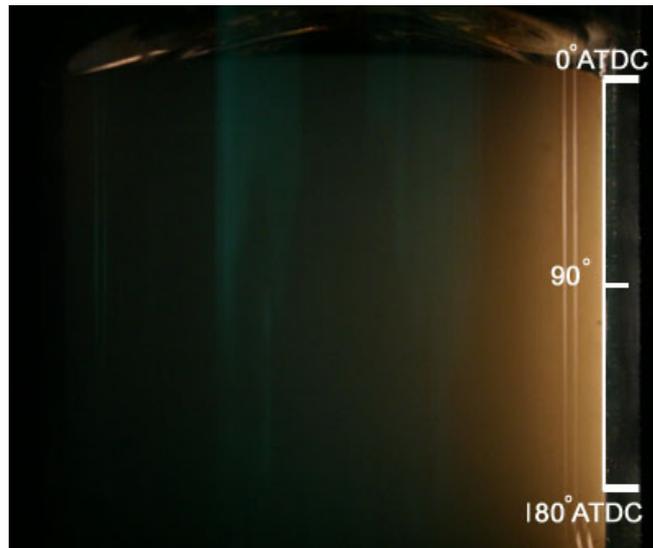


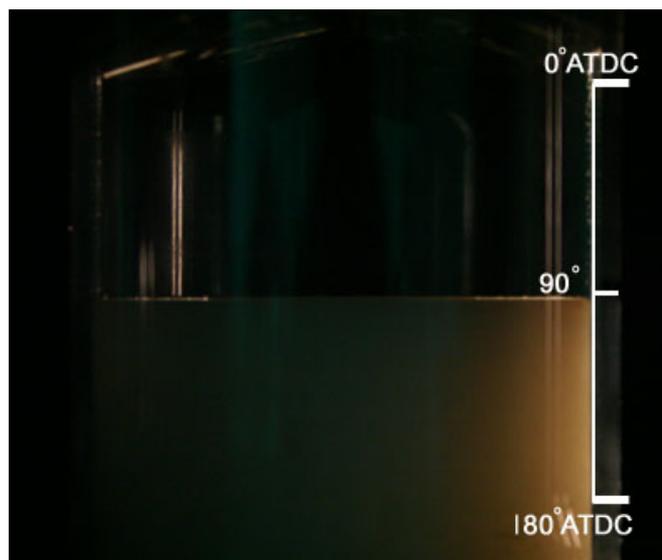
ภาคผนวก ก

ค่าปรับแก้โฟโต้เซนเซอร์

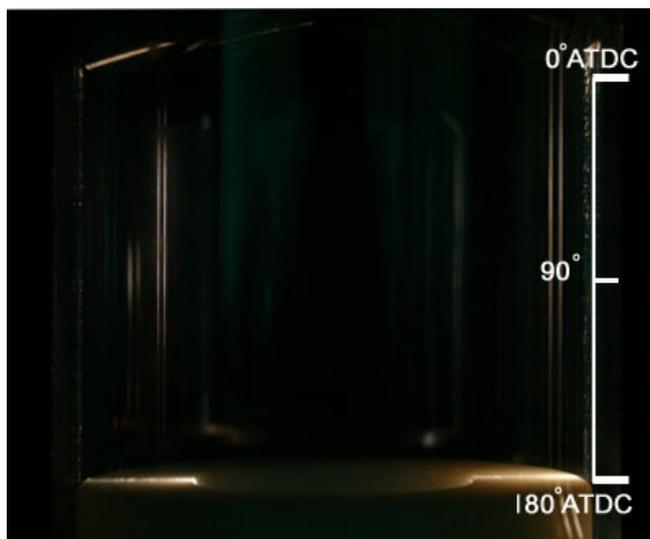
ในการถ่ายภาพด้วยวิธี PIV ในงานวิจัยนี้ เนื่องจากไม่มีกล้องวีดิโอความเร็วสูงจึงต้องใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาช่วยในการเก็บภาพตำแหน่งที่ต้องการซึ่งทำให้เกิดความล่าช้าขึ้นจึงต้องมีค่าปรับแก้การถ่ายล่าช้าเนื่องจากกล้องถ่ายภาพระบบดิจิทัลโดยสามารถปรับแก้ได้ที่โฟโต้เซนเซอร์ให้มีระยะก่อนหน้าการถ่ายที่มุมข้อเหวี่ยงล่วงหน้า 90 องศาหลังศูนย์ตายบน



