บทที่ 6
สรุปและข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อสร้างแบบจำลองเครื่องปฏิกรณ์ชนิดใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบเบดนิ่งเพื่อใช้ทำนายโพรไฟล์ของอุณหภูมิในแนวแกนที่สภาวะคงตัว โดยมีการรวมแบบจำลองการเสื่อมความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาแบบผันกลับได้เข้าไปในแบบจำลองเครื่องปฏิกรณ์ ซึ่งจะทำให้มีการปรับปรุงการทำนายแบบจำลองดีขึ้น สำหรับปฏิกิริยาหลักในงานวิจัยนี้คือปฏิกิริยาออกซิเดชันบางส่วนของ o-xylene ไปเป็น phthalic anhydride ที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิด V_2O_5/TiO_2

การทดลองปฏิบัติการที่สภาวะคงตัวได้ดำเนินการในเครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมผลิต phthalic anhydride เพื่อนำผลโพรไฟล์ของอุณหภูมิในแนวแกนที่ได้จากการปฏิบัติการเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทำนายแบบจำลอง

เนื่องจากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ สร้างแบบจำลองที่ไม่ซับซ้อนแต่สามารถทำนายโพรไฟล์ของอุณหภูมิในแนวแกนของเครื่องปฏิกรณ์ได้ ดังนั้นจึงมีการเลือกแบบจำลองที่ไม่ซับซ้อน สำหรับในงานวิจัยนี้ จึงเลือกแบบจำลองชนิด two-dimensional pseudo-homogeneous ที่ไม่มีการกระจายในแนวแกนของความร้อนและมวล

ในการศึกษางานวิจัยนี้ได้มีลักษณะที่สำคัญเกี่ยวกับเครื่องปฏิกรณ์ที่ปรากฏขึ้นซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

6.1 สภาวะคงตัวของเครื่องปฏิกรณ์

6.1.1 โพรไฟล์ของอุณหภูมิในแนวแกนที่ได้จากการปฏิบัติการจริงและการจำลองแบบจำลองนั้น จะมีลักษณะที่มีอุณหภูมิที่จุดร้อนจัดสองตำแหน่ง โดยที่ตำแหน่งแรกของอุณหภูมิที่จุดร้อนจัดจะอยู่ในชั้นเบดแรกของเครื่องปฏิกรณ์ ซึ่งจะมีค่าอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิที่จุดร้อนจัดในตำแหน่งที่สองซึ่งอยู่ในชั้นเบดที่สอง

6.1.2 จากผลการจำลองพบว่าตัวแปรค่าคงที่สำหรับการถ่ายเทความร้อนในแนวรัศมีจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโพรไฟล์ของอุณหภูมิในแนวแกนเป็นอย่างมาก ซึ่งตัวแปรดังกล่าวได้แก่

biot number (Bi_w) และ radial peclet number of heat transfer (Pe_{hr}) โดยที่ค่าของ (Bi_w) แสดงถึงความสามารถในการถ่ายเทความร้อนที่ผนังท่อของเครื่องปฏิกรณ์ ส่วนค่าของ Pe_{hr} แสดงถึงความต้านทานการถ่ายเทความร้อนในเบดนิ่ง โดยที่เมื่อมีการลดค่าของ Pe_{hr} และ เพิ่มค่าของ Bi_w จะทำให้ค่าของอุณหภูมิที่จุดร้อนจัดลดลง

6.1.3 ค่าจลนพลศาสตร์การเสื่อมของตัวเร่งปฏิกิริยา จะมีผลต่อการเปลี่ยนตำแหน่งของอุณหภูมิที่จุดร้อนจัดโดยที่ค่า $k_{1,0}$ ในสมการที่ 3.16 แสดงถึงลักษณะการเกิดปฏิกิริยาของตัวเร่งปฏิกิริยาในชั้นเบดของตัวเร่งปฏิกิริยา โดยที่เมื่อลดค่า $k_{1,0}$ ลง จะทำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นเร็วขึ้นซึ่งสังเกตได้จากตำแหน่งของอุณหภูมิที่จุดร้อนจะเลื่อนขึ้นมาทางด้านบนของชั้นเบดเมื่อลดค่าของ $k_{1,0}$

6.1.4 การรวมแบบจำลองการเสื่อมของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีการรวมค่าการเสื่อมของตัวเร่งปฏิกิริยาแบบผันกลับได้โดยสารประกอบที่ถูกดูดซับไว้อย่างมั่นคง โดยการสมมุติให้ค่าของ a_m มีค่าต่างกันในแต่ละชั้นเบดและขั้นตอนของการเกิดปฏิกิริยาเข้าไปในแบบจำลองเครื่องปฏิกรณ์ชนิด two–dimensional pseudo-homogeneous สามารถทำนายรูปแบบอุณหภูมิในแนวแกนที่สภาวะคงตัวของเครื่องปฏิกรณ์ได้อย่างใกล้เคียงทั้งตำแหน่งและค่าของอุณหภูมิ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลองปฏิบัติการ

6.1.5 วิธีการแก้สมการเชิงตัวเลขของระบบสมการแบบจำลองเครื่องปฏิกรณ์ ซึ่งเป็นสมการอนุพันธ์ย่อย นั้นใช้วิธีการแปลงระบบสมการอนุพันธ์ย่อยเป็นระบบสมการอนุพันธ์สามัญโดยการใช้วิธีผลต่างสืบเนื่อง สำหรับการแก้ระบบสมการเชิงอนุพันธ์สามัญนั้นใช้วิธีรุงเง-คุตตา โดยใช้ step size 1 มม. และพบว่าระบบสมการจะเสถียรเมื่อใช้ตำแหน่งในแนวรัศมี 10 จุด

6.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

6.2.1 เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาจะมีการเสื่อมความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาเมื่อเวลาเปลี่ยนไป ดังนั้นจึงควรศึกษาความเป็นไปได้ในหาค่าตัวแปรต่างๆที่มีค่าเหมาะที่สุดสำหรับเครื่องปฏิกรณ์เพื่อใช้ในแบบจำลองเครื่องปฏิกรณ์ในการทำนายโพรไฟล์ของอุณหภูมิและความเข้มข้นได้ตามช่วงเวลาที่เปลี่ยนไปในการปฏิบัติการของตัวเร่งปฏิกิริยาในเครื่องปฏิกรณ์

6.2.2 สำหรับในงานวิจัยนี้นั้นได้ศึกษาเพื่อทำนายโพรไฟล์ของอุณหภูมิในแนวแกนของเครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต phthalic anhydride ซึ่งเป็นการผลิตที่ต้องการอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการสูงและมีอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการต่ำ ซึ่งในปัจจุบันนี้

บริษัทผู้ผลิตตัวเร่งปฏิกิริยาได้มีการผลิตตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีค่าอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการสูงอยู่แล้ว แต่สภาวะในการปฏิบัติการของเครื่องปฏิกรณ์ (อุณหภูมิเกลือหลอมเหลว, อุณหภูมิของก๊าซที่ป้อนเข้าเครื่องปฏิกรณ์,อัตราการไหลของอากาศ,อัตราการป้อน o-xylene) ก็มีผลต่ออัตราส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการด้วย ดังนั้นงานวิจัยในอนาคตควรมีการศึกษาถึงผลของสภาวะปฏิบัติการที่มีต่ออัตราส่วนของของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ เพื่อปรับปรุงสภาวะการปฏิบัติการให้มีการใช้ประโยชน์จากตัวเร่งปฏิกิริยาได้อย่างเต็มที่

6.2.3 เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้จะมีการเสื่อมตามเวลาในการปฏิบัติการ แต่ในงานวิจัยนี้จะคิดการเสื่อมของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เวลาหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นเมื่อเวลาผ่านไปก็จะต้องมีการปรับค่าของการเสื่อมของตัวเร่งปฏิกิริยาแบบผันกลับได้โดยสารประกอบที่ถูกดูดซับไว้อย่างมั่นคง เพื่อให้การทำนายโพรไฟล์ของอุณหภูมิเป็นไปอย่างต่อเนื่องจึงควรมีการศึกษาค่า a_m ที่เป็นฟังก์ชันกับเวลาในการปฏิบัติการรวมเข้าไปในแบบจำลองการเสื่อมของตัวเร่งปฏิกิริยา

6.3 ประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัยนี้

6.3.1 การใช้แบบจำลองเครื่องปฏิกรณ์เพื่อทำนายโพรไฟล์ของอุณหภูมิและความเข้มข้นนั้นจะช่วยในการตัดสินใจปรับเปลี่ยนสภาวะปฏิบัติการเพื่อให้เครื่องปฏิกรณ์ผลิต phthalic anhydride ที่มีคุณภาพดีและมีอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์ที่สูง

6.3.2 ใช้แบบจำลองเครื่องปฏิกรณ์เพื่ออธิบายพฤติกรรมของเครื่องปฏิกรณ์ในขณะเกิดปฏิกิริยาให้พนักงานระดับวิศวกรและหัวหน้าแผนกมีความเข้าใจดียิ่งขึ้นเพื่อจะได้มีความระมัดระวังในการควบคุมการปฏิบัติการเครื่องปฏิกรณ์ให้มีความปลอดภัย