ME-NETT 24 We will be a state of the Mechanical Engineering Network of Thalance

TSF 20

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24 20-22 ตุลาคม 2553 จังหวัดอุบลราชธานี

ผลของอุณหภูมิและความดันที่มีต่อคุณลักษณะของลำพุ่งน้ำมันดีเซลความเร็วสูง Effect of ambient temperature and pressure on characteristics of high speed diesel fuel jets

<u>ิวุฒิชัย สิทธิวงษ์</u>*, วิระพันธ์ สีหานาม, กุลเชษฐ์ เพียรทอง, อนิรุตต์ มัทธุจักร์ และชัยเดช เกษมนิมิตรพร

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จ.อุบลราชธานี 34190 E-mail: <u>sittiwong@hotmail.com,</u> โทรศัพท์: 043 353 309, โทรสาร: 043 353 308

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและความดันในห้องทดสอบที่มีต่อคุณลักษณะลำพุ่ง เชื้อเพลิงดีเซลความเร็วสูง (High speed diesel fuel jets) ที่กำเนิดจากการกระแทกของลูกปืน (Projectile) ความเร็วสูงประมาณ 800 m/s หัวฉีดทรงกรวยมีมุมภายใน 30° ขนาดคอคอด (Orifice diameter) 0.7 mm. การ ทดลองทำการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความดันภายห้องทดสอบในช่วงอุณหภูมิ 30 °C ที่ความดันบรรยากาศกับ 6.8 bar (100 lb/in²) ถึง 100°C ที่ความดันบรรยากาศ ลำพุ่งของเหลวความเร็วสูงที่ฉีดออกมาจะถูกถ่ายภาพโดย กล้องวีดีโอความเร็วสูง (High Speed Video Camera, HSVC) ร่วมกับเทคนิค Shadowgraph ผลการทดลองพบว่า ที่อุณหภูมิสูง (100°C, 1atm) และที่ความดันบรรยากาศ (30°C, 6.8 bar) ลำพุ่งของน้ำมันดีเซลมีความเร็วสูงสุด ประมาณ 1,100 m/s และ 1,200 m/s ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่ากรณีที่อุณหภูมิปกติ (1,400 m/s) **คำหลัก**: ลำพุ่งเชื้อเพลิงความเร็วสูง, กล้องวิดีโอความเร็วสูง, เทคนิค Shadowgraph

Abstract

This study investigates on effects of temperature and pressure in the test chamber on characteristics of high speed diesel fuel jets. The high speed diesel jets are generated by the projectile impact driven method. In experiment, projectile velocities of around 800 m/s and conical nozzle with 30° cone angle and 0.7 mm orifice diameter are used. The high speed diesel fuel jets are injected into the test chamber in which the temperature and pressure were varied over the range of 30° C (1.0 - 6.8 bar) - 100° C (1.0 bar). High speed video camera and optical system with shadowgraph technique were used to capture the characteristics of the jets. From experimental results, it is found that at high temperature (100° C, 1atm) and high pressure (30° C, 6.8 bar) conditions the maximum average jet velocity are around 1,100 m/s and 1,200 m/s respectively, and these are much lower than those at the normal temperature condition (1,400 m/s).

Keywords: High speed diesel jets, High speed video camera, Shadowgraph technique

เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงของลำพุ่งทำให้เกิดเหนี่ยวนำ อากาศรอบ ๆ ลำพุ่งเข้าหาแกนของลำพุ่ง [14] ซึ่งจะ เป็นประโยชน์ต่อการเผาไหม้เชื้อเพลิง

ในเครื่องยนต์ดีเซลที่มีการฉีดเชื้อเพลิงเป็นจังหวะ (Intermittent) ความเร็วของลำพุ่งน้ำมันที่ทางออกของ ้หัวฉีดจะอยู่ที่ประมาณ 250-500 m/s หากความดันใน ห้องเผาใหม้สูงขึ้นความเร็วจะลดลงต่ำกว่าความเร็ว เสียง (~340 m/s ที่บรรยากาศ) กรณีการฉีดเชื้อเพลิง ดีเซลที่ความเร็วสูงขึ้นน่าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการ เผาไหม่ให้สูงขึ้นได้ซึ่งเป็นเรื่องที่น่าสนใจ การศึกษานี้ จึงทำการศึกษาพฤติกรรมและคุณลักษณะของลำพุ่ง เชื้อเพลิงดีเซลความเร็วสูง (ที่สูงกว่าความเร็ว เชื้อเพลิงที่ฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้) โดยเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิและความดันในห้องทดสอบ เพื่อศึกษา คุณลักษณะของลำพุ่งเชื้อเพลิงที่คุณสมบัติต่างกันและ อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อลำพุ่งเชื้อเพลิง ผลการ ทดลองได้จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายด้วยเทคนิคที่ เรียกว่าเทคนิค Shadowgraph ร่วมกับกล้องวิดีโอ ความเร็วสูง (High Speed Video Camera, HSVC)

