

ประวัติท่อความร้อนและการประยุกต์ใช้งาน

Heat Pipe History and Applications

นำพน พิพัฒน์ไพบูลย์¹

บทนำ

แนวความคิดและการเริ่มต้นใช้งานท่อความร้อน (Heat Pipe) ถูกนำเสนอและริเริ่มใช้งานครั้งแรก โดย R.S. Gaugler ในนามบริษัท General Motors รัฐโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกา โดย Gaugler ได้ประดิษฐ์ท่อความร้อนและนำมาใช้งาน หลังจากนั้น ได้ยื่นจดสิทธิบัตรท่อความร้อนครั้งแรก ในวันที่ 21 ธันวาคม ค.ศ. 1942 และตีพิมพ์ ในวันที่ 6 มิถุนายน ค.ศ. 1944 เลขที่สิทธิบัตร 2350348 โดยท่อความร้อนเริ่มต้นนั้นถูกใช้งานในระบบการทำความเย็น ต่อมาก็มมีการพัฒนาท่อความร้อน และจดสิทธิบัตรการใช้งานในรูปแบบอื่นๆ โดยเฉพาะการนำมาแก้ไขปัญหาทางความร้อนในอุปกรณ์ต่างๆ ภายในบริษัท General Motors จำกัด หลังจากนั้นมาอีกไม่นาน ได้มีการจดสิทธิบัตรโดย Grover ร่วมมือกับ US Atomic Energy ในปี ค.ศ. 1963 ชื่อของสิ่งประดิษฐ์ คือท่อความร้อน (Heat Pipe) พื้นฐานในการทำงานถูกอธิบายคล้ายกับสิทธิบัตรที่จดสิทธิบัตรครั้งแรกโดย Gaugler และหลังจากนั้นก็มีการพัฒนาการใช้งานและรูปแบบของท่อความร้อนกันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมต่างๆ เรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน

ท่อความร้อน (Heat-pipe)

ท่อความร้อน (Heat Pipe) เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะเกิดการถ่ายเทความร้อนภายในท่อ ความร้อนได้ก็ต่อเมื่อเกิดอุณหภูมิแตกต่างระหว่าง ส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่น (ภาพประกอบที่ 1)

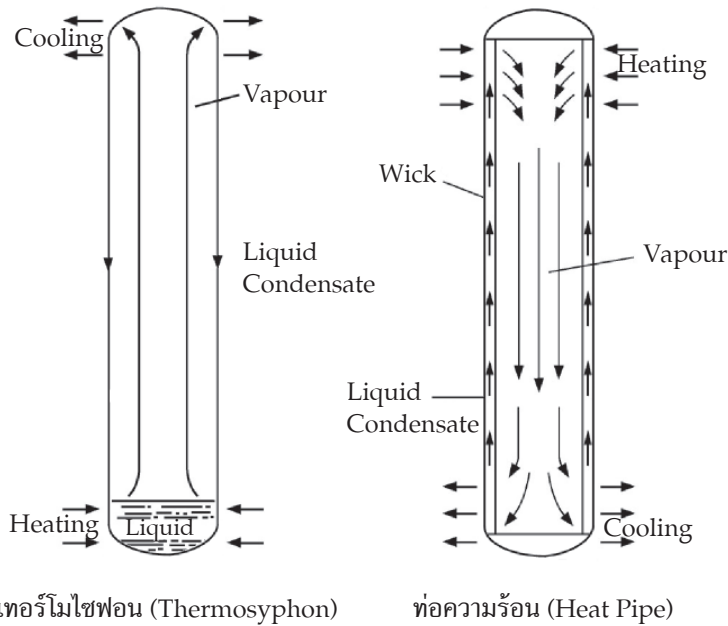
หลักการทำงาน คือ ความร้อนจากส่วนทำระเหย (Evaporator) จะทำให้สารทำงาน (Working Fluids) ที่บรรจุอยู่ภายในท่อจำนวนหนึ่งซึ่งมีสถานะ เป็นของเหลวอิมตัวเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอและ

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร จังหวัดสกลนคร
E-mail : pipatpaiboon@hotmail.com

