

บทที่ 1

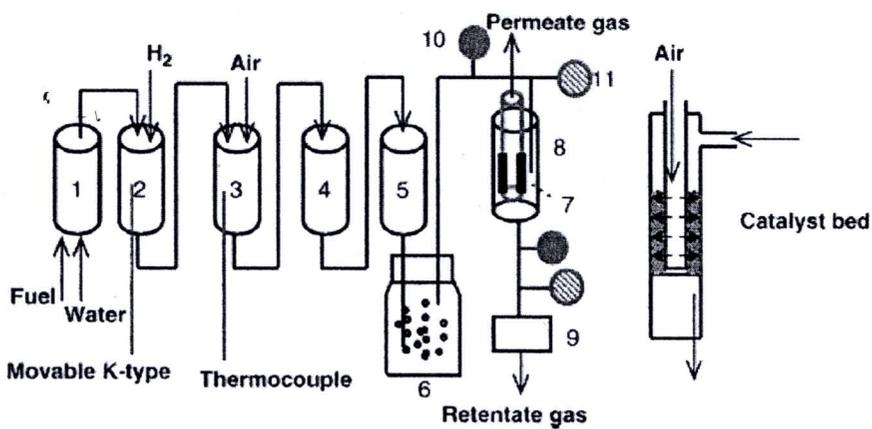
บทนำ

ในปัจจุบันหลายประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกได้ตระหนักถึงความสำคัญของวิกฤตการณ์ที่อุณหภูมิของโลกโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับ 100 ปีก่อน วิกฤตการณ์นี้เกิดขึ้นมาจากก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน และก๊าซอื่น ๆ ก๊าซเหล่านี้เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน เพื่อป้อนพลังงานให้กับภาคอุตสาหกรรมและใช้ในครัวเรือน และเมื่อไม่นานมานี้มีการประชุมระดับโลกที่กรุงโคเปนเนเก้น เพื่อให้ทั่วโลกแสดงความรับผิดชอบและตั้งเป้าหมายในการลดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการชะลอวิกฤตการณ์นี้คือการหาแหล่งพลังงานทางเลือกใหม่ที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมีประสิทธิภาพสูง เชื้อเพลิงไฮโดรเจนได้รับการยอมรับจากนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกว่าเป็นแหล่งพลังงานที่ตอบโจทย์ของปัญหาเหล่านี้ได้เป็นอย่างดี และเหตุผลที่สำคัญที่สุดที่ทำให้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนเป็นพลังงานแห่งอนาคต เนื่องจากเชื้อเพลิงไฮโดรเจนมีความหนาแน่นของพลังงานสูง และเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้ในเซลล์เชื้อเพลิงซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้าได้อีกทั้งไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม^[1,2] แต่ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการการผลิตก๊าซไฮโดรเจน ไม่ได้มีเพียงก๊าซไฮโดรเจนเท่านั้น ยังมีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์อีกด้วย ก๊าซชนิดนี้เป็นปัญหาหลักของเซลล์เชื้อเพลิงที่ประยุกต์ใช้ในยานพาหนะ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ปริมาณเพียงเล็กน้อยส่งให้ประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงประเภทพอลิเมอร์อิเล็กโตรไลต์เมมเบรนลดลงอย่างรวดเร็ว^[3,4] ซึ่งกระบวนการกำจัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ออกจากเชื้อเพลิงไฮโดรเจน สามารถทำได้หลายวิธี และพบว่าการใช้ปฏิกิริยาการเลือกเกิดออกซิเดชันกับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Preferential CO Oxidation, PROX) มีศักยภาพสูงในการกำจัดก๊าซดังกล่าว โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีค่าความว่องไวในการทำปฏิกิริยาและมีค่าการเลือกเกิดจำเพาะสูงในการเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิต่ำ^[5,6,7,8,9]

การพัฒนาและวิจัยในเรื่องนี้โดยทั่วไปจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ กระบวนการผลิตก๊าซไฮโดรเจนมีหลายวิธี เช่น Steam Reforming, Partial Oxidation, Autothermal และ Carbon dioxide Reforming of Natural Gas วิธีที่เป็นที่นิยมแพร่หลายในกระบวนการอุตสาหกรรม คือ กระบวนการรีฟอร์มมิ่งก๊าซธรรมชาติด้วยไอน้ำ (Steam Reforming) ดังแสดงในสมการที่ 1 ซึ่งปฏิกิริยานี้เกิดที่อุณหภูมิประมาณ 700-1000 องศาเซลเซียสบนตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิล ประสิทธิภาพของกระบวนการนี้อยู่ที่ 65-75 % ก๊าซผลิตภัณฑ์ที่ได้เรียกว่า Syngas ที่ประกอบไปด้วย ก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นองค์ประกอบหลัก

