บทที่ 3

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน เป็นเครื่องมือที่หมุนเวียนของไหลใช้งานด้วยแรงโน้มถ่วงตามธรรมชาติ ในขณะที่ถ่ายเทพลังงานระหว่างอากาศสายเข้าและอากาศสายปล่อยทิ้ง แบ่งออกได้สองชนิด คือ เทอร์โมไซฟอนแบบท่อปิดผนึกและแบบคอยล์ ลูป เทอร์โมไซฟอน

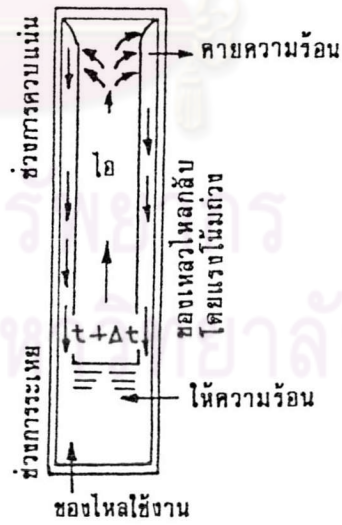
แบบท่อปิดผนึก (ดูรูปที่ 3.1) จะเหมือนกับฮีทไปป์ธรรมดาและบ่อยครั้งจะเรียกชื่อเหมือนกัน มีเพียงสิ่งเดียวที่จะแบ่งสองชนิดออกจากกันคือ ฮีทไปป์จะส่งของเหลวควบแน่นจะไหลกลับไปยังช่วงการระเหยด้วยแรงท่อรูเข็มของวิกค์ ขณะที่เทอร์โมไซฟอนจะอาศัยแรงโน้มถ่วง ดังนั้นในการใช้งานเทอร์โมไซฟอนจึงต้องวางช่วงการระเหยให้อยู่ต่ำกว่าช่วงการควบแน่นเสมอ ส่วนแบบคอยล์ ลูป (ดูรูปที่ 3.3) จะมีรูปร่างคล้ายกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนทั่วไปแบบคอยล์ ลูป แต่มีความแตกต่างที่ชัดเจนคือ ลูป เทอร์โมไซฟอนไม่มีปั๊มในการหมุนเวียนของไหลระหว่างคอยล์ระเหยและคอยล์ควบแน่นแต่การหมุนเวียนจะเกิดจากผลต่างของความหนาแน่นระหว่างไอกับของเหลว

3.1 หลักการทำงาน

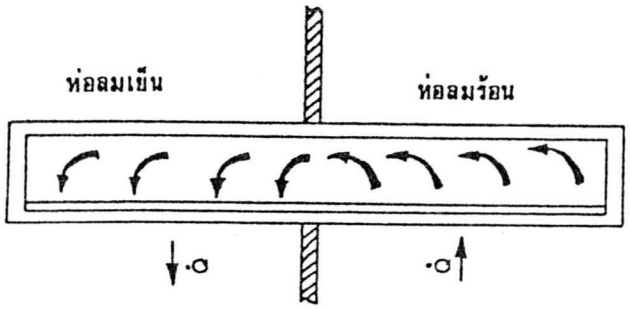
หลักการทำงานของเทอร์โมไซฟอนจะคล้ายคลึงกับของฮีทไปป์ กล่าวคือ ในขณะที่ของไหลใช้งานหมุนเวียนและเกิดการระเหยและควบแน่นอย่างซ้ำซากความร้อนที่ป้อนเข้าจะถูกส่งผ่านไปยังช่วงการควบแน่นในรูปของความร้อนแฝง รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างของเทอร์โมไซฟอน เทอร์โมไซฟอนทำขึ้นโดยการดึงสูญญากาศภายในภาชนะทรงกระบอกที่ปิดชิดอากาศ แล้วเติมของไหลใช้งานเข้าไปส่วนหนึ่ง จากนั้นก็ปิดผนึกให้มิดชิดอากาศ เมื่อทำการให้ความร้อนที่ปลายล่างของภาชนะนี้ ไอที่เกิดขึ้นจากการระเหยจะไหลด้วยความเร็วสูงขึ้นไปปลายบนซึ่งเย็น ที่ปลายบน

