

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคการเผาไหม้ภายในวัสดุพอรุนแบบสลับทิศทางการไหลของไอคืออย่าง เป็นจังหวะ (Cyclic Flow Reversal Combustion, CFRC) และเชื่อมกันความร้อน (Flame trap) ร่วมกับ Surface Combuster Heater (SCH) ที่มีกลุ่มท่อหน้าจัดเรียงแบบ Staggered arrangement ฝังอยู่ใน วัสดุพอรุน (Porous medium) ซึ่งภายในมีเชื้อเพลิงแก๊สเผาไหม้อยู่ ทั้งนี้เพื่อหาทางเพิ่มการประหยัดและ อนุรักษ์พลังงานให้มากขึ้น การเผาไหม้ภายในระบบ SCH แบบดั้งเดิมจะเป็นแบบไหลทางเดียว (One Way Flow Combustion, OWFC) ทั้งบริเวณการเผาไหม้และบริเวณการถ่ายเทความร้อนสู่กลุ่มท่อหน้า จะอยู่ใกล้กัน อีกทั้งการถ่ายเทความร้อนเป็นแบบ Multimode heat transfer โดยเฉพาะอย่างยิ่ง บทบาท ที่เด่นของการแผ่รังสีความร้อนจากของแข็ง (วัสดุพอรุน) อันเนื่องมาจากคุณสมบัติที่เด่นของวัสดุพอรุน ที่มีค่า emissivity และสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีความร้อนที่สูงเมื่อเทียบกับของแก๊ส ระบบ SCH จึงให้สมรรถนะการถ่ายเทความร้อนสูง ปลดปล่อยปริมาณ NO_x ต่ำ ขณะเดียวกันสามารถควบคุมการ ปลดปล่อยปริมาณ CO ได้โดยการควบคุมบริเวณการเผาไหม้ให้สัมพันธ์กับตำแหน่งกลุ่มท่อหน้าอย่าง เหมาะสม อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนระบบการเผาไหม้ของ SCH จากแบบดั้งเดิม OWFC เป็นแบบ ใหม่ CFRC พร้อมติดตั้งเชื่อมกันความร้อนที่ปลายทั้งสองของระบบ มีผลทำให้สมรรถนะของระบบ SCH แบบใหม่นี้สูงขึ้นกว่าเดิม ผลลัพธ์ดังกล่าวได้ถูกพิสูจน์แล้วว่าเป็นจริงเมื่อไม่นานมานี้ที่ ห้องปฏิบัติการวิจัยเครื่องยนต์และการเผาไหม้ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มจร. ยิ่งไปกว่านั้น ยังมี ปรากฏการณ์ที่น่าสนใจเกิดขึ้นซึ่งค้นพบโดยบังเอิญขณะทดลอง พบว่าเปลวไฟสามารถลามเข้าไปติด ในกลุ่มท่อหน้าได้ ในขณะที่ระบบ OWFC ทำไม่ได้ ทำให้ได้โพรไฟล์อุณหภูมิตามแนวแกนเตาที่พึง ประสงค์เพราะบริเวณการเผาไหม้เกิดขึ้นที่ตำแหน่งเดียวกันกับกลุ่มท่อหน้า นับเป็นผลดีอย่างยิ่งต่อการ