รูปที่ ก 1 ภาพถ่ายที่ศูนย์ตายบนเพื่อเปรียบเทียบค่าปรับแก้โฟโต้เซนเซอร์

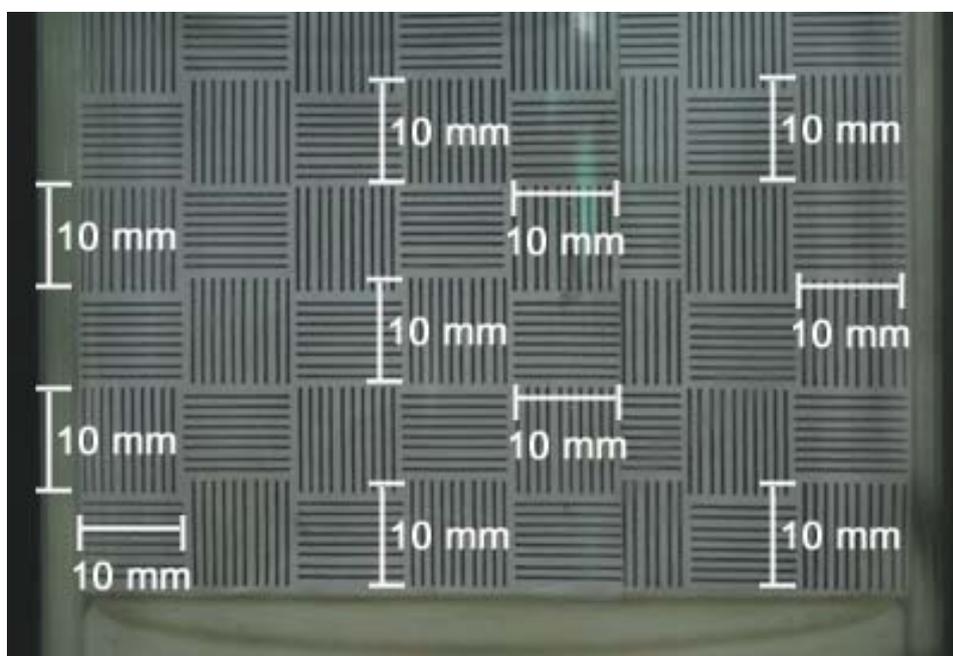


รูปที่ ก 2 ภาพถ่ายที่การตั้งโฟโต้เซนเซอร์ที่ 0 องศาหลังศูนย์ตายบน



รูปที่ 3 ภาพถ่ายที่การตั้งโฟโต้เซนเซอร์ที่ 90 องศาหลังศูนย์กลางบน

ในการถ่ายภาพผ่านกระบอกสูบใสซึ่งมีความโค้งของพื้นผิวจำเป็นต้องตรวจสอบการหักเหของแสงที่เกิดขึ้นว่ามีผลกระทบต่อความยาวของเส้นทางการไหลมากน้อยเพียงใด จากรูปที่ 4 ผลจากการถ่ายภาพปรากฏว่าการถ่ายภาพสเกลขนาด 10 มม. ภายในกระบอกสูบจุดที่โฟกัสเพื่อจับภาพ พบว่าการหักเหของแสงที่จะทำให้ขนาดของเส้นสเกลผิดเพี้ยนไปไม่มากนัก



รูปที่ 4 ภาพถ่ายสเกลวัดค่า การหักเหของแสงที่เกิดกับกระบอกสูบใส

ตารางที่ 1 ค่าจากการลงจุดในการพล็อตเวกเตอร์เพื่อทดสอบความแม่นยำ

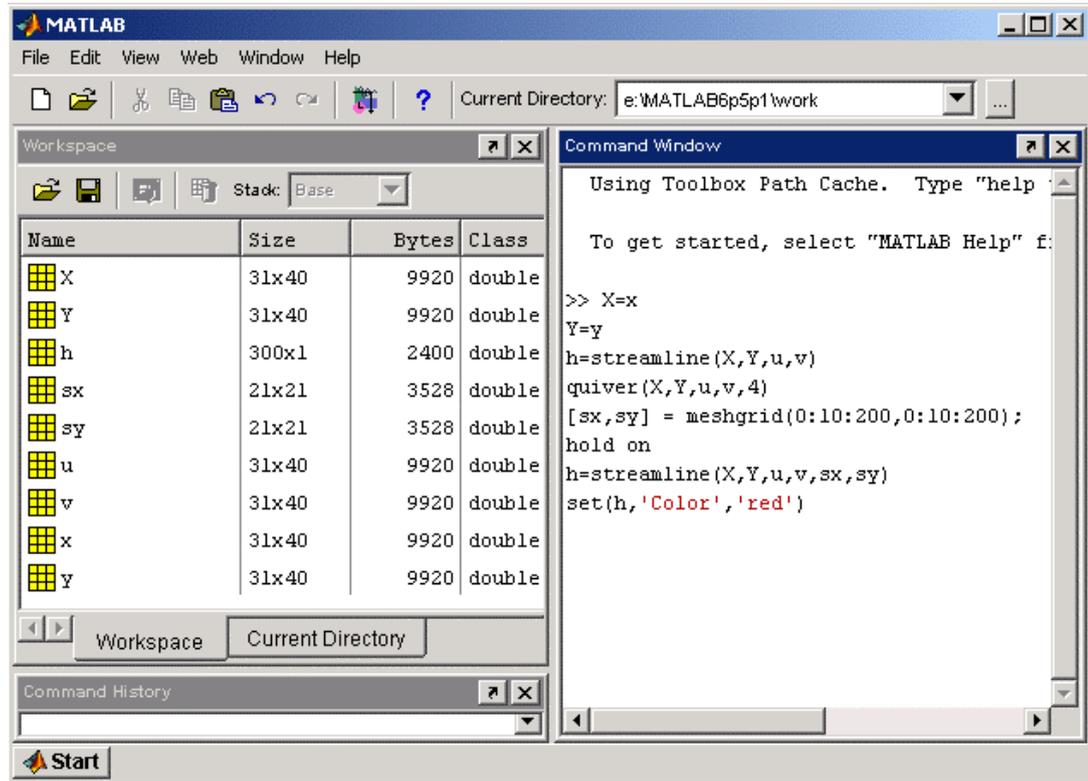
จุดที่	x1	y1	x2	y2	จุดที่	x1	y1	x2	y2
1	61	66	84	49.5	51	61	66	84	49.5
2	61	66	84	49.5	52	61	66	84	49.5
3	61	66	84	49.5	53	61	66	84	49.5
4	61	66	84	49.5	54	61	66	84	49.5
5	61	66	84	49.5	55	61	66	84	49.5
6	61	66	84	49.5	56	61	66	84	49.5
7	61	66	84	49.5	57	61	66	84	49.5
8	61	66	84	49.5	58	61	66	84	49.5
9	61	66	84	49.5	59	61	66	84	49.5
10	61	66	84	49.5	60	61	66	84	49.5
11	61	66	84	49.5	61	61	66	84	49.5
12	61	66	84	49.5	62	61	66	84	49.5
13	61	66	84	49.5	63	61	66	84	49.5
14	61	66	84	49.5	64	61	66	84	49.5
15	61	66	84	49.5	65	61	66	84	49.5
16	61	66	84	49.5	66	61	66	84	49.5
17	61	66	84	49.5	67	61	66	84	49.5
18	61	66	84	49.5	68	61	66	84	49.5
19	61	66	84	49.5	69	61	66	84	49.5
20	61	66	84	49.5	70	61	66	84	49.5
21	61	66	84	49.5	71	61	66	84	49.5
22	61	66	84	49.5	72	61	66	84	49.5
23	61	66	84	49.5	73	61	66	84	49.5
24	61	66	84	49.5	74	61	66	84	49.5
25	61	66	84	49.5	75	61	66	84	49.5
26	61	66	84	49.5	76	61	66	84	49.5
27	61	66	84	49.5	77	61	66	84	49.5
28	61	65.5	84	49.5	78	61	66	84	49.5
จุดที่	x1	y1	x2	y2	จุดที่	x1	y1	x2	y2