2. การทดลอง

2.1 วิธีการกำเนิดลำพุ่งและอุปกรณ์

การทดลองจะกำเนิดลำพุ่งของน้ำมันดีเซล ความเร็วสูง โดยวิธี Projectile impact driven [15] ด้วยวิธีนี้ลูกปืน (Projectile) ความเร็วสูงไปกระแทก น้ำมันที่ถูกบรรจุอยู่ในหัวฉีด น้ำมันที่ถูกกระแทกจะฉีด ออกมาด้วยความเร็วที่สูง ดังแสดงวิธีการในรูปที่ 1



รูปที่ 1 Projectile impact driven method



1. บทนำ

้ ปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพ และลดมลพิษจากการเผาใหม้ ทำให้สมรรถนะของ เครื่องยนต์สูงขึ้นก็คือการแตกตัวที่ดีของน้ำมันที่ฉีด เข้าห้องเผาใหม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ความเร็วรอบ การทำงานของเครื่องยนต์ที่สูงขึ้น เวลาในการผสม (Mixing) ของน้ำมันกับอากาศมีจำกัด ที่ผ่านมามี การศึกษาคุณลักษณะของเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดด้วยความ ดันและความเร็วสูงเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องยนต์ เช่นในเครื่องยนต์ของเครื่องบิน ที่เคลื่อนที่ด้วย ความเร็วเหนือเสียงถึง 7 เท่า (Supersonic combustion ram jets engine) หรือกรณีเครื่องยนต์ ของรถยนต์ดีเซล การฉีดเชื้อเพลิงที่ความดันสูงเป็น วิธีการหนึ่งที่ช่วยเพิ่มสมรรถนะของเครื่องยนต์และ ประสิทธิภาพการเผาไหม้ ซึ่งได้พิสูจน์และยอมรับกัน ้อย่างกว้างขวาง เช่น ในเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ระบบ การฉีดเชื้อเพลิง Common rail ที่สามารถสร้างความ ดันในการฉีดเชื้อเพลิงได้สูงถึงเกือบ 2000 บาร์ [1,2] หรือระบบไฮโดรลิคส์ หรือ HEUI ความดันสูงกว่า 2000 บาร์ [3]

เหตุผลที่ทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์และ ประสิทธิภาพการเผาใหม้สูงขึ้น เกิดจากความดันใน การฉีดเชื้อเพลิงที่สูงขึ้นทำให้เชื้อเพลิงแตกตัว (Fuel atomization) การผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศ (Mixing) และการระเหยของเชื้อเพลิง (Fuel evaporation) ดีขึ้น ประสิทธิภาพการเผาไหม้จึง เพิ่มขึ้น ซึ่งได้มีการพิสูจน์จากงานวิจัยด้านพฤติกรรม และคุณลักษณะของสเปรย์น้ำมันเชื้อเพลิงทั้งการ ทดลองและทางทฤษฏี [4-9] การฉีดเชื้อเพลิงที่ความ ้ดันสูงจนกระทั่งความเร็วของลำพุ่งน้ำมันมีความเร็วสูง ระดับ supersonic แล้วเกิด shock wave ขึ้น ทำให้ อัตราการแตกตัวของน้ำมันเพิ่มขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยา ที่เกิดขึ้นรอบ ๆ ลำพุ่งของเชื้อเพลิง (Interaction) [4,10] ขนาดของเม็ดน้ำมันมีขนาดที่เล็กลง [11,12] อุณหภูมิด้านหลังของ shock wave จนถึงส่วนหัวของ ้ลำพุ่งจะสูงขึ้นกว่าปกติมาก [13] นอกจากนี้การ

TSF 20



รูปที่ 2 แสดง Horizontal Single Stage Powder Gun (HSSPG) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ออกแบบและสร้าง ขึ้นเพื่อใช้สำหรับการทดลอง ในขบวนการตั้งแต่ขับ ลูกปืนจนลำพุ่งน้ำมันดีเซลถูกฉีดออกมาด้วยความเร็ว สูง HSSPG จะประกอบด้วยส่วนหลัก ๆ 5 ส่วน คือ

