กล่าวคือถึงพักคอนเดนเสทต้องอยู่ที่ระดับสูงพอสมควร เพื่อป้องกันไม่ให้เกิด CAVITATION ขึ้นได้

อุปกรณ์ที่ออกแบบมาสำหรับการนำคอนเดนเสทกลับ โดยเฉพาะที่มาจากต่างประเทศ
ดังนี้ ปั๊มส่งคอนเดนเสทที่ทำงานด้วยแรงดันไอน้ำ และระบบปั๊มที่พ่วงเข้ากับ EJECTOR

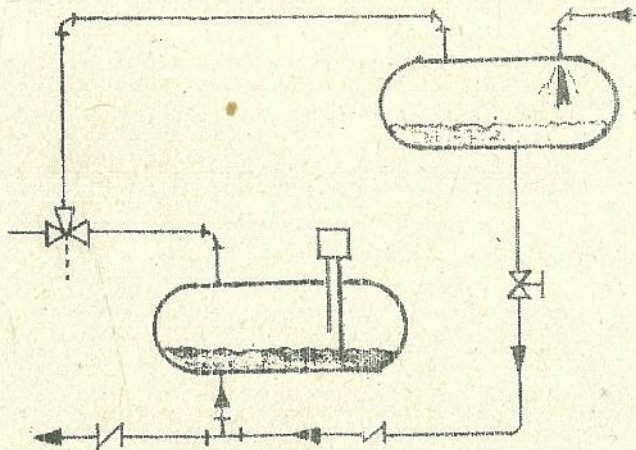
อุปกรณ์ที่แตกต่างไปจากที่กล่าวข้างต้นที่จะเสนอในที่นี้คืออุปกรณ์ที่ประกอบด้วยถัง PRESSURE VESSEL 2 ใบ ที่ทำการส่งคอนเดนเสทด้วยแรงดันไอน้ำ เชื่อมวาล์ว 2 ตัว วาล์ว 3 ทาง 1 ตัว ระบบควบคุมระดับน้ำ และท่อ ดังแสดงในรูปที่ 1

ระบบดังกล่าวมีการทำงานดังนี้ :-

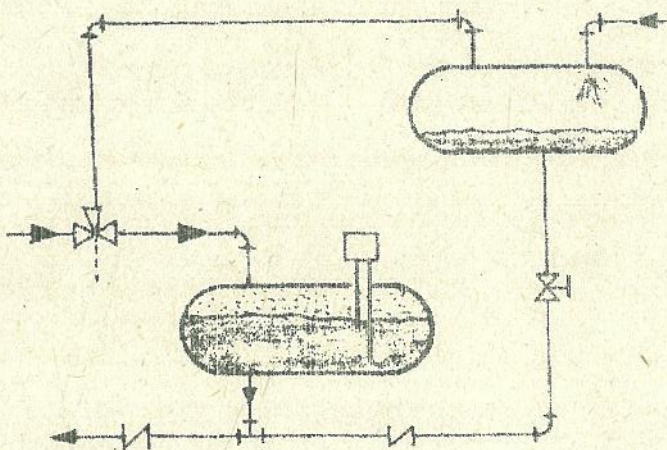
คอนเดนเสทไหลเข้ามาในถังรับและไหล ลงไปในถังส่งที่ด้านล่าง จังหวะการทำงานในขณะนี้เรียกว่า จังหวะเต็ม ให้สังเกตว่าในจังหวะนี้จะต้องให้ถังทั้งสองต่อถึงกันด้วยท่อระบายที่ผ่านใบทางวาล์วสามทาง ถังทั้งสองมีความดันเท่ากัน

