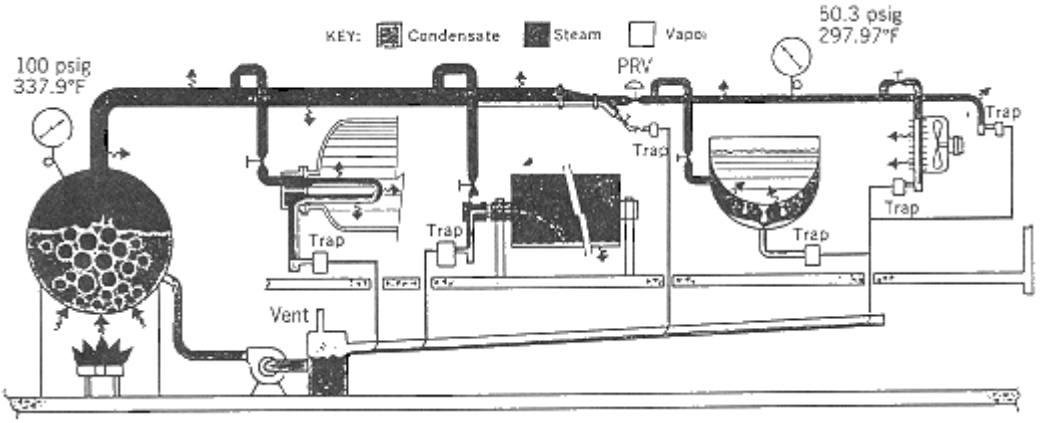
การประหยัดพลังงานในระบบไอน้ำ ด้วยอุปกรณ์ระบายคอนเดนเสทอย่างต่อเนื่อง

สมรัฐ เกิดสุวรรณ srk@kmitnb.ac.th

- 1. บทนำ
- 2. การใช้พลังงานไอน้ำในอุตสาหกรรม
- 3. การระบายคอนเดนเสทออกจากระบบไอน้ำอย่างเป็นจังหวะ : สตีมแทรบ
- 4. การระบายคอนเดนเสทออกจากระบบไอน้ำอย่างต่อเนื่อง : The Multi-Stage Venturi Nozzle
- 5. การทำงานของอุปกรณ์ระบายคอนเดนเสทอย่างต่อเนื่องในสภาวะภาระเปลี่ยนแปลงและความดันเปลี่ยนแปลง (Vary Load and Vary Pressure)
- 6. บทสรุป



รูปที่ 1 การใช้พลังงานจากไอน้ำในอุตสาหกรรม

1. บทนำ

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานพ.ศ. 2535 ได้กำหนดมาตรการในการใช้พลังงานตามประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ที่มีการใช้พลังงานในปริมาณสูง ทั้งนี้เนื่องจากมีการเพิ่มอัตราการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมของประเทศอย่างรวดเร็ว เมื่อสำรวจแหล่งและวิธีการใช้พลังงานในปริมาณสูงในอุตสาหกรรม พบว่า ที่สำคัญคือการใช้ความร้อนในกระบวนการผลิต ซึ่งอาจทำได้โดยการให้ความร้อนจากเชื้อเพลิงโดยตรง หรือจากไฟฟ้า หรือจากไอน้ำ ในส่วนของการประหยัดพลังงานในระบบไอน้ำ อาจทำได้โดยการหุ้มฉนวนท่อและอุปกรณ์ไอน้ำ การปรับปรุงระบบท่อไอน้ำ และการตรวจสอบการทำงานของสตีมแทรบ (กับดักไอน้ำ : อุปกรณ์ระบายน้ำร้อนหรือคอนเดนเสทออกจากระบบไอน้ำ) อย่างสม่ำเสมอ ตามความเป็นจริงในบางโรงงานอาจมีสตีมแทรบ มากกว่าร้อยตัว และการตรวจสอบการทำงานของสตีมแทรบตามแผนงานบำรุงรักษานับได้ว่าเป็นเรื่องที่น่าเบื่อหน่าย สิ้นเปลืองงบประมาณและแรงงานอย่างมาก บทความนี้จะชี้ให้เห็นว่าการสูญเสียพลังงานในระบบไอน้ำ เกิดขึ้นเนื่องจากการมองข้ามการทำงาน ที่ผิดพลาดของสตีมแทรบรวมทั้งนำเสนอวิธีการใหม่ ที่สามารถแก้ปัญหาการชำรุดของสตีมแทรบด้วยการใช้อุปกรณ์ระบายคอนเดนเสท ออกจากระบบไอน้ำอย่างต่อเนื่อง

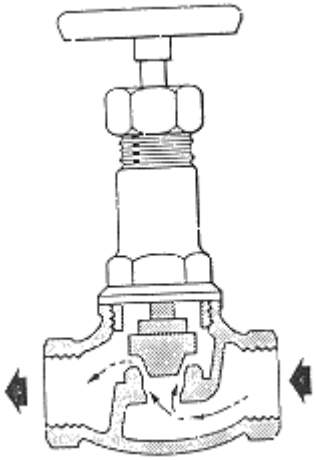
2. การใช้พลังงานไอน้ำในอุตสาหกรรม

การใช้พลังงานจากไอน้ำสามารถอธิบายได้ดังแสดงในรูปที่ 1 พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิงจะเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานความร้อน และแฝงตัวอยู่กับไอน้ำภายในหม้อไอน้ำ เมื่อเปิดวาวล์จ่ายไอ ไอน้ำจะไหลไปตามท่อจ่ายไอและสูญเสียความร้อนบางส่วนในตัวมันให้กับบรรยากาศรอบ ๆ ท่อ การหุ้มฉนวนท่อไอน้ำจึงเป็นวิธีการหนึ่งในการลดอัตราการสูญเสียความร้อนนี้