 ถัวปล่อยกระสุน (Launcher หรือ Powder gun) 2. ท่อส่งลูกปืน (Launch tube หรือ Gun barrel)
 ว. ท่อระบายแรงดัน (Pressure relief section) 4. ส่วนประกอบและติดตั้งหัวฉีด (Nozzle assembly) และ 5. ห้องทดสอบ (Test chamber)



รูปที่ 2 Horizontal Single Stage Powder Gun

หลักการทำงานของ HSSPG เริ่มจากลูกปืนที่ทำ จากอะคิริค (Acrylic) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 mm. ยาว 15 mm. มวล 0.98 g ถูกขับด้วยดินขับชนิดดิน ควันน้อย (Smokeless powder) ปริมาณ 3 g โดยชุด ปล่อยลูกปืนมีหลักการทำงานเหมือนปืนที่ใช้ดินปืน ทั่วไป ลูกปืนเคลื่อนที่ไปตามท่อส่งลูกปืน (Launch tube) ทำหน้าที่เหมือนลำกล้องปืน มีขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางภายใน 8 mm. ยาว 1.5 m. ส่วนปลายของ ท่อส่งลูกปืนจะติดตั้งท่อระบายความดัน (Pressure relief section) ทำหน้าที่ระบายแรงอัดอากาศที่อยู่ส่วน หน้าของลูกปืนเพื่อลดแรงต้านและแรงอัดภายในท่อส่ง ซึ่งท่อส่งนี้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 8 mm. ยาว 460 mm. เจาะช่องระบายอากาศขนาด 3 mm. เป็น แนวยาวตลอดทั้ง 4 ด้าน ส่วนปลายของท่อระบาย ้ความดันจะทำหน้าที่ยึดหัวฉีดให้ติดกับถังทดสอบ เมื่อ ้ลูกปืนวิ่งไปกระแทกน้ำมันดีเซลในชุดหัวฉีด น้ำมันที่มี

ความเร็วสูงจะถูกฉีดเข้าห้องทดสอบ (Test chamber) ซึ่งเป็นบริเวณที่จะทำการควบคุมสภาวะการทดลอง (อุณหภูมิและความดัน) ห้องทดสอบมีลักษณะเป็นถัง ทรงกลม มีช่องหน้าต่าง 2 ด้าน ปิดด้วยอะคิริคใส หนา 25 mm. เพื่อให้สามารถมองผ่านทะลุได้ ใช้ใน การเก็บผลการทดลองด้วยการถ่ายวิดีโอ ภายในห้อง ทดสอบจะติดตั้งตัวทำความร้อน (Heater) ขนาด 1,000 watt และพัดลมหมุนเวียนอากาศจำนวน 2 ตัว ไว้ส่วนท้าย ภายในห้องทดสอบยังติดตั้งหัววัดสำหรับ ควบคุมอุณหภูมิ ส่วนบนของห้องทดสอบมีจุดต่อ แหล่งความดันและเกจวัดความดัน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ห้องทดสอบและอุปกรณ์

2.2 หัวฉีด

คุณลักษณะของลำพุ่งที่ผลิตด้วยวิธี Projectile
 impact driven นี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง อาทิเช่น
 ความเร็วและมวลของลูกปืน เป็นต้น จากงานวิจัยที่
 ผ่านมาพบว่า อีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณลักษณะของ
 ลำพุ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเร็วของลำพุ่ง คือ
 รูปร่างภายในของหัวฉีด [13,16-18] ได้แก่ ขนาดคอ
 คอด (d) อัตราส่วนของความยาวคอคอด (Orifice) (l)
 ต่อขนาดคอคอด (d) (หรืออัตราส่วนของ I/d) และมุม
 ภายใน (α) ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 4

การศึกษานี้เลือกหัวฉีดที่สามารถให้ความเร็วของ ลำพุ่งได้สูงสุด [13,18] เป็นหัวฉีดรูปทรงกรวย (Conical nozzle) ขนาดคอคอด 0.7 mm. อัตราส่วน I/d เป็น 4.2 และปริมาตรความจุ 1.5 cc.





