

การผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากชี้เลื่อยไม้สักโดยแกสิฟิเคชันไอน้ำ โดยใช้ถ่านหินที่ผ่านการชะเถ้าเป็น ตัวเร่งปฏิกิริยา

Hydrogen Gas Production from Teak Sawdust by Steam Gasification Using Ash-Leached Coal as Catalyst

เจริญ ตะโปง และ สุภรินทร์ ไชยกลางเมือง*

(ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย 50200)

Charoen Tapong Suparin Chaiklangmuang*

Department of Industrial Chemical, Faculty of Science, Chiang Mai University

, Chiang Mai 50200 Thailand Tel: +66(53)943401 Fax: +66(53)892262 E-mail: suparin@chiangmai.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาการผลิตแก๊สสังเคราะห์ด้วยกระบวนการแกสิฟิเคชันไอน้ำจากชี้เลื่อยไม้สัก โดยใช้ถ่านหินที่ผ่านการชะเถ้าเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในงานวิจัยทำการทดลองโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งสองชั้นตอนภายใต้สภาวะไนโตรเจน ขนาดอนุภาคของชี้เลื่อย 0.25-0.45 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ความดันไอน้ำเท่ากับ 30 กิโลปาสกาล อัตราส่วนโดยมวลของชี้เลื่อยต่อตัวเร่งปฏิกิริยาเป็น 1:1 และใช้นิกเกิลบนถ่านหินเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากการเตรียมด้วยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออน (ion-exchange method) โดยถ่านหินที่ใช้เตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาได้ทำการลดเถ้าโดยกระบวนการชะด้วยสารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ตามด้วยกรดไฮโดรคลอริก ตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ ร้อยละเถ้าที่ลดลงของถ่านหินที่ใช้เตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งในงานวิจัยส่วนนี้ได้เลือกถ่านหินที่ปริมาณเถ้าลดลงร้อยละ 30 โดยน้ำหนักเทียบกับถ่านหินที่ไม่ผ่านการชะในการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา ปริมาณของผลิตภัณฑ์แก๊สไฮโดรเจนและคาร์บอนมอนอกไซด์จากการไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยาเปรียบเทียบกับเติมตัวเร่งปฏิกิริยาพบว่าปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเติมตัวเร่งปฏิกิริยา

คำสำคัญ : แกสิฟิเคชัน ชีวมวล ไฮโดรเจน การชะ เถ้า

Abstract

The objective of this research is to study the production of synthesis gas by steam gasification from teak sawdust. Using ash-leached coal as catalyst. In research using two-stage fixed-bed reactor under nitrogen atmosphere with a particle size of 0.25-0.45 mm. The temperature at 600 degree Celsius, steam pressure 30 kPa. Weight ratios of biomass per catalyst 1:1 and using nickel loaded brown coal as a catalyst prepared by ion-

exchange method. The coal used to prepare the catalyst through reduces ash by leaching process with potassium hydroxide solution and then followed by hydrochloric acid solution. The Variable is to reducing ash percentage of that use for preparing catalyst. In this research chose 30 percentage of ash reducing by weight comparison with non-leaching coal. The product yields, hydrogen and carbon monoxide, from non-catalyst compare with catalyst added are increasing when using catalyst.

Key words : gasification, biomass, hydrogen, leaching, steam

1. บทนำ

ชีวมวลถือเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญของแหล่งพลังงานทดแทนเนื่องจากชีวมวลช่วยลดปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากใช้แหล่งพลังงานฟอสซิลที่เป็นสาเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อน [1] นอกจากนี้ประโยชน์ชีวมวลยังมีอีกมากจึงเป็นที่สนใจเพิ่มมากขึ้นในการนำมาใช้ ซึ่งการศึกษาและการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากชีวมวล เช่น กระบวนการเผาไหม้ กระบวนการแยกสลายด้วยความร้อน กระบวนการแกสิฟิเคชันของชีวมวลและกระบวนการแกสิฟิเคชันร่วมกับถ่านหิน โดยที่กระบวนการต่างๆ นี้ได้มีการดำเนินการกันอย่างแพร่หลาย [2-6] ทั้งนี้ลักษณะและความแตกต่างของแต่ละกระบวนการนั้นขึ้นอยู่กับสภาวะที่ใช้ในการดำเนินการ วัตถุประสงค์ หรือผลิตภัณฑ์หลักที่ต้องการ