รูปที่ 2 คอยล์ซึ่งมีคอนเดนเสทขังอยู่ไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อไอน้ำเดินทางมาถึงอุปกรณ์ใช้ไอน้ำ เช่น หม้ออุ่นน้ำร้อนหรือเครื่องอบผ้าในโรงแรม หรือลูกอบกระดาษในโรงงานกระดาษ เป็นต้น ไอน้ำจะถ่ายเทพลังงานความร้อนให้กับอุปกรณ์เหล่านี้ และทำให้ระดับพลังงานในตัวลดลง ไอน้ำจะกลั่นตัวกลายเป็นน้ำร้อน หรือ**คอนเดนเสท** ซึ่งจำเป็นต้องระบายออกไปจากระบบไอน้ำอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง หากไม่สามารถระบายคอนเดนเสทออกจากคอยล์ได้ทัน จะทำให้เกิดคอนเดนเสทขังอยู่ในคอยล์ (รูปที่ 2) ในสภาพเช่นนี้ประสิทธิภาพในการถ่ายเทพลังงานความร้อนของคอยล์จะลดลงอย่างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับคอยล์ที่มีแต่ไอน้ำอยู่ภายใน ทั้งนี้เนื่องจากคอนเดนเสทมีระดับของพลังงานความร้อนต่ำกว่าไอน้ำนั่นเอง

การระบายคอนเดนเสทออกจากระบบไอน้ำอาจทำได้ง่าย ๆ โดยการต่อวาวล์เข้ากับระบบไอน้ำดังแสดงในรูปที่ 3 วาวล์จะ**เปิด**เมื่อต้องการ ระบายคอนเดนเสท และ**ปิด**เพื่อกันไม่ให้ไอน้ำสูญเสียออกไป แต่เป็นการยากมากที่จะรู้ว่ามีคอนเดนเสทก่อตัวขึ้นมากน้อยเท่าใด และ ณ ช่วงเวลาใด ยิ่งไปกว่านั้น การใช้คนเพื่อควบคุมการเปิดปิดวาวล์ตามปริมาณคอนเดนเสทนั้นเป็นเรื่องที่เป็นไปไม่ได้



รูปที่ 3 ต่อวาวล์เข้ากับอุปกรณ์ไอน้ำเพื่อการระบายคอนเดนเสท

3. การระบายคอนเดนเสทออกจากระบบไอน้ำอย่างเป็นจังหวะ : สตีมแทรบ

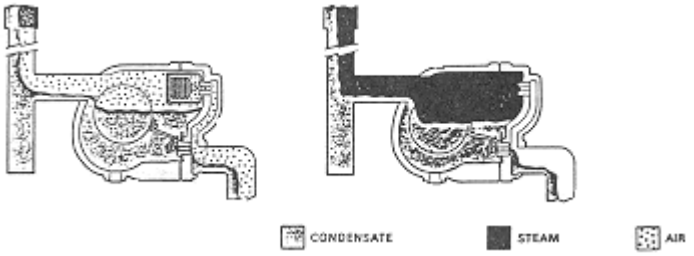
เมื่อปัญหาเกิดขึ้นเช่นนี้ มนุษย์แสวงหาคำตอบของปัญหาด้วยการเลือกใช้**วาวล์อัตโนมัติ**เพื่อควบคุมการเปิด-ปิด เป็นเวลาเกือบสองร้อยปีมาแล้วที่มีการใช้วาวล์อัตโนมัติเพื่อระบายคอนเดนเสทหรือที่รู้จักกันในนาม**สตีมแทรบ** (Steam trap) โดยในปี พ.ศ. 2367 สตีมแทรบแบบลูกลอยได้ถูกประดิษฐ์ขึ้น และต่อมาในปีพ.ศ. 2454 ได้มีการจดลิขสิทธิ์สตีมแทรบแบบถ้วยคว่ำขึ้น(1) และจากนั้นมาอุปกรณ์ระบายคอนเดนเสทแต่ละประเภทที่ผลิตออกมาได้ใช้วิธีแก้ปัญหาด้วยวาวล์อัตโนมัติทั้งสิ้น

สตีมแทรบทำงานด้วยคอนเดนเสท ซึ่งเมื่อเกิดขึ้นในระบบ สตีมแทรบจะสั่งให้วาวล์เปิดระบายคอนเดนเสททิ้งไป ในทางตรงกันข้าม เมื่อปราศจากคอนเดนเสท สตีมแทรบจะสั่งให้วาวล์ปิดกันไอน้ำหนีออกไปจากระบบ รูปที่ 4 แสดงหลักการทำงานของสตีมแทรบแบบลูกลอย

สิ่งที่ต้องการชี้ให้เห็นก็คือ สตีมแทรบทุกประเภททำงานแบบ**เปิดและปิด** สลับกันตลอดเวลาที่มีการใช้ไอน้ำ ลักษณะเช่นนี้ส่งผลให้ :

- การระบายคอนเดนเสท ออกจากระบบไอน้ำเป็นไปไม่อย่างต่อเนื่อง และทุกครั้งที่คอนเดนเสทรอจังหวะให้วาวล์เปิด จะทำให้เกิดสภาพดังแสดงในรูปที่ 2 เสมอ
- การเคลื่อนไหวของวาวล์สตีมแทรบเพื่อระบายคอนเดนเสท ทำให้วาวล์และบ่าวาวล์**ชำรุด** ผลที่ตามมาคือหากสตีมแทรบชำรุดในจังหวะวาวล์**เปิดค้าง** จะมีไอน้ำรั่วไหลออกไปจากระบบตลอดเวลา ในทางตรงกันข้าม หากส

