

การศึกษาลักษณะการฉีดเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนชนิดต่าง ๆ สำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายใน Study of Injection of Alternative Fuels for IC Engine

กิตติ เอี่ยมเปรมจิต¹ จินดา เจริญพรพาณิชย์²

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

โทร 0-2326-4197 โทรสาร 0-2326-4198 E-mail: kitthi@thaimail.com¹ kchchind@kmitl.ac.th²

Kitti Iempremjit¹ Chinda Charoenphonphanich

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Ladkrabang

Chalongkrung Rd. Ladkrabang Bangkok 10520 Thailand

Tel: 0-2326-4197 Fax: 0-2326-4198 E-mail: kitthi@thaimail.com¹ kchchind@kmitl.ac.th²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการฉีดเชื้อเพลิงของพลังงานทดแทนต่าง ๆ คือ ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซแอลพีจี เอทานอลและน้ำมันพืชผสม ด้วยหัวฉีดแบบต่าง ๆ ซึ่งลักษณะการฉีดเชื้อเพลิงและการกระจายตัวของเชื้อเพลิงต่าง ๆ นี้จะมีอิทธิพลอย่างมากต่อการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ เป็นข้อมูลพื้นฐานซึ่งจะมีประโยชน์ต่อการพัฒนาเครื่องยนต์ให้มีประสิทธิภาพต่อไป วิธีการที่ใช้ในการวัด มีทั้งแบบถ่ายด้วยกล้องธรรมดาและถ่ายภาพด้วยวิธีซูรีเลน ผลที่ได้คือรูปร่างลักษณะของการฉีดเชื้อเพลิงในกรณีต่าง ๆ รวมทั้งอิทธิพลของห้องเผาไหม้ต่อการกระจายของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติและอิทธิพลของอัตราส่วนผสมของน้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าวต่อลักษณะการสเปรย์ของน้ำมันพืชผสม

Abstract

This research aims to study jet and spray characteristics of LPG, CNG, ethanol and blended vegetable oils. Mixture formation is an important factor for combustion. Jet or spray characteristics are useful in developing engine efficiency. Photograph performed by still camera and Schlieren method. Jet or spray are visualized by this method. Effects of spray and characteristic of combustion chamber on the mixture distribution are examined.

1. บทนำ

ปัจจุบันการศึกษาเรื่องพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงในรถยนต์มีขึ้นทั่วโลกเพื่อลดการใช้้ำมันดิบซึ่งมีอยู่จำกัด และเพื่อลดมลพิษที่ออกมาจากไอเสียของรถยนต์ พลังงานทดแทนที่มีความเป็นไปได้ว่าสามารถนำมาทดแทนน้ำมันได้แก่ ก๊าซธรรมชาติ เอทานอลซึ่งสามารถกลั่นจากผลผลิตทางการเกษตร น้ำมันพืช เป็นต้น อย่างไรก็ตามการนำเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนเหล่านี้มาใช้ในเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันในปัจจุบันจำเป็นต้องมีการปรับปรุงเครื่องยนต์เพื่อให้เหมาะสมกับเชื้อเพลิงชนิดนั้น ๆ ใน

