

การทดลอง Thermo-electric Conversion โดยการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สในวัสดุพรุนชนิด สลับทิศทางการไหลอย่างเป็นจังหวะ

A Study of Direct Energy Conversion by a Porous Thermo-electric Device with a Cyclic Flow Reversal Combustion

อภิวัฒน์ หงษ์ดำเนิน และ สำเริง จักรใจ
ห้องปฏิบัติการวิจัยเครื่องยนต์และการเผาไหม้
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
91 ถ. ประชาอุทิศ (สุขสวัสดิ์ 48) แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140
โทร (662)470-9128 โทรสาร (662)470-9111 E-mail: Sumrueng.jug@kmutt.ac.th

Apiwat Hongdamnern and Sumrerng Jugjai

Combustion and Engine Research Laboratory (CERL)

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi.

91 Prachauthit Road (Suksawad 48) Bangmod, Thung Kharu District, Bangkok 10140

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการนำเทคนิคการเผาไหม้แบบ multiphase combustion ของเชื้อเพลิงแก๊สในวัสดุพรุน (porous medium) ซึ่งมีข้อดีคือ การมีช่วงการจุดติดไฟที่มากขึ้น และปริมาณ emission ที่ต่ำมาก ไปประยุกต์ใช้ในงานผลิตกระแสไฟฟ้า โดยผ่านทางอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งในการศึกษาจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกทำการศึกษาถึงผลของตัวแปรต่างๆ เช่น equivalence ratio (Φ), half-period (t_{hp}) และความเร็วเชื้อเพลิง (u) ที่มีต่อโครงสร้างอุณหภูมิ และปริมาณ emission ที่เกิดขึ้น เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม ในส่วนที่สองจะทำการศึกษหาปริมาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้น และประสิทธิภาพในการแปรรูปพลังงานจากพลังงานความร้อนไปเป็นพลังงานไฟฟ้า จากการศึกษาในส่วนแรกนี้พบว่า เปลวไฟสามารถติดได้ที่ค่า Φ ต่ำ 0.029 ส่วนปริมาณ NO_x ที่เกิดขึ้นจะมีค่าน้อยมากแค่ 3-4 ppm ในขณะที่ปริมาณ CO ที่เกิดขึ้น จะมีค่าน้อยที่ค่า Φ ต่างๆ และ u สูงๆ ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมนำไปใช้ในการศึกษาในส่วนที่สองต่อไป

คำสำคัญ: วัสดุพรุนการเผาไหม้/เทอร์โมอิเล็กทริก

Abstract

The results of an experimental study on the behavior of a cyclic flow reversal combustion in porous medium, the attainable flammable limits, and the low emissions which can be achieved with this system, are reported. The merits of this system could be applied to produce electric power by using thermo-electric device. This report contains two parts, the first part was focused on the influence of the dominating parameters, i.e., equivalence ratio,

half-period, and flow velocity on the formation of temperature profiles and emission. And in the second part is to investigated amount of electric power and efficiency of the system. The result of the first part was shown the flammable limit was extended to the extremely low equivalence ratio of 0.029. Extremely low NO_x emissions about 3-4 ppm were obtained for all conditions. Low CO emissions occurred at low equivalence ratio and high flow velocity that showed appropriate condition for using in the second part.

Keywords: porous medium/combustion/thermo-electric

1. NOMENCLATURE

t = time [s]
 t_{hp} = half-periods [s]
 u = flow velocity [$m s^{-1}$]
 x = length [mm]
 Φ = equivalence ratio

2. บทนำ

จากการศึกษาในเรื่องการเผาไหม้ในวัสดุพรุน (porous medium) ทั้งในแบบทางเดียว (One Way Flow Combustion, OWFC) และแบบสลับทิศทางการไหลของไอติดอย่างเป็นจังหวะ (Cyclic Flow Reversal Combustion, CFRC) ของ R. Echigo และคณะ[1] พบว่าการเผาไหม้แบบ CFRC มีข้อดีคือ ให้ลักษณะโครงสร้างอุณหภูมิที่สูงชัน สามารถเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนต่ำๆ ได้ ปริมาณ emission CO และ NO_x ที่