นี้ไอจะควบแน่นเป็นของเหลวและของเหลวควบแน่นนี้จะไหลตกลงปลายล่างโดยแรงโน้มถ่วง เราเรียกปลายล่างว่า ช่วงการระเหยและปลายบนว่าช่วงการควบแน่น เนื่องจากความร้อนปริมาณมากจะถูกพาไปพร้อมกับของไหลใช้งานในรูปของความร้อนแฝงของการเปลี่ยนวัฏภาค ทั้งที่ผลต่างอุณหภูมิมีเพียงเล็กน้อยดังนั้น ค่าความนำความร้อนเชิงประสิทธิผลจึงสูงมาก

การหมุนเวียนตามธรรมชาติด้วยแรงโน้มถ่วงแบบเทอร์โมไซฟอนมีทั้งข้อดีและข้อเสียสำหรับผู้ออกแบบ ข้อดีคือสามารถออกแบบให้เครื่องแลกเปลี่ยนถ่ายเทพลังงานระหว่างสายส่งเข้ากับสายปล่อยทิ้งเพียงในทิศทางใดทิศทางเดียว (ดูรูปที่ 3.1(ก)) หรือทั้งสองทิศทางก็ได้(ดูรูปที่ 3.1(ข)) สามารถกำหนดให้ประสิทธิผลในแต่ละส่วนเท่ากันหรือแตกต่างกันโดยปราศจากความจำเป็นในการควบคุมระบบ อนึ่งคอยล์ ลูปเทอร์โมไซฟอนสามารถใช้กับสายของไหลสองสายที่อยู่ห่างกันและไม่ต้องการใช้พลังงานภายนอกในการขับเคลื่อน ข้อเสียคือต้องว่างระดับของคอยล์ทั้งสองให้ของเหลวควบแน่นไหลกลับโดยแรงโน้มถ่วงไปยังคอยล์ระเหยได้ ซึ่งจำกัดความคล่องตัวในการวางตำแหน่งคอยล์และท่อของเหลวไหลกลับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบที่ต้องการถ่ายเทความร้อนสองทิศทาง



(ก) ทิศทางเดียว

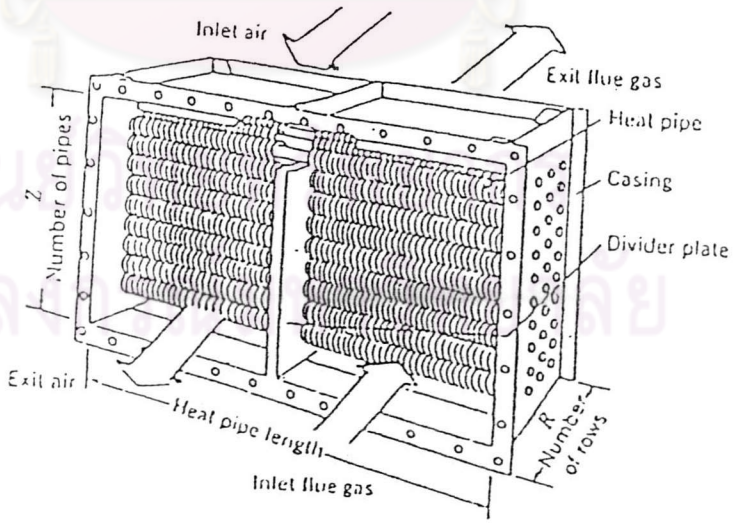


(ข) สองทิศทาง

รูปที่ 3.1 เทอร์โมไซฟอน (ฮีทไปป์ไร้วิกค์)