รูปที่ 4 รูปร่างของหัวฉีดที่ใช้ในการทดลอง

2.3 เทคนิคการถ่ายภาพลำพุ่งความเร็วสูง

การศึกษาคุณลักษณะลำพุ่งของเหลวความเร็วสูง ทำได้ยากเนื่องจากไม่สามารถมองเห็นการ เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของลำพุ่งด้วยตาเปล่า หรือ ถ่ายภาพด้วยกล้องถ่ายภาพทั่วไปได้ นี่คือสาเหตุหนึ่ง ที่ทำให้มีการศึกษาด้านของไหลความเร็วสูงน้อยมาก ในประเทศไทย



รูปที่ 5 Visualization setup

การทดลองนี้ทำการศึกษาคุณลักษณะของลำพุ่ง ความเร็วสูงด้วยการถ่ายภาพโดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า Shadowgraph Technique ร่วมกับ HSVC ยี่ห้อ Photron รุ่น SA5 โดยอุปกรณ์ประกอบไปด้วยกระจก ผิวโค้ง (Parabolic mirror) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 cm. โฟกัส 1,500 cm. จำนวน 2 บาน แหล่งกำเนิด แสง (Light source) ชนิด Xenon 3500 lumens/4300 K พร้อมเลนส์รวมแสง (Convex lens) และกล้องวิดีโอความเร็วสูง โดยการศึกษานี้ตั้ง ความเร็วและรายละเอียดของการถ่ายภาพเป็น 30,000 fps ที่ความละเอียด 1024x240 และ shutter speed 1/1,000,000 วินาที จัดวางไว้ดังรูปที่ 5 **2.4 วิธีการทดลอง**

2.4 มีการกิจลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของ อุณหภูมิและความดันที่มีต่อคุณลักษณะของลำพุ่งของ น้ำมันดีเซลที่ความเร็วสูงกว่าความเร็วของเชื้อเพลิงที่

ฉีดในระบบฉีดเซื้อเพลิงของเครื่องยนต์ในปัจจุบัน การศึกษากรณีการฉีดลำพุ่งที่ความเร็วเหนือเสียง (ระดับ Supersonic) จะเริ่มจากฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปใน ห้องทดสอบที่สภาวะบรรยากาศ (30°C, 1atm) เพื่อ ศึกษาคุณลักษณะของลำพุ่งและ shock wave แล้ว เพิ่มอุณหภูมิและความดันของอากาศในห้องทดสอบ เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและความดันของ สภาวะแวดล้อมที่มีต่อคุณลักษณะของลำพุ่งและ shock wave ในการทดลองนี้ใช้น้ำมันดีเซลเป็น ของเหลวสำหรับกำเนิดลำพุ่ง ซึ่งมีคุณสมบัติดังตาราง ที่ 1

		Ŷ
d	20	_ • A
ตารางท	1 ดกเสบบเตบา	າຫະສານນ້ານນຸດເຫລ
VI 10 1011		49

คุณสมบัติ	ห้ำมันดีเซล
Density (g/ml), at 20 [°] C	0.84
Viscosity (cSt), at 20 ^o C	1.8-5.0
Specific gravity, at 20 [°] C	0.82-0.90
Flash point ([°] C)	>52
Surface Tension (N/m), at 20 [°] C	0.025
Boiling Point, at 1 atm	288-338 °c

วิธีการทดลองเริ่มจากควบคุมอุณหภูมิและความ ดันห้องทดสอบ จุดชนวนดินขับ (3 g) เพื่อกำเนิดลำ พุ่งน้ำมันให้ฉีดเข้าไปภายในห้องทดสอบ ในส่วนของ ระบบ Optical ทั้งแหล่งกำเนิดแสงและกล้องวิดีโอจะ ทำงานก่อนที่จะจุดชนวนดินขับ เปิดแหล่งกำเนิดแสง จนแสงสว่างถึงจุดสูงสุด (~3 ms) หลังจากนั้นเริ่ม



บันทึกภาพ จากนั้นจึงจุดชนวนดินขับสิ้นเสียงระเบิด ของชุดปล่อยลูกปืนจึงหยุดบันทึกภาพ

ในส่วนของความเร็วลูกปืน และลำพุ่งสามารถหา ได้โดย วัดระยะการเคลื่อนที่จากภาพถ่าย (เทียบ สเกล) ซึ่งในแต่ละภาพมีเวลาที่แตกต่างกัน 33 μs (ความเร็วในการถ่ายที่ 30,000 f/s) ก็สามารถหา ความเร็วเฉลี่ยของลูกปืนหรือลำพุ่งในแต่ละภาพได้

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในเบื้องต้นความเร็วของลำพุ่งจะเปลี่ยนแปลงไป ตามความเร็วของลูกปืน (เปลี่ยนแปลงปริมาณดินขับ) ดังนั้นการทดลองนี้จึงควบคุมความเร็วของลูกปืนด้วย ปริมาณดินขับ 3 g (ความเร็วเฉลี่ยลูกปืน 700 m/s) ผลการทดลองคุณลักษณะของลำพุ่งทั้งหมดจะได้จาก การวิเคราะห์จากภาพถ่ายที่ความเร็วในการถ่ายและ ความละเอียดของภาพเท่ากัน

ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 3 กรณีคือ

 ลำพุ่งน้ำมันดีเซลถูกฉีดเข้าห้องทดสอบที่อุณหภูมิ และความดันบรรยากาศ (30°C, 1 atm)

 ลำพุ่งน้ำมันดีเซลถูกฉีดเข้าห้องทดสอบที่อุณหภูมิ สูงและความดันบรรยากาศ (100°C, 1 atm)

ลำพุ่งน้ำมันดีเซลถูกฉีดเข้าห้องทดสอบที่อุณหภูมิ
 บรรยากาศและความดันสูง (30°C, 6.8 bar)

3.1 คุณลักษณะของลำพุ่งดีเซลในห้องทดสอบที่ อุณหภูมิและความดันบรรยากาศ (30⁰C, 1atm)

กรณีที่ 1 ลำพุ่งน้ำมันดีเซลปริมาณ 1.5 CC. ใน ห้องทดสอบที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 30°C ความดัน บรรยากาศ ถ่ายภาพด้วยเทคนิคชาโดว์กราฟ กับ HSVC ทุก ๆ 33 μs (30,000 fps) แสดงในรูปที่ 6 จาก รูปจะเห็นลำพุ่งของน้ำมันดีเซลและ Shock wave อย่างชัดเจน ในรูป 6(a-e) แสดงให้เห็นลักษณะของลำ พุ่งในช่วงแรกที่ขนาดส่วนหัวที่โตกว่าส่วนหางซึ่งเป็น พฤติกรรมของของเหลวที่เคลื่อนที่โดยมีแรงต้าน (Drag force) จากภายนอกกับผลของการกระจายตัว ของความดันภายในซึ่งเป็นผลทำให้แกนลำพุ่ง (Jet core) แตกออก ส่วนปลายของลำพุ่งจะกลับมาเรียว แหลมอีกครั้งในช่วงท้าย (รูป 6(g)) นั้นแสดงว่า ความเร็วของลำพุ่งไม่คงที่และเป็นพัลล์ (Pulse) ภายในแกนลำพุ่ง ซึ่งเกิดจากการที่ลูกปืนไม่สามารถ ขับน้ำมันดีเซลออกมาได้ในครั้งเดียวจึงเกิดการสะสม ความดันภายในหัวฉีด จะเห็นได้ชัดจากการเกิดการ เปลี่ยนแปลงมุมของ shock wave

23.7 mm. Nozzle (a) 1st SW 33 µs Diesel jet (b) 2nd SW 1st SW 66 µs (c) lach dis 99 µs (d) 3rd SW 133 µS (e) Droplet 166 µs (f) Change in shock angle 199 µS (g)

รูปที่ 6 ลำพุ่งน้ำมันดีเซลในห้องทดสอบอุณหภูมิ 30⁰C ความดันบรรยากาศ (กรณีที่ 1)

จากรูปถ่ายสามารถมองเห็นการแตกตัวของเม็ด น้ำมัน (Drop atomization) ขึ้นอย่างหนาแน่นบริเวณ รอบ ๆ ลำพุ่งอย่างชัดเจนโดยเฉพาะอย่างยิ่งใน ช่วงเวลาเริ่มต้น (33-66 µs) ส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดการ แตกตัวของเม็ดน้ำมันคือแรงเสียดทาน (Shear force) ระหว่างน้ำมันกับอากาศในช่วงเวลาที่ลำพุ่งมีความเร็ว สูง และคุณสมบัติของน้ำมัน โดยเฉพาะค่าแรงตึงผิว (Surface tension) ของ เมื่อเวลาผ่านไปการแตกตัว



ของเม็ดน้ำมันลดลงเหลือเพียงบริเวณส่วนหางของลำ พุ่ง (ใกล้หัวฉีด) สาเหตุเกิดจากในช่วงท้ายของการฉีด ปริมาณน้ำมันฉีดออกมามาก ปริมาณของน้ำมัน มากกว่าส่วนหาง ความดันลดลงจึงทำให้น้ำมัน กระจายตัวได้ยาก นอกจากนี้ความเร็วที่ลดลงทำให้ แรงเสียดทานที่ผิวลดลงด้วย ซึ่งสังเกตได้จาก shock wave เริ่มเป็น bow shock มากขึ้น