เกิดขึ้นมีค่าน้อย ในขณะที่เดียวกันก็สามารถแก้ไขปัญหามีเร็วของไอดี (u) ที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้ให้มีค่าช่วงกว้างขึ้น และช่วยแก้ปัญหาการเป่าดับ (blow-off) ของเปลวไฟที่เกิดขึ้นในกรณีที่เกิดไอดีไหลแบบทิศทางเดียวได้ นับว่าเป็นข้อได้เปรียบของระบบ CFRC

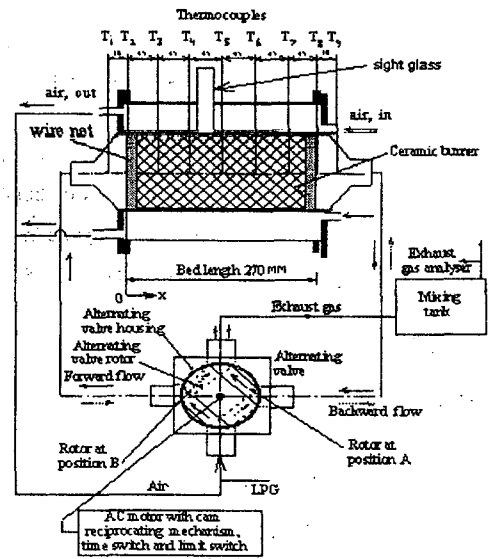
จากเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้ว จึงเป็นที่น่าสนใจในการที่จะนำเทคนิคการเผาไหม้ CFRC นี้ไปประยุกต์ใช้ในงานต่างๆ ซึ่งงานหนึ่งที่ที่น่าสนใจคือ การนำไปผลิตกระแสไฟฟ้า โดยผ่านทางอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งมีหลักการการทำงานเบื้องต้นคล้ายกับตู้ควบคุมความร้อน กล่าวคือเมื่อนำสารกึ่งตัวนำ 2 ชนิด ที่มีความต้านทานไฟฟ้าต่างกันมาต่อเชื่อมเข้าด้วยกัน จากนั้นเมื่อให้ความร้อนที่บริเวณปลายของจุดเชื่อมต่อข้างหนึ่งจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระ (free electron) ที่อยู่ในสารกึ่งตัวนำเกิดการไหล เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อจะทำให้เกิดกระแสไหลครบวงจรทำให้เกิดเป็นกระแสไฟฟ้าได้ โดยจะนำไปใช้ควบคู่กับเทคนิคการสลับทิศทางการเผาไหม้ในวัสดุพรุนอย่างเป็นจังหวะ (CFRC) ซึ่งได้มีการศึกษามาบ้างบางส่วนแล้ว [2] ในการศึกษานี้จะทำการสร้างอุปกรณ์การทดลองและทำการทดลองเก็บข้อมูล ซึ่งจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ เช่น ความเร็วการไหลของไอดี (u), เวลาที่ใช้ในการสลับทิศทางการไหลของไอดีอย่างเป็นจังหวะ (half period, t_{hp}) และอิทธิพลของค่า equivalence ratio (Φ) ที่มีผลต่อโครงสร้างอุณหภูมิภายในของวัสดุพรุน และค่า emission ที่เกิดขึ้น เพื่อหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมที่สุดของระบบ CFRC จากนั้นจึงทำการศึกษานในส่วนที่ 2 ซึ่งจะทำการทดลองเพื่อหาปริมาณกระแสไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ และประสิทธิภาพในการเปลี่ยนรูปพลังงานจากพลังงานความร้อนไปเป็นพลังงานไฟฟ้า ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมที่สุด โดยในรายงานนี้จะกล่าวเฉพาะผลจากการศึกษานในส่วนแรกเท่านั้น