เมื่อคอนเดนเสทสะสมอยู่ถึงส่งจนถึงระดับที่กำหนดด้วยอิเล็กโทรควิเคราะห์ระดับน้ำ จะมีสัญญาณไฟฟ้าไปปิดวาล์วสามทางด้านที่ติดต่อกะหว่างถังทั้งสอง และไปเปิดทางให้ไอน้ำจากท่อไอน้ำประจําเข้ามาในถังส่ง แล้วไปดันคอนเดนเสทในถังส่งไปยังที่ใช้งาน ช่วงนี้เรียก จังหวะส่งคอนเดนเสท จะดำเนินต่อไปจนระดับคอนเดนเสทในถังส่งลดลงต่ำถึงระดับที่กำหนดไว้ ก็จะมีสัญญาณไฟฟ้าจากอิเล็กโทรควิเคราะห์ระดับน้ำไปยังวาล์วสามทางเปิดทางไอน้ำและต่อถึงถังส่งอีกครั้งหนึ่ง

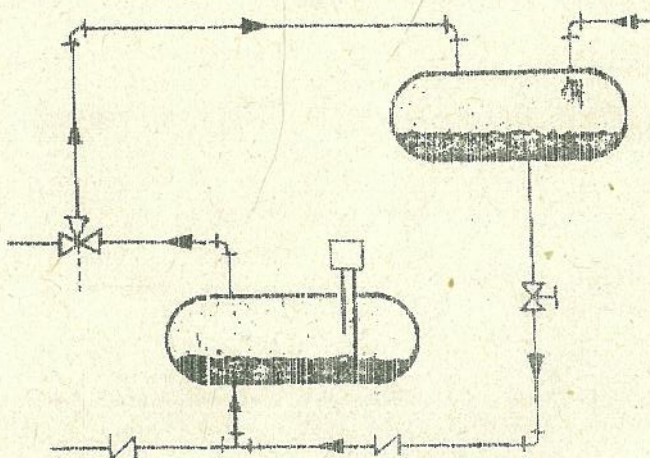
จังหวะที่ถังทั้งสองต่อกันอีกครั้งหนึ่งจะทำให้ความดันที่สะสมในถังส่งได้ระบายไปสู่ถังรับทำให้ถังทั้งสองไม่มีความดันเท่ากัน เรียกว่า จังหวะระบาย เมื่อถึงความดันเท่ากันแล้วก็จะเข้าสู่จังหวะเต็ม เป็นการเริ่มขบวนการต่อไป



jing huo de



jing huo song



jing huo ba

รูปที่ 1 อุปกรณ์การนำคอนกรีตเสทกลับมาใช้แบบหนึ่ง

ระบบเปิด (รูปที่ 2) ดังจะเปิดระบายออกสู่บรรยากาศ สามารถนำคอนเดนเสทที่มีอุณหภูมิและความดันต่างๆ กันกลับมาสู่ถังรับ และนำไปใช้ประโยชน์โดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาการไม่ไหล