ส่วนทำระเหยด้วยแรงโน้มถ่วง เนื่องจากความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของสารทำงานมีค่าสูงมาก ดังนั้นสารทำงานจึงสามารถถ่ายเทความร้อน จากปลายด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งได้ โดยที่อุณหภูมิระหว่างส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่นแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย รูปแบบการถ่ายเทความร้อนจัดอยู่ในรูปแบบการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อน (Heat Convections) ของสารทำงานภายในท่อเป็นหลัก และการนำความร้อน (Heat Conductions) ของท่อซึ่งเป็นโลหะอีกเล็กน้อย ความสามารถในการส่งผ่านความร้อนของท่อความร้อนนั้น ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น ขนาดท่อ ชนิดของวัสดุ ทำท่อ ลักษณะการติดตั้ง ชนิดของสารทำงาน อุณหภูมิของแหล่งความร้อนและมุมในการทำงาน และอีกปัจจัยของการทำงานของท่อความร้อน จะสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดึนั้น ต้องอาศัย วัสดุพอรุน (Wick) เป็นตัวช่วยในการทำงานด้วย โดยที่ วัสดุพอรุนนี้จะทำหน้าที่เปรียบเสมือนไส้ตะเกียงคอยให้สารทำงานซึมผ่านจากปลายอีกด้านหนึ่งไปยังปลายอีกด้านหนึ่งของท่อความร้อน โดยที่สารทำงานภายในท่อตามผนังท่อไม่แห้ง และยังช่วยให้ท่อความร้อนสามารถทำงานได้ในทุก ๆ มุมการทำงานได้เป็นอย่างดี ท่อความร้อนจะมีลักษณะคล้ายกับเทอร์โมไซฟอน (Thermosyphon) ซึ่งในอดีต เทอร์โมไซฟอน จะถูกเรียกทั่วไปว่า ท่อ Perkins ซึ่งเทอร์โมไซฟอนถูกคิดค้น และเริ่มต้นใช้งานในเตาอบขนมปังของทหารอังกฤษในปี ค.ศ. 1900 โดยการทำงานของเทอร์โมไซฟอน จะมีสารทำงาน (Working Fluids) อยู่จำนวนหนึ่งที่เดิมอยู่ภายในท่อที่ทำการดูดเอาอากาศออก และปิดผนึกปลายท่อทั้งสองด้านไว้เป็นอย่างดี หากให้ความร้อนที่ปลาย

ด้านล่างของเทอร์โมไซฟอนจะทำให้ของเหลวเดือด และกลายเป็นไอลอยขึ้นไปที่ปลายด้านบนที่เย็นกว่า และจะควบแน่นกลายเป็นของเหลวไหลกลับสู่ปลายด้านล่างด้วยแรงดึงดูดของโลก ต่อมาได้มีการประยุกต์ใช้เทอร์โมไซฟอนอยู่หลายปี โดยใช้สารทำงานทำงานหลากหลายชนิด เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน

ท่อความร้อนนั้นในทางรูปร่าง หรือโครงสร้าง คล้ายกับเทอร์โมไซฟอนมาก แต่ท่อความร้อนจะมีวัสดุพอรุน (Wick) คือ ลวดตาข่ายละเอียดหลายชั้น ประกอบกัน เพื่อไม่ให้วัสดุพอรุนไปติดกับผิวภายในของท่อ และแรงยกตัวที่เกิดจากวัสดุพอรุนจะเป็นตัวดึงให้ของเหลวไหลกลับสู่ส่วนทำระเหย ดังนั้น หากจะแยกท่อความร้อนกับเทอร์โมไซฟอน ที่สามารถแยกออกได้อย่างชัดเจน คือ ท่อความร้อนจะมีวัสดุพอรุน (Wick) ส่วนเทอร์โมไซฟอนจะไม่มีวัสดุพอรุนอยู่ภายในท่อ ส่วนประกอบอื่นๆ จะมีลักษณะเหมือนกัน จึงจะเห็นได้ว่า การประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก หรือในท้องถิ่น จะนิยมนำเทอร์โมไซฟอนมาใช้งาน ส่วนการประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรมที่มีเทคโนโลยีขั้นสูง มาเกี่ยวข้องจะนิยมใช้ท่อความร้อนมาใช้งาน เพราะท่อความร้อนสามารถทำงานได้ในทุก ๆ มุมเอียงการทำงาน และประสิทธิภาพที่ดีกว่าท่อเทอร์โมไซฟอนอย่างชัดเจน ส่วนบทความที่จะนำเสนอการใช้งานท่อทั้งสองแบบ คือ การใช้งานท่อความร้อนและการใช้งานเทอร์โมไซฟอน เพื่อให้เข้าใจถึงการประยุกต์ใช้งานได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ในบทความนี้จะเรียกรวมท่อทั้งสองชนิดรวมกันว่าท่อความร้อน ดังแสดงรายละเอียดและความแตกต่างในภาพประกอบที่ 1