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

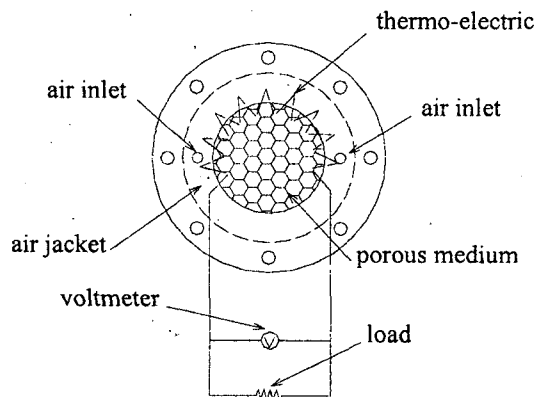
รูปที่ 1 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง โดยผนังเตาทำจากสเตนเลส ภายในบรรจุวัสดุพรุน 2 ชนิด ชนิดแรกเป็นวัสดุพรุนแบบ ceramic หน้าตัดรูปวงกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 14.7 ซม. หนาแผ่นละ 15 มม. เรียงต่อกันจำนวน 14 แผ่น บริเวณหัวท้ายของห้องเผาไหม้บรรจุวัสดุพรุนอีกชนิดหนึ่งคือ มังสวดสเตนเลสวางเรียงซ้อนกัน หนาตันละ 30 ซม. ภายนอกห้องเผาไหม้มีลักษณะคล้าย air jacket เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนจากห้องเผาไหม้กับบรรยากาศภายนอกที่นำมาใช้เป็นอากาศในการเผาไหม้ โดยมีการต่อจากบริเวณ air jacket เข้ามายังห้องเผาไหม้อีกที่หนึ่ง เชื้อเพลิงที่ใช้คือ LPG อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิคือ เทอร์โมคัปเปิ้ล Type N ติดตั้ง 9 จุด ตามแนวแกนเตา และอีก 1 จุดภายใน air jacket ไอดีถูกกำหนดทิศทางไหลอย่างเป็นจังหวะด้วยวาล์วสลับทิศทาง (alternating valve) โดยใช้เวลาในการสลับทิศทางให้เหมาะสมในแต่ละสภาวะ บริเวณปลายทางออกของท่อไอเสียติดตั้ง Exhaust gas analyser เพื่อวัดปริมาณ CO และ NO_x ที่เกิดขึ้นในระบบ

เมื่ออุปกรณ์ถูกต่อเข้ากับชุดวัดอัตราการไหลของเชื้อเพลิงและอากาศ รวมทั้งชุดวัดสัญญาณอุณหภูมิแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์เรียบร้อยแล้ว เริ่มจุดเตาโดยใช้เปลวไฟจ่อลงไปที่ช่องจุดเปลวไฟ (sight

glass) โดยปรับส่วนผสมของไอดีที่ค่า Φ เริ่มต้นใกล้หนึ่ง เมื่ออุณหภูมิภายในเตามีค่ามากกว่า 700 องศาเซลเซียสแล้วจึงเริ่มทำการสลับทิศทางการไหลของเชื้อเพลิงพร้อมทั้งปรับค่าต่างๆให้เป็นไปตามเงื่อนไขการทดลองที่ได้กำหนดไว้ โดยกำหนดเงื่อนไขการทดลองเบื้องต้นไว้ที่ $\Phi = 0.067$, $t_{hp} = 30$ วินาที และ $u = 0.171$ เมตร/วินาที ส่วนรูปที่ 2 แสดงแนวคิดในการติดตั้งอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก โดยกำหนดให้บริเวณ hot junction ของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกอยู่กึ่งกลางภายในห้องเผาไหม้ซึ่งเป็นจุดที่เหมาะสมที่สุด และบริเวณ cool junction อยู่ใน air jacket เพื่อทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างขั้วทั้งสอง นำไปสู่ความสามารถในการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป



รูปที่ 1 อุปกรณ์การทดลอง



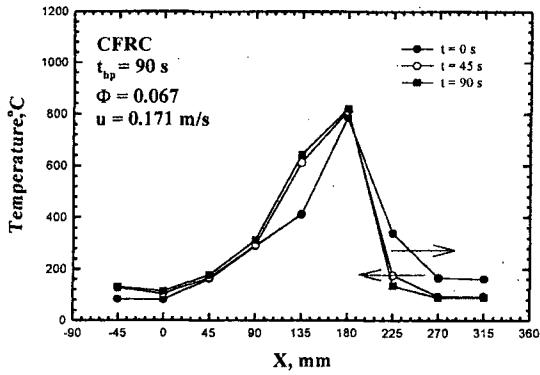
รูปที่ 2 แนวคิดในการติดตั้งอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

4. ผลการทดลอง

4.1 อุณหภูมิภายในเตาที่แปรเปลี่ยนไปตามเวลา

รูปที่ 3 แสดงอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้เมื่อเวลาแปรเปลี่ยนไป โดยเปรียบเทียบที่ค่า $\Phi = 0.067$, $u = 0.171$ เมตร/วินาที และ $t_{hp} =$

