

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: TRG5880062

ชื่อโครงการ : ผลของการใช้แคลเซียมออกไซด์ร่วมกับโลหะออกไซด์อื่นเป็นตัวพาออกซิเจนต่อการเผาไหม้แบบเคมีคอลลูบปิงของเชื้อเพลิงแก๊สและของแข็ง

ชื่อนักวิจัย : ดร.ศศิธร สรรพอคำ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก (หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน)

รองศาสตราจารย์ ดร. ประพันธ์ คูชลธารา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (นักวิจัยที่ปรึกษา)

E-mail Address : sunphorka_s@hotmail.com

ระยะเวลาโครงการ : 2 ปี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการใช้แคลเซียมซัลเฟต และโลหะออกไซด์อื่นในการเป็นตัวพาออกซิเจนในระบบการเผาไหม้เคมีคอลลูบปิงของเชื้อเพลิงแก๊สและของแข็ง ศึกษาผลของปัจจัยการทดลองต่างๆ ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างโลหะออกไซด์และแคลเซียมซัลเฟต อุณหภูมิ และเวลา เป็นต้น รวมทั้งทดสอบความเสถียรและการนำกลับมาใช้ใหม่ของตัวพาออกซิเจนที่ใช้โดยใช้ปฏิกิริยารีดักชันสลับกับออกซิเดชัน (reduction-oxidation cycles) การทดลองการเผาไหม้แบบเคมีคอลลูบปิงของมีเทนดำเนินการด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งและการทดลองการเผาไหม้แบบเคมีคอลลูบปิงของถ่านหินดำเนินการด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไจซ์เบด จากการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพแคลเซียมซัลเฟตและแมกนีเซียมออกไซด์ในการเผาไหม้แบบเคมีคอลลูบปิงของมีเทน พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยารีดักชันของแคลเซียมซัลเฟตคือ 950 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยน้ำหนักของแมกนีเซียมออกไซด์ที่เหมาะสมคือร้อยละ 30 เมื่อทำการทดลอง reduction-oxidation cycles เพื่อทดสอบเสถียรของตัวพาออกซิเจนผสม พบว่าเมื่อทำการทดลองผ่านไป 4 รอบ สัดส่วนโดยน้ำหนักของตัวพาออกซิเจนยังคงมากกว่าร้อยละ 60

จากการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพแคลเซียมซัลเฟตและไอร์ออน (III) ออกไซด์ในการเผาไหม้แบบเคมีคอลลูบปิงของมีเทน พบว่าอัตราส่วนโดยน้ำหนักของไอร์ออน (III) ออกไซด์ที่เหมาะสมคือร้อยละ 20 ซึ่งพบว่าการเกิดสารประกอบใหม่ ($\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$) ขึ้นในกระบวนการซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้นและช่วยป้องกันการหลอมรวมตัวกันของตัวพาออกซิเจน เมื่อนำแคลเซียมซัลเฟตและไอร์ออน (III) ออกไซด์มาเป็นตัวพาออกซิเจนในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแข็งนั้น มีการดำเนินการด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไจซ์เบด เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสัมผัสกันของเชื้อเพลิงและตัวพาออกซิเจน จากการทดลอง

พบว่าตัวพาออกซิเจนผสมระหว่างแคลเซียมซัลเฟตและไอร์ออน (III) ออกไซด์สามารถนำมาใช้ได้ในระบบ ฟลูอิดไธด์เบดและเชื้อเพลิงแข็งได้ โดยเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ภายในเวลา 1 ชั่วโมง และได้ผลิตภัณฑ์หลักเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์การทดสอบเสถียรภาพของตัวพาออกซิเจนในการเผาไหม้แบบเคมีคอลลูบิงโดยใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงนั้นจะศึกษาจากการทดสอบ reduction-oxidation cycles จำนวน 3 รอบ ที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส อัตราส่วนไอร์ออน (III) ออกไซด์ในแคลเซียมซัลเฟตร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ผลการทดลองพบว่า ในรอบแรกนั้นปฏิกิริยารีดักชันเกิดขึ้นด้วยอัตราสูงสุดเทียบกับรอบที่ 2 และ 3 และเกิดคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด 0.68 มิลลิโมลในระยะเวลา 140 นาที และเมื่อเกิดปฏิกิริยาในรอบที่ 2 และ 3 พบว่า อัตราการเกิดปฏิกิริยาลดลงจากลักษณะการเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และพื้นที่ใต้กราฟ แสดงให้เห็นว่ามีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ในปฏิกิริยารอบที่ 2 และ 3 ในเบื้องต้นจึงสรุปได้ว่าตัวพาออกซิเจนผสมนี้มีความเสถียรในการเผาไหม้แบบเคมีคอลลูบิงของถ่านหิน

คำหลัก:การเผาไหม้แบบเคมีคอลลูบิง แคลเซียมซัลเฟต ถ่านหิน มีเทน

Abstract

Project Code :TRG5880062

Project Title : Performance of CaSO_4 and additional metal oxide as oxygen carriers for chemical looping combustion of gaseous and solid fuels

Investigator : Dr. SasithornSunphorka, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology. (Principal investigator)
Assoc. Prof. Dr. PrapanKuchonthara, Department of Chemical Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University(mentor)

E-mail Address :sunphorka_s@hotmail.com

Project Period :2 years

Abstract

This work studied the performance of mixed oxygen carriers those consist of calcium sulphate and metal oxides in chemical looping combustion (CLC) process of gaseous and solid fuels. The effects of calcium sulphate and metal oxides mixing ratios, temperature and operation time were investigated. The reduction-oxidation cycles were performed to explore the stability of oxygen carriers. The CLC process of gaseous fuel and solid fuel were carried out in fixed bed reactor and fluidized bed reactor, respectively. In the CLC process of methane, the calcium sulphate mixed with magnesium oxide and calcium sulphate mixed with iron (III) oxide were used as oxygen carriers. By using calcium sulphate mixed with magnesium oxide, the results revealed that the suitable condition was 950°C and 30 wt.% MgO/CaSO_4 . Moreover, the results from reduction-oxidation cycle test showed that the mass fraction of regenerated oxygen carrier was more than 60% after 4th cycles.