รูปที่ 1 ท่อความร้อน

การประยุกต์ใช้งาน

การประยุกต์ใช้งาน (Applications) หมายถึง การนำท่อความร้อนแบบต่างๆ มาประยุกต์ใช้งาน ในระบบการทำงานจริงเพื่อวัตถุประสงค์ในการ ประหยัดพลังงานในรูปแบบต่างๆ กันออกไป การประยุกต์ใช้งานท่อความร้อนที่พบจากงานวิจัย ที่ผ่านมามีเป็นที่ยอมรับนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มหลักๆ ดังนี้

- การประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ (Waste Heat Recovery)
- การประยุกต์ใช้สำหรับการระบายความร้อนในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ (Cooling Technology)
- การประยุกต์ใช้งานสำหรับการนำพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์มาใช้งาน (Solar Energy)
- การประยุกต์ใช้สำหรับการให้ความร้อนในรูปแบบต่างๆ (Heating Technology)

ซึ่งการประยุกต์ใช้งานนี้จําแนกข้อมูลจาก งานวิจัยในอดีตที่ผ่านมาในกลุ่มต่างๆ มาอธิบาย และนำเสนอในบทความนี้เพื่อให้เห็นถึงพัฒนาการ และการประยุกต์ใช้งานท่อความร้อนที่หลากหลาย และเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้งานของงานวิจัย ในอนาคตคงจะได้นำเสนอรายละเอียดในบทความนี้ ต่อไป

การประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ (Waste Heat Recovery)

การประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ (Waste Heat Recovery) นั้น จะนิยมใช้ท่อความร้อนทั้งสองแบบ แต่ก่อนที่จะนำท่อความร้อนมาใช้งานนั้น สิ่งแรกที่จะต้องคำนึงถึงคืออุณหภูมิการทำงาน ที่จะนำท่อความร้อนมาใช้งาน หลังจากนั้นจะนำข้อมูลสถานที่ๆ จะนำท่อความร้อน