แม้ว่ากระบวนการเปลี่ยนของค์ประกอบโดยชีวมวลจะเป็นกระบวนการที่ใช้สภาวะในการดำเนินงานที่รุนแรงน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงของค์ประกอบทางเคมี โดยใช้พลังงานความร้อน แต่วิธีการนี้ค่อนข้างที่จะได้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่แน่นอน ซึ่งขึ้นอยู่กับของค์ประกอบทางเคมีของชีวมวลค่อนข้างมาก จึงทำให้กระบวนการเปลี่ยนของค์ประกอบทางเคมีโดยใช้พลังงานความร้อนมี

ความน่าสนใจมากกว่าทั้งในแง่ปริมาณและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่หลากหลายกว่ากระบวนการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีโดยวิธีชีวเคมี โดยที่กระบวนการแยกสลายด้วยความร้อนและกระบวนการแกสซิฟิเคชันนั้นมีความน่าสนใจมากกว่ากระบวนการเผาไหม้ ทั้งนี้เนื่องจากมีข้อได้เปรียบมากกว่ากระบวนการเผาไหม้อยู่หลายประการ อาทิเช่น กระบวนการเผาไหม้จำเป็นต้องติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพแก๊สจากกระบวนการที่ปล่อยสู่บรรยากาศ เพราะอาจเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ในบางส่วนซึ่งก่อให้เกิดแก๊สมลพิษ รวมทั้งกระบวนการแยกสลายด้วยความร้อนและกระบวนการแกสซิฟิเคชันนั้นมีความคล้ายคลึงกันมาก เมื่อพิจารณาแล้วกระบวนการแยกสลายด้วยความร้อนเป็นกระบวนการเริ่มต้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้วกระบวนการแยกสลายด้วยความร้อนจะเกิดได้เร็วกว่ากระบวนการแกสซิฟิเคชัน

สำหรับขั้นตอนโดยรวมจากการทำให้ชีวมวล ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ประกอบด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 20-30 โดยน้ำหนัก ทำให้ปราศจากน้ำโดยอาศัยกระบวนการทำให้แห้งที่อุณหภูมิประมาณ 120-150 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นชีวมวลจะถูกให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิประมาณ 500-600 องศาเซลเซียส เพื่อทำลายพันธะทางเคมีของโมเลกุลซึ่งเป็นขั้นตอนของกระบวนการแยกสลายด้วยความร้อน ได้เป็นผลิตภัณฑ์จำพวกแก๊สต่างๆ ได้แก่ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สมีเทน และแก๊สไฮโดรเจน ผลิตภัณฑ์ของเหลวที่สามารถกลั่นตัวได้ เช่น น้ำ กรดแอซิติค กรดฟอร์มิก อะซิโตน เมทานอล เมทิลเอซิเตต และฟีนอล เป็นต้น รวมทั้งพวกทาร์และถ่านชาร์ที่เกิดการแตกตัวเป็นผลิตภัณฑ์แก๊สต่อไป ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการแกสซิฟิเคชัน

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ชีเลื่อยไม้สักเป็นวัตถุดิบหลัก ซึ่งเป็นวัตถุดิบเหลือใช้ในโรงงานแปรรูปไม้โดยเป็นการเพิ่มมูลค่าของชีเลื่อยไม้สัก โดยนำมาผ่านกระบวนการไพโรไลซิส ได้สารระเหยได้ (Volatile matter) ออกมา แล้วเข้าสู่กระบวนการแกสซิฟิเคชันโดยมีไนโตรเจน (N₂) เป็นแก๊สพา ทำการทดลองโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบเบตติ่ง 2 ขั้นตอน (Two stage fixed bed reactor) ใช้เหล็กบนถ่านหิน (Ni loaded brown coal) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยในงานวิจัยได้ศึกษาการผลิตแก๊สไฮโดรเจนที่ได้จากการแกสซิฟิเคชันชีเลื่อยไม้สัก โดยใช้ถ่านหินที่ชะเถ่าเทียบกับถ่านหินที่ไม่ผ่านการชะเถ่าสำหรับเตรียมเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากถ่านหินที่ผ่านการชะเถ่าเพื่อเป็นการลดปริมาณธาตุที่มีผลทำให้ปริมาณแก๊สผลิตภัณฑ์ลดลง

2. การทดลอง

2.1 ชีวมวล

งานวิจัยนี้ใช้วัตถุดิบเป็นชีเลื่อยไม้สัก จากจังหวัดน่าน นำมาบดร่อนให้มีขนาดอยู่ในช่วงระหว่าง 0.25 – 0.45 มิลลิเมตร ก่อนทำการทดลองทุกครั้ง นำไปอบไล่ความชื้นที่ 107 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบเคมี ดังตารางที่ 1

2.2 ตัวเร่งปฏิกิริยา

ถ่านหินที่ใช้ในการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา คือ ถ่านหินลิกไนต์จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง โดยทำการแยกตัวเร่งปฏิกิริยาออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกคือ ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากถ่านหินที่ไม่ผ่านการชะเถ่า (C1) ส่วนกลุ่มสองคือ ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากถ่านหินที่ผ่านการชะเถ่า (C2) ซึ่งกระบวนการชะเถ่าได้ใช้ตัวทำละลายไปแตส

เซียมไฮดรอกไซด์ตามด้วยกรดไฮโดรคลอริก [7] ในอัตราส่วนของแข็งต่อของเหลวเท่ากับ 1:5 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการกรองแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่านหินที่ได้ทั้งสองกลุ่มนำไปวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า ดังตารางที่ 2

กระบวนการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาใช้วิธีการแลกเปลี่ยนไอออน (Ion exchange method) โดยใช้ถ่านหินที่มีขนาดต่ำกว่า 0.25 มิลลิเมตรเป็นตัวรองรับ (Supporter) ผสมกับสารละลายนิกเกิลคาร์บอเนตเบสิก (NiCO₃·2Ni(OH)₂·4H₂O) (Carlo Erba Reagenti SpA), (NH₄)₂CO₃ (Merck KGaA, Germany), สารละลายแอมโมเนีย 29 wt% และน้ำปราศจากไอออน (Deionization water) คนตลอดเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง แล้วล้างถ่านหินให้สะอาดนำไปอบแห้งที่ 107 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณนิกเกิลในถ่านหินด้วยเทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)

ก่อนนำตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินมาใช้ในเครื่องปฏิกรณ์ดังรูปที่ 1 ต้องนำไปไล่สารระเหย (Devolatilized) ที่อยู่ในถ่านหินออกก่อนด้วยกระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) โดยใช้อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน จึงจะได้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่พร้อมใช้ในกระบวนการแกสซิฟิเคชัน และในงานวิจัยนี้ใช้ทรายขนาด 0.5 – 1.0 มิลลิเมตร เป็นฐานในการรองรับตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic bed) ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์แบบประมาณ แบบแยกธาตุ และค่าความร้อนของชีเลื่อยไม้สัก C1 และ C2

| การวิเคราะห์ | องค์ประกอบ (%wt) | ชีเลื่อยไม้สัก |
|---------------------|-------------------|----------------|
| แบบประมาณ | ความชื้น | |
| | สารระเหยได้ | |
| | เถ้า | |
| | คาร์บอนคงตัว | |
| แบบแยกธาตุ | คาร์บอน | 49.83 |
| | ไฮโดรเจน | 3.8 |
| | ไนโตรเจน | 1.8 |
| | ออกซิเจน (ผลต่าง) | 44.55 |
| | ซัลเฟอร์ | 0.01 |
| ค่าความร้อน (cal/g) | | 4,458.60 |

