

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: PDF-42-8-0039

ชื่อโครงการ: การจำลองการไหลแบบหมุนวนในเตาเผาไหม้

ชื่อนักวิจัย: รศ.ดร.พงษ์เจต พรหมวงศ์

E-mail Address: kppongje@kmitl.ac.th

ระยะเวลาโครงการ: 2 ปี

การประยุกต์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจำลองการไหลแบบหมุนวนในเตาเผาได้ถูกแสดงในงานวิจัยนี้ แบบจำลองความปั่นป่วนสำหรับการไหลแบบหมุนวนที่อัดตัวไม่ได้ก็ได้นำเสนออย่างละเอียด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความเข้าใจในพฤติกรรมของการไหลในเตาเผาให้ดีขึ้น โดยได้นำวิธีปริมาตรสี่เหลี่ยมมาใช้ร่วมกับแบบจำลองความปั่นป่วนมาตรฐาน $k-\epsilon$ (standard $k-\epsilon$ model) และ algebraic stress model (ASM) ในการคำนวณทั้งหมด รูปแบบผลต่างของอนุพันธ์ลำดับที่สอง คือ quadratic upstream interpolation for convective kinematics (QUICK) และ second order upwind (SOU) ได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกับรูปแบบผลต่างของอนุพันธ์ลำดับที่หนึ่งซึ่งคือ upwind และ hybrid เพื่อศึกษาอิทธิพลของการแพร่กระจายเชิงตัวเลขต่อผลลัพธ์ที่คำนวณได้ แบบจำลองคณิตศาสตร์ได้ถูกนำมาทำนายการไหลที่ไม่สลับซับซ้อนในท่อขนาน เพื่อทดสอบความแม่นยำก่อน จากนั้นจึงนำไปศึกษาการไหลภายในเตา 4 รูปแบบ ผลลัพธ์ของการทำนายรูปร่างของความเร็วตามแนวแกน แนวรัศมีและแนวสัมผัสถูกนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการทดลองที่มีอยู่แล้ว ผลการคำนวณแสดงให้เห็นว่าการทำนายแบบจำลองความปั่นป่วนทั้ง 2 แบบ มีความสอดคล้องค่อนข้างดีกับข้อมูลจากการทดลอง แต่ ASM ให้ผลการทำนายที่ดีกว่าแบบจำลอง $k-\epsilon$ นอกจากนี้จากการศึกษาพบว่า numerical schemes มีอิทธิพลอย่างมากเมื่อใช้ร่วมกับ ASM ต่อการไหลที่มี recirculation ซึ่งมองโดยภาพรวมแล้วผลการทำนายของแบบจำลอง $k-\epsilon$ กับ ASM ร่วมกับ scheme ต่าง ๆ ทำนายแนวโน้มของการไหลได้ใกล้เคียงกับผลการทดลองพอสมควร สุดท้ายในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของการเผาไหม้จริงเตาเผาแบบวอร์เทค เพื่อนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์จริงกับเชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งก็ให้ประสิทธิภาพที่สูงมาก รวมทั้งมีมลภาวะต่ำ เมื่อเทียบกับเตาเผาแบบที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

คำสำคัญ: การไหลแบบปั่นป่วน, การหมุนวน, แบบจำลองความเค้น Reynolds, เตาเผา

Abstract

Project Code: PDF-42-8-0039

Project Title: Simulation of Confined Swirling Flow in a Combustor

Investigator: Assoc.Prof.Dr. Pongjet Promvonge

E-mail Address: kppongje@kmitl.ac.th

Project Period: 2 Year

The application of a mathematical model for the simulation of strongly swirling flows in combustors is presented in this research. The modelling of turbulence for incompressible, swirling flows used in the simulation is discussed. The work has been carried out in order to provide an understanding of the physical behaviour of the flow in combustors. A staggered Finite Volume approach with standard $k - \varepsilon$ model and an algebraic stress model (ASM), was used to carry out all the computations. To investigate the effects of numerical diffusion on the predicted results, second-order differencing schemes, namely, the quadratic upstream interpolation for convective kinematics (QUICK) and second order upwind (SOU) were used to compare with the first-order upwind and hybrid schemes. The model was first employed in prediction of turbulent channel flows to validate and make confident in the code. Then, four different flow types of combustors were used in the simulation. The results of predicted axial, radial and tangential velocity profiles are compared with available LDV experimental data. The computation show that results predicted by both turbulence models generally are in good agreement with measurements but the ASM performs better agreement between the numerical results and experimental data. Besides, use of numerical schemes with the ASM leads to high influence on flows with recirculation. Finally, the research has been extended to study experimentally combustion characteristics in a rice-husk fired vortex combustor. The experiment indicates that the combustor has a higher efficiency and lower emission when compared with existing ones.

Keywords: turbulent flow, swirl, Reynolds stress model, combustor