กรณีนี้ลำพุ่งน้ำมันดีเซลความเร็วสูงถูกฉีดเข้าไป ในห้องทดสอบที่สภาวะบรรยากาศ แรงต้านการ เคลื่อนที่จะต่ำ ความเร็วของลำพุ่งสูงพอกับความเร็ว ของ shock wave (Attached shock wave) เกิดการ แตกตัวของเม็ดน้ำมันอย่างชัดเจน ซึ่งสาเหตุเกิดจาก แรงเสียดทานของลำพุ่งกับอากาศ ความดันภายใน และคุณสมบัติของของเหลว

3.2 อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อคุณลักษณะของ ลำพุ่ง

กรณีที่ 2 อุณหภูมิในห้องทดสอบ 100[°]C ผล ปรากฏว่าลำพุ่งของน้ำมันดีเซลมีรูปร่างที่เปลี่ยนไป

มากเมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 7 ้ลำพุ่งน้ำมันดีเซลและ shock wave มีรูปร่างเรียว แหลมมาก (เป็น oblique shock wave) ซึ่งพอจะ สันนิษฐานได้ว่าลำพุ่งมีความเร็วสูงกว่ากรณีที่ 1 และ การแตกตัวของน้ำมันมีให้เห็นแต่ไม่ชัดเจนนัก ลักษณะเป็นละอองที่เล็กลงกว่ากรณีที่ 1 แสดงว่า ความร้อนช่วยให้น้ำมันละเหยตัว สังเกตรูปที่ 7(e-f) การแตกตัวของเม็ดน้ำมันเกิดจากอุณหภูมิภายในห้อง ที่สูงขึ้นประกอบกับแรงเสียดทานและคุณสมบัติของ ้น้ำมันดีเซล (โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่า surface tension) จากภาพที่เห็นการแตกตัวของน้ำมันดีเซลจะแตกตัว ถึงระดับระเหยตัว (Droplet evaporation) shock wave มีรูปร่างเรียวแหลมมาก ซึ่งพอจะสันนิษฐานได้ ้ว่าลำพุ่งมีความเร็วค่อนข้างจะคงที่กว่ากรณีที่ 1 และ การแตกตัวของน้ำมันมีลักษณะเป็นละอองที่เล็กลง กว่ากรณีที่ 1 (หัวข้อ 3.1) แสดงว่าอุณหภูมิทำให้ น้ำมันละเหยตัวได้ดี



รูปที่ 7 ลำพุ่งน้ำมันดีเซลในทดสอบอุณหภูมิ 100°C ความดันบรรยากาศ (กรณีที่ 2)

อิทธิพลของความดันที่มีต่อคุณลักษณะของ ลำพุ่ง

กรณีที่ 3 ลำพุ่งในห้องทดสอบที่มีความดัน ประมาณ 6.8 bar (100 lb/in²) อุณหภูมิ 30⁰C แสดง ในรูปที่ 8

จากรูปจะเห็นได้ว่าในช่วงเวลา 33 - 66 μs (รูปที่ 6(b-c)) พฤติกรรมของลำพุ่งไม่แตกต่างกับในกรณี อุณหภูมิและความดันบรรยากาศ สาเหตุเนื่องจาก ความดันภายในหัวฉีดที่สูงมาก (ระดับ 10,000 bar หรือ GPa) เมื่อเทียบกับความดันในห้องทดสอบ ดังนั้นคุณลักษณะของลำพุ่งในช่วงเริ่มต้นจึงไม่ แตกต่างกันมากนัก หลังจากนั้น (รูปที่ 6(d)) ลำพุ่งเริ่ม กระจายตัวโดยเฉพาะส่วนหัวของลำพุง สาเหตุเกิด จากแรงต้าน (Drag force) ซึ่งเห็นได้อย่างชัดเจนใน

TSF 20



รูป 8(e) และในช่วงเวลาที่ 166 μs (รูป 8(f)) ความเร็ว ของลำพุ่งเริ่มช้าลง สังเกตได้จากรูปร่างของ shock wave (เป็น bow shock มากขึ้น) มุมของ shock wave ที่เพิ่มขึ้น ลำพุ่งเคลื่อนที่ช้ากว่า shock wave (Detached shock wave)



รูปที่ 8 ลำพุ่งน้ำมันดีเซลในทดสอบอุณหภูมิ 30⁰C ความดัน 6.8 bar (กรณีที่ 3)

