ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การวิเคราะห์สมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์แข็งแบบนำโปรตอนที่มีการเกิดปฏิกิริยารีฟอร์มมิ่งออโต้เทอร์มัลแบบภายใน
แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์
ประจำปีงบประมาณ 2555 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 80,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2554 ถึง 30 กันยายน 2555
ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด
ดร.ญาณีพร พัชรวรโชติ สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอการวิเคราะห์สมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์แข็งแบบนำโปรตอนที่มีการเกิดปฏิกิริยารีฟอร์มมิ่งของมีเทนแบบภายใน โดยได้ประยุกต์ใช้ปฏิกิริยารีฟอร์มมิ่งออโต้เทอร์มัลภายในเซลล์เชื้อเพลิงเพื่อลดการเกิดคาร์บอนที่กำลังเป็นปัญหาสำคัญในการดำเนินงานของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์แข็งแบบนำโปรตอนที่มีการเกิดปฏิกิริยารีฟอร์มมิ่งด้วยไอน้ำแบบภายใน ในการวิเคราะห์สมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงจะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ 1 มิติ ร่วมกับแบบจำลองทางไฟฟ้าเคมี โดยสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงที่พิจารณาคือค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิง ผลการจำลองกระบวนการแสดงให้เห็นว่าเมื่อเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์แข็งแบบนำโปรตอนดำเนินงานภายใต้สิ่งแวดล้อมของปฏิกิริยารีฟอร์มมิ่งออโต้เทอร์มัลจะเกิด ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ซึ่งเป็นสาเหตุหลักในการเกิดคาร์บอนน้อยลง นอกจากนี้ยังศึกษาผลของเงื่อนไขการดำเนินงานที่สำคัญต่างๆ เช่น อุณหภูมิ อัตราส่วนไอน้ำต่อคาร์บอน อัตราส่วนออกซิเจนต่อคาร์บอน กระแสไฟฟ้า และอัตราการใช้เชื้อเพลิง ที่มีต่อประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์แข็งแบบนำโปรตอน และพลังงานที่ต้องการ ผลจากการศึกษาบ่งชี้ว่าอุณหภูมิในการดำเนินงานมีผลกระทบสำคัญต่อสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิง การเกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ และพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้น

Keywords : เซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์แข็งแบบนำโปรตอน; การเกิดรีฟอร์มมิ่งแบบภายในโดยตรง; ปฏิกิริยารีฟอร์มมิ่งแบบออโต้เทอร์มัล; การวิเคราะห์ทางทฤษฎี

Research Title: Performance analysis of SOFC with proton-conducting electrolyte for Internally autothermal reforming operation
Researcher: Dr. Yaneeporn Patcharavorachot
Faculty: Engineering **Department:** School of Chemical Engineering

ABSTRACT

This study presents a performance analysis of a proton-conducting SOFC (SOFC-H^+) with internal reforming of methane. The autothermal reforming within the SOFC-H^+ stack is considered to be a potential solution of the carbon formation problem facing in operation of internal steam reforming SOFC-H^+. A one-dimensional, steady-state model of the SOFC-H^+ coupled with a detailed electrochemical model is employed to investigate its performance in terms of power density and fuel cell efficiency. The simulation results show that when SOFC-H^+ is operated under an autothermal reforming environment, the presence of carbon monoxide, which is a major cause of carbon formation, in the fuel cell stack decreases. Effect of key operating parameters, such as temperature, steam-to-carbon and oxygen-to-carbon feed ratios, current density and fuel utilization, on the SOFC-H^+ performance in terms of electrical efficiencies and energy demand is also investigated. The results indicate that operating temperatures has strong influence on SOFC-H^+ performance, carbon monoxide production and heat generation.