ตีมแทรบชำรุดในจังหวะวาวล์**ปิดค้าง** จะทำให้สภาพดังแสดงในรูปที่ 2 เกิดขึ้น



1. ในช่วงเริ่มจ่ายไอน้ำ อากาศในท่อจ่ายไอจะถูกไล่ออกไป โดยผ่านทางวาวล์อากาศที่อยู่ด้านบนวาวล์ลูกลอย จะอยู่ในตำแหน่งปิด เมื่อมีคอนเดนเสทเกิดขึ้น ลูกลอยจะลอยตัวขึ้นและทำให้คอนเดนเสทไหลออกไปได้

2. เมื่อไอน้ำไหลมาถึงแทรบ อุณหภูมิของไอน้ำที่สูงกว่าอากาศจะทำให้วาวล์อากาศ ด้านบนอยู่ในตำแหน่งปิดคอนเดนเสทยังคงระบายออกไป จากระบบไอน้ำผ่านวาวล์ลูกลอยตลอดเวลา

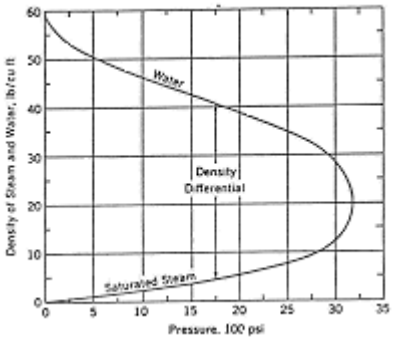
รูปที่ 4 การทำงานของสตีมแทรบแบบลูกลอย

สตีมแทรบเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาถูกเมื่อเทียบกับอุปกรณ์อื่น ๆ ในระบบไอน้ำ แต่ในขณะเดียวกัน ก็เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไอน้ำ วารสาร Industry Week(2) รายงานว่าสตีมแทรบที่ดีที่สุดมีอัตราการชำรุดประมาณ 20% ต่อปี และพบว่าในบางโรงงานตัวเลขนี้อาจสูงถึง 42% ซึ่งการลดอัตราการชำรุดนี้อาจทำได้โดยการจัดแผนการบำรุงรักษาสตีมแทรบ ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งอาจทำให้ลดต้นทุนการสูญเสียไอน้ำได้ถึง 50%(3) อย่างไรก็ตาม การบำรุงรักษาที่กล่าวนี้มีต้นทุนที่สูง (ต้นทุนการตรวจเช็ค เปลี่ยนซ่อม และต้นทุนสตีมแทรบใหม่) และต้องการการปฏิบัติอย่างต่อเนื่องโดยอาจลดอัตราการชำรุดของสตีมแทรบเหลือ 12-24% ต่อปี แต่การรั่วไหลของไอน้ำยังคงไม่สามารถกำจัดไปให้หมดสิ้นได้

การแก้ปัญหาที่ถูกต้องคือการค้นให้พบต้นเหตุของปัญหา และใช้ต้นเหตุนั้นเป็นกุญแจไขไปสู่สาเหตุที่แท้จริง ในที่สุดก็จะสามารถพบแนวทางการแก้ไขปัญหาที่ถูกต้องได้ ในเมื่อสาเหตุการชำรุดของสตีมแทรบเกิดขึ้นเพราะการเลือกใช้ **ระบบระบายคอนเดนเสทแบบวาวล์อัตโนมัติ** ดังนั้นแนวทางการแก้ปัญหาก็คือ จะมีวิธีการใดหรือไม่ที่สามารถ**ระบาย คอนเดนเสทออกไปได้อย่างต่อเนื่องและโดยไม่ใช้วาวล์อัตโนมัติ**

4. การระบายคอนเดนเสทออกจากระบบไอน้ำอย่างต่อเนื่อง : The Multi-Stage Venturi Nozzle

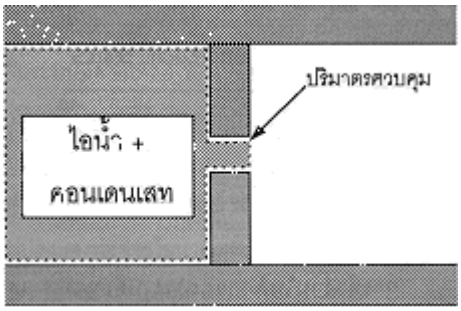
ไอน้ำอิ่มตัวและคอนเดนเสทซึ่งอยู่ด้วยกันในระบบไอน้ำจะมีความดันและอุณหภูมิเท่ากัน แต่ความหนาแน่นของของไหลทั้งคู่แตกต่างกันอย่างมหาศาล พิจารณารูปที่ 5 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของไอน้ำและคอนเดนเสทกับความดัน จะพบว่าที่ความดัน 20 psig ความหนาแน่นของคอนเดนเสทจะมีค่ามากกว่าของไอน้ำ 702 เท่า ผลของความแตกต่างอันนี้เองที่จะนำมาใช้ในการแยกของไหลทั้งสองชนิดออกจากกัน



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของคอนเดนเสทและไอน้ำกับความดัน