90 วินาที พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป บริเวณ hot zone ไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมโดยที่มียอดแหลมอยู่บริเวณตรงกลางห้องเผาไหม้และอุณหภูมิที่ปลายทางเข้าและทางออกของห้องเผาไหม้มีค่าต่ำ ทำให้แม้ว่าจะสลับทิศทางการไหลของเชื้อเพลิงตำแหน่งของ hot zone ก็จะไม่เปลี่ยนแปลงเพราะตำแหน่งการเกิด reaction จะเกิดบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงเท่านั้น ทำให้สามารถสรุปได้ว่าบริเวณที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกควรอยู่บริเวณกลางห้องเผาไหม้เท่านั้น (ดูรูปที่ 2 ประกอบ) เนื่องจากมีอุณหภูมิสูงเหมาะสมสำหรับเป็น hot junction ของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก ส่วนบริเวณ cool junction ของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกน่าจะอยู่ที่บริเวณปลายทางเข้าหรือทางออกของห้องเผาไหม้หรือใน air jacket ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำนั่นเอง



รูปที่ 3 อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ที่แปรเปลี่ยนไปตามเวลา

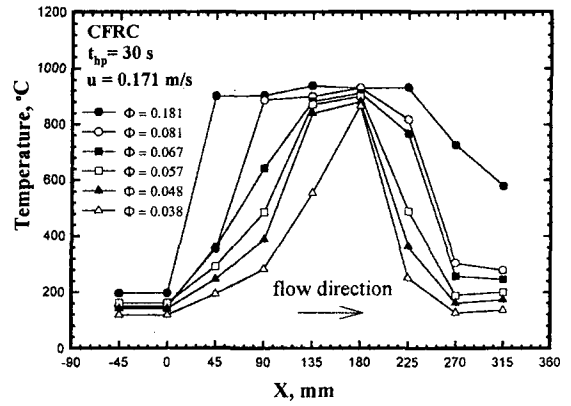
4.2 อิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่ออุณหภูมิภายในเตา

4.2.1 อิทธิพลของค่า equivalence ratio (Φ)

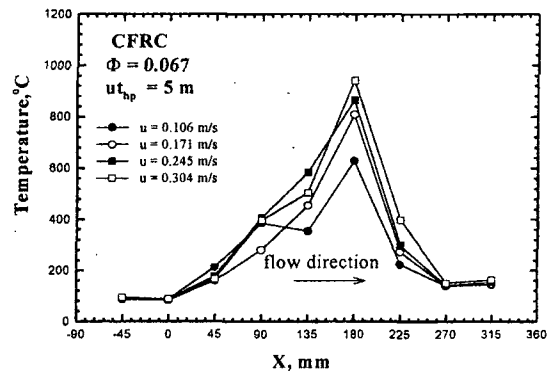
รูปที่ 4 แสดงอิทธิพลของค่า Φ ที่มีต่ออุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ที่ค่า $t_{bp} = 30$ วินาที และ $u = 0.171$ เมตร/วินาที โดยแสดงเป็นอุณหภูมิที่ค่าท้าย half-period พบว่าที่ค่า Φ สูงๆ โครงสร้างอุณหภูมิมีแนวโน้มกว้างมากขึ้น ส่งผลให้ temperature gradient ที่บริเวณขอบทั้ง 2 ข้างของ hot zone และอุณหภูมิไอเสียออกมามีค่าสูงตามไปด้วย แต่เมื่อลดค่า Φ ให้ต่ำลงจะพบว่า โครงสร้างอุณหภูมิจะค่อยๆ แคบลง ส่งผลให้ temperature gradient ทั้ง 2 ข้าง และอุณหภูมิไอเสียมีค่าต่ำลงเช่นกัน เนื่องมาจากปริมาณ heat input ที่เข้าสู่ระบบลดลง

4.2.2 อิทธิพลของค่าความเร็วเชื้อเพลิง (u)

รูปที่ 5 แสดงอิทธิพลของค่า u ที่มีต่ออุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ที่ค่า $\Phi = 0.067$ และ $ut_{bp} = 5$ เมตร โดยแสดงเป็นอุณหภูมิที่ค่าท้าย half-period พบว่าเมื่อเพิ่มค่า u ให้สูงขึ้น โครงสร้างอุณหภูมิจะมีแนวโน้มกว้างมากขึ้น อุณหภูมิบริเวณ hot zone และ temperature gradient ทั้ง 2 ข้างของ hot zone ก็จะมีค่าสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องมาจากการเพิ่มค่า u ให้สูงขึ้นส่งผลทำให้ปริมาณ heat input ที่เข้าสู่ระบบสูงขึ้น ซึ่งจะได้อิทธิพลแนวโน้มคล้ายกับการเพิ่มค่า Φ ให้สูงขึ้น