Keywords : Proton-conducting SOFC; Direct internal reforming; Autothermal reforming; Theoretical analysis

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนเงินงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2555 ผู้วิจัยขอขอบคุณแหล่งทุนสนับสนุนดังกล่าว มา ณ โอกาสนี้ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังขอขอบคุณ ผศ.ดร.อมรชัย อาภรณ์วิชานพ ที่ให้ความช่วยเหลือในการตรวจทานต้นฉบับบทความวิจัย และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย

ดร. ญาณีพร พัชรวรโชติ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญภาพ ..... ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 5
1.4 ระเบียบวิธีวิจัย 6
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6
1.6 ภาพรวมของรายงาน 7
1.7 การเผยแพร่ผลงานวิจัย 7
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8
2.1 เซลล์เชื้อเพลิง 8
2.2 เซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์แข็ง 8
2.3 สมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิง 10
2.4 การออกแบบเซลล์เชื้อเพลิง 12
2.5 การเกิดรีฟอร์มมิ่งภายในเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์แข็ง 12
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 14
บทที่ 3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์แข็งแบบนำโปรตอนที่มีการเกิดรีฟอร์มมิ่งแบบออโตเทอร์มัลภายในเซลล์เชื้อเพลิง 17
3.1 รูปร่างของเซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้สร้างแบบจำลอง 17
3.2 การดำเนินงานของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์แข็งแบบนำโปรตอนที่มีการเกิดรีฟอร์มมิ่งแบบออโตเทอร์มัลภายในเซลล์เชื้อเพลิง 18
3.3 แบบจำลองของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์แข็งแบบนำโปรตอนที่มีการเกิดรีฟอร์มมิ่งแบบออโตเทอร์มัลภายในเซลล์เชื้อเพลิง 18
บทที่ 4 ผลและการอภิปรายผล 23
4.1 ผลของอุณหภูมิ 31
4.2 ผลของอัตราส่วนไอน้ำต่อคาร์บอนและอัตราส่วนออกซิเจนต่อคาร์บอน 31
4.3 ผลของความหนาแน่นกระแสเฉลี่ย 32

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4 ผลของอัตราการใช้เชื้อเพลิง 32

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 33

เอกสารอ้างอิง 34

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ข

ประวัตินักวิจัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 หลักการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์แข็ง (a) อิเล็กโทรไลต์ที่มีความสามารถในการนำออกซิเจนไอออน และ (b) อิเล็กโทรไลต์ที่มีความสามารถในการนำโปรตอน 10
3.1 ค่าคงที่สมดุลในการเกิดปฏิกิริยาและ Arrhenius kinetic parameter..... 21
3.2 Van't Hoff parameters สำหรับการดูดซับของสาร 21
3.3 แบบจำลองไฟฟ้าเคมีของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์แข็งแบบนำโปรตอน..... 23
4.1 เงื่อนไขการดำเนินงาน รูปร่างของเซลล์และคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการจำลองกระบวนการของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์แข็งแบบนำโปรตอน 24
4.2 ช่วงของเงื่อนไขการดำเนินงานที่ใช้ในการวิเคราะห์สมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์แข็งแบบที่นำโปรตอนที่มีการเกิดปฏิกิริยารีฟอร์มมิ่งแบบออโตเทอร์มัลภายใน 26

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 หลักการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์แข็ง (a) อิเล็กโทรไลต์ที่มีความสามารถในการนำออกซิเจนไอออน และ (b) อิเล็กโทรไลต์ที่มีความสามารถในการนำโปรตอน 10
2.2 กราฟแสดงค่าศักย์ไฟฟ้าที่แท้จริง ค่าศักย์ไฟฟ้าที่อุดมคติ และค่าศักย์ไฟฟ้าสูญเสียที่ความเข้มกระแสต่างๆ.....11
2.3 ลักษณะการออกแบบของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์แข็ง (a) แบบท่อ และ (b) แบบแผ่น.....12
3.1 แผนภาพการดำเนินงานของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์แข็งแบบนำโปรตอน 18
4.1 การแจกแจงอัตราการไหลโดยโมลของก๊าซทั้งหมดใน (a) ช่องการไหลของเชื้อเพลิง และ (b) ช่องการไหลของอากาศ ภายใต้สภาวะการดำเนินงานปกติ.....25
4.2 ผลของอุณหภูมิ อัตราส่วนไอน้ำต่อคาร์บอน อัตราส่วนออกซิเจนต่อคาร์บอน ที่มีต่อ (a) ความหนาแน่นกำลังไฟฟ้า (b) ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า (c) ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ และ (d) ความร้อนสุทธิที่ผลิตได้.....27
4.3 ผลของความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย และอัตราการใช้เชื้อเพลิง ที่มีต่อ (a) ความหนาแน่นกำลังไฟฟ้า (b) ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า (c) ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ และ (d) ความร้อนสุทธิที่ผลิตได้.....29