

บทคัดย่อ

แบบจำลองอนุภาคแบบรายเม็ด (distinct element method, DEM) ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อทำนายไฮโดรไดนามิกส์และการกระจายมวลและอุณหภูมิในปฏิกรณ์ฟลูอิดเบดชนิดไหลเวียนลง แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วยสมการการเคลื่อนที่ของอนุภาค สมการอนุรักษ์โมเมนตัม มวลและพลังงาน ร่วมกับแบบจำลองจลศาสตร์แบบรวมกลุ่ม 4 ชนิดของปฏิกิริยาการแตกตัวของน้ำมันหนักโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา การเคลื่อนที่ของแต่ละอนุภาคคำนวณจากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน แรงจากการชนกันของอนุภาคคำนวณโดยใช้แบบจำลองอย่างง่ายของสปริง ตัวห่วงและตัวเสียดทาน ผลจากการจำลองแบบพบว่า การกระจายสัดส่วนอนุภาคและความเร็วของอนุภาคมีความสม่ำเสมอในแนวนอน และมีผลผสมย้อนกลับน้อย ดังนั้นพฤติกรรมการไหลภายในปฏิกรณ์ฟลูอิดเบดชนิดไหลเวียนลงเข้าใกล้ปลั๊ก การเพิ่มขนาดอนุภาคทำให้ค่าสัดส่วนอนุภาคลดลงและเพิ่มความเร็วอนุภาค ค่าสัดส่วนอนุภาคลดลงเมื่อเพิ่มความเร็วก๊าซเข้า และเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราการไหลวนของอนุภาค ความเร็วอนุภาคเพิ่มขึ้นกับความเร็วก๊าซป้อนและอัตราการไหลวนของอนุภาค ผลการจำลองไฮโดรไดนามิกส์จากแบบจำลองนี้แสดงแนวโน้มที่เหมือนกับการทดลองของ Zhang ค่าสัดส่วนอนุภาคและความเร็วอนุภาคที่ได้จากแบบจำลองนี้ให้ค่าใกล้เคียงกับการทดลองมากกว่าผลที่ได้จากแบบจำลองของ Kimm และแบบจำลองของ Yasemin นอกจากนี้แบบจำลอง DEM ได้พัฒนาโดยการรวมกลไกการถ่ายโอนความร้อนและมวลเพื่อศึกษาสมรรถนะของการแตกตัวของน้ำมันหนักในปฏิกรณ์ฟลูอิดเบดชนิดไหลเวียนลง การศึกษาสภาวะดำเนินการพบว่าการเพิ่มอัตราการไหลวนของอนุภาคและอุณหภูมิป้อนและการลดความเร็วก๊าซป้อนทำให้อัตราส่วนเชิงมวลของแก๊สโซลีนเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามที่อุณหภูมิป้อนเข้าที่สูงเกินไป ผลิตภัณฑ์กลุ่มแก๊สโซลีนจะแตกตัวมากเกินไปทำให้ได้ผลิตภัณฑ์จำพวกแก๊สมากขึ้น นอกจากนี้สมรรถนะในปฏิกรณ์ฟลูอิดเบดชนิดไหลเวียนลงที่ได้จากแบบจำลองนี้ได้เปรียบเทียบกับสมรรถนะเมื่อปฏิกรณ์มีพฤติกรรมแบบปลั๊กและแบบผสม ในการเปรียบเทียบพบว่าปฏิกรณ์ฟลูอิดเบดชนิดไหลเวียนลงมีสมรรถนะดีกว่าปฏิกรณ์ที่มีพฤติกรรมแบบผสมแต่ต่ำกว่าปฏิกรณ์ที่มีพฤติกรรมแบบปลั๊ก

Abstract

The distinct element method (DEM) was developed to predict the hydrodynamics and the mass and temperature distributions in a downer reactor. The mathematical models were based on the equation of particle motion, the momentum, mass, and energy conservation equations incorporating with the four-lump kinetic model of heavy oil catalytic cracking. The motion of each particle was calculated from the Newton's second law of motion. The contact force is calculated by using the analogy of a spring, dashpot, and friction slider. Simulation results show that the radial solids holdup and particle velocity profiles are almost uniform with less back mixing in the axial direction. This implies that the downer flow behavior is close to a plug flow condition. An increase in the particle size decreases the solids holdup and increases the particle velocity. The solids holdup decreases with superficial gas velocity but increases with solids circulation rate. Particle velocity increases with gas velocity and solids circulation rate. The hydrodynamic behavior from this simulation showed trends similar to those the experimental results. The results obtained from this model fit better with the experimental results than Kimm's and Bolkan's models do. Moreover, the DEM model was further developed by coupling with heat and mass transfer to study the performance of a heavy oil catalytic cracking downer reactor. It was found that with increasing solid circulation rate and inlet temperature and decreasing superficial gas velocity, the gasoline mass fraction increased. However, at higher inlet temperature, the gasoline product underwent further cracking to yield more gaseous products. In addition, the performance of a downer reactor obtained from this model was compared with those in plug flow and mixed flow reactors. It shows that the performance of a downer reactor is better than that of a mixed flow reactor but less than that of a plug flow reactor.