กรณีเพิ่มความดันในห้องทดสอบขึ้นทำให้ลำพุ่ง เคลื่อนตัวได้ช้าและระยะที่สามารถเคลื่อนที่ไปได้น้อย กว่ากรณีการฉีดลำพุ่งในสภาวะบรรยากาศกับกรณี เพิ่มอุณหภูมิในห้องทดสอบ ซึ่งจากรูป 8(g) เป็น ภาพถ่ายที่เวลา 1,915 μs จะเห็นได้ว่าลำพุ่งแตก กระจาย (Jet break up) อย่างเห็นได้ชัด ความเร็ว ลดลงจน shock wave เคลื่อนหายไปจากภาพแล้ว กระทบผนังห้องทดสอบสะท้อนกลับ (Reflection shock wave) แต่ลำพุ่งยังเคลื่อนที่ไปได้ไม่ไกลจาก เดิม (เทียบที่เวลา 166 μs ของรูป 8(f)) ซึ่งเห็นได้ ชัดเจนว่าความดันมีผลต่อความเร็วและระยะการ เคลื่อนที่ (Penetration distance) ของลำพุ่งมาก

3.4 เปรียบเทียบความเร็วและระยะการเคลื่อนที่ ของลำพุ่ง

จากผลการทดลองทั้ง 3 กรณีที่ได้กล่าวมาข้างต้น คือ กรณีลำพุ่งน้ำมันดีเซลในห้องทดสอบสภาวะ บรรยากาศ กรณีลำพุ่งในน้ำมันดีเซลในห้องทดสอบ อุณหภูมิสูง และกรณีลำพุ่งในน้ำมันดีเซลในห้อง ทดสอบความดันสูง นำผลของความเร็วและระยะการ เคลื่อนที่มาแสดงในรูปของกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 9 ความเร็วเฉลี่ยสูงสุดของลำพุ่งน้ำมันดีเซลอยู่ที่ ประมาณ 1,400 m/s เกิดที่กรณีที่ 1 (30°C, 1atm) และความเร็วของลำพุ่งต่ำสุดที่ประมาณ 500 m/s เกิดขึ้นในกรณีที่ 3 (30°C, 6.8 bar) โดยเทียบที่เวลา 266 μs ซึ่งเป็นเวลาสุดท้ายของ 2 กรณีแรกที่สามารถ วัดได้



รูปที่ 9 เปรียบเทียบผลของลำพุ่งน้ำมันดีเซล

กรณีที่ 1 (30[°]C, 1atm) ลำพุ่งมีความเร็วสูงสุด และลดลงอย่างต่อเนื่องจนมีค่าเท่ากรณีที่ 2 (100[°]C, 1atm) ที่ความเร็วลำพุ่งเริ่มต้นต่ำ นั่นแสดงว่าอุณหภูมิ มีผลต่อความเร็วช่วงเริ่มต้นของลำพุ่งเท่านั้น ซึ่งต่าง จากกรณีที่ 3 ที่ความดันมีผลต่อความเร็วของลำพุ่ง อย่างต่อเนื่อง ส่วนระยะที่ลำพุ่งเคลื่อนที่ได้ตลอดระยะ ของภาพที่สามารถถ่ายได้ (230 mm เป็นระยะที่



สามารถวัดได้) ที่เวลา 266 μs กรณีที่ 1 และ 2 ลำพุ่ง จะเคลื่อนที่ได้ระยะไม่ต่างกันคือประมาณ 230 mm แต่กรณีที่ 3 คือเพิ่มความดันในห้องทดสอบนั้นพบว่า ลำพุ่งเคลื่อนที่ไปได้เพียง 138 mm เทียบกับเวลา เดียวกับ กรณีที่1 และ 2 (266 μs)

4. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและ ความดันที่มีต่อคุณลักษณะของลำพุ่งน้ำมันดีเซล ความเร็วสูง โดยทำการทดลองฉีดน้ำมันเข้าไปในห้อง ทดสอบ 3 กรณี คือกรณีที่ห้องทดสอบมีอุณหภูมิ 30°C กับ 100°C ความดัน 1 บรรยากาศ และกรณีที่ ห้องทดสอบมีอุณหภูมิ 30°C ความดัน 6.8 bar พบว่า กรณีที่ 1 และ 2 ไม่แตกต่างกันมากนักในเรื่อง ความเร็วและระยะการเคลื่อนที่ แต่อุณหภูมิมีผลต่อ การแตกตัวของเม็ดน้ำมัน (Atomization) ส่วนกรณีที่ 3 ความเร็วและระยะการเคลื่อนที่ของของลำพุ่ง แตกต่างจาก 2 กรณีแรกอย่างชัดเจน ที่สำคัญคือผล ของแรงต้านมีผลต่อลำพุ่งอย่างมาก ซึ่งจะเป็น ประโยชน์ต่อการนำไปศึกษาและพัฒนาเพื่อการ สันดาปต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการวิจัย แห่งชาติ (วช.) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลอีสาน สุรินทร์ ที่ให้การสนับสนุน งานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Celikten, I. (2003). An experimental investigation of the effect of the injection pressure on engine performance and exhaust emission in indirect injection diesel engines, *Applied Thermal Engineering*, vol. 23, pp. 2051-2060.