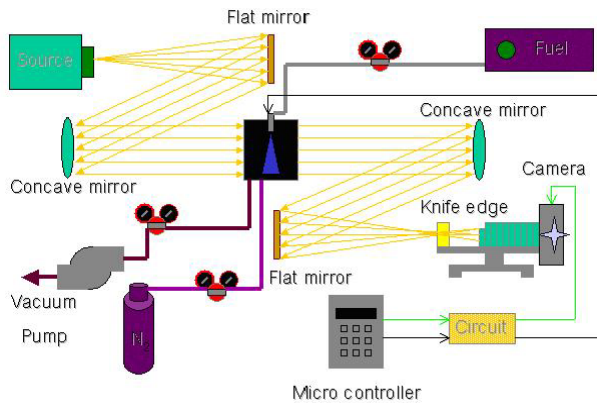
การพัฒนาปรับปรุงเครื่องยนต์พลังงานทดแทนให้มีประสิทธิภาพสูงและมีมลพิษต่ำ จำเป็นต้องมีการศึกษาและปรับปรุงขบวนการเผาไหม้ ให้มีการเผาไหม้สมบูรณ์ที่สุดและได้กำลังมากที่สุด ซึ่งองค์ประกอบสำคัญในการเผาไหม้ ได้แก่การกระจายตัวของเชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้, ลักษณะการไหลของของผสม และจังหวะในการจุดระเบิด ที่ผ่านมาในต่างประเทศมีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาการฉีดและสเปรย์เชื้อเพลิงในปัจจุบันอยู่บ้าง [1,2] แต่สำหรับเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนยังมีอยู่น้อย[3] รายงานการวิจัยภายในประเทศยังไม่เคยมี งานวิจัยนี้เน้นการศึกษาการฉีดและการกระจายตัวของเชื้อเพลิงโดยแบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือเชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซและเป็นของเหลว เชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซต้องใช้วิธีพิเศษเนื่องจากไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า เชื้อเพลิงที่เป็นของเหลวสามารถสังเกตเห็นได้ง่ายกว่าเพราะมองเห็นด้วยตาเปล่าแต่อย่างไรก็ตามในการสเปรย์เชื้อเพลิงของเหลวจะมีบางส่วนที่ระเหยกลายเป็นไอซึ่งไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าแต่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยวิธีพิเศษเช่นกัน

2. วิธีการบันทึกภาพ

การบันทึกภาพการฉีดเชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจีและก๊าซธรรมชาติไม่สามารถถ่ายด้วยวิธีธรรมดาได้เนื่องจากก๊าซทั้งสองชนิดใสไม่มีสีไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้นในการทดลองนี้จึงใช้วิธีซูรีเลน (Schlieren) ซึ่งใช้หลักการหักเหของแสงที่ส่องผ่านของไหลที่มีความหนาแน่นไม่เท่ากัน ทำให้ได้ภาพที่มีความเข้มของแสงแปรเปลี่ยนไปตามความหนาแน่นของของไหล อุปกรณ์ถ่ายภาพดังแสดงในรูปที่ 1

แหล่งกำเนิดแสง (Light source) ซึ่งเป็นลำแสงกระจายจะผ่านกระจกโค้ง (Concave mirror) โดยมี กระจกราบ (Flat mirror) เป็นตัวสะท้อน เมื่อแสงผ่านกระจกโค้ง จะได้ลำแสงที่มีทิศทางขนานกันเป็นเส้นตรง ผ่านของไหลที่ต้องการบันทึกภาพ ความหนาแน่นของของไหลที่ไม่เท่ากันจะทำให้แสงเกิดการหักเห เกิดเป็นภาพหรือเงาขึ้น กระจก

โค้งตัวที่ 2 จะทำการรวมแสง ใบมีด(Knife edge) ทำหน้าที่ตัดแสง บริเวณจุดโฟกัส ภายในกล้องบันทึกภาพจะไม่มีเลนส์เพื่อรวมแสงอีก



