استقرار الاحتراق و انبعاثات لهب غاز الميثان والهواء المخلوط مسبقاً مع إضافة مزيج الهيدروجين والأمونيا

يؤدي استخدام ١٠٠٪ من الأمونيا أو الهيدروجين أو مزيج من الميثان والأمونيا والهيدروجين إلى تغيير أداء الاحتراق للهب المخلوط مسبقًا بسبب التفاوت المرتبط بالخصائص الفيزيائية والكيميائية للأمونيا والهيدروجين. وبالتالي، فإن فحص الاقتران بين نسب المزج وموقع حقن الخلط للميثان والأمونيا / الهيدروجين على استقرار اللهب والانبعاثات يعد خطوة أساسية نحو استخدام الأمونيا / الهيدروجين في توربينات الغاز. في هذه الرسالة، تمت دراسة تأثير مزيج الميثان والأمونيا والهيدروجين وسيناريوهات الخلط على أداء اللهب والانبعاثات. يتم تغير سيناريو الخلط باستخدام ثلاثة منافذ للخليط تقع على ثلاث ارتفاعات مختلفة من قاعدة اللهب. يتم قياس استقرار اللهب عن طريق قياس حد إنخماد اللهب باستخدام موقد دوامي، بينما يتم قياس غازات الانبعاث باستخدام محلل غاز. علاوة على ذلك، لفهم النتائج التي تم الحصول عليها، تم استخدام مطياف دقيق لالتقاط اللمعان الكيميائي للهب. أوضحت النتائج أن استقرار اللهب يتأثر سلبًا بزيادة نسبة الأمونيا وأكثر حساسية لزيادة نسبة الأمونيا في الخليط من تغيير سيناريوهات الخلط. وعندما تم حقن كمية صغيرة من الهيدروجين (١٥٪) مع الأمونيا (٧٥٪) وميثان (١٠٪)، تم تعزيز استقرار اللهب إلى (φ=0.32)، مقارنة بـ (φ=0.53) لتركيبات الخليط المكون من الامونيا (٧٥٪) و الميثان (٢٥٪) . عند نفس نسبة الهواء والوقود، تتحسن أداء ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين بشكل إيجابي عن طريق زيادة نسبة الأمونيا و ايضا عند حقن الامونيا في الأمونيا والميثان سويا من المدخل الابعد عن مكان الاحتراق. إضافة الهيدروجين يزيد من الانبعاث أكاسيد النيتروجين بسبب زيادة درجة حرارة اللهب. اهم التوصيات للتجارب القادمة هي كالاتي: عكس استراتيجية الحقن التي تعني تأخير الميثان بدلاً من الأمونيا لأن الميثان يمكن أن يكون الوقود المعزز للخليط بسبب تفاعله العالي، زيادة نسبة الهيدروجين في الخليط ، و ايضا استخدم فقط مزيج الهيدروجين والأمونيا لدعم مبادرة صافي انبعاثات الكربون الصفرية.

COMBUSTION STABILITY AND EMISSION OF A PREMIXED METHANE/AIR FLAME WITH HYDROGEN AND HYDROGEN-AMMONIA BLENDS ADDITION

The demand on energy coming from petroleum is continuously increasing because of the rapid growth in the population of the entire world, as well as the significant energy density found in this energy carrier. Besides the substantial amount of energy associated with fossil fuels, they are responsible for significant amount of pollution, including greenhouse gas emissions, e.g., carbon dioxide (CO_2) and nitrous oxide (NOx). In this regard, lean premixed combustion mode has become attractive for utilization in industrial gas turbines due to its ability to meet strict emissions regulations without compromising engine efficiency. However, the burner with this type of combustion mode can suffer from thermoacoustic instabilities, which can lead to flame quenching and/or damaged equipment. In such a combustion mode, the mixing process and the fuel type are the key players that affect the flame structure, stability, and generated emissions. Many studies have investigated the aspects that influence premixed flames, including the effects of turbulence, combustor geometry, and level of partial premixing, while mostly using conventional natural gas fuel represented by methane. Recently, hydrogen and ammonia, sustainable energy sources, have been considered in gas turbines as they are carbon-free fuels producing no CO_2. Utilizing 100% ammonia/hydrogen or a blend of methane and ammonia/hydrogen will alter the combustion performance of a premixed flame due to the variation associated with the physical and chemical properties of ammonia/hydrogen. Thus, investigating the coupling between blend ratios and mixing length of methane-ammonia\hydrogen on flame stability and emissions is an essential step toward implementing ammonia/hydrogen in industrial gas turbines. In this thesis, the influence of various methane-ammonia/hydrogen blends and mixing lengths on the flame performance and emissions are studied. The mixing length is altered by using three fuel ports located at three different heights upstream of the combustion chamber. The combustion stability is quantified by measuring flame lean blow-off utilizing a laboratory swirl burner, while the emission gases at the chamber outlet are measured using a commercial gas analyzer. Moreover, to understand the obtained results, a micro spectrometer was utilized to capture the critical chemiluminescence of the flame, e.g., NO*, OH*, CN* NH*, CH* and CO_2*. For methane-ammonia blends, the results showed

that the flame stability is negatively influenced by increasing (decreasing) ammonia fraction (mixing length ratio) and is more sensitive to the ammonia fraction than to the mixing length. When a small amount of hydrogen (15% volume fraction) was introduced with ammonia (75% volume fraction) and 10% methane, the equivalence ratio at lean blowoff limit reduced to 0.32, with significant flame stability enhancement, compared to 0.53 for mixture compositions of X_{NH3} = 75% and X_{CH4} = 25%. For methane-ammonia blends, at a constant equivalence ratio, the CO and NOx performances improved positively by increasing the ammonia volume fractions (especially at X_{NH3} = 75% compared to X_{NH3} = 25% and 50%) and the mixing length.