ไปใช้งานนั้น มาคำนวณและออกแบบสร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) ที่เหมาะสมกับการใช้งานนั้น ๆ การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่นั้นสามารถนำความร้อนทิ้งจากแก๊สร้อน (Exhaust Gas) หรือ น้ำทิ้งที่มีอุณหภูมิสูงมาก (Hot Water) กลับมาใช้งานอีกนั้นสามารถทำได้ทั้งการนำความร้อนที่แลกเปลี่ยนได้มาอุ่นอากาศ (Air preheat) และอุ่นน้ำป้อน (Economizer) ซึ่งงานการประยุกต์ใช้งานที่กล่าวมาทั้งหมดนี้มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยการนำความร้อนทิ้งจากระบบต่าง ๆ ที่กล่าวมานั้นจะช่วยลดต้นทุนการผลิตได้อย่างมากและเป็นการอนุรักษ์พลังงาน และรักษาสสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 1 การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้งานจากงานวิจัยในอดีตนั้นมีการประยุกต์ใช้งานในหลายสถานที่ เช่น การนำความร้อนทิ้งจากห้องผ่าตัดกลับมาใช้งาน โดย (Noie - Baghban and Majideian, 2000). เนื่องจากอากาศที่ออกจากห้องผ่าตัดในต่างประเทศที่มีอุณหภูมิต่ำนั้น ต้องมีการเพิ่มอุณหภูมิให้เหมาะสมกับร่างกายผู้ป่วยที่จะเข้ารับการผ่าตัด ดังนั้นอากาศหลังจากการผ่าตัดอากาศทิ้งจะมีอุณหภูมิสูง แต่จะมีความชื้นและเชื้อโรคปะปนมาด้วย ก่อนนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้งานใหม่จึงมีความจำเป็นต้องนำเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมาใช้งานเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนมาใช้งาน แล้วปล่อยความชื้นและเชื้อโรคต่าง ๆ ทิ้งไป (Lukitobudi et al., 1994) ได้ประยุกต์ใช้งานท่อความร้อนในรูปแบบคล้าย ๆ กัน แต่นำระบบแลกเปลี่ยนความร้อนมาใช้กับเตาอบขนมปัง โดยการออกแบบสร้างท่อความร้อนนำความร้อนทิ้งจากเตาอบขนมปังกลับมาใช้งาน ซึ่งก็สามารถทำงานได้ดี อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ทำจากชุดท่อความร้อนนี้ สามารถทำงานในช่วงอุณหภูมิทำงานต่ำ (ต่ำกว่า 300°C) หลังจากนั้น (Abu - Mulaweh, 2005) ได้ศึกษาการระบายความร้อนของน้ำยาทำความเย็นในระบบทำความเย็น

เพื่อนำความร้อนที่ได้มาใช้ในการทำน้ำอุ่นสำหรับครัวเรือน เป็นการประยุกต์ใช้งานทั้งการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้งาน และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบทำความเย็นอีกทางหนึ่ง (Zhang and Zhuang, 2003) ได้ออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ในประเทศจีน เพื่อนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง เป็นการออกแบบเครื่องอุ่นอากาศและระบบแลกเปลี่ยนความร้อนแบบอากาศสู่อากาศ (Air to Air Preheater) สามารถนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้งานได้ถึง 11,970 kW (Wu et al., 1996) ดำเนินการศึกษานำความร้อนทิ้งจากระบบปรับอากาศกลับมาใช้ใหม่โดยในระบบนี้ จะมีการแยกความชื้นออกจากระบบก่อนนำไปใช้งานอีกครั้ง ซึ่งจากงานวิจัยที่นำเสนอ นั้น จะเห็นได้ว่า การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้งานนั้นสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย ซึ่งมีประโยชน์เป็นอย่างมากกับการประหยัดพลังงาน และรักษาสสิ่งแวดล้อมในสภาวะการทำงานจริงในโลกปัจจุบัน จากงานวิจัยที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดนั้นยังมีงานวิจัยที่จัดอยู่ในกลุ่มการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่อีกมากมาย ทั้งในระบบการอบแห้งระบบหม้อไอน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม ระบบปรับอากาศในโรงแรม หรืออาคารขนาดใหญ่ ท่อความร้อนก็ถูกนำไปใช้งานกันอย่างกว้างขวางและมีประสิทธิภาพจนเป็นที่ยอมรับในความสามารถในเรื่องการแลกเปลี่ยนความร้อนแล้วนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่

การประยุกต์ใช้สำหรับการระบายความร้อนในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ (Cooling Technology)

Kimetal, (2003) ศึกษาการนำท่อความร้อนมาระบายความร้อนในคอมพิวเตอร์ PC เปรียบเทียบกับการระบายความร้อนที่อาศัยพัดลม (Heat sink) ทั่วไป ผลการศึกษาอุปกรณ์ที่ประยุกต์จากท่อความร้อนสามารถลดอุณหภูมิของคอมพิวเตอร์ PC ได้ดี และลดเสียงดังจากการทำงานของพัดลมได้ มีขนาดเล็ก