รูปที่ 1 อุปกรณ์บันทึกภาพด้วยวิธีซูรีเลน



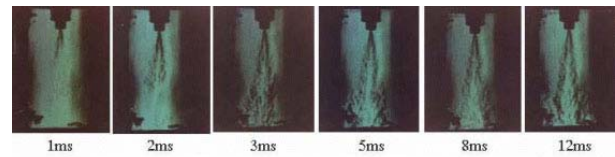
รูปที่ 2 ห้องเผาไหม้จำลอง

ก๊าซธรรมชาติจะถูกลดความดันด้วยอุปกรณ์ลดความดัน(Regulator) ก่อนจะจ่ายไปยังหัวฉีดซึ่งควบคุมจังหวะการฉีดด้วยสัญญาณไฟฟ้า ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของหัวฉีดและกล้องบันทึกภาพให้สัมพันธ์กัน โดยการสร้างฐานเวลาขึ้นมาและทำการหน่วงเวลาการทำงานของกล้องบันทึกภาพเพื่อให้ได้รูปในช่วงเวลาต่างๆ ห้องเผาไหม้จำลอง ดังในรูปที่ 2 มีโครงสร้างรูปสี่เหลี่ยม ด้านหน้าและด้านหลังเป็นกระจกหนาแข็งแรง มีซิลป้องกันกำลังอัดภายในห้องเผาไหม้รั่วไหล ภายในจะติดตั้งหัวฉีด ลูกสูบและผนังกระบอกสูบจำลองไว้ ภายในห้องเผาไหม้จะอัดความดันด้วยไนโตรเจน และมีช่องเพื่อระบายก๊าซภายในออกมา

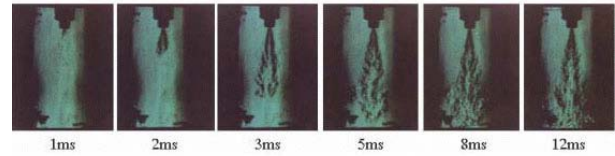
หัวฉีดที่ใช้กับก๊าซธรรมชาติและก๊าซแอลพีจีเป็นหัวฉีดของฮอนด้า สามารถรับความดันเชื้อเพลิงได้สูงสุด 0.25 MPa