รูปที่ 4 อิทธิพลของค่า Φ ต่ออุณหภูมิในห้องเผาไหม้



รูปที่ 5 อิทธิพลของค่า u ต่ออุณหภูมิภายในเตา

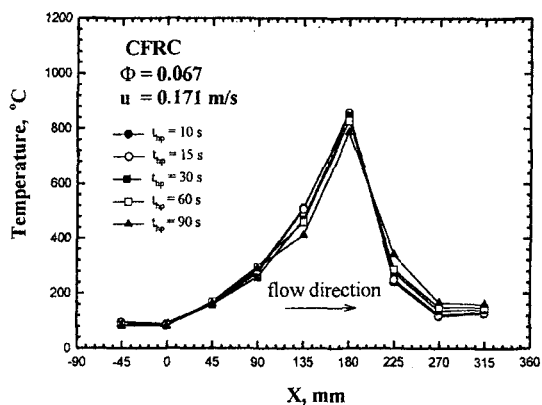
4.2.3 อิทธิพลของค่า half-period (t_{bp})

รูปที่ 6 แสดงอิทธิพลของค่า t_{bp} ที่มีต่ออุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ที่ค่า $\Phi = 0.067$ และ $u = 0.171$ เมตร/วินาที โดยแสดงเป็นอุณหภูมิที่ค่าท้าย half-period พบว่าค่าอุณหภูมิสูงสุดไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ส่วนโครงสร้างอุณหภูมิมีแนวโน้มเคลื่อนที่จากฝั่งขาเข้า (upstream) ลึกเข้าไปภายในห้องเผาไหม้เมื่อค่า t_{bp} สูงขึ้น เนื่องจาก flame มีระยะเวลาในการเคลื่อนที่มากขึ้น แต่เนื่องจากค่า Φ ที่ต่ำซึ่งเป็นเป้าหมายในงานวิจัยนี้ ทำให้ผลที่ได้ออกมาไม่ค่อยชัดเจนมากนัก

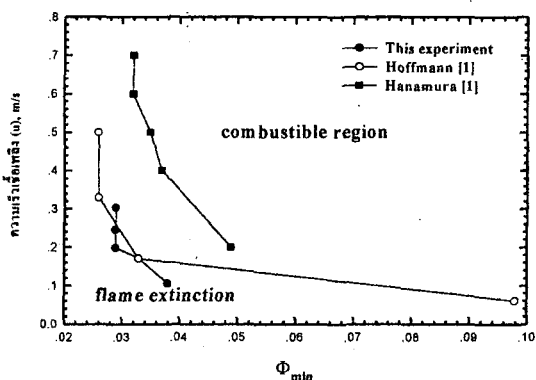
4.2.4 ขอบเขตการเผาไหม้ (combustible limit)

รูปที่ 7 แสดงขอบเขตการเผาไหม้ (Combustible limit) ของระบบ CFRC ที่ $t_{bp} = 30$ วินาที พบว่าเมื่อค่าความเร็วเชื้อเพลิงมีค่ามากกว่า 0.2 เมตร/วินาที ค่า Φ ที่น้อยที่สุดที่ยังทำการเผาไหม้ได้จะมีค่า $= 0.029$ แต่เมื่อลดความเร็วให้มีค่าน้อยกว่า 0.2 เมตร/วินาที ค่า Φ ที่น้อยที่สุดที่ยังสามารถติดไฟได้จะต้องเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณ heat input ที่ค่า Φ คงที่จะลดลงส่งผลให้ค่าความเร็วเชื้อเพลิงต่ำๆ ต้องเพิ่มค่า Φ ให้สูงขึ้นเพื่อเพิ่มปริมาณ heat input ให้กับระบบเพื่อชดเชยกับ heat losses ต่างๆ เช่น โดยการแผ่รังสี การนำ และการพาความร้อน ทำให้การเผาไหม้ดำรงอยู่ได้ อื่นๆ จากผลการทดลองหาขอบเขตการเผาไหม้ให้ผลที่ใกล้เคียงกับของ Hoffmann (1997)[1] และ