พิจารณาอุปกรณ์ระบายคอนเดนเสทแบบแผ่นออริฟิทอย่างง่าย (Simple Orifice Plate) ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งใช้ในการระบายคอนเดนเสทออกจากระบบไอน้ำ จะพบว่าอุปกรณ์แบบนี้เป็นอุปกรณ์เชิงปริมาตร (Volumetric Device) นั่นคือหากเขียนปริมาตรควบคุมรอบ ๆ อุปกรณ์มวลของคอนเดนเสทซึ่งมากกว่าของไอน้ำ (จากความหนาแน่นที่แตกต่างกัน) จะสามารถไหลผ่านรูออริฟิทได้ในปริมาณมาก ในขณะที่มีมวลของไอน้ำจำนวนเล็กน้อยเท่านั้นที่

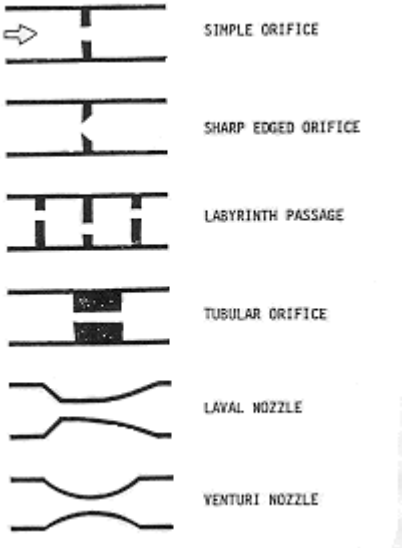
ไหลผ่านไปได้



รูปที่ 6 อุปกรณ์ระบายคอนเดนเสทแบบแผ่นออริฟิทอย่างง่าย

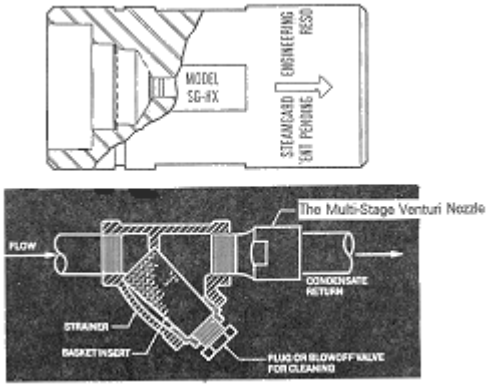
จากการทดลองพบว่า หากใช้อุปกรณ์ระบายคอนเดนแบบนี้ ณ ความดัน 50 psig จะสามารถระบายคอนเดนเสทออกไปได้ชั่วโมงละ 100 ปอนด์ ในขณะที่มีไอน้ำปนออกไปด้วยชั่วโมงละ 4 ปอนด์ ซึ่งคิดเป็นประสิทธิภาพเท่าเทียม กับการทำงานของสตีมแทรบทั่ว ๆ ไป แต่อุปกรณ์ชนิดนี้ไม่มีโอกาสชำรุดในตำแหน่งเปิดค้างเหมือนกับสตีมแทรบ ซึ่งหากชำรุดในลักษณะนี้จะทำให้เกิดการสูญเสียไอน้ำออกไป ชั่วโมงละหลายร้อยปอนด์ นอกเหนือไปกว่านั้น คอนเดนเสทที่ระบายออกไปจากระบบไอน้ำจะถูกระบายออกไปอย่างต่อเนื่องและมีแรงดันเพียงพอ ที่จะนำคอนเดนเสทกลับไปที่ถังพักด้วยตัวเอง ในขณะที่สตีมแทรบระบายคอนเดนเสทแบบเป็นจังหวะและปราศจากแรงดัน

ยิ่งไปกว่านั้น การสูญเสียไอน้ำออกไปจากรูออริฟิท สามารถทำการปรับปรุงให้ดีขึ้นได้จากการพิจารณาการจัดวางและรูปร่างของออริฟิท ซึ่งอาจเป็นแบบ sharp edged orifice, labyrinth passage, tubular orifice, laval nozzle หรือ venturi nozzle ดังแสดงในรูปที่ 7