กะทัดรัดกว่าเมื่อนำไปประกอบกับคอมพิวเตอร์ และยังสามารถติดตั้งได้ในคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก (Note Book) ซึ่งมีผู้พัฒนาต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน ซึ่งสามารถเห็นท่อนความร้อนแบบต่างๆที่ถูกติดตั้งในอุปกรณ์คอมพิวเตอร์มากมายหลายแบบ และขีดความสามารถเพิ่มมากขึ้นจากเดิมมาก เนื่องจากวัสดุและสารทำงาน มีการพัฒนาไปเป็นอย่างมาก เช่น เทคโนโลยีนาโน (Nano Technology) ทำให้ท่อนความร้อนในปัจจุบันเกิดการประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวางและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นเป็นลำดับ

การประยุกต์ใช้งานสำหรับการนำพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์มาใช้งาน (Solar Energy)

การประยุกต์ใช้ท่อนความร้อนสำหรับนำพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์มาใช้งานนั้น จะมีรูปแบบการประยุกต์ใช้งานร่วมกับแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar collector) ที่รวบรวมความร้อนไว้ โดยอาศัยแผ่นดูดซับความร้อน (Absorbers plates) จากนั้นอาศัยท่อนความร้อนแบบต่างๆ นำความร้อนที่สะสมไว้ที่แผ่นดูดซับความร้อน ไปถ่ายเทยังส่วนรับความร้อนที่เป็นของเหลว หรืออากาศดังตัวอย่างจากงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมาของ (Hammad, 1994) และ (Chun et al, 1998) ซึ่งทั้งสองงานศึกษาการนำท่อนความร้อนไปประยุกต์กับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

การประยุกต์ใช้สำหรับการให้ความร้อนในรูปแบบต่างๆ (Heating Technology)

การประยุกต์ใช้ท่อนความร้อนในการให้ความร้อนนั้น ส่วนใหญ่ที่พบจะเป็นการให้ความร้อนโดยท่อนความร้อนจะรับความร้อนจากแหล่งความร้อนทางส่วนทำระเหย และถ่ายเทความร้อนให้กับส่วนที่

ต้องการในส่วนของส่วนควบแน่น ข้อดีของระบบนี้คือ ท่อนความร้อนจะสามารถส่งถ่ายความร้อนไปยังจุดใดจุดหนึ่งที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว โดยที่ส่วนที่ต้องการให้ความร้อนนั้นไม่จำเป็นต้องอยู่ใกล้ หรือสัมผัสกับแหล่งความร้อนโดยตรง เช่น ระบบ Pasteurizing เป็นต้น

Booddachan (2006) ได้ทำการศึกษาการนำท่อนความร้อนมาประยุกต์ใช้งานในการพาสเจอร์ไรท์ (Pasteurizing) อาหารเหลว เพื่อตัดปัญหาจากการต้มอาหารเหลวให้สัมผัสแหล่งความร้อนโดยตรง ทำให้สูญเสียคุณภาพอาหารไป ได้ปรับปรุงพัฒนาหม้อต้มพาสเจอร์ไรท์ โดยให้ท่อนความร้อนสัมผัสกับเปลวไฟโดยตรง แล้วท่อนความร้อนนำความร้อนที่ได้ไปถ่ายเทให้กับอาหารเหลวต่อไป (Yang et al., 2002) ทำงานวิจัยในประเทศจีนที่มีอุณหภูมิค่ามาก ได้อาศัยท่อนความร้อนนำความร้อนทิ้งจากท่อไอเสียของเครื่องยนต์รถราง โดยใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อนความร้อน นำความร้อนทิ้งดังกล่าวมาอุ่นอากาศให้กับห้องโดยสารของรถราง จาก $8^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}$ ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมกับร่างกายผู้โดยสาร โดยรถรางสามารถปรับอากาศให้เหมาะสมได้จากอุปกรณ์ที่ประยุกต์ จากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแทนการใช้ ฮีทเตอร์ (Heater) ให้ความร้อนแบบเดิม