Hanamura (1992)[1] เป็นอย่างมาก นับได้ว่าอุปกรณ์การทดลองนี้ให้สมรรถนะใกล้เคียงกับการทดลองทั้งสองมาก



รูปที่ 6 อิทธิพลของค่า t_{hp} ต่ออุณหภูมิภายในเตา



รูปที่ 7 combustible limit

4.3 อิทธิพลของตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อ emission ที่เกิดขึ้น

4.3.1 อิทธิพลของค่า equivalence ratio (Φ) ต่อปริมาณการปลดปล่อย CO

รูปที่ 8 แสดงอิทธิพลของค่า Φ ที่มีผลต่อปริมาณ CO ที่เกิดขึ้น โดยเปรียบเทียบที่ค่า $t_{hp} = 30$ วินาที และ $u = 0.171$ เมตร/วินาที พบว่าเมื่อเพิ่มค่า Φ ให้สูงขึ้น ปริมาณ CO จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากที่ค่า Φ สูงนั้น อัตราส่วนของเชื้อเพลิงต่ออากาศจะมาก ทำให้ C ในเชื้อเพลิงที่มีปริมาณมากไปรวมตัวกับ O_2 ในอากาศที่มีปริมาณน้อย เพื่อเกิดเป็น CO_2 ได้ยาก O_2 ในอากาศจึงแตกตัวกลายเป็น O โมเลกุลเดี่ยว แล้วไปรวมตัวกับ C กลายเป็น CO ในปริมาณสูง แต่เมื่อลดค่า Φ ลง อัตราส่วนของเชื้อเพลิงต่ออากาศจะลดลง ทำให้ C ในเชื้อเพลิงมีปริมาณที่เหมาะสมในการไปจับกับ O_2 เพื่อกลายเป็น CO_2 มากขึ้น ทำให้ปริมาณของ CO ลดลง

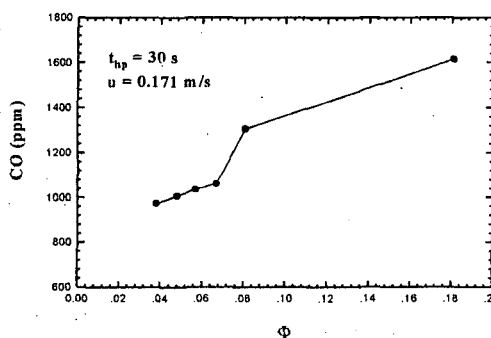
4.3.2 อิทธิพลของค่าความเร็วเชื้อเพลิง (u) ต่อปริมาณการปลดปล่อย CO

รูปที่ 9 แสดงอิทธิพลของค่า u ที่มีผลต่อปริมาณ CO ที่เกิดขึ้น โดยเปรียบเทียบที่ค่า $u_{hp} = 5$ เมตร พบว่าที่ความเร็วเชื้อเพลิงต่างๆ heat supply ในระบบมีค่าน้อย อุณหภูมิการเผาไหม้ต่ำ เป็นผลทำให้

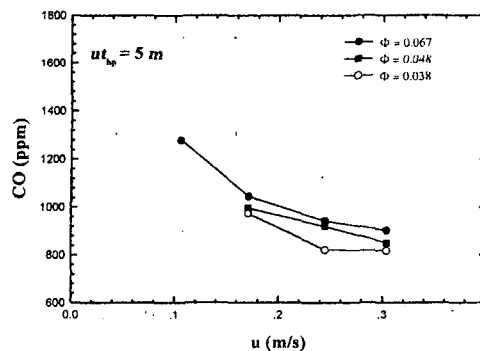
การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์มากนัก ปริมาณ CO ที่เกิดขึ้นจะมีค่าค่อนข้างสูง เมื่อ u เพิ่มขึ้น ทำให้ heat supply ในระบบมีค่ามากขึ้น อุณหภูมิการเผาไหม้สูงขึ้น จะได้การเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากขึ้น ปริมาณ CO ที่เกิดขึ้นจะมีค่าต่ำ และเมื่อลดค่า Φ ลงก็จะพบว่า แนวโน้มปริมาณ CO ที่เกิดขึ้นที่ค่า u ต่างๆก็จะลดลงตามไปด้วย ซึ่งเป็นไปตามอิทธิพลของค่า Φ ต่อปริมาณการปลดปล่อย CO ดังที่แสดงในรูปที่ 8