29	61	66	84	49.5	79	61	66	84	49.5
30	61	66	84	49.5	80	61	66	84	49.5
31	61	66	84	49.5	81	61	66	84	49.5
32	61	66	84	49.5	82	61	66	84	49.5
33	61	66	84	49.5	83	61	66	84	49.5
34	61	66	84	49.5	84	61	66	84	49.5
35	61	66	84	49.5	85	61	66	84	49.5
36	61	66	84	49.5	86	61	66	84	49.5
37	61	66	84	49.5	87	61	66	84	49.5
38	61	66	84	49.5	88	61	66	84	49.5
39	61	66	84	49.5	89	61	66	84	49.5
40	61	66	84	49.5	90	61	66	84	49.5
41	61	66	84	49.5	91	61	66	84	49.5
42	61	66	84	49.5	92	61	66	84	49.5
43	61	66	84	49.5	93	61	66	84	49.5
44	61	66	84	49.5	94	61	66	84	49.5
45	61	66	84	49.5	95	61	66	84	49.5
46	61	66	84	49.5	96	61	66	84	49.5
47	61	66	84	49.5	97	61	66	84	49.5
48	61	66	84	49.5	98	61	66	84	49.5
49	61	66	84	49.5	99	61	66	84	49.5
50	61	66	84	49.5	100	61	66	84	49.5

จากการทดลองพล็อตจุดเวกเตอร์ 100 จุด มีจุดผิดพลาดจุดที่ 28 เพียง 1 จุดผิดพลาดไป 0.5 pixel ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 1 เปอร์เซ็นต์ ของความผิดพลาดจากการลงจุด และจากค่าความละเอียดของ pixel ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ ขนาดที่ขยายภาพมาใช้ในการลงจุด มีขนาด 200 pixel = 90 ม.ม. ฉะนั้น 2.2222222 pixel = 1 ม.ม. เมื่อคิดค่าความผิดพลาดของ 0.5 pixel = 0.252 ม.ม. คิดเป็นค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการลงจุดผิดจากจุดเดิมไป 0.25%

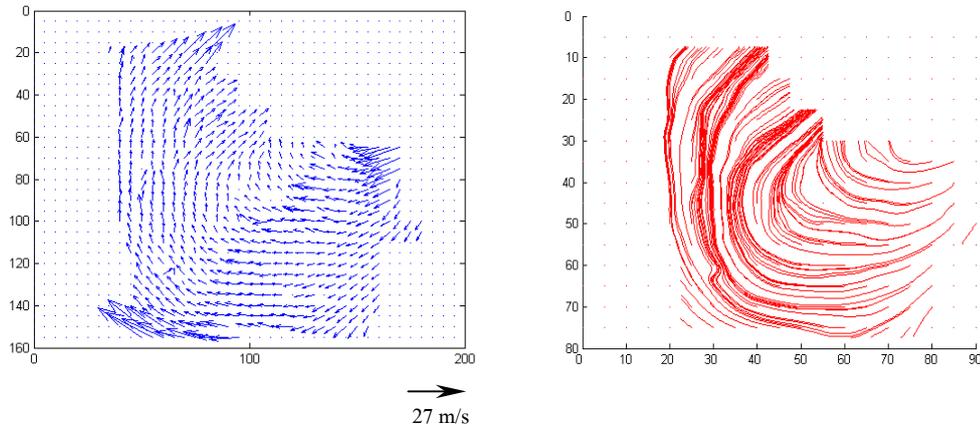
ภาคผนวก ข

การใช้โปรแกรมช่วยในการพล็อตเวกเตอร์ความเร็วและเส้นสตรีมไลน์ จำเป็นต้องจัดรูปแบบค่า x , y , u และค่า v ให้อยู่ในรูปของเมตริก เพื่อใช้ในการคำนวณ จากนั้นก็ใช้คำสั่งในการพล็อตเวกเตอร์ความเร็วและเส้นสตรีมไลน์ ตามกล่องหน้าต่างต่อไปนี้

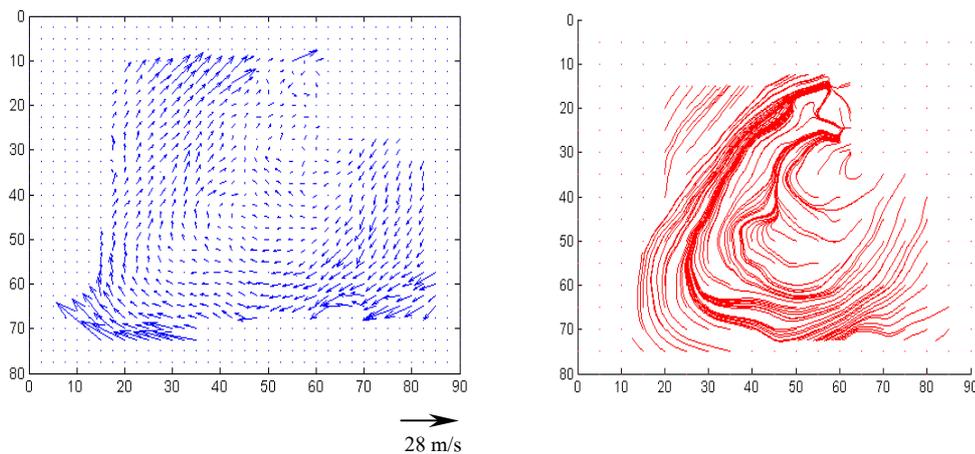


รูปที่ ข 1 การใช้โปรแกรมและข้อมูลการเขียน Matlab

การตรวจสอบความถูกต้องของการถ่ายภาพการไหลในลูกสูบแบบหลุมโค้งและท่อไอดีแบบตั้งตรง โดยการทำการเปรียบเทียบการไหล