In the CLC process of methane, the mixture of calcium sulphate and iron (III) oxide was also studied as oxygen carrier. The results demonstrated that the suitable mixing ratio was 20 wt.% $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{CaSO}_4$ and illustrated the new compound ($\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$) which probably contributed to the reaction acceleration and prevention of bed agglomeration. This mixed oxygen carrier was applied into CLC process of coal. The fluidized bed reactor was used to improve the well mixing of fuel and oxygen carrier. The results showed that the reaction was finished within 1 hr and carbon dioxide was the main gaseous product. The results from 3 reduction-oxidation cycles test revealed that reduction rate was highest at the first cycle and then decreased in the second and third cycle. However, by means of carbon dioxide generation and the area under a curve, the results illustrated almost equal values obtained from the second and third cycles. Therefore, $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{CaSO}_4$ oxygen carrier could provide the stability during CLC process of coal.

Keywords :Chemical looping combustion, Calcium sulfate, Coal, Methane

สรุปย่อ (Executive summary)

หลายปีที่ผ่านมา การพัฒนาเทคโนโลยีการเผาไหม้ที่สามารถลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก โดยเฉพาะแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศกำลังเป็นที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน เทคโนโลยีหนึ่งที่มีการเสนอและได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง คือ ระบบการเผาไหม้แบบเคมีคอลลูปปิ้งที่นำตัวพาออกซิเจนซึ่งเป็นของแข็งที่สามารถให้ออกซิเจนแก่เชื้อเพลิงแทนอากาศมาใช้ ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแสดงให้เห็นว่าการใช้ตัวพาออกซิเจนในการเผาไหม้นั้นสามารถเผาไหม้เชื้อเพลิงได้อย่างมีประสิทธิภาพ แก๊สผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสัดส่วนของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูง จึงมีผลดีต่อกระบวนการหลังการเผาไหม้ ได้แก่ การดักจับหรือแยกแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยช่วยลดความซับซ้อนและต้นทุนของกระบวนการอย่างไรก็ตามตัวพาออกซิเจนที่มีอยู่ในงานวิจัยต่างๆ ยังจำเป็นต้องมีการพัฒนาด้านประสิทธิภาพในการส่งผ่านออกซิเจน ความเสถียรและการนำกลับมาใช้ใหม่ งานวิจัยนี้จึงมุ่งไปที่การพัฒนาตัวพาออกซิเจนให้สามารถใช้ได้ทั้งการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สและเชื้อเพลิงแข็ง ในระบบการเผาไหม้เคมีคอลลูปปิ้งที่ดำเนินการด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งและเครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไรซ์เบดตามลำดับ ตัวพาออกซิเจนที่ใช้ในงานวิจัยคือแคลเซียมซัลเฟตผสมกับแมกนีเซียมออกไซด์หรือไฮดรอกไซด์ (III) ออกไซด์ ผลการทดลองพบว่าการเผาไหม้แบบเคมีคอลลูปปิ้งของมีเทนในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งนั้น อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยารีดักชันคือ 950 องศาเซลเซียส อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแมกนีเซียมออกไซด์ที่เหมาะสมคือร้อยละ 30 และ อัตราส่วนโดยน้ำหนักของไฮดรอกไซด์ (III) ออกไซด์ที่เหมาะสมคือร้อยละ 20 ซึ่งพบว่าการใช้แคลเซียมซัลเฟตผสมกับไฮดรอกไซด์ (III) ออกไซด์มีการเกิดสารประกอบใหม่ ($\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$) ขึ้นในกระบวนการ และทำให้การนำกลับมาใช้ใหม่มีความเสถียรมากขึ้น เมื่อนำตัวพาออกซิเจนแคลเซียมซัลเฟตผสมกับไฮดรอกไซด์ (III) ออกไซด์ที่อัตราส่วนไฮดรอกไซด์ (III) ออกไซด์ร้อยละ 20 มาใช้ในระบบเคมีคอลลูปปิ้งของถ่านหินในเครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไรซ์เบดพบว่าสามารถเผาไหม้ถ่านหินได้และมีแนวโน้มในการนำกลับมาใช้ใหม่ได้เช่นกัน คณะผู้วิจัยได้นำผลงานวิจัยนี้ไปเสนอในการประชุมวิชาการ ได้แก่ การประชุม The 7th Research Symposium on Petrochemical and Materials Technology and The 22nd PPC Symposium on Petroleum, Petrochemicals, and Polymers การประชุม The 6th TIChE International Conference 2016 "Innovative Technology toward Sustainable Development" และการประชุม TRF-OHEC Annual Congress 2017 (TOAC 2017) นอกจากนั้นยังมีบทความวิจัยที่คาดว่าจะได้รับการตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและระดับนานาชาติอีกด้วย