

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการผลิตแก๊สสังเคราะห์จากขยะพลาสติกต่อองค์ประกอบของแก๊สและผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ในกระบวนการแก๊สพีเคชันด้วยไอน้ำและออกซิเจนด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ผลของตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่า การแก๊สพีเคชันขยะพลาสติกโดยไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแก๊สที่ได้มีปริมาณต่ำ และมีน้ำมันทาร์สูง แต่เมื่อมีการนำตัวเร่งปฏิกิริยาเข้าร่วมในการเกิดปฏิกิริยา จะทำให้แก๊สที่ได้มีปริมาณสูงขึ้น เนื่องจากผลของตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้ไฮโดรคาร์บอนและน้ำมันทาร์เกิดการแตกตัวเป็นแก๊สได้เพิ่มขึ้น
2. ผลของอัตราการไหลของแก๊สออกซิเจน พบว่าเมื่ออัตราการไหลของแก๊สออกซิเจนเพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 15 มิลลิลิตรต่ออนาที ทำให้แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มอัตราการไหลของแก๊สออกซิเจน ทำให้ไปสนับสนุนปฏิกิริยาออกซิเดชัน แต่เมื่อเพิ่มอัตราการไหลของแก๊สออกซิเจนเป็น 34 มิลลิลิตรต่ออนาที ไม่มีผลต่อปริมาณของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ทำให้แก๊สไฮโดรเจนมีปริมาณลดลง เนื่องจากการใช้ไฮโดรเจนในการเผาไหม้
3. ผลของการเติมนิกเกิลลงบนตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าเมื่อเติมนิกเกิลลงบนตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้แก๊สไฮโดรเจนและคาร์บอนมอนอกไซด์มีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากผลของนิกเกิลจะช่วยเร่งปฏิกิริยาการแตกตัวของไฮโดรคาร์บอนและน้ำมันทาร์ อีกทั้งยังช่วยในการเร่งปฏิกิริยารีฟอร์มมิงของมีเทนด้วย
4. ผลของร้อยละของนิกเกิลบนตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่า เมื่อร้อยละของนิกเกิลเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 1 เป็น 9 แก๊สไฮโดรเจนและคาร์บอนมอนอกไซด์มีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มปริมาณนิกเกิลซึ่งเป็นโลหะที่ว่องไวลงไปบนตัวเร่งปฏิกิริยาจะทำให้ตำแหน่งที่ถูกกระตุ้นเพิ่มขึ้น อีกทั้งการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนตัวรองรับไดโลไมต์จะมีความต้านทานการเกาะติดของคาร์บอนสูง แต่เมื่อเพิ่มร้อยละของ

นิกเกิลบนตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นร้อยละ 9 แก๊สที่ได้มีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จึงสรุปได้ว่าที่ร้อยละ 5 จะให้ผลการทดลองที่ดีที่สุด

5. ผลของอุณหภูมิ พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และแก๊สไฮโดรเจนมีปริมาณสูงขึ้น เนื่องจากไฮโดรคาร์บอนและน้ำมันทาร์เกิดการแตกตัวไปเป็นแก๊สไฮโดรเจนเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ส่วนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณลดลง เนื่องจากเกิดปฏิกิริยากับคาร์บอนได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์
6. ผลของร้อยละของไอน้ำ พบว่าการเพิ่มร้อยละของไอน้ำจาก 0 เป็น 52 โดยปริมาตร ทำให้ผลิตภัณฑ์แก๊สไฮโดรเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ในขณะที่แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีปริมาณลดลง และเนื่องจากปริมาณของไอน้ำมีไม่เพียงพอในการทำปฏิกิริยากับเชื้อเพลิงทำให้ปฏิกิริยาสตีม-รีฟอร์มมิง (steam reforming) และปฏิกิริยาชิฟท์ (water-gas shift) ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ ทำให้แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ และมีเทนมีปริมาณลดลง แต่เมื่อไอน้ำมีมากขึ้นคือที่ร้อยละของไอน้ำ 62 โดยปริมาตร แก๊สที่ได้มีปริมาณลดลงเนื่องจากการเกิดฟิล์มบางๆปกคลุม surface reaction ทำให้ไฮโดรคาร์บอนเกิดปฏิกิริยาได้ยาก และยังเกิดจากผลของระยะเวลาที่สารตั้งต้นสัมผัสกับตัวเร่งปฏิกิริยาเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ลดลง
7. ผลของการใช้พลาสติกผสม พบว่าการใช้พลาสติกผสมแก๊สที่ได้มีปริมาณลดลงเมื่อเทียบกับผลที่ได้จากการคำนวณ อาจเนื่องจากโครงสร้างและคุณสมบัติของพลาสติกแต่ละชนิดเป็นสำคัญ ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าในการแกซีฟิเคชันพลาสติกควรที่จะทำการแยกชนิดของพลาสติกก่อนทำการทดลอง
8. ผลของระยะเวลาที่สารตั้งต้นสัมผัสกับตัวเร่งปฏิกิริยาเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ (contact time) พบว่าการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นและการลดอัตราการไหลของแก๊สพา ส่งผลให้ระยะเวลาที่สารตั้งต้นสัมผัสกับตัวเร่งปฏิกิริยาเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น
9. ผลของระยะเวลาที่สารตั้งต้นอยู่ในเครื่องปฏิกรณ์เปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ (residence time) พบว่าการเพิ่มความสูงของเบดในเครื่องปฏิกรณ์ ทำให้ระยะเวลาที่สารตั้งต้นอยู่ในเครื่องปฏิกรณ์เปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ (residence time) ลดลง เนื่องจากการมีเบดทำให้ปริมาตรช่องว่างลดลง โดยเบดจะขวางกั้นการไหลของแก๊ส

10. ผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์แก๊สไฮโดรเจน แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และมีเทนมีปริมาณเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากผลของตัวเร่งปฏิกิริยาและผลของระยะเวลาที่สารตั้งต้นอยู่ในเครื่องปฏิกรณ์เปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ (residence time) โดยการเพิ่มตัวเร่งปฏิกิริยาในเครื่องปฏิกรณ์สูงขึ้น เป็นการเพิ่มการเร่งปฏิกิริยา แต่ระยะเวลาที่สารตั้งต้นอยู่ในเครื่องปฏิกรณ์เปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ (residence time) ลดลง เนื่องจากการมีเบดทำให้ปริมาตรช่องว่างลดลง โดยเบดจะขวางกั้นการไหลของแก๊ส
11. ผลของการพิจารณาการเกาะติดของคาร์บอนบนตัวเร่งปฏิกิริยาหลังทำการทดลอง พบว่าการเกาะติดของคาร์บอนบนตัวเร่งปฏิกิริยาเรียงจากมากไปน้อยได้ดังนี้ Dolomite+PP>Dolomite+HDPE>5%NiO/dolomite+HDPE>Dolomite > 5%NiO/dolomite+PP>5%NiO/dolomite ตามลำดับ
12. ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลออกไซด์ (5%NiO) บนตัวรองรับโดโลไมต์หลังทำการทดลองด้วยเครื่อง XRD พบว่าโครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยาหลังทำการทดลองจะไม่พบตำแหน่งพีคของนิกเกิลออกไซด์ (NiO) อาจเกิดจากนิกเกิลออกไซด์เกิดการเปลี่ยนรูปหลังผ่านการทำปฏิกิริยา และยังไม่พบตำแหน่งพีคของแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO₃) อาจเกิดจากการเปลี่ยนรูปไปเป็นแคลเซียมออกไซด์ (CaO) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) แต่จากผลการวิเคราะห์ที่ได้ก็ไม่พบตำแหน่งพีคแคลเซียมออกไซด์เช่นกัน อาจเป็นเพราะแคลเซียมออกไซด์ทำปฏิกิริยากับน้ำเปลี่ยนไปเป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์
13. การตรวจสอบประสิทธิภาพของการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลออกไซด์ (5%NiO) บนตัวรองรับโดโลไมต์ พบว่าการนำตัวเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวกลับมาใช้ใหม่ และเมื่อนำตัวเร่งปฏิกิริยาไปบำบัด (regenerate) ผลิตภัณฑ์แก๊สโดยรวมลดลง เนื่องจากนิกเกิลออกไซด์อาจเกิดการเปลี่ยนรูปไปอยู่ในรูปที่ไม่ว่องไว และไม่สามารถบำบัด (regenerate) ให้กลับมาเร่งปฏิกิริยาได้เหมือนเดิม

จากผลการทดลองที่ได้สามารถสรุปได้ว่าการแกซีฟิเคชันโดยไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นไปได้ยาก แต่เมื่อมีการนำตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนตัวรองรับโดโลไมต์มาใช้ พบว่าแก๊สที่ได้จะมีปริมาณสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิ ร้อยละของไอน้ำ อัตราการไหลของแก๊สออกซิเจนและร้อยละของนิกเกิลบนตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ทำให้ร้อยละความเข้มข้นของแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าเพิ่มขึ้น โดยพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง จะให้ผลการทดลองที่ดีที่สุด รองลงมา คือ พอลิโพรพิลีน พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ และพอลิสไตรีน โดยร้อยละการเปลี่ยนเป็นแก๊สผลิตภัณฑ์ คือ ร้อยละ 94 74 74 และ 59 ตามลำดับ ที่ภาวะการทดลอง คือ

อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส ร้อยละของไอน้ำ 52 โดยปริมาตร อัตราการไหลของแก๊สออกซิเจน 15 มิลลิลิตรต่อนาที และร้อยละของนิกเกิลออกไซด์บนตัวเร่งปฏิกิริยา 5 โดยน้ำหนัก

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษากระบวนการแกซีฟิเคชันของพลาสติกโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดอื่น ๆ เช่น โลหะอัลคาไลน์ซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันการเกาะติดของคาร์บอน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพและผลิตภัณฑ์ที่ได้
2. ปรับปรุงกระบวนการ โดยนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปประยุกต์ใช้ในเครื่องปฏิกรณ์แบบอื่นๆ เช่น ฟลูอิด์เบดและฟลูอิด์เบดแบบหมุนเวียน เป็นต้น
3. ควรมีระบบในการดักจับน้ำมันนําร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบของน้ำมันนําร ที่ได้จากการทดลอง
4. ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลในการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น อุณหภูมิในการแคลซิเนชัน การนำตัวเร่งปฏิกิริยาไปรีดิวซ์ก่อนนำมาใช้ แล้วเปรียบเทียบสมบัติและลักษณะของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้