รูปที่ ข 2 สนามการไหลภายในกระบอกสูบที่ได้จากการ Plot ด้วยโปรแกรม Matlab ของลูกสูบแบบหลุมโค้ง และ ท่อไอดีแบบตั้งตรง การถ่ายครั้งที่ 1



รูปที่ ข 3 สนามการไหลภายในกระบอกสูบที่ได้จากการ Plot ด้วยโปรแกรม Matlab ของลูกสูบแบบหลุมโค้ง และ ท่อไอดีแบบตั้งตรง การถ่ายครั้งที่ 2

พฤติกรรมการไหลในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ส่วนผสมบาง

Flow characteristics in Combustion chamber of lean-burning engine

อิทธิเชษฐ เตชพิศาลวงศ์¹ จินดา เจริญพรพณิชย์²

ภาควิชาวิศวกรรม สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ ๑ 10520

โทร. 02 326-4197 โทรสาร 02 326-4198

E-mail: ittichet@yahoo.com¹ kchchind@kmitl.ac.th²

Ittichet Techopisanwong¹ Chinda Charoenphonphanich²

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,
Bangkok, Thailand 10520

Tel: 02 326-4197/FAX: 02 326-4198

E-mail: ittichet@yahoo.com¹ kchchind@kmitl.ac.th²

บทคัดย่อ

บทความนี้ทำการศึกษาถึงพฤติกรรมการไหลที่เกิดขึ้นในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ส่วนผสมบางเปรียบเทียบกับห้องเผาไหม้แบบทั่วไป ซึ่งใช้วิธี PIV โดยใช้อนุภาคที่สังเคราะห์ขึ้นแทนการไหลของอากาศที่เกิดขึ้น เครื่องยนต์จำลองที่ใช้มีกระบอกสูบเป็นแบบ ไซ ชุดกำเนิดระนาบแสงใช้หลอด Halogen ขนาด 1500 Watt อนุภาคจะไหลปนมากับอากาศจากนั้นใช้การถ่ายภาพเป็นการบันทึกเส้นการไหลของอนุภาคในกระบอกสูบ โดยจะเปลี่ยนแปลง Speed shutter เพื่อให้ได้ความเร็วการไหลของอนุภาคแต่ละช่วง นำเส้นของการไหลและช่วงเวลาที่หน้ากล้องปิดไปคำนวณหาสนามการไหลที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบ เพื่อเปรียบเทียบระหว่างลูกสูบที่ใช้กับเครื่องยนต์ส่วนผสมบางกับลูกสูบแบบหลุมเดียว โดยการวิเคราะห์จากเวกเตอร์ความเร็วที่คำนวณได้ ในบทความนี้จะหาผลกระทบที่เกิดจากลักษณะของหัวลูกสูบและรูปแบบของท่อไอดี เพื่อนำมาพัฒนาห้องเผาไหม้สำหรับเครื่องยนต์ส่วนผสมบางได้ต่อไป

Abstract

This paper deals with the study of flow characteristics in combustion chamber. A PIV method was adopted to measure the in-cylinder flow in an engine. The engine used for this study has a clear cylinder. The continuous wave beam of 1500 W halogen lamp was formed into a thin light sheet. The

particles were supplied to the intake air stream. A still camera recorded the particle path lines. The shutter speed was varied to match with the range of flow velocity. The velocity fields inside the combustion chamber were calculated from the length of path line and the camera exposure time. In this paper, two types of piston crown and two types of intake port were installed in a test engine. Effects of the combustion chamber and intake port configuration on flow characteristics are examined.

1. บทนำ

พฤติกรรมการไหลในกระบอกสูบมีความสำคัญต่อการเผาไหม้เพราะการไหลที่เป็น Turbulent ไม่เพียงจะช่วยให้เชื้อเพลิงผสมกับอากาศได้ดีเท่านั้น แต่ยังสามารถช่วยให้เกิดการเผาไหม้ที่รวดเร็วซึ่งจะทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์

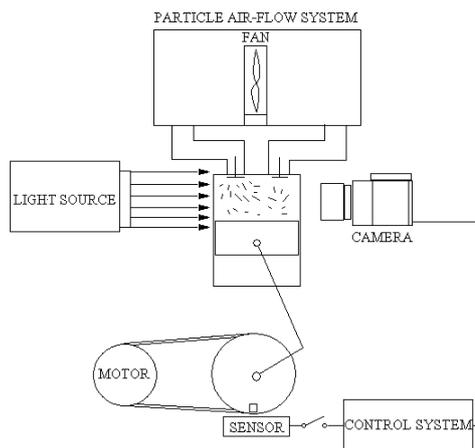
เนื่องจากในปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่องยนต์ให้มีการเผาไหม้ที่ดีขึ้น โดยส่วนหนึ่งในการพัฒนานี้คือ การทำให้เครื่องยนต์มีการเผาไหม้แบบแบ่งชั้นเพื่อให้เกิดขึ้นของส่วนผสมบาง อันจะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์และประหยัดเชื้อเพลิงได้ดีขึ้น หลักการของการแบ่งชั้นคือบริเวณที่จะทำให้เกิดการจุดติดไฟก็จะมีกลุ่มเชื้อเพลิงที่สามารถจุดติดไฟได้ ส่วนบริเวณอื่นจะมีปริมาณเชื้อเพลิงน้อยกว่า ซึ่งเมื่อเปลวไฟลามมาถึงก็สามารถที่จะเผาไหม้เชื้อเพลิงส่วนนั้นได้โดยสมบูรณ์และ