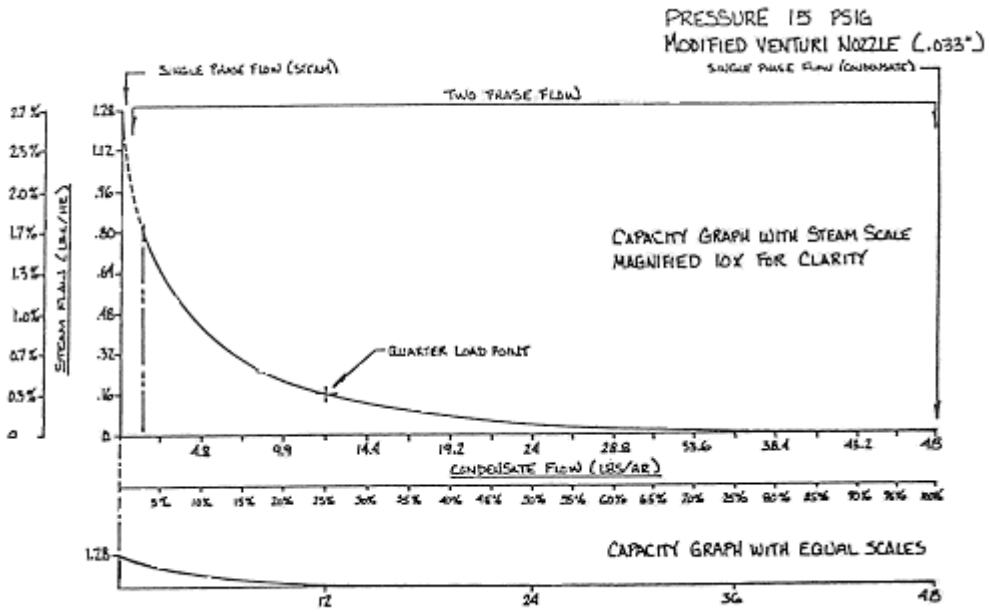


รูปที่ 7 การจัดวางและรูปร่างของออริฟิทแบบต่าง ๆ

ออริฟิทรูปทรงต่าง ๆ นี้ ต่างก็มีข้อได้เปรียบ ข้อเสียเปรียบ และความยุ่งยากในการผลิตที่แตกต่างกัน ออริฟิทแบบ The Multi-Stage Venturi Nozzle ซึ่งได้รับการจดทะเบียนลิขสิทธิ์ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 8 โดยคอนเดนเสทจะไหลผ่านนอซเซิลที่มีลักษณะเป็น ข้อลดสองครั้ง ผ่านคอคอดแล้วจึงไหลออกไปโดยผ่านข้อขยายอีกสองครั้งรูปทรงของนอซเซิลลักษณะนี้จะช่วยเพิ่มให้เกิดการไหลแบบอลวน (Turbulence) เพื่อเร่งให้คอนเดนเสทระบายออกไปอย่างรวดเร็ว และช่วยป้องกันการอุดตันในนอซเซิลได้เป็นอย่างดี คอคอดมีลักษณะเรียวยาวเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวรับการสึกหรอ (ขนาดของคอคอดคำนวณจากปริมาณคอนเดนเสทสูงสุดที่เกิดขึ้น และขนาดของคอคอดที่มีผิดรูปร่างไปเนื่องจากการสึกหรอ จะทำให้การระบายคอนเดนเสทผิดพลาดไปจากที่ออกแบบไว้)



รูปที่ 8 The Multi-Stage Venturi Nozzle



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอน้ำสูญเสียกับปริมาณคอนเดนเสทสำหรับ The Multi-Stage Venturi Nozzle

5. การทำงานของอุปกรณ์ระบายคอนเดนเสทอย่างต่อเนื่องในสภาวะภาระเปลี่ยนแปลงและความดันเปลี่ยนแปลง (Vary Load and Vary Pressure)

การทำงานในสภาวะภาระเปลี่ยนแปลงและความดันเปลี่ยนแปลงหมายถึงการทำงานในลักษณะที่มีปริมาณการใช้ไอน้ำไม่สม่ำเสมอ และความดันในระบบเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ต่อไปนี้จะชี้ให้เห็นว่าอุปกรณ์ระบายคอนเดนเสทอย่างต่อเนื่องสามารถทำงานในลักษณะดังกล่าว ได้เป็นอย่างดี

The brookhaven National Laboratories for Advanced Physics Research ได้ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ ระบายคอนเดนเสทแบบ The Multi-Stage Venturi Nozzle ในสภาวะภาระเปลี่ยนแปลงและความดันเปลี่ยนแปลง และได้แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพดังแสดงในรูปที่ 9 ในกราฟรูปบนได้ขยายสเกลของปริมาณไอน้ำสูญเสียเป็น 10 เท่า ชี้ให้เห็นว่า เมื่อเกิดสภาวะการไหลสองเฟส (A Two Phase Flow) ขึ้นภายในนอซเซิล ปริมาณไอน้ำรั่วไหลออกไปกับคอนเดนเสทจะลดลงอย่างรวดเร็ว สภาวะที่จะเกิดเพียงไอน้ำอย่างเดียว (A Single Phase Flow : Steam) เกิดขึ้นได้ในทางทฤษฎีเท่านั้น

ไอน้ำซึ่งเบากว่าอากาศมาก พยายามที่จะไหลผ่านคอคอดของนอซเซิล ด้วยความเร็วใกล้มัคเท่ากับ 1 (ประมาณ 760 ไมล์ต่อชั่วโมง) แต่ไอน้ำจะถูกกันไม่ให้ผ่านไปได้ เนื่องจากมีคอนเดนเสทมากั้นทางเดินไว้คอนเดนเสทซึ่งหนาแน่นมากกว่า เคลื่อนที่ด้วยความเร็วประมาณ 25-30 ไมล์ต่อชั่วโมง จะชลอความเร็วของไอน้ำให้ลดลง และในขณะที่ความดันของระบบไอน้ำดันให้คอนเดนเสทเคลื่อนที่นำหน้าไอน้ำ ไอน้ำและคอนเดนเสทจึงผสมกลมกลืนกันและทำให้เกิดสภาวะการไหลสองเฟสขึ้น ในกราฟแสดงประสิทธิภาพการแยกไอน้ำออกจากคอนเดนเสท (รูปที่ 9) จะพบว่า เมื่อคอนเดนเสทภายในระบบลดลงเหลือ 25% ของปริมาณคอนเดนเสทสูงสุดปริมาณไอน้ำที่รั่วไหลออกไปกับคอนเดนเสท จะมีเพียง 0.33%

พิจารณาการทำงานในสภาวะภาระเปลี่ยนแปลงของท่อจ่ายไอน้ำดังต่อไปนี้

การใช้งาน	:	ท่อจ่ายไอน้ำ
ตำแหน่ง	:	ห้องหม้อไอน้ำ อุณหภูมิอากาศ (21˚C)

เส้นผ่านศูนย์กลาง	:	6 นิ้ว (15.42 ม.)
ความยาว	:	100 ฟุต (30.48 ม.)
ชนิดของท่อ	:	Schedule 40
ความดัน	:	15 psig (1.02 bar)
ฉนวน	:	ใยแก้วหนา 1 นิ้ว
เวลาเริ่มเดินเครื่อง	:	ทุกวัน ๆ ละ 1 ชั่วโมง
สตีมแทรบที่ใช้	:	3/4" NPT แบบถ้วยคว่ำ (ขนาดของรูออริฟิท 0.1875 นิ้ว)

จากข้อมูลของผู้ผลิต พบปริมาณคอนเดนเสทที่เกิดขึ้นในระบบไอน้ำดังนี้

ในสภาวะการทำงานปกติ	:	12 ปอนด์/ชม.
ในสภาวะเริ่มเดินเครื่อง	:	40 ปอนด์/ชม.