ตารางที่ 2 ปริมาณเถ้าของถ่านหินที่ไม่ผ่านการชะเถ่าและถ่านหินที่ผ่านการชะเถ่า

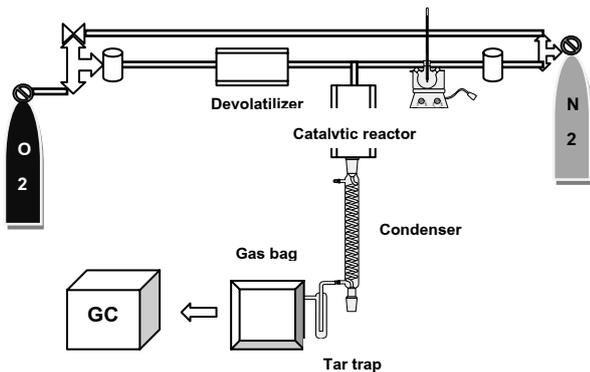
| ตัวอย่าง | ปริมาณเถ้า (%wt) | ปริมาณเถ้าที่ลดลง (%wt) |
|----------|------------------|-------------------------|
| C1 | 20.88 | - |
| C2 | 14.58 | 30.17 |

2.3 แกสซิฟิเคชัน

จากรูปที่ 1 แผนภาพเครื่องปฏิกรณ์แบบเบตติ่ง 2 ขั้นตอน (Two-stage fixed bed gasifier) เป็นเครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ซึ่งขั้นตอนการทดลองเริ่มจากซึ่งชีเลื่อยไม้สักปริมาณประมาณ 1 กรัมใส่

ถ้วยเซรามิกแล้วจึงนำใส่ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1 (Devolatilizer) เพื่อไล่สารระเหย จากนั้นซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหิน โดยให้อัตราส่วนโดยมวลของซีลีเนียมไม่สกัดต่อตัวเร่งปฏิกิริยาเป็น 1:1 โดยน้ำหนัก ผสมกับทรายขนาดอนุภาค 0.5 – 1 มิลลิเมตร ประมาณ 35 กรัม ใส่ลงในท่อปฏิกรณ์และนำท่อปฏิกรณ์ใส่ลงในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2 (Catalytic reactor) จากนั้นทำการให้อุณหภูมิเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2 (Catalytic reactor) ที่ 650 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยทำการเปิดแก๊สไนโตรเจนให้ไหลผ่านระบบ ที่อัตราการไหล 120 มิลลิลิตร ต่อหน้าที่ตลอดเวลาและเมื่อครบ 60 นาที จึงทำการปรับอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2 (Catalytic reactor) ให้เป็น 600 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ถึงสภาวะที่ต้องการให้ทำการเปิดน้ำหล่อเย็นผ่านเครื่องควบแน่น (Condenser) และเปิดไอที่ความดัน 30 กิโลปาสคาลผ่านระบบ เปิดเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1 (Devolatilizer) โดยตั้งอุณหภูมิที่ 700 องศาเซลเซียส อัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 10 องศาเซลเซียสต่อนาที และเริ่มทำการเก็บแก๊สโดยใช้ถุงเก็บแก๊ส (Gas sampling bag) ตั้งแต่เริ่มให้ความร้อนจนอุณหภูมิของเครื่องระเหยถึง 700 องศาเซลเซียส จึงทำการหยุดเก็บ นำแก๊สผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สสังเคราะห์โดยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี (GC : Gas Chromatography) รอให้อุณหภูมิภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1 และ 2 ลดลงถึงอุณหภูมิห้อง จึงทำการเก็บตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ของแข็งที่ได้จากการกลั่นฟลาย คือ ถ่านชาร์ (Char) โดยนำไปชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติแบบประมาณ (Proximate Analysis) และ แบบแยกธาตุ (Ultimate Analysis) ต่อไป

ทำการใส่คาร์บอนที่ติดอยู่ภายในเครื่องปฏิกรณ์แก๊สฟิเคชันออก โดยการใช้ออกซิเจนไหลผ่านในระบบด้วยอัตราการไหล 40 มิลลิลิตร ต่อนาที พร้อมทั้งทำการเปิดอุณหภูมิเครื่องระเหยและเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และเก็บแก๊สที่ได้ นับตั้งแต่เริ่มให้ความร้อน แก๊สที่ได้จะถูกนำไปวิเคราะห์โดยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography)



รูปที่ 1 แผนภาพเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง 2 ขั้นตอน

2.4 เครื่องมือ และวิธีการวิเคราะห์

Gas Chromatography GC-TCD รุ่น 6890 ใช้คอลัมน์ HP-PLOT MoleSieve 5A ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณแก๊สชนิดต่างๆที่ผลิตได้

Atomic Absorption Spectrophotometry (Analyst 100, Perkin-Elmer) ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณนิกเกิลในตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหิน

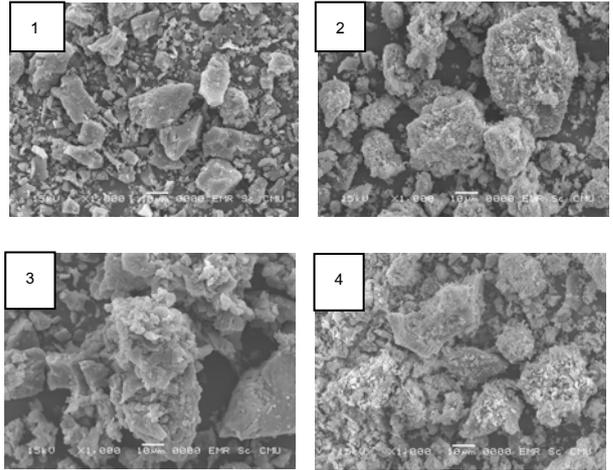
CHN/O (PE 2004 Series II, Perkin-Elmer) ใช้ในการวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (Ultimate analysis)

Scanning Electron Microscope (JEM-2010, Jeol) 5A ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา

3. ผลการทดลอง และอภิปรายผลการทดลอง

3.1 การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา

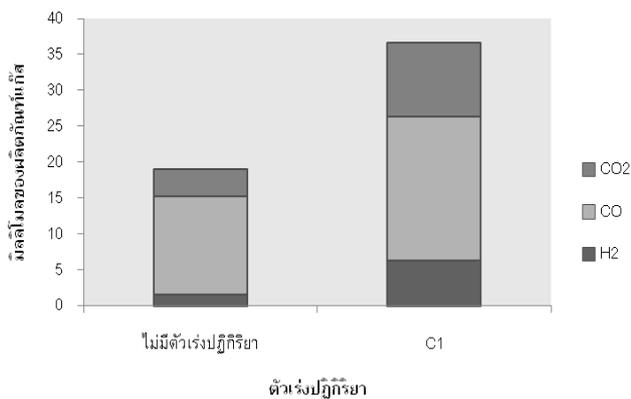
จากการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาโดยใช้นิกเกิลบนถ่านหินที่ได้จากการเตรียมด้วยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange method) ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งสองกลุ่มได้ทำการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิว ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ลักษณะพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาโดยเทคนิค SEM; (1) ถ่านหินที่ไม่ผ่านการชะเอ้า, (2) ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากถ่านหินที่ไม่ผ่านการชะเอ้า, (3) ถ่านหินที่ผ่านการชะเอ้า, (4) ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากถ่านหินที่ผ่านการชะเอ้า