Knock ได้ง่ายอีกด้วย

การที่จะทำให้เครื่องยนต์ให้เกิดการเผาไหม้แบบแบ่งชั้น หรือแบบที่เรียกว่าเครื่องยนต์ส่วนผสมบางนั้น จำเป็นที่จะต้องทำให้การไหลของอากาศในห้องเผาไหม้เกิดรูปแบบที่คงตัว และมีการไหลในรอบแนวแกน X หรือที่เรียกว่าการไหลแบบ Tumble ที่ดี ซึ่งในบทความนี้ก็จะเป็นการวิเคราะห์ลักษณะการไหลในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ส่วนผสมบาง โดยการใช้การถ่ายภาพแบบ PIV (Particle Image Velocimetry) ของการไหลในเครื่องยนต์จำลองเพื่อค้นหาการไหลแบบ Tumble เปรียบเทียบสนามการไหลระหว่างลูกสูบแบบหลุมเดียว กับลูกสูบแบบ GDI (แบบที่ใช้กับเครื่องยนต์ส่วนผสมบางของ Mitsubishi GDI 1800 cc.) และผลกระทบต่อการใช้การเปลี่ยนลักษณะท่อไออดี

2. การทดลอง

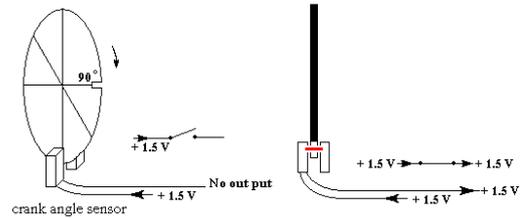
เครื่องยนต์ที่ใช้เป็นเครื่องยนต์จำลอง โดยกระบอกสูบทำมาจากวัสดุใสเพื่อสามารถมองและบันทึกภาพการไหลของอนุภาคได้ดี โดยอนุภาคจะถูกดูดเข้ามาทางด้านวาล์วไออดี จะสามารถมองการไหลในแนวตั้งหรือแบบ Tumble ได้ เมื่ออนุภาคไหลเข้ามาในกระบอกสูบ โดยจะทำการถ่ายภาพเก็บไว้ โดยการถ่ายภาพนี้จะทำการถ่ายที่ตำแหน่งองศาการหมุนที่ตำแหน่งเดิม ตำแหน่งละ 3 ช่วงความเร็ว Speed Shutter เพื่อนำเส้นของการไหลและช่วงเวลาที่หน้ากลองปิดไปคำนวณหาสนามการไหลที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบ



รูปที่ 1 เครื่องยนต์ที่ใช้ทดลองและระบบการมองภาพ

จากรูปที่ 1 เมื่อเครื่องยนต์จำลองทำงานจะดูดอนุภาคเข้ามาภายในกระบอกสูบ และแสงจาก Light sheet จะทำให้เกิดระนาบของอนุภาคที่ชัดเจน จากนั้นเมื่อเครื่องยนต์หมุนไปถึงตำแหน่งที่ต้องการหาค่าควบคุมการถ่ายภาพจะได้รับสัญญาณ

จากตัว Crank angle sensor ดังแสดงในรูปที่ 2 และส่งต่อมาที่สวิทซ์ที่ให้สัญญาณส่งต่อไปที่ชุดควบคุมกล้องด้วยภาพให้ถ่ายภาพใน Speed Shutter ที่ต้องการได้ ส่วนอนุภาคจะถูกคายออกทางด้านวาล์วไออดีไปเก็บที่กล่องพักอนุภาค ซึ่งจะมีพัดลมคอยพัดให้อนุภาคจะจายตัวและพร้อมที่จะถูกดูดเข้าในห้องเผาไหม้ในรอบต่อไป



รูปที่ 2 ลักษณะการทำงานของ Crank angle sensor



ก.) ลูกสูบแบบหัวเรียบ

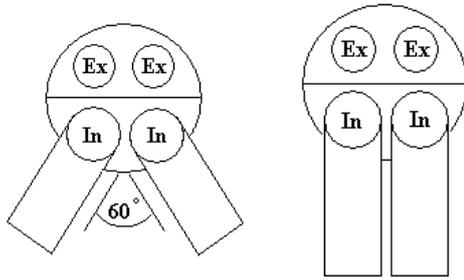


ข.) ลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยม

รูปที่ 3 ลูกสูบที่ใช้ในการทดลอง

จากรูปที่ 3 ก.) เป็นลูกสูบแบบหัวเรียบที่ใช้ในเครื่องยนต์ทั่วไป ข.) เป็นลูกสูบของเครื่องยนต์ส่วนผสมบางที่ใช้ในรถยนต์ Mitsubishi โดยจะสังเกตเห็นว่าลูกสูบลักษณะเป็นแบบหัวนูนสามเหลี่ยม และมีหลุมลึกลงไปภายในเพียงด้านวาล์วไออดีด้านเดียว โดยหลุมนี้จะใช้ในการฉีดเชื้อเพลิงผ่านหลุมแล้วโค้งกลับขึ้นไปยังหัวเทียน ส่วนลักษณะการนูนแบบนี้จะช่วยให้เกิดการไหลของอากาศในกระบอกสูบให้เป็นแบบ

Tumble ซึ่งในบทความนี้จะใช้ลูกสูบนี้มาทำการทดลองเปรียบเทียบกับลูกสูบแบบหลุมที่มีมานานแล้ว