ในกรณีนี้สามารถใช้อุปกรณ์ระบายคอนเดนเสทอย่างต่อเนื่อง The Multi-Stage Venturi Nozzle ขนาดรูออริฟิท 0.033 นิ้ว (รูปที่ 9) แทนที่สตีมแทรบที่ใช้อยู่ จากการทดสอบพบว่า

1) ในช่วงเวลาของการเริ่มเดินเครื่อง (ขณะเริ่มเปิดไอน้ำจ่ายไปตามท่อจ่าย) จะไม่ปรากฏว่ามีไอน้ำรั่วไหลไปเลย ยิ่งไปกว่านั้น เวลาที่ใช้ลดลงจากหนึ่งชั่วโมงเหลือเพียงสิบนาที ทั้งนี้เพราะ The Multi-Stage Venturi Nozzle สามารถระบายคอนเดนเสทออกไปได้เร็วกว่าสตีมแทรบ

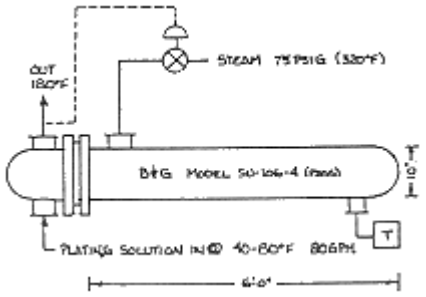
2) ในสภาวะการทำงานปกติ ไอน้ำรั่วไหลไปกับคอนเดนเสทจะมีค่า 0.16 ปอนด์/ชม. (รูปที่ 9) ซึ่งหากไอน้ำมีต้นทุน 125 บาทต่อ 1000 ปอนด์ และหากทำงานหกสิบชั่วโมงต่อสัปดาห์ จะคิดเป็นเงิน 1.20 บาท

สตีมแทรบที่ใช้อยู่ในระบบ มีความจุ 600 ปอนด์/ชม. ซึ่งใหญ่กว่าค่าที่ได้ออกแบบไว้มาก (40 ปอนด์ต่อชั่วโมง) และมีขนาดของรูออริฟิท 0.1875 นิ้ว (เมื่อเทียบกับ 0.033 นิ้วของอุปกรณ์ระบายคอนเดนเสทอย่างต่อเนื่อง) ซึ่งทำให้เกิดไอน้ำรั่วไหลออกไปกับคอนเดนเสท 18 ปอนด์ต่อชั่วโมง (135 บาทต่อสัปดาห์) หรือ 40 ปอนด์/ชั่วโมง (300 บาทต่อสัปดาห์) ในขณะชำรุด

	อุปกรณ์ระบายคอนเดนเสทอย่างต่อเนื่อง	สตีมแทรบขณะทำงานปกติ	สตีมแทรบขณะชำรุด
ปริมาณการสูญเสียไอน้ำคิดเป็นบาทต่อสัปดาห์	1.20	135	300

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบการสูญเสียไอน้ำจากการทำงานของอุปกรณ์ระบายคอนเดนเสทอย่างต่อเนื่องและจากสตีมแทรบ

ในตัวอย่างที่ผ่านมาเป็นการประยุกต์ใช้กับงานที่ใช้นอซเซิลขนาดเล็กและความดันใช้งานมีค่าต่ำ ตัวอย่างที่จะนำเสนอต่อไปนี้ จะแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการทำงานของอุปกรณ์ระบายคอนเดนเสทอย่างต่อเนื่อง ซึ่งทำงานในสภาวะภาระเปลี่ยนแปลง และที่ความดันใช้งานสูง ๆ



รูปที่ 10 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

การใช้งาน	:	อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน
ผู้ผลิต	:	Bell & Gossett

ชนิด	:	SU-106-4
ขนาด	:	เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว (0.25 ม.) ยาว 6 ฟุต (1.8 ม.)
ของไหลที่ใช้	:	Plating Solution
อัตราไหล	:	80 GPM
อุณหภูมิเข้า	:	40˚F (5˚C)
อุณหภูมิออก	:	180˚ F (82˚C)
Fouling Factor	:	1.88 (Missisipi River)
ความดันใช้งานทางเข้า	:	75 psig (5 bar)
ความดันทางออก	:	ศูนย์
วาวล์ควบคุม	:	Masoneilar
สตีมแทรบที่ใช้	:	แบบถ้วยคว่ำ (ขนาดรูออริฟิท 0.75 นิ้ว)

จากข้อมูลเบื้องต้น สามารถคำนวณขนาดภาระคอนเดนเสท (Condensate Load) ที่ 75 psig คือ
ภาระความร้อน :

$$\dot{Q} = \dot{m} C_p T$$

= (80 gal/min)x(8.34 lbs/gal)x(60 min/hr)

x(1 BTU/lb.$^{\circ}$F)x(180 $^{\circ}$F - 40 $^{\circ}$F)