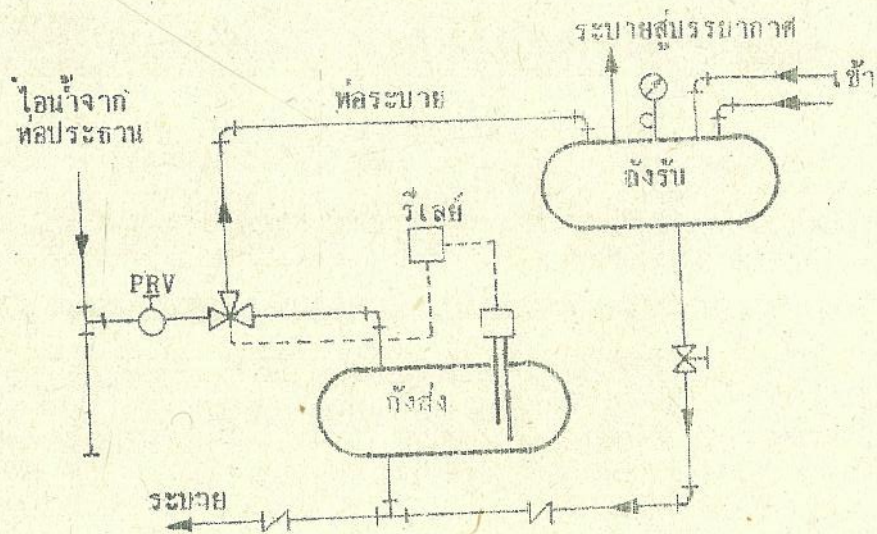
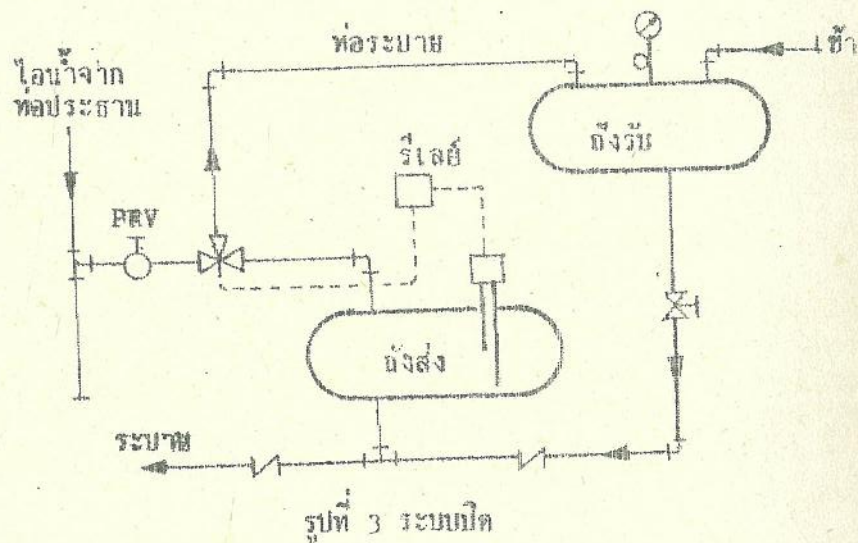