4.3.3 อิทธิพลของค่า half-period (t_{hp}) ต่อปริมาณการปลดปล่อย CO

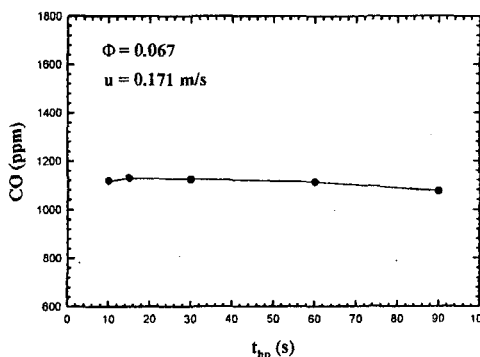
รูปที่ 10 แสดงอิทธิพลของค่า t_{hp} ที่มีผลต่อปริมาณ CO ที่เกิดขึ้น โดยเปรียบเทียบที่ค่า $\Phi = 0.067$ และ $u = 0.171$ เมตร/วินาที พบว่าเมื่อค่า t_{hp} มีการเปลี่ยนแปลง ปริมาณ CO ที่เกิดขึ้นค่อนข้างคงที่ เนื่องจากโครงสร้างอุณหภูมิ และอุณหภูมิสูงสุดภายในห้องเผาไหม้ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง จึงไม่มีผลต่อปริมาณ CO ที่เกิดขึ้นมากนัก



รูปที่ 8 อิทธิพลของ Φ ต่อปริมาณการปลดปล่อย CO



รูปที่ 9 อิทธิพลของค่า u ต่อปริมาณการปลดปล่อย CO

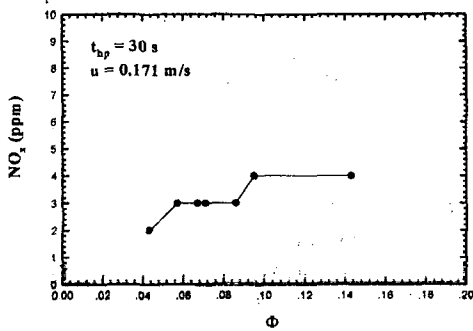


รูปที่ 10 อิทธิพลของ t_{hp} ต่อปริมาณการปลดปล่อย CO

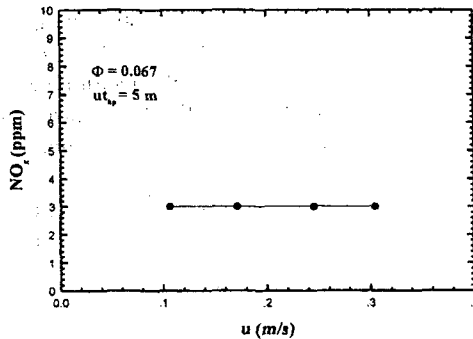
4.3.4 อิทธิพลของค่า equivalence ratio (Φ), ความเร็วเชื้อเพลิง

(u) และ half-period (t_{hp}) ต่อปริมาณการปลดปล่อย NO_x

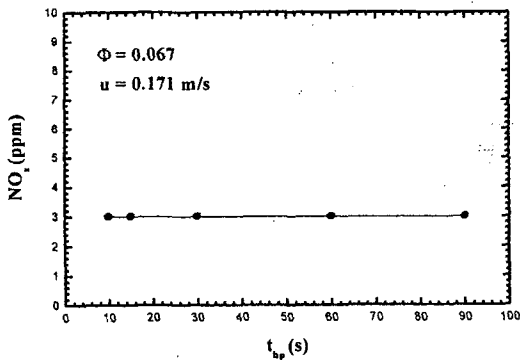
รูปที่ 11 12 และ 13 แสดงอิทธิพลของค่า Φ , u และ t_{hp} ที่มีผลต่อปริมาณ NO_x ที่เกิดขึ้น พบว่ามีค่าน้อยมากแค่ 3-4 ppm เท่านั้น เนื่องจากระบบมีอุณหภูมิต่ำ และยังทำงานที่ค่า Φ น้อยมาก ทำให้โอกาสที่จะเกิด NO_x น้อยตามไปด้วย นอกจากนี้ยังเป็นผลมาจากข้อดีของการเผาไหม้ในวัสดุพอร์นแบบสลับทิศทาง ที่อุณหภูมิการเผาไหม้จะถูกบังคับให้กระจายไปโดยทั่ว ในวัสดุพอร์น เป็นการป้องกันไม่ให้เกิดบริเวณที่มีอุณหภูมิพุ่งขึ้นสูงสุด ณ จุดใดจุดหนึ่งในวัสดุพอร์นได้เป็นอย่างดี ดังนั้นโอกาสที่ NO_x จะเกิดขึ้นได้ค่อนข้างยากนั่นเอง