3. ผลการทดลอง

3.1 ลักษณะการฉีดของเชื้อเพลิงก๊าซ



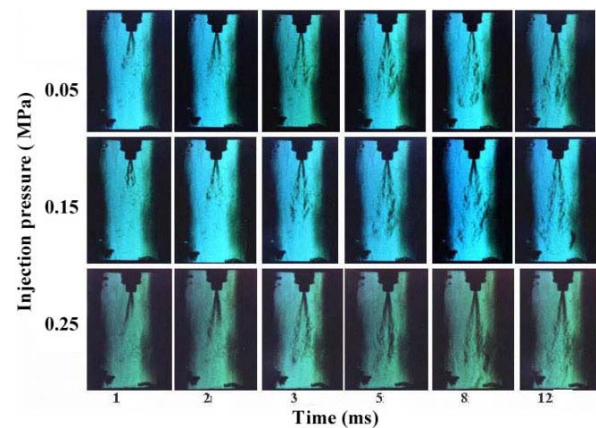
(a) Chamber pressure 0.1 MPa



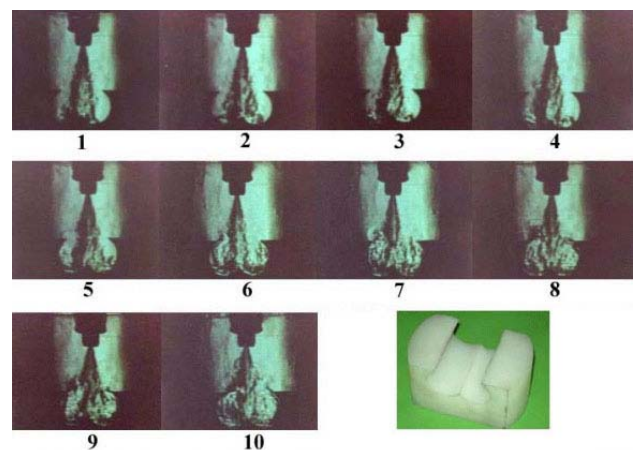
(b) Chamber pressure 0.2 MPa

รูปที่ 3 ความดันในห้องเผาไหม้ที่มีผลต่อรูปแบบของการฉีดก๊าซธรรมชาติ

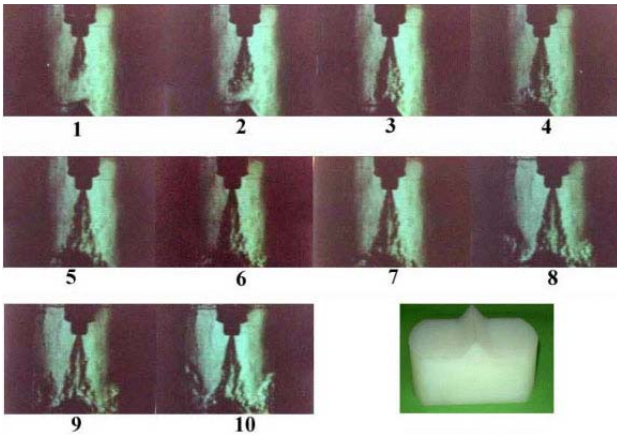
ก๊าซธรรมชาติจะถูกฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้ที่มีความดัน 0.1 และ 0.2 MPa ตามลำดับ ใช้ความดันการฉีด 0.25 MPa จากรูปที่ 2 จะพบว่าความยาวของก๊าซธรรมชาติจะลดลงเมื่อความดันห้องเผาไหม้เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความดันของการฉีดก๊าซธรรมชาติดังในรูปที่ 3 ความดันการฉีดเป็น 0.05, 0.15 และ 0.25 MPa ตามลำดับ ความยาวและรูปร่างของ ก๊าซธรรมชาติจะไม่ต่างกันมากนัก



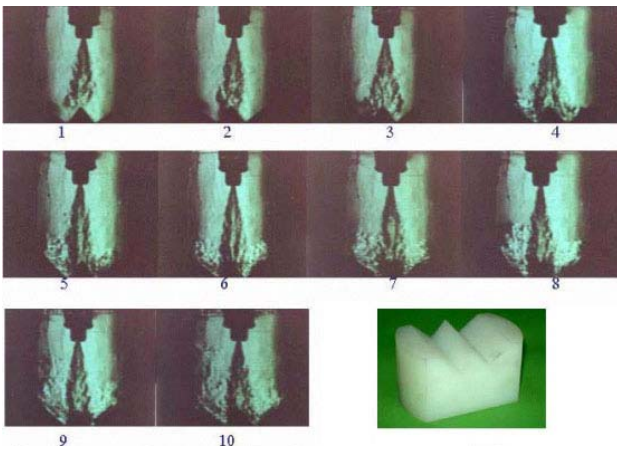
รูปที่ 4 ความดันหัวฉีดที่มีผลต่อรูปแบบของก๊าซธรรมชาติ



รูปที่ 5 การฉีดก๊าซธรรมชาติในห้องเผาไหม้แบบ A

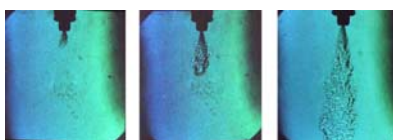


รูปที่ 6 การฉีดก๊าซธรรมชาติในห้องเผาไหม้แบบ B



รูปที่ 7 การฉีดก๊าซธรรมชาติในห้องเผาไหม้แบบ C

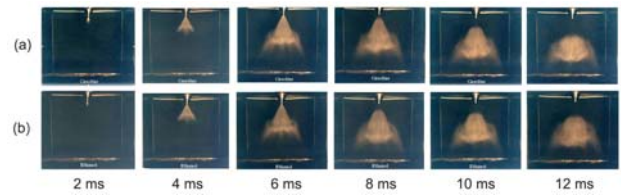
ในรูปที่ 5-7 จะเป็นการทดลองฉีดก๊าซธรรมชาติ ในห้องเผาไหม้จำลองซึ่งมีรูปร่างต่างกัน แบ่งเป็นห้องเผาไหม้แบบ A,B และ C ห้องเผาไหม้แบบ A เป็นวงกลม 2 วงบนหัวลูกสูบ ห้องเผาไหม้แบบ B เป็นรูปสามเหลี่ยมบนหัวลูกสูบ ห้องเผาไหม้แบบ C เป็นร่องรูปตัว W บนหัวลูกสูบ กรณีห้องเผาไหม้แบบ A พบว่าสเปรย์จะหมุนวนในร่องบนหัวลูกสูบเป็นวงกลม ในห้องเผาไหม้แบบ B พบว่าสเปรย์จะแยกจากกันเมื่อถึงบริเวณหัวลูกสูบ และเกิดการหมุนวนที่ด้านข้างของห้องเผาไหม้ทั้ง 2 ข้าง ห้องเผาไหม้แบบ C พบว่าสเปรย์จะสัมผัสกับหัวลูกสูบและยกตัวสูงขึ้นโดยไม่มีการหมุนวน