ถ่ายเทความร้อนสู่กลุ่มท่อน้ำเพราะความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้จะถูกถ่ายเทให้กับท่อน้ำที่เย็นในทันที ให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูง แต่ปลดปล่อยทั้ง CO และ NO_x ในปริมาณต่ำมาก (น้อยกว่า 30 ppm) อย่างไรก็ตาม การทำให้เกิดโพรไฟล์อุณหภูมิที่พึงประสงค์ดังกล่าวในทุกเงื่อนไขการทดลองนับเป็นสิ่งที่ทำได้ยากมากเพราะยังไม่เข้าใจอย่างถ่องแท้เกี่ยวกับกลไกการเกิดปรากฏการณ์ดังกล่าว ดังนั้น งานวิจัยนี้ได้พยายามหาแนวทางการทดลองเพื่อให้ได้มาซึ่งโพรไฟล์อุณหภูมิที่พึงประสงค์ จึงได้ศึกษาอิทธิพลของลำดับการป้อนน้ำเข้าสู่แต่ละท่อของกลุ่มท่อน้ำเพื่อลด Quenching Effect ให้เหลือน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ พบว่าไม่ว่าจะใช้ลำดับการป้อนน้ำเป็นแบบใดก็ไม่สามารถทำให้เกิดโพรไฟล์อุณหภูมิที่พึงประสงค์ได้เพราะ Quenching Effect มีความรุนแรงมากจึงป้องกันเปลวไฟไม่ให้ลามเข้าไปติดในกลุ่มท่อน้ำได้ ตำแหน่งเปลวไฟจึงอยู่นอกกลุ่มท่อน้ำตลอดเวลา จากนั้นทำการแปรเปลี่ยนค่าครึ่งคาบเวลา (Half-period, t_{hp}) จากน้อยไปหามาก ($t_{hp} = 30-390$ s) เพื่อค้นเปลวไฟให้เข้าไปอยู่ในกลุ่มท่อน้ำ พบว่าก็ยังไม่สามารถได้โพรไฟล์อุณหภูมิที่พึงประสงค์ แต่พบว่ามีประสิทธิภาพเชิงความร้อนรวม η_{tot} และปริมาณ CO ขึ้นกับค่า t_{hp} อย่างมากในขณะที่ NO_x แทบไม่เปลี่ยนแปลง พบว่า $t_{hp} = 180$ s คือค่าที่เหมาะสมที่สุดของการทดลองเพราะให้ $\eta_{tot_{max}} = 85$ percent ขณะที่ CO_{min} = 200 ppm และ NO_x = 20 ppm ถ้า t_{hp} มีค่าน้อยหรือมากกว่าค่าที่เหมาะสมนี้ η_{tot} จะลดลงและ CO จะเพิ่ม เมื่อลดอัตราการไหลเชิงมวลรวมของน้ำในกลุ่มท่อน้ำ (m_w)_b เหลือประมาณครึ่งหนึ่งจากเดิม เพื่อลด Quenching Effect สามารถทำให้เกิดโพรไฟล์อุณหภูมิที่พึงประสงค์ได้แต่ต้องแลกกับการลดลงของ η_{tot} เพราะความเร็วการไหลของน้ำในกลุ่มท่อน้ำลดลงเกือบครึ่งหนึ่งเช่นกัน แสดงถึงอิทธิพลที่สูงของ Quenching effect ที่มีต่อกลไกการเผาไหม้ อัตราส่วนสมมูล (Φ) ถูกลดค่าลงจากมากมาน้อยเพื่อลดบริเวณการเผาไหม้จากสองเหลือหนึ่งตำแหน่งและบังคับให้เข้าไปอยู่ในกลุ่มท่อน้ำพบว่าลัดได้ในช่วง $0.3 \leq \Phi \leq 0.76$ หาก $\Phi > 0.76$ จะเกิดปรากฏการณ์เปลวไฟย้อนกลับ (Flashback) อันเนื่องมาจากการติดไฟอัตโนมัติ (Auto-ignition) ของส่วนผสมก่อนเดินทางถึงห้องเผาไหม้ หาก $\Phi < 0.3$ เปลวไฟจะดับ แม้ว่าลด Φ ให้ต่ำลงถึง $\Phi = 0.3$ ก็ยังไม่มีผลทำให้เกิดโพรไฟล์อุณหภูมิที่พึงประสงค์แต่อย่างใด ขณะที่ปริมาณของ CO และ NO_x อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ Φ ต่ำสุดเท่ากับ 0.3 แสดงถึงสมรรถนะที่เด่นของระบบนี้ซึ่งมีศักยภาพสูง สามารถนำไปเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงคุณภาพต่ำที่ถูกเจือจางด้วยอากาศในปริมาณมาก ๆ (lean mixture) ได้

This research combines a cyclic flow reversal combustion (CFRC) technique equipped with flame trap and a surface combustor heater (SCH) embedded with staggered arrangement of tube bank within a porous matrix in which a gas combustion is taking place for energy saving. In conventional SCH of one-way flow combustion (OWFC), combustion and heat transfer take place simultaneously around the tube bank, resulting in multimode heat transfer to the tube bank because of thermal radiation from solid porous medium with higher emissivity and absorption coefficient as compare with the combustion gas. The SCH gives high performance with relatively low NO_x emission meanwhile CO emission can be controlled by controlling the position of combustion region with respect to the tube bank. This could be done by operating the SCH with state-of-the-art technology of cyclic flow reversal combustion (CFRC) instead of a conventional one-way flow combustion (OWFC). Further enhancement in thermal performance of the SCH could be possible by this means. With recent results of SCH operating with CFRC at the Combustion and Engine Research Laboratory (CERL), Department of Mechanical Engineering, KMUTT, an interesting phenomena was accidentally discovered with flame stabilized within the tube bank though a strong quenching effect. This yields a favorable temperature profile with a high temperature zone exactly co-inside with location of the tube bank. This phenomenon is of special important for combustion and heat transfer since heat is immediately transferred to the tube bank, yielding high thermal efficiency but low emissions of CO and NO_x (as low as 30 ppm at 0% excess O_2). However, it is very difficult to maintain such the favorable temperature profile to be occurred at any time and at any operating

range. Attempt has been made to obtain the way in creating such the favorable temperature profiles. Several dominating parameters, i.e. sequence of supplying the cooling water to the tube of the tube bank, half-period (t_{hp}), flow rate of the cooling water and equivalence ratio, which can allow for the favorable temperature profiles to be occurred were studied. Results show that temperature profile was insignificantly affected by sequence supplying of the cooling water because quenching effect is too strong to remove. Half-period (t_{hp}) was varied from $t_{hp} = 30-390$ s so as to push the flame moving into tube bank but this was impossible. However, total thermal efficiency and CO emission were strongly affected by t_{hp} , whereas NO_x emission is almost unchanged. $t_{hp} = 180$ s was found to be an optimum value with maximum total thermal efficiency (η_{tot}) of 85% and minimum CO emission (co_{min}) of 200 ppm and NO_x emission of 20 ppm. If t_{hp} of smaller or larger than this value decrease in total thermal efficiency (η_{tot}) was observed. Reducing in mass flow rate of the cooling water can reduce quenching effect, leading to an occurrence of the favorable temperature profiles. But this is sacrificed to a decrease in total thermal efficiency. Equivalence ratio (Φ) was greatly decreased from 0.76 to 0.3 so as to change the flame structure from a 2-peak flame to a single one, which can allow for the favorable temperature profile to be occurred. But this was impossible, the 2-peak flame still exist. In spite of an unfavorable temperature profiles obtained within the operating range, the equivalence ratio as low as 0.3 was achieved, implying an advantage of the SCH with CFRC to be applied for combustion of lean combustion for efficient utilization of energy.