ก.) ท่อไออดีแบบ V

ข.) ท่อไออดีแบบขนาน

รูปที่ 4 แสดงลักษณะการต่อท่อไออดีที่ใช้ในการทดลอง

รูปที่ 4 a) ท่อไออดีเป็นแบบ V-Type ซึ่งในการทดลองนี้จะทำมุมท่อไออดีด้านซ้ายและขวา 60 องศา b) ท่อไออดีเป็นแบบขนาน โดยท่อไออดีด้านซ้ายและขวามีขนาดเท่ากัน ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติเฉพาะของเครื่องยนต์ที่ใช้ทดลอง โดยเครื่องยนต์จำลองนี้จะมีเพียงกระบอกสูบเดียว และผนังกระบอกสูบทำจากวัสดุโปร่งใสเพื่อจะให้เห็นสนามการไหลที่เกิดขึ้นภายในท่อไออดีที่ใช้สามารถปรับทิศทางการไหลเข้าได้

ตารางที่ 1 คุณสมบัติเฉพาะของเครื่องยนต์

Type of Engine	Single Cylinder 4-Stroke
Valve	Two Inlet / Two Outlet
Bore x Stroke	∅81 x 81 mm.
Comp. Ratio	9
Side Clearance	1.0 mm.
Port Tumble Ratio	0
Motoring	470 RPM
Piston type 1	One cavity
Piston type 2	Mitsubishi GDI 1800 cc.
Valve inlet Diameter	32 mm.
Valve outlet Diameter	29 mm.

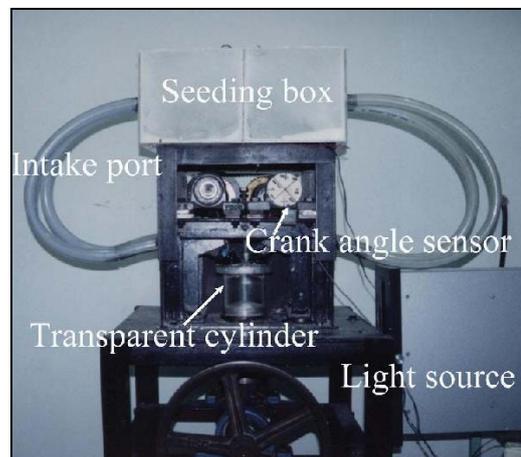
ตารางที่ 2 เงื่อนไขในการทดลอง

Light Source	HALOGEN LAMP 1500 W.
Light Sheet Thickness	10 mm.
Light Sheet Location	Center of Cylinder
Speed Shutter	1/60 , 1/90 , 1/125 Sec

Tracer Particle	Expancel 091 DE
	Mean Diameter 70 μ m
	(Mean Density 0.025)

3. วิธีการทดลอง

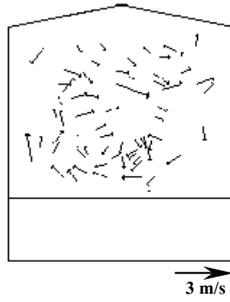
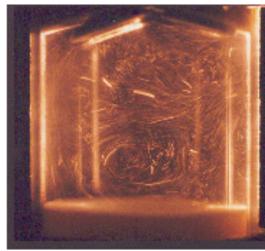
ใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนเครื่องยนต์ที่ความเร็ว 470 rpm ลงที่ โดยลักษณะของลูกสูบจะใช้ลูกสูบแบบหลุม และลูกสูบของเครื่องยนต์ GDI ของ Mitsubishi แสงที่ใช้ส่อง (Light source) เป็นระนาบตั้งมีขนาด 1500 Watt กว้าง 10 mm. ส่องไปที่กลางกระบอกสูบ อนุภาคมีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 70 μ m. และความหนาแน่นที่ 0.025 โดยใช้กล้อง Cannon รุ่น EOS 88 ความเร็วสูงบันทึกภาพที่ Speed Shutter 1/60 , 1/90 และ 1/125 Sec โดยใช้ฟิล์มที่มีความไวแสง 800 ของ Kodak



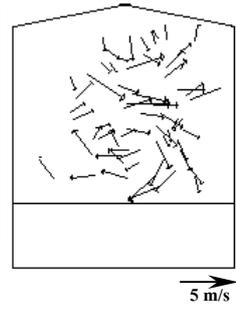
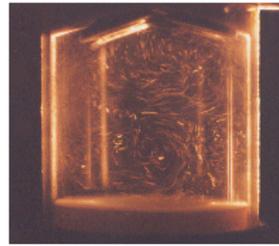
รูปที่ 5 ภาพถ่ายเครื่องยนต์จำลองและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง

4. ผลการทดลอง

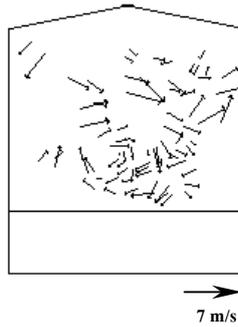
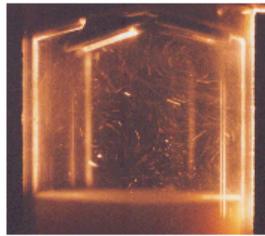
รูปแบบการไหลเป็นหน้าตัดแนวตั้ง รูปที่ 6 ก.)-ก.) แสดงภาพถ่ายของอนุภาคและการกระจายความเร็ว ในลูกสูบแบบหัวเรียบ โดยท่อไออดีเป็นแบบขนาน ที่ 90 องศาต่ออนุภาคบน ที่ shutter speed 1/60, 1/90 และ 1/125 sec.



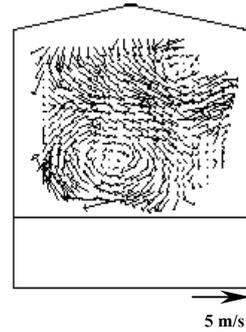
(ก) Exposure time 1/60 s.