3.2 เทอร์โมไซฟอนแบบท่อปิดผนึก

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนประเภทนี้คล้ายคลึงกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบฮีทไปป์ทั่วไป ในรูปที่ 2 ท่อแต่ละอัน คือ เทอร์โมไซฟอน โดยแต่ละท่อเป็นอิสระต่อกัน เครื่องแลกเปลี่ยนประเภทนี้จะแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนการระเหยซึ่งมีอากาศร้อนไหลผ่าน และส่วนการควบแน่นซึ่งมีอากาศเย็นไหลผ่านมีผนังปิดกั้นแยกอากาศสองสายออกจากกันเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการผสมกันของอากาศสองสาย เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนประเภทนี้นำไปใช้เมื่อสามารถวางท่ออากาศเข้าและปล่อยทิ้งไว้ติดกัน โดยทั่วไปจะวางส่วนการควบแน่นให้สูงกว่าส่วนการระเหยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนทิศทางเดียว



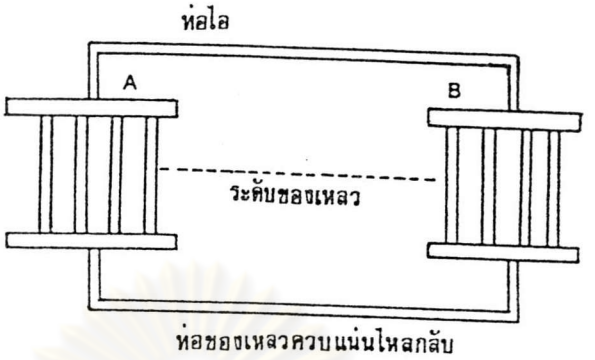
รูปที่ 3.2 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนท่อปิดผนึก

3.3 คอยล์ ลูป เทอร์โมไซฟอน

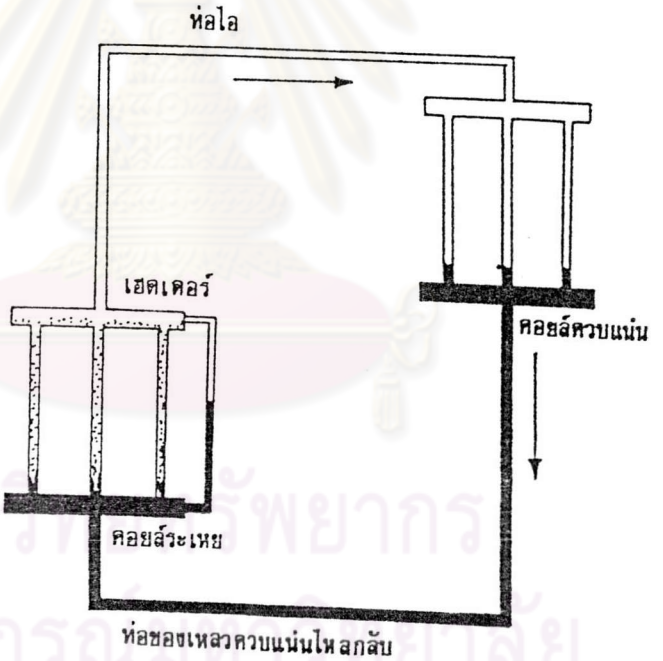
เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนประเภทนี้เหมาะมากกับกรณีที่ท่ออากาศเข้าและท่ออากาศปล่อยทิ้งไม่ได้อยู่ติดกัน รูปที่ 3.3 แสดง คอยล์ ลูป เทอร์โมไซฟอน หนึ่งลูปซึ่งประกอบด้วยคอยล์ระเหยและคอยล์ควบแน่น ต่อกันด้วยท่อไอระเหยและท่อของเหลวควบแน่นไหลกลับ ภายในลูปบรรจุของไหลใช้งานที่สภาวะอิ่มตัวความดันภายในลูปปิดผนึกจะขึ้นอยู่กับชนิดของไหลใช้งานและอุณหภูมิของไหลที่ระหว่างผิวหน้าของเหลวและไอ ความดันสูงสุดในลูปจะเท่ากับความดันอิ่มตัวที่อุณหภูมิใช้งานสูงสุดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