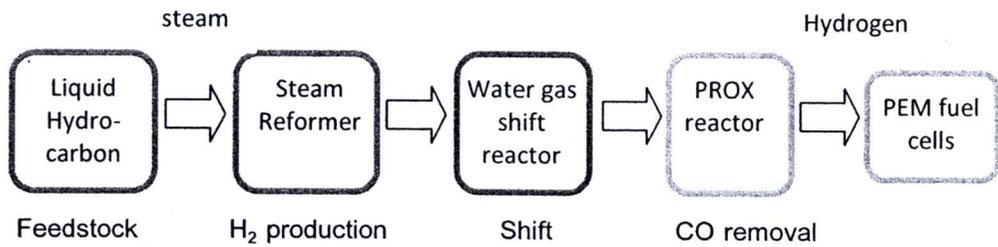


จากนั้นจะผ่านเข้าสู่กระบวนการ Water Gas Shift (แสดงในสมการที่ 2) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และน้ำทำปฏิกิริยาได้ผลิตผลเป็น Reformed Gas ซึ่งประกอบไปด้วยก๊าซไฮโดรเจนประมาณ 40-75 เปอร์เซ็นต์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 20-25 เปอร์เซ็นต์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 0.3 ถึง 1.0 เปอร์เซ็นต์และมีไอน้ำในปริมาณเล็กน้อย ท้ายที่สุดก๊าซผลิตภัณฑ์ที่ได้จะถูกผ่านเข้าสู่กระบวนการกำจัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งนักวิจัยจากหลาย ๆ ประเทศได้วิจัยและพัฒนากระบวนการกำจัดหรือลดปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ออกจากเชื้อเพลิงไฮโดรเจนให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและทำให้เกิดการสูญเสียเชื้อเพลิงไฮโดรเจนให้น้อยที่สุดด้วย เช่น การแยกก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ออกจากก๊าซไฮโดรเจนด้วยเทคนิคการใช้ Membrane ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงไฮโดรเจนจากสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเหลว (Chen และคณะ, 2549)

นอกจากนี้วิธีที่มีประสิทธิภาพสูงและเสียค่าใช้จ่ายน้อยในการกำจัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ให้อยู่ในเกณฑ์ที่เซลล์เชื้อเพลิงสามารถทนทานได้ คือ วิธีการเลือกเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในเชื้อเพลิงของไฮโดรเจน (Preferential CO Oxidation) แสดงในสมการที่ 3 ซึ่งออกซิเจนจะเลือกเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเฉพาะกับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งนี้ตัวเร่งปฏิกิริยาควรมีประสิทธิภาพในการเลือกออกซิไดซ์เฉพาะก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ จากปริมาณ 10,000 ส่วนในล้านส่วน (ร้อยละ 1) ให้เหลือปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์น้อยกว่า 10 ส่วนในล้านส่วน โดยปราศจากการออกซิไดซ์เชื้อเพลิงไฮโดรเจนที่มีอยู่ร้อยละ 40-75 โดยภาพรวมของกระบวนการผลิตแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 กระบวนการการผลิตเชื้อเพลิงไฮโดรเจนจากเชื้อเพลิงเหลว

การพัฒนาประสิทธิภาพของการเลือกเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์สามารถทำได้โดยการพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยา ในปฏิกิริยานี้ก๊าซออกซิเจนปริมาณเพียงเล็กน้อยจะถูกเพิ่มเข้าไปใน H₂-rich gas ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาที่ดีนั้นต้องสามารถเลือกเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ดีกว่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของก๊าซไฮโดรเจน และสามารถกำจัดหรือลดปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ให้อยู่ในระดับที่ของเซลล์เชื้อเพลิงทนได้ ตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับปฏิกิริยาการเลือกออกซิไดซ์ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ประกอบด้วย โลหะมีตระกูลจำพวกแพลทินัม (Pt) ทองคำ (Au) พลาเดียม (Pd) รูทีเนียม (Ru) และตัวรองรับ (Support) ที่สามารถให้ออกซิเจนเพื่อไปออกซิไดซ์ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้

ในงานวิจัยนี้มุ่งที่จะเน้นการศึกษาปฏิกิริยา Preferential oxidation of CO โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีการพัฒนาขึ้นเองของกลุ่มวิจัยซึ่งใช้ทองเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่สามารถกำจัดคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ที่อุณหภูมิเหมาะสมกับอุณหภูมิของเซลล์เชื้อเพลิงแบบเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอนที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการขับเคลื่อนยานพาหนะ โดยจะใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนที่ผลิตจากการทำปฏิกิริยารีฟอร์มมิงด้วยไอน้ำจากการใช้เมทานอลเป็นสารตั้งต้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้มุ่งศึกษาภาพรวมของ Fuel processor ตั้งแต่การผลิตไฮโดรเจนและการกำจัดคาร์บอนมอนอกไซด์ให้มีความเหมาะสมกับการใช้เซลล์เชื้อเพลิง เพื่อให้ได้มาซึ่งเชื้อเพลิงไฮโดรเจนที่มีศักยภาพเพียงพอทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณกับการป้อนเข้าสู่เซลล์เชื้อเพลิง