(ข) Exposure time 1/90 s.



(ค) Exposure time 1/125 s.

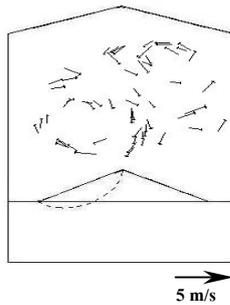


(ง) Particle path lines รวม และ interpolated velocity fields

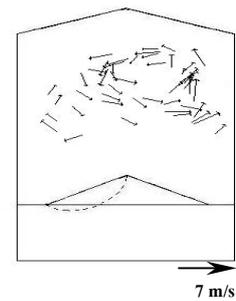
รูปที่ 6 รูป particle path lines และ velocity field ของลูกสูบแบบหัวเรียบ และ ท่อไอดีแบบขนาน

รูปที่ 6 (ง) แสดงภาพของ particle path lines รวม และ สนามความเร็วการไหลที่ผ่านการ interpolate ในลูกสูบแบบหัวเรียบ โดยท่อไอดีเป็นแบบขนาน การไหลวนเกิดขึ้นที่บริเวณใต้วาล์วไอดี ความเร็วในการไหลเป็นไปอย่างช้า ๆ ลักษณะการเกิด Tumble เป็นการหมุนที่ช้าและ วงเล็ก รูปที่ 7

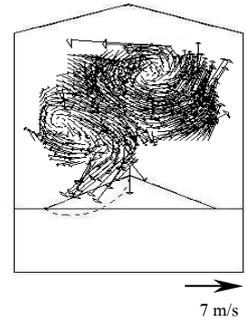
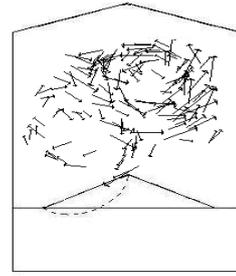
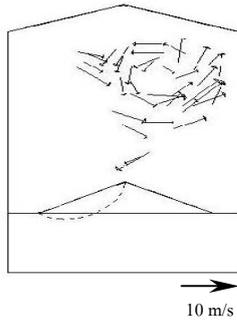
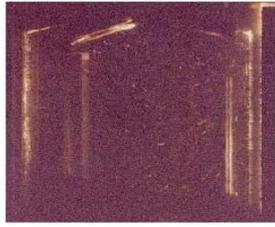
(ก)-(ค) แสดงภาพถ่ายของอนุภาคและการกระจายความเร็ว ในลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยม โดยท่อไอดีเป็นแบบขนาน ที่ 90 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ที่ shutter speed 1/60, 1/90 และ 1/125 sec.



(ก) Exposure time 1/60 s.



(ข) Exposure time 1/90 s.



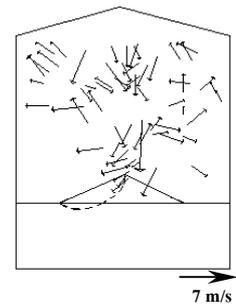
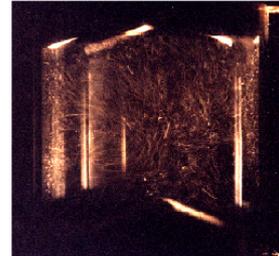
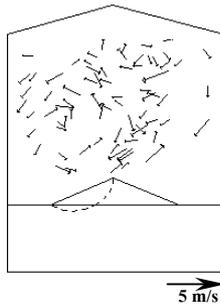
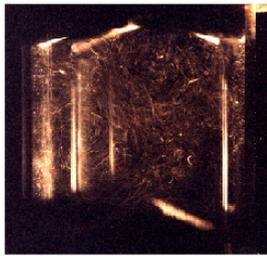
(ค) Exposure time 1/125 s.

(ง) Particle path lines รวม และ interpolated velocity fields

รูปที่ 7 รูป Particle path lines และ velocity field ของลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยม และ ท่อไอดีแบบขนาน

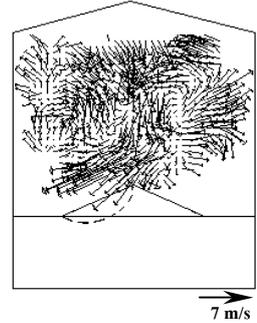
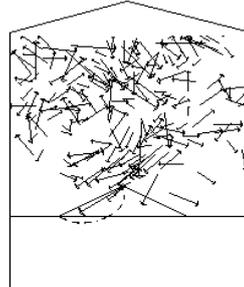
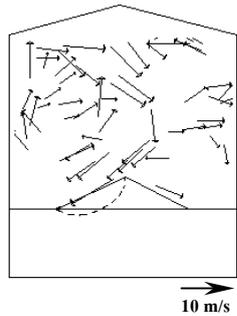
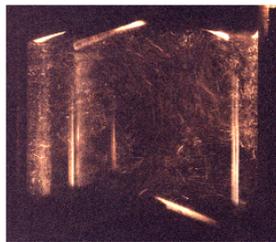
รูปที่ 7 (ง) แสดงภาพของ particle path lines รวม และ สนามความเร็วการไหลที่ผ่านการ interpolate ในลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยม โดยท่อไอดีเป็นแบบขนาน การไหลวนเกิดขึ้นที่บริเวณใต้วาล์วไอเสีย และเหนือลูกสูบด้านซ้าย ความเร็วในการไหลเร็วกว่าลูกสูบแบบหัวเรียบ ลักษณะการ

เกิด Tumble เป็นการหมุนที่เร็วและมีรูปแบบ รูปที่ 8 (ก)-(ค) แสดงภาพถ่ายของอนุภาคและการกระจายความเร็ว ในลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยม โดยท่อไอดีเป็นแบบ V ที่ 90 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ที่ shutter speed 1/60, 1/90 และ 1/125 sec.