Paramet et al. (2010) ได้ทำการประยุกต์ท่อเทอร์โมไซฟอนกับตู้อบรมควันไส้กรอกปลา เพื่อช่วยกระจายความร้อนจากแหล่งความร้อนเดิมที่ได้จากแก๊ส (LPG) ซึ่งปัญหาเดิมของระบบเก่าคือ ความร้อนที่ได้จากการแก๊สและควัน จากการเผาไหม้ชานอ้อยนั้นกระจายตัวภายในตู้อบรมควันไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้ไส้กรอกปลาที่ผ่านการรมควันในส่วนที่อยู่ใกล้แหล่งความร้อนจะสีเข้มมาก และเกิดการปริแตกและเกิดการสูญเสียของไส้กรอกปลา

เป็นจำนวนมากมาก (Paramet et al., 2010) ได้ประยุกต์ต่อความร้อนช่วยในการกระจายความร้อนจากแหล่งความร้อนทางด้านล่างคู่อบไปยังด้านบนคู่อบ ซึ่งผลที่ได้สามารถแก้ปัญหาที่กล่าวมาแล้วได้เป็นอย่างดี เพราะเทอร์โมไซฟอนสามารถดึงความร้อน จากแหล่งความร้อนผ่านไส้กรอกปลาส่วนที่อยู่ล่าง แล้วจ่ายความร้อนให้กับไส้กรอกปลาอย่างทั่วถึงทั้งคู่อบ ทำให้ไส้กรอกปลาที่อบรมควันด้วยวิธีนี้มีสีสนิมที่สม่ำเสมอเท่ากันทั้งหมด และยังไม่มีพบการปริแตกของไส้กรอกปลาที่ทำการอบรมควันอีก จากงานวิจัยที่กล่าวมา ได้สรุปรูปแบบการใช้งานต่อความร้อนแบบต่างๆ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1

สรุป

ต่อความร้อน จัดอยู่ในกลุ่มอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องอาศัยพลังงานจากภายนอก เนื่องจากอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถทำงานได้ด้วยสารทำงาน (Working Fluids) ภายในเมื่อได้รับความร้อนจากแหล่งความร้อนเกิดการเดือดภายในและเคลื่อนที่ไปยังปลายท่ออีกด้านหนึ่ง จึงเกิดการพาความร้อนและถ่ายเทความร้อนได้ด้วยตัวเอง ซึ่งเป็นจุดเด่นของต่อความร้อน ซึ่งได้รับความสนใจในการนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมต่างๆ เรื่อยมาและเทคโนโลยีต่อความร้อนเองก็มีการพัฒนา

ตารางที่ 1 แสดงการประยุกต์ใช้งานต่อความร้อนในรูปแบบต่างๆ

NO.	การประยุกต์	รูปแบบนำ ต่อความร้อน ไปใช้งาน	อุณหภูมิ (°C)	∅ (มม.) หรือ พท.L _c	ชนิดท่อ/วัสดุ	Ref.
1	Waste heat recovery	Surgery rooms	15-55	15	Heat pipe/copper	[10]
2	Cooling technology	Desktop, Pc, CPU	40	35x35 mm ²	Heat pipe/copper	[8]
3	Waste heat recovery	Bakeries oven	Max 300	15.88	Thermosyphon/copper	[9]
4	Waste heat recovery	Air condition system	20-45	15.9	Thermosyphon/copper	[2]
5	Waste heat recovery	Steam generators	950-970	26-32	Heat pipe/steel	[15]
6	Waste heat recovery	Humidity control	24.5-28	15.8	Thermosyphon/copper	[13]
7	Solar energy	Solar collector	Max 110	12	Heat pipe/copper	[7]
8	Solar energy	Water heater	20-100	8.1-9.5	Heat pipe/copper	[5]
9	Heating and Heat recovery	Automobile	50-250	20	Thermosyphon/Steel	[14]
10	Heating technology	Pasteurizing	80	5	Thermosyphon/copper	[4]
11	Heating technology	Smoked fish sausage oven	40-120	25.4	Thermosyphon/steel	[11]