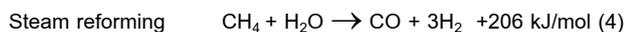
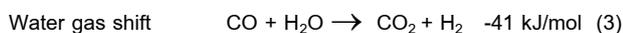
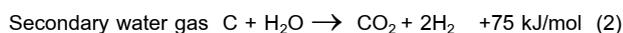
จากรูปที่ 2 เป็นลักษณะพื้นผิวของตัวอย่างถ่านหินที่ไม่ผ่านการชะเอ้า, ถ่านหินที่ผ่านการชะเอ้า, ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากถ่านหินที่ไม่ผ่านการชะเอ้า และตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากถ่านหินที่ผ่านการชะเอ้า จากรูปจะเห็นว่า ถ่านหินที่ไม่ผ่านการชะเอ้า (รูปที่ (1)) และถ่านหินที่ผ่านการชะเอ้า (รูปที่ (3)) จะเห็นว่าพื้นผิวของรูปทั้งสองจะมีลักษณะผิวที่เรียบไม่มีตะกอนตกค้างอยู่ที่ผิว ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากถ่านหินที่ไม่ผ่านการชะเอ้า (รูปที่ (2)) และตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากถ่านหินที่ผ่านการชะเอ้า (รูปที่ (4)) จะมีลักษณะพื้นผิวที่ไม่เรียบมีตะกอนอยู่ที่ผิว ซึ่งอาจจะเป็นอนุภาคของนิกเกิลที่ได้จากการกระบวนการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา

3.2 ผลการทดลองกระบวนการแก๊สฟิเคชันของซีลีเนียมไม่สกัดโดยใช้ไอน้ำ ไม่ใช่ตัวเร่งปฏิกิริยาเทียบกับใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา

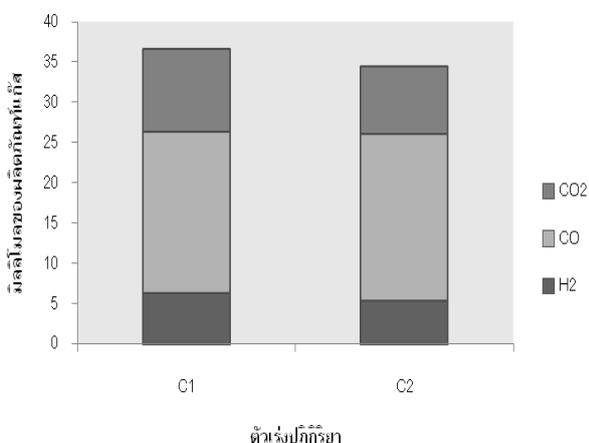


รูปที่ 3 การเปรียบเทียบปริมาณแก๊สระหว่างการใช้อิน้ำและไม่ใช้อิน้ำในกระบวนการแกสซิฟิเคชันของชีลี้อยไม้สัก

จากรูปที่ 3 จะเห็นว่าองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดคือแก๊สไฮโดรเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ มีค่าเพิ่มขึ้นในกรณีที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมในกระบวนการแกสซิฟิเคชัน รวมถึงผลรวมทั้งหมดของผลิตภัณฑ์แก๊สมีค่าเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการใช้อิน้ำซึ่งเป็นแหล่งใหญ่ที่ผลิตไฮโดรเจนในกระบวนการ steam gasification ส่วนปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงเนื่องจากอิน้ำที่เติมเข้าไปทำให้เกิดปฏิกิริยา Primary water gas ดังสมการ 1 Secondary water gas ดังสมการ 2 Water gas shift ดังสมการ 3 และ Steam reforming ดังสมการ 4 ซึ่งมีปฏิกิริยาดังนี้คือ



