

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบและสร้างอุปกรณ์นำเอาความร้อนทิ้งจากอุตสาหกรรมทำขนมอบแห้งกลับมาใช้ใหม่ ที่มีราคาและมีประสิทธิภาพสูงโดยการนำเอาคอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศยี่ห้อมาใช้งานประยุกต์เป็นชุดแลกเปลี่ยนความร้อนเพราะเป็นมีขนาดกระทัดรัด หาได้ง่ายในท้องตลาดและมีราคาถูก ทั้งนี้ คอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศยี่ห้อจะถูกใช้งานเพื่อถ่ายเทความร้อนจากก๊าซไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ของก๊าซหุงต้มในกระบวนการย่างขนมไปสู่น้ำที่ไหลภายในท่อของคอนเดนเซอร์ อย่างไรก็ตามการใช้งานในลักษณะนี้เป็นการใช้งานคอนเดนเซอร์กลับทิศทาง เนื่องจากคอนเดนเซอร์นั้นถูกออกแบบมาให้ใช้เป็นอุปกรณ์ระบายความร้อนจากสารทำความเย็นที่ไหลในท่อ ในงานวิจัยชิ้นนี้จึงได้เลือกคอนเดนเซอร์รถยนต์ยี่ห้อหนึ่งมาทดสอบสมรรถนะในลักษณะการใช้งานกลับทิศดังกล่าว ที่อัตราการไหลของน้ำเย็นในช่วง 12-24 ลิตรต่อนาที อุณหภูมิของก๊าซร้อนที่ลอยตัวแบบธรรมชาติ (Natural Convection) เท่ากับ $100-135^{\circ}\text{C}$ และที่ความเร็วก๊าซร้อน 0.15 เมตรต่อวินาที เมื่อพิจารณาคุณลักษณะของคอนเดนเซอร์สำหรับการใช้งานลักษณะดังกล่าวที่ได้จากการทดลองในรูปของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมพบว่ามีค่าโดยเฉลี่ยประมาณ 1.32 kW/K ซึ่งเป็นค่าที่น้อยกว่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนรวมของคอนเดนเซอร์เดียวกันหากนำมาใช้งานบังคับให้อากาศร้อนไหลเข้าไปผ่านคอนเดนเซอร์ (Forced Convection) ด้วยความเร็วและอุณหภูมิเดียวกันถึง 65% ทั้งนี้เนื่องจากคอนเดนเซอร์ถูกนำมาใช้งานรับความร้อนจากก๊าซร้อนความเร็วต่ำที่ลอยตัวแบบธรรมชาติต่างจากที่ออกแบบไว้นั่นเอง อย่างไรก็ตามในส่วนของสมรรถนะของคอนเดนเซอร์สำหรับการใช้งานลักษณะนี้ในรูปของประสิทธิภาพ ยังมีค่าสูง โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 0.55 เทียบเคียงได้กับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนทั่วไป

ในงานวิจัยนี้ได้นำคุณลักษณะของคอนเดนเซอร์ที่ได้จากการทดสอบมาออกแบบสร้างระบบนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการย่างขนมของบริษัท ไทย-นิจิ อินดัสทรี จำกัด จังหวัดลำพูนโดยใช้ชุดคอนเดนเซอร์จำนวน 8 ชุดมาต่อขนานกัน ซึ่งแต่ละชุดจะประกอบไปด้วยคอนเดนเซอร์ 6 แผงต่ออนุกรมกัน รับความร้อนจากก๊าซร้อนอุณหภูมิ $120-140^{\circ}\text{C}$ ที่ลอยขึ้นมาเหนือเตาของ บริษัท ไทย-นิจิ อินดัสทรี จำกัด ข้างต้นพบว่าสามารถเพิ่มอุณหภูมิของน้ำป้อน 21 ลิตรต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30°C ให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 81°C โดยเฉลี่ยได้ โดยทั้งระบบมีราคาและค่าติดตั้งรวมกันเพียง 180,000 บาท ในการนี้ทางโรงงานได้นำน้ำร้อนที่ผลิตได้ไปใช้เป็นน้ำป้อนหม้อไอน้ำที่ผลิตน้ำร้อนใช้ในกระบวนการผลิต จากการคำนวณพบว่าจะสามารถประหยัดเชื้อเพลิงคิดเทียบเท่าเป็นเงินประมาณ 139,962 บาทต่อปี ซึ่งให้ค่าระยะเวลาคืนทุนเพียง 1.29 ปี และมีอัตราการคืนทุนสูงถึง 77.7% โดยที่ไม่เกิดผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ของบริษัทแต่อย่างใด

Abstract

This research work presents the alternative approach to design and construct the inexpensive and highly effective heat recovery system to reclaim energy from hot flue gas rising up due to the buoyancy force from the biscuit roaster. Being low-priced, compact, and widely available in the market, automobile's air-conditioning condenser is proposed to be used as a heat exchanger unit to retrieve waste heat from hot flue gas and transfer it to the water inside this heat recovery system. However, such implementation is in a reversed direction in terms of a condenser design since the condenser is specifically aimed for cooling the hot water flowing inside the condenser instead of heating it. Thus tests are performed to determine the performance of the condenser utilized in such a condition. The results shows that, in terms of heat transfer characteristic, its overall heat transfer coefficient is approximately 1.32 kW/K; when the volume flow rate of the cold water within the condenser is in the range of 12-24 liter/minute, the velocity of the naturally induced hot flue gas is measured to be about 0.15 meter/second and the temperature of the hot gas is between 100-135 °C. The overall heat transfer of the condenser when it is used to retrieve waste heat from the forced hot gas with the same temperature and velocity is also calculated by using existing correlation from literatures as well for the sake of comparison and found to be 65% greater than what is determined from this research application. This is due to the fact that hot gas flow is induced through the condenser with difference mechanism, i.e. natural convection instead of forced convection. However, when the performance in terms of effectiveness is calculated for this application, it is found to be 0.55 which is comparable with typical compact heat exchanger; therefore, it definitely shows a feasibility to use the condenser as the waste heat recovery system.

The heat transfer characteristic of the condenser is taken into the consideration to design such a waste heat recovery system built to be used for the biscuit roasting process inside the facility of Thai-Nichi Industries Co., LTD., Lamphun Province. 8 units of 6 condenser in series are connected in parallel and installed above the biscuit roasting conveyer from which the plume hot flue gas is naturally induced upward by the buoyancy through the heat recovery system. The 30°C cold water with the volume flow rate of 21 litre/min is fed into the system and its temperature increases to be 81°C which can certainly save considerable amount of energy when it is used as the feedwater for the boiler used for several other processes of the company. From the calculation, this application of condenser yields significant amount of fuel saving as an equivalent amount money of 139,962 baht per year without any effect on biscuit product of the company. The related payback period and internal rate of return are 1.29 year and 77.7%, respectively.