177205

งานวิจัยนี้กล่าวถึงการศึกษาการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหลวโดยวัสดุพรุนชนิดไม่มีการแตกตัวเป็นฝอยละออง เชื้อเพลิงเหลว (น้ำมันก๊าด) ถูกป้อนแบบหยดไหลผ่านหัวเผาวัสดุพรุน (Porous Burner, PB) และถูกทำให้ระเหยมาก่อนอย่างสมบูรณ์ภายใน PB โดยอาศัยการหมุนเวียนความร้อนจากบริเวณเปลวไฟสู่ PB โดยการแผ่รังสีความร้อนและการดูดกลืนรังสีความร้อนของ PB ก่อนเข้าผสมกับอากาศหมุนวนในห้องผสม ซึ่งอยู่นอก PB ตามด้วยการติดไฟและเผาไหม้ ลักษณะการเผาไหม้ดังกล่าวสามารถจัดเป็นแบบที่มีการเตรียมไอระเหยมาก่อนก่อนการเผาไหม้เพราะทั้งการระเหยและการเผาไหม้ถูกแยกเป็นอิสระจากกันทำให้มีโอกาสเป็น Homogeneous Combustion มากขึ้นแทนที่จะเป็น Heterogeneous Combustion เหมือนการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหลวแบบสเปรย์ทั่วไปที่ต้องอาศัยหัวฉีดความดันสูง วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาหัวเผาเชื้อเพลิงเหลวโดยวัสดุพรุนสมรรถนะสูง สมรรถนะการเผาไหม้จะถูกแสดงในรูปของอุณหภูมิการเผาไหม้และปริมาณการปลดปล่อย CO และ NO_x ทั้งนี้จะศึกษาอิทธิพลของตัวแปรสำคัญๆ ที่มีผลต่อสมรรถนะการเผาไหม้ได้แก่ ระบบการจ่ายอากาศเข้าห้องผสมแบบเป็นขั้นการอุ่นอากาศเผาไหม้การติดตั้งวัสดุพรุนตัวแผ่รังสี (Porous Emitter, PE) ที่ทางด้านทางออกของห้องผสม และตำแหน่งติดตั้ง PB (ระบุโดย $|x_{PB}|$ หรือค่าสมบูรณ์ของ x_{PB} ซึ่งนิยามคือตำแหน่งติดตั้ง PB นับจากผิวหน้าของ PB ซึ่งเลื่อนเข้าออกได้เทียบกับผิวหน้าของ PE ซึ่งวางตรึงอยู่กับที่ และช่องว่างที่เกิดขึ้นคือห้องผสมนั่นเอง) วัตถุประสงค์ที่สำคัญประการหนึ่งคือความพยายามทำให้บริเวณการเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ภายใน PE ไม่ใช่ที่ผิวหรือใกล้ผิว PE) ซึ่งเป็นสิ่งที่พึงปรารถนาอย่างยิ่งสำหรับการเผาไหม้โดยวัสดุพรุน สิ่งนี้ก็ได้รับการพิจารณาเป็นเงื่อนไขสำคัญที่สุดของการออกแบบอุปกรณ์การทดลองในครั้งนี้ด้วย ผลการทดลองกรณีไม่ติดตั้ง PE ได้เปลวไฟแบบ SSF พบว่าการจ่ายอากาศเข้าห้องผสมแบบเป็นขั้นมีอิทธิพลสูงต่อสมรรถนะการเผาไหม้ อัตราการจ่ายอากาศในแต่ละขั้นอย่างละเท่าๆกันจะให้สมรรถนะการเผาไหม้ดีที่สุด ให้ปริมาณ CO และ NO_x ต่ำสุด มีค่า 55 ppm และ 179 ppm ตามลำดับ ให้ขอบเขตการเผาไหม้ที่เสถียรกว้างโดยมีค่าอัตราส่วนสมมูลต่ำถึง 0.19 การอุ่นอากาศเผาไหม้ยิ่งให้อุณหภูมิการเผาไหม้สูงขึ้นไปอีก ปริมาณ CO ลดลงแต่ต้องแลกกับ NO_x ที่สูงขึ้น ให้ขอบเขตการเผาไหม้ที่เสถียรกว้างยิ่งขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นสมรรถนะการเผาไหม้สามารถถูกส่งเสริมให้ดียิ่งขึ้นต่อไปอีกโดยการติดตั้งวัสดุพรุนตัวแผ่รังสีที่ทางออกของห้องผสม ได้เปลวไฟเกิดขึ้นบางส่วนใน PE $|x_{PB}|$ มีอิทธิพลอย่างมากต่อปริมาณการปลดปล่อย CO และ NO_x แต่แทบจะไม่มีผลใดๆ ต่ออุณหภูมิการเผาไหม้ เมื่อลด $|x_{PB}|$ ทำให้ CO และ NO_x ลดลงพร้อมกันอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่ง $|x_{PB}| = 0$ mm (หรืออีกนัยหนึ่งไม่มีห้องผสมอีกต่อไปเพราะ PB อยู่ชิดติดกับ PE) ได้บริเวณการเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ภายใน PE ให้ปริมาณ NO_x ต่ำสุดเท่ากับ 91 ppm ซึ่งต่ำกว่ากรณี SSF (179 ppm) ในขณะที่ CO มีค่าคงที่ (55 ppm) ที่เงื่อนไขการทดลองเดียวกัน การลด $|x_{PB}|$ มีผลทำให้ประสิทธิภาพการอุ่นสู่ PB ลดลงในขณะที่ประสิทธิภาพการแผ่รังสีสู่สิ่งแวดล้อมมากขึ้น สมรรถนะของ MSF ในการปลดปล่อยปริมาณ NO_x ที่ต่ำด้วยเลขเพียงสองหลักเทียบได้กับสมรรถนะของ Vaporized Premixed Lean (VPL) Two-stage Combustion (VPL (two-stage)) ซึ่งเป็นเทคนิคใหม่ล่าสุดของการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหลวที่ให้ NO_x ต่ำมาก แต่ว่าการทำงานของ MSF ง่ายกว่ามากเพราะไม่ต้องมีชุดทำระเหยเชื้อเพลิงมาก่อนแยกต่างหาก