3.2 ผลการทดลองกระบวนการแกสซิฟิเคชันโดยอิน้ำของชีลี้อยไม้สัก โดยใช้ถ่านหินที่ไม่ผ่านการชะเอ้าและถ่านหินที่ผ่านการชะเอ้าเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบปริมาณแก๊สระหว่างการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากถ่านหินที่ไม่ผ่านการชะเอ้าและถ่านหินที่ผ่านการชะเอ้าเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

จากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากถ่านหินที่ผ่านการชะเอ้า (C2) ที่ใช้ในกระบวนการแกสซิฟิเคชันนั้น จะได้ผลิตภัณฑ์แก๊สรวมที่น้อยกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากถ่านหินที่ไม่ผ่านการชะเอ้า (C1) ซึ่งเมื่อพิจารณาปริมาณแก๊สไฮโดรเจนที่ได้จาก C1 มีค่า 6.27 มิลลิโมล ส่วนปริมาณแก๊สไฮโดรเจนที่ได้จาก C2 จะลดลงเหลือ 5.34 มิลลิโมล ส่วนปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าไม่แตกต่างกัน และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จาก C1 มีค่า 10.24 มิลลิโมล ส่วนปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จาก C2 เหลือ 8.4 มิลลิโมล จากผลของผลิตภัณฑ์แก๊สที่ได้ อาจเกิดจากปฏิกิริยา water gas shift และผลจากการชะเอ้าของถ่านหินที่ในการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งอาจจะทำการชะเอ้าตัวที่เป็นตัวส่งเสริมในการเกิดปฏิกิริยาแกสซิฟิเคชันออกไป จึงทำให้ผลผลิตภัณฑ์แก๊สรวมที่ได้มีค่าที่ลดลง

4. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการผลิตแก๊สสังเคราะห์ด้วยกระบวนการแกสซิฟิเคชันอิน้ำจากชีลี้อยไม้สัก โดยใช้ถ่านหินที่ผ่านการชะเอ้าและถ่านหินที่ไม่ผ่านการชะเอ้าเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งในงานวิจัยส่วนนี้ได้เลือกถ่านหินที่ปริมาณแถาลดลงร้อยละ 30.17 โดยน้ำหนักเทียบกับถ่านหินที่ไม่ผ่านการชะเอ้าในการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งผลของผลิตภัณฑ์แก๊สรวมของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากถ่านหินที่ผ่านการชะเอ้ามีปริมาณน้อยกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากถ่านหินที่ไม่ผ่านการชะเอ้า ซึ่งอาจเกิดจากการชะเอ้าตัวที่เป็นตัวส่งเสริมในการเกิดปฏิกิริยาแกสซิฟิเคชันออกไป จึงทำให้ผลผลิตภัณฑ์แก๊สรวมที่ได้มีค่าที่ลดลง

เอกสารอ้างอิง

1. "การใช้พลังงานจากชีวมวล," [ระบอบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.eng.mut.ac.th/upload_file/article/148.doc (3 ตุลาคม 2552)
2. Porteiro, J., Miquez, L., Granada, E. and Moran, C., "Mathematical modeling of the combustion of a single wood particle," Fuel Processing Technology, Vol. 87, pp. 169-175, 2006.
3. Paulrud, S. and Nilsson, C., "The effects of particle characteristics on emissions from burning wood fuel powder," Fuel, Vol. 83, pp. 813-821, 2004.
4. Oberberger, I. and Thek, G., "Physical characterization and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their combustion behavior," Biom. Bioen., Vol. 27, pp. 653-669, 2004.
5. Witton, J., Noordally, E. and Przybylski, M., "Clean catalytic combustion of low geat value fuels from gasification processes," Chem. Eng., Vol. 91, pp. 115-121, 2003.
6. Faaij, A. and Van Wijk, A., "Biomass combustion for power generation," Biom. Bioen., Vol. 11, pp. 271-281, 1996.
7. Mukherjee, S. and Borthakur, C., "Effect of leaching high sulphur subbituminous coal by potassium hydroxide and acid on removal of mineral matter and sulphur," Fuel, Vol. 82, pp. 783-788, 2003.