[2] Baker, R., Semin, A. and Ismail, A.R. (2008). FuelInjection Pressure Effect on Performance of DieselInjection Diesel Engines Based on Experiment,

American Journal of Applied Sciences, vol. 5, pp. 197-202.

[3] Milton, B.E. and Pianthong, K. (2005). Pulsed, supersonic fuel jets-A review of their characteristics and potential for fuel injection, *Heat and Fluid Flow*, vol. 26, pp. 656-671,

[4] Crua, C. (2002). Combustion Processes in a Diesel Engine, *Doctor's Thesis*, University of Brighton.

[5] Nakahira, T., Komori, M., Nishida, M. and Tsujimura, K. (1992). The Shock Wave Generation Around the Diesel Fuel Spray with High Pressure Injection, *SAE*, vol. 101(3), pp. 741-746.

[6] Suh, H.K. and Lee, C.S. (2008). Experiment and numerical ananlysis of diesel fuel atomization characteristics of a piezo injection system, *Oil & Gas Science and Technology*, vol. 63(2), pp. 239-250.

[7] Desantes, J.M., Payri, R., Salvador, F.J. and Gil, A. (2005). Development and validation of a theoretical model for diesel spray penetration, *Fuel*, vol. 85, pp. 910-917.

[8] Pianthong, K., Matthujak, A., Takayama, K., Milton, B.E., and Behnia, M. (2008). Dynamic characteristics of pulsed supersonic fuel sprays, *Shock Waves*, vol. 8(1), pp. 100-110.

[9] Shi, H.H. and Takayama, K. (1999).
Generation of hypersonic liquid fuel jets accompanying self-combustion, *Shock Waves*, vol.
9, pp. 327-332.

[10] Pianthong, K., Takayama, K., Milton, B.E. and Behnia, M. (2005). Multiple pulsed hypersonic liquid diesel fuel jets driven by projectile impact, *Shock Waves*, vol. 4(1-2), pp. 73-82.



[11] Wu, K.J., Reitz, R.D. and Bracco, F.V. (1986). Measurements of drop size at the spray edge near the nozzle in atomizing liquid jets, *Phys. Fluids*, vol. 29(4), April 1986, pp. 41-951.

[12] Nakahira, T., Komori, M., Nishida, N. and Tujimura K. (1991). A study of shock wave generation around high pressure fuel spray in a diesel engine, *In 18th International Symposium on Shock wave*, japan.

[13] Pianthong, K. (2002). Supersonic Liquid Diesel Fuel Jets, *Doctor of Philosophy,* The University of New South Wales.

[14] วิระพันธ์ สีหานาม, วุฒิชัย สิทธิวงษ์, กุลเซษฐ์ เพียรทอง และอนิรุตต์ มัทธุจักร์ (2550). การจำลอง คุณลักษณะเบื้องตันของลำพุ่งเชื้อเพลิงความเร็วสูง, การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศ ไทย ครั้งที่ 21, ซลบุรี

[15] วุฒิชัย สิทธิวงษ์, วิระพันธ์ สีหานาม, กุลเชษฐ์ เพียรทอง, อนิรุตต์ มัทธุจักร์ และ Eric Yeo (2551). การปรับเทียบชุดทดลองสำหรับการศึกษาการ กระแทกความเร็วสูง, การประชุมเครือข่าย วิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 22, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

[16] Shi, HH., Takayama, K., and Onodera, O.
(1994). Supersonic Diesel Fuel Injection through a Single-Hole Nozzle in a compact Gas Gun (Part II), *JSME*, vol. 37, pp. 509-516.

[17] Matthujak, A., Pianthong, K., Sun, M. and Takayama, K. (2007). Experimental Study of Impact-Generted High-Speed Liquid Jet, *Mechanical Engineering Network of Thailand,* Chunburi, Thailand.

[18] Sittiwong, W., Seehanam, W., Pianthong, K. and Matthujak, A. (2009). Effect of stand-off distance on impact pressure of high speed liquid jets, *The 10th Asian International Conference on Fluid Machinery*, Kuala Lumpur, Malaysia