Abstract

177205

The liquid fuel combustion by porous media without spray atomization was studied. Liquid fuel (kerosene) was supplied dropwise through the porous burner, PB. Complete evaporation within PB was achieved by heat re-circulation from the flame to PB caused by thermal emission and thermal absorption of PB before mixing with swirling air in mixing chamber outside PB followed by ignition and combustion. This combustion could be classified as a pre-vaporized non-premixed combustion because evaporation and combustion are independently separated from each other. Homogeneous combustion could be obtained instead of a heterogeneous one, which is normally obtained from the conventional free flame combustion with very fine droplets atomization. The main objective of this research is to develop a liquid fuel burner using porous medium technology. The combustion efficiency is studied in terms of flame temperature and emission of pollutant (CO and NO_x). The effect of air staging, air preheating, installation of porous emitter (PE) at downstream of mixing chamber and the position of PB ($|x_{PB}|$ or absolute value of x_{PB} which is defined by the inter-distance between the moving PB to the fixed PE) has been investigated. Complete combustion within PE (Matrix Stabilized Flame, MSF), not at or near surface of the PE (Surface or near Surface Stabilized Flame, SSF), is desirable in combustion by porous medium. This important point is taken into considerration during the design of the experimental apparatus. Without PE, SSF flame was obtained and the combustion performance was affected by the air staging. With equal air supply in each staging could give the best combustion performance, minimum in CO and NO_x (55 ppm and 179 ppm) and a wide stable combustion region with minimum of equivalence ratios of 0.19. Air preheating gave an increase in flame temperature with the decrease in CO but increase in NO_x and enlargement of stable combustion region. Moreover, the combustion performance was improved by PE installation at downstream of mixing chamber, resulting in partially matrix stabilized flame in PE. $|x_{PB}|$ played an important role on the emission of CO and NO_x but not affect the flame temperature. The decreasing of $|x_{PB}|$ led to the continuous decreasing of both CO and NO_x until $|x_{PB}| = 0$ mm (mixing chamber is removed because of the contact of PB and PE), resulting in fully matrix stabilized combustion (MSF) within the PE. Minimum NO_x level of 91 ppm was obtained and is lower than SSF (179 ppm), while CO is almost constant (55 ppm) at the same experimental condition. Decreasing $|x_{PB}|$ decreased the preheating efficiency to PB but increased the radiation efficiency to the environment. The performance of MSF in yielding the emission of NO_x in two digits could be comparable with the performance of a novel technique, Vaporized Premixed Lean Two-Stage Combustion (VPL two-stage) that gave relatively low NO_x level. However, the MSF is simple and easily to be operated because no pre-vaporization system is needed as in the VPL two-stage.