รูปที่ 8 ลักษณะการฉีด LPG

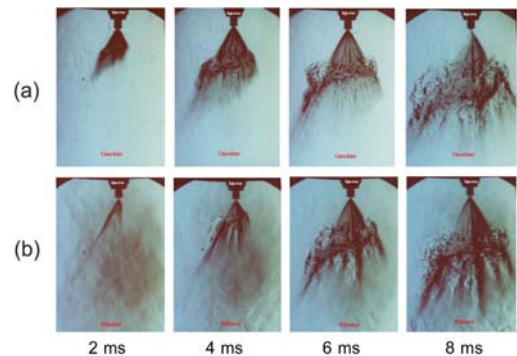
รูปที่ 8 เป็นลักษณะของก๊าซแอลพีจี ซึ่งฉีดด้วยหัวฉีดที่ใช้ทดลองกับ ก๊าซธรรมชาติ ลักษณะสเปรย์จะคล้ายกับก๊าซธรรมชาติ รูปร่างสเปรย์ก๊าซแอลพีจี จะชัดกว่าก๊าซธรรมชาติ เนื่องจากก๊าซแอลพีจีมีความหนาแน่นสูงกว่า

3.2 ลักษณะการฉีดของเอทานอล



รูปที่ 9 ลักษณะการฉีดเอทานอลกับแก๊สโซลีน

(a) แก๊สโซลีน (b) เอทานอล



รูปที่ 10 ลักษณะการฉีดเอทานอลกับแก๊สโซลีนโดยวิธีซูรีเลน

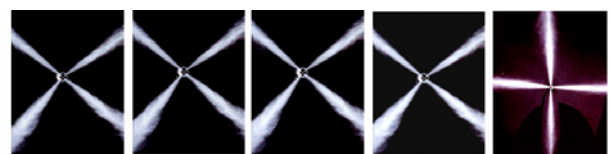
(a) แก๊สโซลีน (b) เอทานอล

หัวฉีดที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอลเป็นหัวฉีดแบบ GDI ของมิตซูบิชิ ความดันการฉีดเชื้อเพลิง 3 Mpa

รูปที่ 9 เป็นการบันทึกภาพด้วยกล้องโดยตรง จากภาพจะเห็นเพียงเชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นของเหลวเท่านั้น จากการทดลอง สเปรย์เอทานอลจะมีระยะการฉีดมากกว่าแก๊สโซลีนเล็กน้อย รูปที่ 10 เป็นการบันทึกภาพด้วยวิธีซูรีเลน จากภาพจะเห็นทั้งเชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นของเหลวและไอ จากการทดลอง สเปรย์แก๊สโซลีนจะกลายเป็นไอน้ำได้ง่ายกว่าเอทานอล เนื่องจากค่าความร้อนการกลายเป็นไอน้ำต่ำกว่า

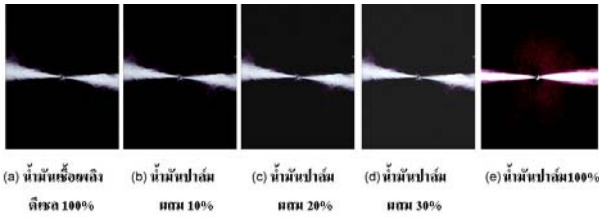
3.3 ลักษณะการฉีดของน้ำมันพืช

หัวฉีดที่ใช้ฉีดน้ำมันพืชผสมเป็นหัวฉีดแบบฉีดตรง (Direct injection) ที่ใช้ในเครื่องยนต์เพื่อการเกษตร ความดันการฉีดเชื้อเพลิง 21 MPa