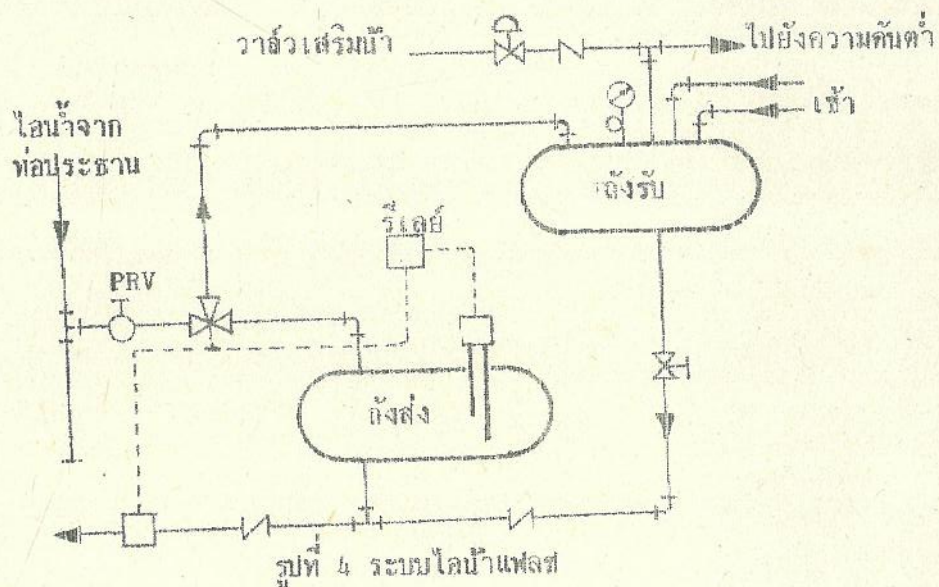
Fig 2 ระบบเปิด

ระบบปิด (รูปที่ 3) ระบบนี้ไม่มีการระบายไอน้ำแฟลชสู่บรรยากาศทำให้จัดการ
ฟุ้งกระจายของไอน้ำในบริเวณโรงงานได้ แต่ต้องเข้าใจว่าการนำคอนเดนเสทที่ระดับความดันต่างๆ
กลับมานั้นทำไม่ได้เพราะถังรับจะมีความดันที่แปรผันอยู่ในภาวะสมดุลที่ค่าหนึ่งๆ ซึ่งเป็นสิ่งแน่นอนว่า
ค่าความดันถังส้วจะสูงกว่าความดันคอนเดนเสทที่เก็บกลับมา อันจะทำให้คอนเดนเสทที่มีความดัน
ต่ำกว่าไม่สามารถไหลกลับไปได้ ระบบนี้จึงควรใช้กับการนำคอนเดนเสทที่มีความดันเท่ากันกลับ
มาเท่านั้น



รูปที่ 3 ระบบปิด

ระบบไล่น้ำแฟลช (รูปที่ 4) ระบบนี้เป็นการผสมกันของระบบปิดและเปิด โดยที่ถัง
รับจะระบายไล่น้ำแฟลชออกไปสู่ที่มีความดันต่ำกว่าแต่ไม่ใช่สู่บรรยากาศ ระบบนี้สามารถให้คอนเดนเสท
ที่มีความดันต่างๆ ไหลกลับมาได้โดยที่คอนเดนเสทดังกล่าวต้องมีความดันสูงกว่าความดันที่ไล่น้ำแฟลช
เกิดขึ้น ในท่อที่ส่งไล่น้ำแฟลชควรจะมีท่อส่งไล่น้ำต่อไปเข้ามาเสริมเพื่อช่วยจ่ายไล่น้ำเสริมกรณีที่ไม่
มีไม่พอต่อขบวนการใช้



รูปที่ 4 ระบบไล่น้ำแฟลช

7. ระบบการนำคอนเดนเสทกลับมาใช้หรือไม่

การวิเคราะห์ในหัวข้อนี้จำเป็นต้องพิจารณาเป็นรายกรณีไป ถ้าหากมีการใช้ไอน้ำในโรงงานหลายๆ อยู่แล้ว และยังไม่เคยนำคอนเดนเสทกลับมาใช้ประโยชน์ ก็มีความเป็นไปได้ที่จะมีความเป็นไปได้สูง แต่สำหรับกรณีที่ใช้ไอน้ำแยกอยู่เป็นจุดต่างๆ กัน และแต่ละจุดต่างก็ใช้ไอน้ำไม่มาก กรณีนี้จะต้องมีการติดตั้งท่อนำคอนเดนเสทกลับค่อนข้างมาก ทำให้ความเป็นไปได้อาจจะต่ำ อย่างไรก็ตามการนำคอนเดนเสทกลับมาใช้ประโยชน์ก็เป็นเรื่องที่สำคัญที่สุดเรื่องหนึ่งในเรื่องของการประหยัดพลังงานและให้ผลประโยชน์สูงสุดอย่างหนึ่ง จึงควรให้ความเอาใจใส่และไม่ควรละเลยเป็นอันขาด

8. บทสรุป

การนำคอนเดนเสทกลับมาใช้ประโยชน์ยังไม่เป็นที่แพร่หลายในประเทศไทยทั้งนี้เพราะยังขาดความเข้าใจในหลายๆ ด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านเทคนิค จึงทำให้โรงงานบางแห่งที่แม้จะมีการออกแบบนำคอนเดนเสทกลับ แต่เนื่องจากขาดความเข้าใจทำให้คงใช้ไปเพราะใช้แล้วมีปัญหา จึงหวังว่าจากข้อดีและข้อมูลทางเทคนิคบางประการที่ได้ยกขึ้นพิจารณาในบทความนี้ จะมีส่วนในการส่งเสริมให้มีการนำคอนเดนเสทมาใช้ในวงกว้างขวางเพิ่มขึ้นต่อไป