= 5,604,480 BTU/hr

ภาระคอนเดนเสท

$$\text{Load} = \frac{\dot{Q}}{H_{fs}}$$

$$= \frac{5,604,480 \text{ BTU / hr}}{895 \text{ BTU / lbs}}$$

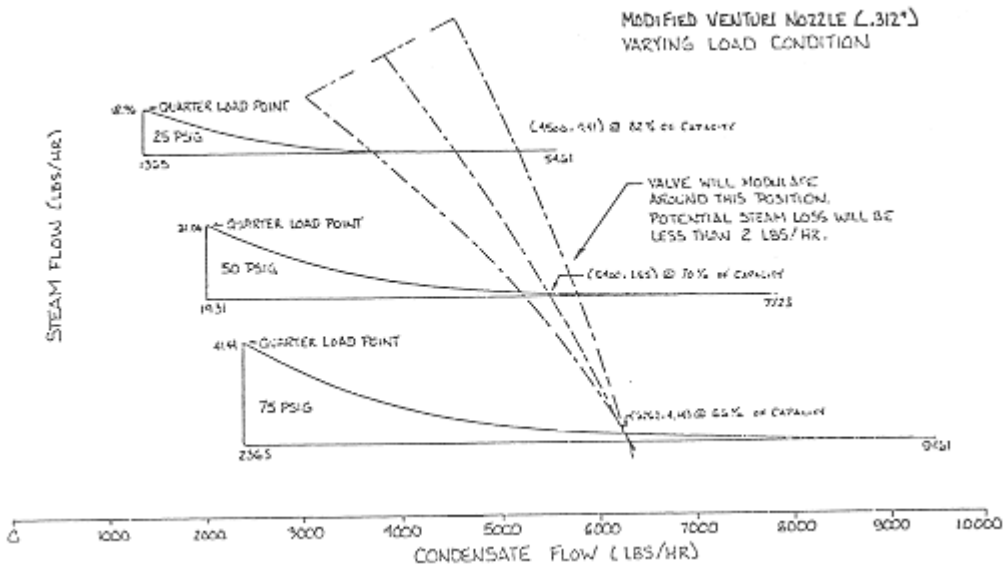
= 6,262 lbs / hr ของคอนเดนเสท

จากคู่มือการใช้งานของ The Multi-Stage Venturi Nozzle เลือกใช้นอซเซิลขนาด 0.312 นิ้ว และกราฟแสดงความสามารถของนอซเซิลแสดงในรูปที่ 11 จะพบว่าความสามารถในการแยกคอนเดนเสทออกจากไอน้ำของนอซเซิลชนิดนี้ จะขึ้นอยู่กับความดัน (pressure dependent) โดยความสามารถจะลดลงพร้อมกับการลดลงของความดัน

โดยทั่วไปในการทำงานของอุปกรณ์ไอน้ำ เช่นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน หรือ Air heater เป็นต้น จะใช้วาวล์ควบคุมทำหน้าที่ในการเปิด-ปิดไอน้ำเข้าในอุปกรณ์เพื่อให้ได้อุณหภูมิตามต้องการ ความดันลด (Pressure Drop) อันเนื่องมาจากวาวล์ควบคุมมีค่าไม่มากนัก แต่ไอน้ำภายหลังจากที่ถ่ายเทความร้อนในตัวให้กับอุปกรณ์ไอน้ำแล้ว จะก่อตัวเป็นคอนเดนเสทซึ่งมีระดับพลังงานที่ต่ำกว่าไอน้ำมาก และเป็นผลทำให้ความดันภายในตัวอุปกรณ์ไอน้ำ**ลดลง** จากความจริงอันนี้ เมื่อวาวล์ควบคุมอยู่ในตำแหน่งปิด คอนเดนเสทจะก่อตัวขึ้นและส่งผลให้ความดันในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าลดลง รูปที่ 11 ชี้ให้เห็นว่า เมื่อความดันมีค่าลดลงความสามารถในการแยกคอนเดนเสทออกจากไอน้ำจะ**เปลี่ยนไปตามความดัน**ที่ลดลงด้วย (ตารางที่ 2) ไอน้ำที่ไหลปนออกไปกับคอนเดนเสทมีค่าเฉลี่ยประมาณชั่วโมงละ 2 ปอนด์

ความดัน (psig)	ภาระคอนเดนเสท (lbs/hr)	ไอน้ำสูญเสียไปกับคอนเดนเสท (lbs/hr)
75	6252	4.14
50	5400	1.55
25	4500	0.41