(ก) Exposure time 1/60 s.

(ข) Exposure time 1/90 s.



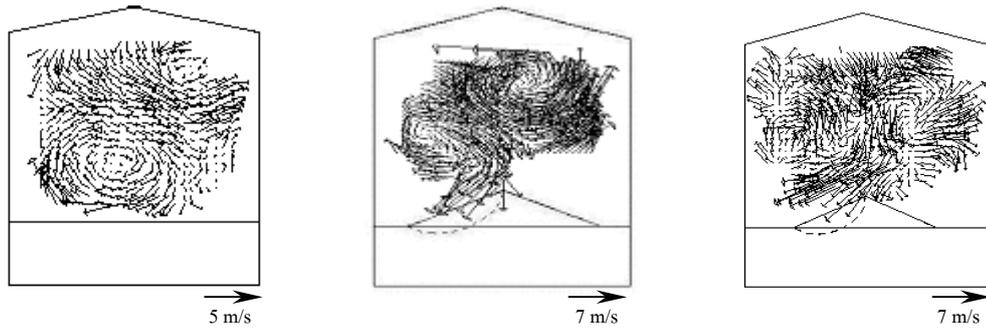
(ค) Exposure time 1/125 s.

(จ) Particle path lines รวม และ interpolated velocity fields

รูปที่ 8 รูป particle path lines และ velocity field ของลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยม และ ท่อไอดีแบบ V

รูปที่ 8 (ง) แสดงภาพของ particle path lines และ สนามความเร็วการไหลที่ผ่านการ interpolate ในลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยม โดยท่อไอดีเป็นแบบ V การไหลวนเกิดขึ้นที่บริเวณใต้วาล์วไอดี และเหนือลูกสูบด้านซ้าย ความเร็วในการไหลเร็วกว่าลูกสูบแบบหัวเรียบ แต่ใกล้เคียงกับในลูกสูบแบบ

หัวนูนสามเหลี่ยม แบบท่อไอดีเป็นแบบขนาน ลักษณะการเกิด Tumble เป็นการหมุนที่เร็วแต่ไม่ค่อยจะมีรูปแบบของ Tumble ที่ชัดเจนนัก



(ก) ลูกสูบแบบหัวเรียบ (ข) ลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยม (ค) ลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยมกับท่อไอดีแบบ V
รูปที่ 9 เปรียบเทียบ velocity fields ของลูกสูบแบบหัวเรียบและท่อไอดีแบบขนาน , ลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยมและท่อไอดีแบบขนาน , ลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยมและท่อไอดีแบบ V

รูปที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบของลูกสูบที่นำมาใช้ในการทดลอง 2 แบบโดยมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบท่อไอดี 2 แบบ จากรูปทั้งสามจะเห็นว่าความเร็วเฉลี่ยรวมของรูป ก) จะไหลช้ากว่าแบบ ข) และ ค) ส่วนการเกิด Tumble ที่ดีจะเป็นลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยมที่ใส่ท่อไอดีแบบขนาน ซึ่งรูปแบบที่เกิดขึ้นทำให้ทราบว่าลักษณะการไหลที่เกิดขึ้นในกระบอกสูบจะมีการเปลี่ยนแปลงได้จากลักษณะของห้องเผาไหม้ และผลกระทบกับการไหลอันเนื่องมาจากลักษณะของท่อไอดี ทำให้การหมุนวนที่เกิดขึ้นเปลี่ยนแปลงไป

6. สรุป

เทคนิคการถ่ายภาพนี้ทำให้สามารถมองเห็นสนามการไหลที่เกิดขึ้นจริงภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ส่วนผสมบางได้ อีกทั้งยังสามารถวิเคราะห์สนามการไหลได้จากสนามการไหลของ Vector ความเร็วที่คำนวณได้ โดยในการทำให้เกิด Tumble จะประกอบไปด้วยปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. สนามการไหลแบบ Tumble นี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของหัวลูกสูบ การเกิด Tumble ที่เร็วขึ้นและเป็นรูปแบบที่คงตัวมากขึ้น โดยจะสังเกตเห็นจากความเข้มของสนามการไหลที่เกิดกับลูกสูบแบบ GDI
2. สนามการไหลแบบ Tumble นี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะท่อทางเข้าของอากาศ

เอกสารอ้างอิง

[1] Khalighi B., "Intake-generated swirl and tumble motions in a 4-valve engine with various intake configurations-flow visualization and particle tracking velocimetry", SAE paper, (1990), No.900059.

[2] Charoenphonphanich C., Otaka M., Ennoji H. and Hukumoto M., "Numerical study on visualization of in-cylinder fluid motion and mixing process of dual intake valve si engine", Proceeding of Fourth Asian Symposium on Visualization, (2001), pp 551.

[3] Charoenphonphanich C., Ennoji H., Iijima T. , 1994, "Intake and Compression Generated Tumble Motions and Swirl in a 4-Valve SI engine", Proceeding of Third Asian Symposium on Visualization, (1994), pp 600.

[4] Imaichi K., Ohmi K., "Numerical processing of flow-visualization", Journal of Fluid Mech, (1983), Vol.129, pp 283.

ประวัติผู้เขียน

นายอิทธิเชษฐ เตโชพิศาลวงศ์ เกิดเมื่อ วันที่ 14 พฤศจิกายน 2518 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร ที่อยู่ 254 หมู่บ้านแกรนด์วิลล์เลข ซ.ลาดพร้าว 80/3 แขวงวังทองหลาง เขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร 10310 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ในปี 2541 และได้ศึกษาต่อที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในปี 2544 ปัจจุบันทำงานเกี่ยวกับเครื่องมือแพทย์ตำแหน่งวิศวกรฝ่ายซ่อมบำรุง บริษัท โอลิมปัส จำกัด