รูปที่ 11 อิทธิพลของ Φ ต่อปริมาณการปลดปล่อย NO_x



รูปที่ 12 อิทธิพลของ u ต่อปริมาณการปลดปล่อย NO_x



รูปที่ 13 อิทธิพลของ t_{hp} ต่อปริมาณการปลดปล่อย NO_x

5. สรุปผลการทดลอง

การทดลองนี้เป็นการทดลองการเผาไหม้แบบสลับทิศทางภายในวัสดุพอร์น โดยจะศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อโครงสร้างทางความร้อนภายในห้องเผาไหม้ และยังทำการศึกษาลักษณะการทำงานของเตาที่ใช้ในการทดลอง นอกจากนี้แล้วยังมีการวัดปริมาณ emission ที่เกิดขึ้นที่สภาวะต่างๆอีกด้วย

ในการศึกษาหาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อโครงสร้างทางความร้อนภายในห้องเผาไหม้ พบว่าค่า Φ และค่า u มีผลต่อโครงสร้างทางความร้อนค่อนข้างมาก กล่าวคือเมื่อเพิ่มค่า Φ หรือค่า u ให้สูงขึ้น โครงสร้างอุณหภูมิจะมีลักษณะกว้าง อุณหภูมิสูงสุด และ temperature gradient ทั้ง 2 ข้างของห้องเผาไหม้มีค่าสูง ส่วนค่า t_{hp} ไม่ค่อยมีผลต่อโครงสร้างทางความร้อนมากนัก

ช่วงการทำงานของเตาที่ใช้ในการทดลองนี้ สามารถทำงานได้ถึงค่า $\Phi = 0.029$ ซึ่งมีค่าน้อยมาก อย่างไรก็ตามค่า Φ ที่น้อยที่สุดนี้จะมีค่ามากขึ้นที่ค่า u ต่ำๆ เนื่องจากระบบต้องการปริมาณ heat supply ที่สูงขึ้น เพื่อชดเชยกับ heat losses ของระบบ

ปริมาณ CO และ NO_x ที่เกิดขึ้นที่สภาวะต่างๆได้ถูกทำการวัดในการทดลองนี้ โดยพบว่าปริมาณ CO ที่เกิดขึ้นจะมีค่าน้อยที่ค่า Φ ต่ำๆ และค่า u สูงๆ ซึ่งเป็นสภาวะการทำงานที่เหมาะสมที่สุดของระบบ ส่วนค่า t_{hp} ไม่มีผลต่อปริมาณ CO ที่เกิดขึ้นภายในระบบ นอกจากปริมาณ CO แล้ว ยังทำการวัดปริมาณ NO_x ที่เกิดขึ้นโดยพบว่าปริมาณน้อยมากเพียง 3-4 ppm เท่านั้นที่ทุกๆสภาวะการทดลอง จึงสามารถสรุปได้ว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกอยู่ที่บริเวณที่มีค่า Φ ต่ำๆ และ u สูงๆ เนื่องจากมีโครงสร้างอุณหภูมิที่สูงขึ้นอยู่บริเวณกลางห้องเผาไหม้ ซึ่งเป็นจุดที่จะทำการติดตั้งอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก ในขณะที่ปริมาณ emission ก็มีค่าต่ำมากด้วยนั่นเอง

6. เอกสารอ้างอิง

[1] R. Echigo, J.G. Hoffmann, H. Yoshida and S.Tada "Experimental Study on Combustion in Porous Media with a Reciprocating Flow System", The collected papers of Ryozo Echigo, Vol.2, pp.1-181

[2] Echigo, R., Hanamura, K., Yoshida, H., Koda, M., and Tawata, K. 1992, "Sophisticated Thermoelectric Conversion Devices of Porous Materials by Superadiabatic Combustion of Reciprocating Flow and Advanced Power Generation System", The Collection Papers of Ryozo Echigo, Vol. 2, 1-139, 1992