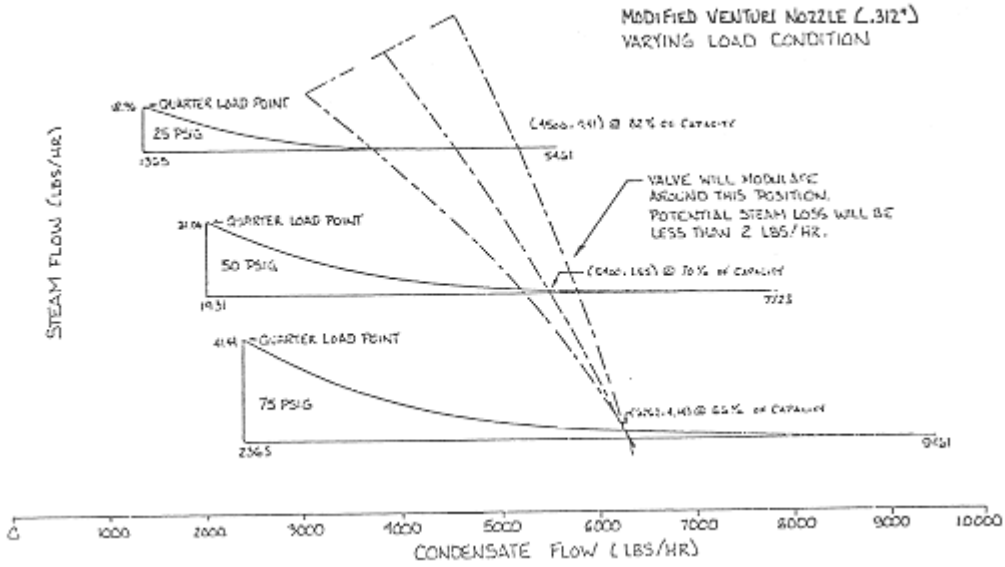
ตารางที่ 2 ความสามารถในการทำงานตามภาระเปลี่ยนแปลงและความดันเปลี่ยนแปลงของ The Multi Stage Venturi Nozzle ขนาด 0.312 นิ้ว



รูปที่ 11 กราฟแสดงความสามารถของ The Multi-Stage Venturi Nozzle ขนาด 0.312 นิ้ว

นั่นคือ The Multi-Stage Venturi Nozzle สามารถทำงานในสภาวะความดันเปลี่ยนแปลงได้เป็นอย่างดี เมื่อความดันของอุปกรณ์ไอน้ำเปลี่ยนแปลงไปตามการเปิด-ปิดของวาวล์ นอซเซิลจะปรับตัวเองให้ทำงาน ณ ความดันที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างอัตโนมัติ สิ่งที่เป็นผลตามมาก็คืออุณหภูมิของอุปกรณ์ไอน้ำจะมีค่าสม่ำเสมอและประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตจะดีขึ้นตามไปด้วย

สิ่งที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดในหลักการทำงานของอุปกรณ์ระบายคอนเดนเสทอย่างต่อเนื่อง และอุปกรณ์ระบายคอนเดนเสทอย่างเป็นจังหวะ เป็นดังนี้ในขณะที่ The Multi-Stage Venturi Nozzle ทำงาน**ตามความดันที่เปลี่ยนแปลง** แต่ สตีมแทรบทำงาน**ตามปริมาณคอนเดนเสทที่เกิดขึ้น** นั่นคือเมื่อคอนเดนเสทมีปริมาณมากพอจะสั่งให้วาวล์เปิดเพื่อระบายคอนเดนเสทออกไป การควบคุมอุณหภูมิของอุปกรณ์ไอน้ำจะด้อยกว่าในกรณีแรก (รูปที่ 12)



รูปที่ 12 เปรียบเทียบการควบคุมอุณหภูมิของอุปกรณ์ไอน้ำจากการใช้อุปกรณ์ระบายคอนเดนเสท แบบทำงานตามความดันและแบบทำงานตามปริมาณคอนเดนเสท

สตีมแทรบที่ใช้ในการใช้งานนี้มีความสามารถในการระบายคอนเดนเสท 19,000 ปอนด์/ชม. ซึ่งจะพบว่ามันมีขนาดใหญ่กว่าค่าที่ออกแบบไว้มาก (6.262 ปอนด์/ชม.) และหากสตีมแทรบชำรุด จะมีปริมาณไอน้ำสูญเสียประมาณ 259 ปอนด์ต่อชั่วโมง

6. บทสรุป

อุปกรณ์ระบายคอนเดนเสทอย่างต่อเนื่องสามารถทำงานในสภาวะภาระเปลี่ยนแปลงและความดันเปลี่ยนแปลงได้เป็นอย่างดี นอกจากนั้นการที่สามารถระบายคอนเดนเสทออกไปจากระบบไอน้ำอย่างต่อเนื่องและจากการที่ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวในขณะทำงาน ทำให้เกิดผลดังต่อไปนี้

1. ประสิทธิภาพของระบบไอน้ำดีขึ้น อุณหภูมิของอุปกรณ์ไอน้ำมีค่าคงที่ สม่ำเสมอ ซึ่งส่งผลให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์สูงขึ้น

2. ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่อประสิทธิภาพของระบบไอน้ำดีขึ้น อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจะลดลง

3. ลดต้นทุนการบำรุงรักษา ตัดต้นทุนการตรวจสอบการทำงานของแทรบและต้นทุนการถอดเปลี่ยนแทรบ

ในขณะที่การอนุรักษ์การใช้พลังงาน เป็นสิ่งที่ผู้ประกอบการพึงกระทำเพื่อช่วยกันลดปริมาณการใช้พลังงานของชาติ การเลือกใช้อุปกรณ์ระบายคอนเดนเสทอย่างต่อเนื่องเปลี่ยนแทนสตีมแทรบในระบบไอน้ำจะช่วยให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวได้

เอกสารอ้างอิง

1. J. Jackson, Steam Bolier Operation, Prentice-Hall, 1980
2. Industry Week, May 14, 1984, page 74c.
3. Maintenace Management Technology in Steam Distribution Systems, IETC - Houston, June 19, 1986, Yarway Tech/Serv.
4. F. Dickman, Steam Traps - More Myths, 9th World Energy Engineering Congrees, USA.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ ดร.สมรัฐ เกิดสุวรรณ
การศึกษา Ph.D(Energy)
การทำงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

This document was last modified on