(a) น้ำมันเชื้อเพลิง (b) น้ำมันปาล์ม (c) น้ำมันปาล์ม (d) น้ำมันปาล์ม (e) น้ำมันปาล์ม 100%

รูปที่ 11 ลักษณะการฉีดน้ำมันปาล์มด้วยหัวฉีดแบบ 4 รู



International Symposium on Flow Visualization", 2002, Kyoto, Japan

รูปที่ 12 ลักษณะการฉีดน้ำมันปาล์มด้วยหัวฉีดแบบ 2 รู

รูปที่ 11 และ 12 แสดงลักษณะการสเปรย์ของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลและน้ำมันมะพร้าว ที่อัตราส่วนผสมต่างๆ โดยใช้หัวฉีดแบบ 4 รู และ 2 รู ผลที่ได้จากการถ่ายภาพการสเปรย์ของหัวฉีดพบว่า การสเปรย์ของหัวฉีดที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลจะมีความแตกต่างกันกับน้ำมันปาล์มผสมที่อัตราส่วนต่าง ๆ โดยพิจารณาจากมุมของการสเปรย์ที่ออกมาจากหัวฉีดและลักษณะการสเปรย์จะมีความแตกต่างกัน แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับภาพที่ใช้น้ำมันพืช 100% พบว่าน้ำมันพืช 100% มีความเป็นฝอยละอองน้อย และมุมมองของการสเปรย์ก็น้อยด้วยเมื่อเทียบกับภาพการสเปรย์ของน้ำมันดีเซลและน้ำมันพืชผสม

4. สรุป

จากการทดลองสามารถสังเกตเห็นลักษณะของการฉีดและการสเปรย์เชื้อเพลิงพลังงานทดแทนชนิดต่างๆซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

- (1) การฉีดของเชื้อเพลิงก๊าซ การบันทึกภาพจะใช้วิธีซูริเลน ซึ่งจะทำให้สามารถเห็นลักษณะของสเปรย์เชื้อเพลิงได้ชัดเจนจากการทดลองพบว่าระยะการฉีดของก๊าซธรรมชาติจะลดลงเมื่อความดันห้องเผาไหม้เพิ่มขึ้น และระยะการฉีดของก๊าซธรรมชาติจะลดลงเมื่อความดันการฉีดลดลง
- (2) การสเปรย์ของเชื้อเพลิงเหลว การบันทึกภาพจะใช้วิธีซูริเลน และการบันทึกจากกล้องโดยตรง ภาพที่ได้จากวิธีซูริเลนจะเห็นเชื้อเพลิงทั้งที่อยู่ในสถานะไอและของเหลว ทำให้สามารถวิเคราะห์รูปแบบสเปรย์ได้ง่าย ส่วนภาพที่ได้จากการบันทึกจากกล้องโดยตรง จะเห็นเชื้อเพลิงทั้งที่อยู่ในสถานะของเหลวเท่านั้น
- (3) ผลที่ได้จากการทดลองนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาเครื่องยนต์ที่ใช้พลังงานทดแทนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] Laura M. Ricart, John E. DEC, 2000, ``Comparisons of Diesel Spray Liquid Penetration and Vapor Fuel Distributions With In-Cylinder Optical Measurements," ASME, Vol. 122, 588.
- [2] Masao, K., Kimitaka, S., Masatoshi, B., Souichi, M., Takeshi G., 1999, `` Analysis of Mixture Formation of Direct Injection Gasoline Engine", JSAE, 9930072, 31.
- [3] Charoenphonphanich C., and Kamool P., "Visualization of an Alternative Fuel Injection by Schlieren Method" The 10th