

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : MRG5480198

ชื่อโครงการ : การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการเผาไหม้สำหรับการประยุกต์ใช้
สเปรย์ในเครื่องยนต์โดยใช้แบบจำลองสเปรย์ของโมเมนต์ของจำนวนละออง
สเปรย์ขนาดต่างกัน

ชื่อนักวิจัย และสถาบัน :

- 1) ดร. อิศเรศ รุชกัลยา ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- 2) ศ.ดร. ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

อีเมล: disares@engr.tu.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : 2 ปี

บทคัดย่อ:

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาและประยุกต์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการเผาไหม้ของสเปรย์ ซึ่งแบบจำลองสเปรย์อยู่บนพื้นฐานของโมเมนต์การกระจายตัวของจำนวนละอองสเปรย์ขนาดต่าง ๆ ในแบบจำลองสเปรย์ การกระจายตัวของจำนวนละอองสเปรย์ขนาดต่าง ๆ ถูกแสดงในรูปของโมเมนต์ 4 แบบ ซึ่งแต่ละโมเมนต์แสดงถึงปริมาตร พื้นผิว รัศมี และจำนวนทั้งหมดของละอองฝอยตามลำดับ สำหรับชุดสมการควบคุมของก๊าซและของเหลวนี้ ได้หาคำตอบด้วยวิธี finite volume ในกรอบของ Eulerian โดยชุดสมการและ source term ของแบบจำลองย่อยซึ่งประกอบไปด้วยการแตกตัว การชนกัน การระเหยของละอองฝอย และการปฏิสัมพันธ์ระหว่างก๊าซและของเหลวได้ถูกพัฒนาบนพื้นฐานของค่าเฉลี่ยเชิงโมเมนต์ ซึ่งเป็นหลักสำคัญของแบบจำลองสเปรย์นี้ สำหรับการวิเคราะห์การเผาไหม้ แบบจำลอง unsteady flamelet/ reaction progress variable จะถูกใช้ในการทำนายการจุดระเบิดเองและปรากฏการณ์ลอยตัวของเปลวไฟของสเปรย์ดีเซล ซึ่งกลไกจลนศาสตร์ทางเคมีแบบโครงร่างที่เลือกใช้ในการสร้าง flamelet library นี้ มีจำนวนส่วนประกอบเคมี 43 ชนิดและสมการเคมีทั้งหมด 185 สมการ ผลลัพธ์ของ unsteady flamelet/ reaction progress variable ร่วมกับกระบวนการ probability density function จะถูกใช้คำนวณในระเบียบวิธี RANS เพื่อแก้ปัญหาการปฏิสัมพันธ์ระหว่างความปั่นป่วนและเคมี โดยตัวแปรเคมีเชิงความร้อนดังกล่าวทั้งหมดจะแสดงอยู่ในรูปของ ค่าสัดส่วนของผสม ความแปรปรวนของค่าสัดส่วนของผสม reaction progress variable และ

scalar dissipation rate กระจายตัวเชิง PDF ของสัดส่วนของผลผสมมูติเป็นแบบ beta และการกระจายตัวเชิง PDF แบบ delta สำหรับ reaction progress variable และ scalar dissipation rate เพื่อประเมินศักยภาพของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นจึงได้ทำการเปรียบเทียบกับผลการทดลองของ Akiyama และคณะ [45] ปรากฏว่า สามารถทำนายการจุดระเบิดเอง การพัฒนาตัวของเปลว และระยะเปลวลอยตัวได้ค่อนข้างดี โดยการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ทำนายได้จะใกล้เคียงกับภาพถ่ายเปลวจากการทดลอง อัตราการขยายตัวของเปลวที่ทำนายได้จะสอดคล้องกับผลการทดลอง แต่จะมีขนาดใหญ่กว่าผลการทดลองอยู่เล็กน้อย ดังนั้นแบบจำลองนี้ จึงสามารถทำนายปรากฏการณ์การจุดระเบิดเอง และการลอยตัวของเปลวสเปรย์ดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซลได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และมีประสิทธิภาพ

คำหลัก: การจุดระเบิดเอง, การเผาไหม้, เฟลมเลท, แบบจำลอง, สเปรย์

Abstract

Project Code : MRG5480198

Project Title : Development of Combustion Models for Spray Applications in Engines

Based on the Drop Number Size Moment Modelling Sprays

Investigator :

- 1) Dr. Isares Dhuchakallaya, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University
- 2) Professor Dr. Phadungsak Rattanadecho, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University

E-mail Address : disares@engr.tu.ac.th

Project Period : 2 years

Abstract:

This research presents the development and implementation of a spray combustion model based on the spray droplet number size distribution moments approach to spray modelling. In this spray model, the droplet size distribution of spray is characterised by the first four moments related to number, radius, surface area and volume of droplets, respectively. The governing equations for both the gas and liquid phases are solved by the finite volume method based on an Eulerian framework. These constructed equations and source terms of sub-models including droplet breakup, collision, evaporation, and the interactions between the liquid phase and the gas phase are derived based on the moment-average quantities which are the key concept for this spray model. For combustion analysis, unsteady flamelet/ reaction progress variable approach is employed to implement the diesel spray flames for capturing the auto-ignition and flame lift-off phenomena. The skeleton chemical kinetic mechanisms consisting of 43 chemical components and 185 reactions are solved in order to create the Flamelet library. The flamelet-progress-variable solutions embedded in RANS with the probability density function approach signifies the turbulence-chemistry interaction. All thermochemical scalars are represented as a function of mean mixture fraction, mixture fraction variance, reaction progress variable and scalar dissipation rate. Mixture fraction is assumed to follow a beta-PDF distribution, as reaction progress variable and

scalar dissipation rate distributions are assumed to be a delta-PDF. In order to assess the capability of this developed model, the predicted results are required to compare with the experimental data [2]. The developed model gives a reasonably good overall predicting performance in terms of auto-ignition, flame development and flame lift-off length. The flame temperature distributions are comparable with the formations of luminous flames. The predicted flame growth rate is consistent with the experimental results, but there is small over-prediction. Therefore, the present approach can accurately and efficiently capture the auto-ignition and flame lift-off phenomena of diesel spray flame in diesel engines.

Keywords: Auto-ignition, Combustion, Flamelet, Modelling, Spray