บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงพฤติกรรมของแก๊สและอุณหภูมิในช่องทางการไหลด้านแอโนดของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็ง เชื้อเพลิงประกอบไปด้วยมีเทนและไอฐ้าถูกป้อนเข้าสู่ช่องทางการไหลด้านแอโนดที่มีการเกิดปฏิกิริยา steam reforming ปฏิกิริยา water-gas shift และปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้า แบบจำลองของช่องทางการไหลด้านแอโนดถูกสร้างขึ้นและทำการคำนวณด้วยเทคนิคการคำนวณพลศาสตร์ของไหลโดยมีการกำหนดค่าอัตราการไหล องค์ประกอบและอุณหภูมิตั้งต้นของเชื้อเพลิงที่ทางเข้าด้านแอโนด จากผลการคำนวณพบว่า จลศาสตร์ของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นสอดคล้องกันดีกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในช่องทางการไหลด้านแอโนด ความเข้มข้นของมีเทนมีค่าลดลงอย่างมากที่บริเวณทางเข้าเนื่องจากมีเทนทั้งหมดถูกเปลี่ยนด้วยปฏิกิริยาปฏิรูปด้วยไอฐ้ากลายเป็นไฮโดรเจนและคาร์บอนมอนอกไซด์นั่นคือ อัตราการเกิดปฏิกิริยาปฏิรูปด้วยไอฐ้ามีอิทธิพลในช่วงบริเวณใกล้ทางเข้าของช่องแอโนดทำให้มีการลดลงของอุณหภูมิเกิดขึ้น ไอฐ้าถูกใช้ไปปฏิกิริยาปฏิรูป และ ปฏิกิริยา water-gas shift ทำให้ปริมาณของไอฐ้าจากค่าเริ่มต้นมีค่าลดลง ในขณะเดียวกันปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นแต่ไฮโดรเจนจะค่อยๆ มีปริมาณลดลงเนื่องจากไฮโดรเจนถูกใช้ไปในปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้ารวมไปถึงคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มีปริมาณลดลงเนื่องจากถูกใช้ไปในปฏิกิริยา water-gas shift ไอฐ้าที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันจะมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้าที่มีอิทธิพลมากกว่าปฏิกิริยาปฏิรูปด้วยไอฐ้าและปฏิกิริยา water-gas shift อุณหภูมิในช่องทางการไหลจะลดลงอย่างมากบริเวณทางเข้าเนื่องจากปฏิกิริยาปฏิรูปด้วยไอฐ้าเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนโดยการลดลงของอุณหภูมิอย่างมากนี้ทำให้เกิดความเค้นในโครงสร้างของของแข็งทำให้เกิดการแตกหักของเซลล์ในที่สุด ดังนั้นจึงควรปฏิบัติงานอย่างระมัดระวังเพื่อป้องกันการเกิดการแตกหักในเซลล์

คำสำคัญ การกระจายอุณหภูมิ ปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้า ปฏิกิริยาปฏิรูปด้วยไอฐ้าภายในช่องทางการไหล ปฏิกิริยา water-gas shift

Abstract

This work studies the behavior of gas species and the temperature distribution inside the flow channel of the solid oxide fuel cell. Fuel consisting of methane and steam is fed to the anode flow channel where steam reforming, water-gas shift and electrochemical reactions occur. Computational Fluid Dynamics (CFD) technique is used to model the two-dimensional model of this anode flow channel where fuel flow rate, fuel composition and fuel initial temperature are input data. From the results, it can be found that the kinetics simulated in this work agree well with the phenomena occurred inside the anode channel. The concentration of CH_4 drops dramatically near the inlet as CH_4 is completely converted, meaning that, at the inlet of a cell, the reforming rate dominates such that the inlet region cools below the feed temperature. The consumption of H_2O in the steam reforming and water-gas shift reactions leads to a decrease in H_2O concentration near the inlet. At the same time, CO, H_2 and CO_2 concentration gradually increases. As the reaction proceeds, CO_2 is increased with a gradual decrease of H_2 consumed by the electrochemical reaction and CO used in the water-gas shift reaction. H_2O produced by oxidation reaction is also increased because the electrochemical reaction eventually dominates over the steam reforming and water-gas shift reactions. The temperature is decreased dramatically near the inlet of the flow channel due to the highly endothermic steam reforming reaction. The steep temperature gradients that result from the localised cooling within the cell can lead to significant thermal stresses in the solid structure and potentially to a system failure from crack formation in the cell. Therefore, a cautious operation should be concerned in order to prevent cracking in the SOFC.

Keywords: Electrochemical Reaction, Internal Steam Reforming Reaction, Temperature distribution, Water-Gas Shift reaction