หมายเหตุ: พท.L_c หมายถึงพื้นที่ผิวส่วนทำระเหย

เช่นกัน จากท่อความร้อน ก็มี การเป็นการพัฒนาเป็นท่อความร้อนแบบสั่น (Oscillating heat pipe: OHP) ที่มีการแยกย่อยออกไปเป็นท่อความร้อนแบบสั่นอีก 3 แบบ (CEOHP, CLOHP, CLOHP/CV) ที่มีขีดความสามารถในการถ่ายเทความร้อนได้ดียิ่งขึ้น และขนาดรูปร่างกะทัดรัดขึ้น ผนวกกับสารทำงานก็มีการพัฒนานำเทคโนโลยีนาโนที่มีพลังโลหะขนาดเล็กมาเติมในสารทำงาน (Nano Working Fluids) อีกหลากหลายชนิด จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจและน่าศึกษาเป็นอย่างมากถึงทิศทางการพัฒนาเทคโนโลยีท่อความร้อน และการประยุกต์ใช้งานท่อความร้อนในอนาคตซึ่งจะเข้ามามีบทบาทในอุตสาหกรรมต่างๆ ของโลกและของประเทศไทยต่อไป

บรรณานุกรม

สัมพันธ์. (2010). “เทคโนโลยีท่อความร้อน” พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Abu - Mulaweh, H.i. (2006). Design and Performance of a Thermosyphon Heat Recovery System. *Applied Thermal Engineering* 26 : 471 - 477

Anon. The Paris Exhibition - Perkins' portable oven. *Engineer*, p 519, 1867.

Booddachan, K. (2006). The Prototype of Heat Pipe Pasteurizing for Fruit Juice. *Proceeding of the 8th International Heat Pipe Symposium* September Kumamoto University, Kumamoto, Japan. 24 - 27

Chun, W., Heack Kang, Y., Youl Kwakb, H., Soo Leeb, Y. (1999). An Experimental Study of the Utilization of Heat pipes for Solar Water Heaters.

Applied Thermal Engineering 19 : 807 - 817

Gaugler, R.S. Heat transfer device. US Patent No. 2350348, Appl. 21 December 1942. Published 6 June 1944.

Hammad, M. (1995). Experimental Study of The Performance of A Solar Collector Cooled By Heat Pipe. *Energy Convers. Mgmt* Vol. 36, No.3 : 197 - 203

Kim, K.S., Won, M.H., Kim, J.W., Back, B.J. (2003). Heat pipe Cooling Technology for Desktop PC CPU. *Applied Thermal Engineering* 23 : 1137 - 1144

Lukitobudi, A.R., Akbarzadeh, A., Jhonson, P.W., Hendy, P. (1995). Design, Construction And Testing of A Thermosyphon Heat Exchanger for Medium Temperature Heat Recovery In Bakeries. *Heat Recovery Systems & CHP* Vol. 15, No. 5 : 481 - 491

Noie -Baghban, S.H., Majideian.G.R. (2000). Waste Heat Recovery Using Heat Pipe Heat Exchanger (HPHE) for Surgery Rooms in Hospitals. *Applied Thermal Engineering* 20 : 1271 - 1282

Paramet thanuwat. T., Rittidech. S, Booddachan. K. (2010). Thermosyphon installation for energy thrift in a smoked fish sausage oven (TISO). *Energy* 35 : 2836 - 2842.

Perkins, L.P. and Buck, W.E. Improvements in devices for the diffusion or transference of heat. UK Patent No. 22272, London, 1892.

Wu, X.P., Johnson, P., Akbarzadeh, A. (1997). Application of Heat Pipe Heat

- Exchangers to Humidity Control in Air - Conditioning System. Applied Thermal Engineering Vol.17, No. 6 : 561 - 568
- Yang,F., Yuan, X., Lin, G. (2003). Waste Heat Recovery Using Heat Pipe Heat Exchanger for Heating Automobile Using Exhaust Gas. Applied Thermal Engineering 23 : 367 - 372
- Zhang, H., Zhuang, J., Yang, J. (2004). Research, Development and Application of Heat Pipe Thechnology in Heat Recovery Equipment. Procs. Of 1st International Seminar on Heat pipe and Heat Recovery System., Kuala Lumpur, Malaysia. 128 - 131