ในการทำงานคอยล์ ลูป เทอร์โมไซฟอน คอยล์ระเหยในท่อลมร้อนต้องมีของเหลวของของไหลใช้งานอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้เกิดเป็นไอได้เสมอ ถ้ามีของเหลวอยู่ในคอยล์ทั้งสองข้างจะสามารถถ่ายเทความร้อนในทิศทางใดก็ได้ (ดูรูปที่ 3.3(ก)) ถ้าของเหลวมีเพียงคอยล์เดียว ความร้อนจะสามารถไหลจากคอยล์หนึ่งไปยังอีกคอยล์หนึ่งได้เพียงทิศทางเดียว (ดูรูปที่ 3.3(ข)) สำหรับระบบที่มีการไหลทิศทางเดียว การทำงานจะหยุดเมื่อสายที่ไหลเข้าคอยล์ระเหย(ระดับต่ำกว่า)มีอุณหภูมิต่ำกว่าสายที่ไหลเข้าคอยล์ควบแน่น กระบวนการควบแน่นและกระบวนการระเหยจะรับผลกระทบจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาวและการวางตัวของท่อคอยล์ตลอดจนสัดส่วนของของเหลวที่บรรจุในคอยล์ ระบบเช่นนี้จึงออกแบบให้มีประสิทธิผลแตกต่างกันในแต่ละทิศทางได้โดยปราศจากการควบคุมภายนอก

คอยล์ ลูป เทอร์โมไซฟอนแบบทิศทางเดียวโดยทั่วไปจะมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงกว่าของแบบสองทิศทาง เพราะว่าทั้งคอยล์และลูปอาจจะออกแบบให้เหมาะสมที่สุดเพียงสภาวะใดสภาวะหนึ่ง ไม่ว่ากรณีใดก็ตามการนำพลังงานที่มีอยู่กลับมาใช้ให้ได้ในสัดส่วนที่สูง ทำได้โดยนำคอยล์ ลูป เทอร์โมไซฟอนหลายๆ ชุดมาต่ออนุกรมระหว่างท่อส่งเข้าและท่อปล่อยทิ้ง (ดูรูปที่ 3.4) เพื่อที่จะให้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ไหลแบบสวนทางกันซึ่งจะให้ประสิทธิผลรวมสูงกว่ากรณีมีเพียงลูปเดียว

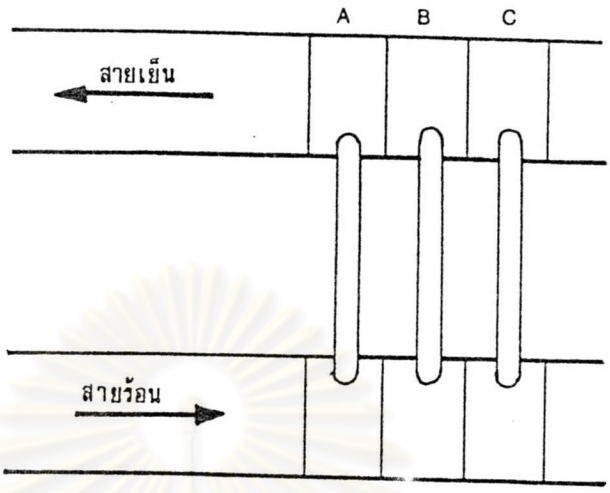


(ก) สองทิศทาง



(ข) ทิศทางเดียว

รูปที่ 3.3 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน แบบ คอยล์ ลูป เทอร์โมไซฟอน



รูปที่ 3.4 คอยล์ ลูป เทอร์โมไซฟอนหลายๆอันที่ต่อเรียงกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย