สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาพฤติกรรมการไหลของอากาศในกระบอกสูบของเครื่องยนต์สี่จังหวะ

STUDY OF AIR FLOW IN CYLINDER OF FOUR STROKE ENGINES

โดย

ธีรเดช ช่างทอง

นพดล อัศวประพล

นิเวศน์ กีรติสุทธิสาธร

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ จินดา เจริญพรพาณิชย์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42357
วัน, เดือน, ปี 17 พ.ค. 2545

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาพฤติกรรมการไหลของอากาศในกระบอกสูบของเครื่องยนต์สี่จังหวะ

STUDY OF AIR FLOW IN CYLINDER OF FOUR STROKE ENGINES

ผู้จัดทำ

1. ธีรเดช ช่างทอง รหัสประจำตัว 40010325
2. นพดล อัศวประพล รหัสประจำตัว 40010358
3. นิเวศน์ กีรติสุทธิสาธร รหัสประจำตัว 40010399

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.จินดา เจริญพรพาณิชย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาพฤติกรรมการไหลของอากาศในกระบอกสูบของเครื่องยนต์สี่จังหวะ

นาย ธีรเดช ช่างทอง 40010325
นาย นพดลอัศวประพล 40010358
นาย นิเวศน์ กีรติสุทธิสาธร 40010399
อ.จินดา เจริญพรพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาถึงพฤติกรรมการไหลของอากาศในกระบอกสูบของเครื่องยนต์สี่จังหวะโดยทำการออกแบบลักษณะของลูกสูบให้มีลักษณะต่างๆกันเพื่อหารูปแบบของห้องเผาไหม้ที่สามารถให้สมรรถภาพของกระบวนการเผาไหม้ดีที่สุด โดยใช้อนุภาคที่สามารถสังเกตได้ง่ายแทนอากาศผ่านเข้าสู่วาล์วไอดีเข้าไปในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ซึ่งจะใช้พลาสติกแทนกระบอกสูบของเครื่องยนต์ อนุภาคจะถูกป้อนจากห้องปิดเข้าสู่กระบอกสูบโดยอาศัยแรงดูดของสุญญากาศ ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของลูกสูบในกระบอกสูบเกิดการไหลเวียนของอนุภาคซึ่งจะมีความแตกต่างกันตามลักษณะของห้องเผาไหม้ที่ได้ออกแบบไว้ จากนั้นจะใช้การถ่ายภาพเป็นการบันทึกผลเพื่อเปรียบเทียบว่าลูกสูบแบบได้ให้การไหลเวียนที่ดีที่สุด เพื่อที่จะได้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการที่จะนำไปพัฒนาเครื่องยนต์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study of Air Flow in Cylinder of Four Stroke Engines

Mr. Teeradech Changtong
Mr. Noppadol Assawaprapol
Mr. Niwate Kiratisoothisathorn
Mr.Chinda Jaroenpornpanich Advisor

ABSTRACT

This paper is to study airflow characteristics in a four-stroke engine cylinder. Which desire by the difference characteristics of combustion chamber to have the best efficiency combustion chamber with feeding particles easy to observe replace for air into inlet valve of four-stroke engine cylinder. This cylinder replaces by plastic. The particle feeding from closed room to cylinder by force of vacuum pump. The difference characteristic of combustion chamber make the difference swirl of particle. Result obtain by taking picture refer to compare choose the best type of piston and will be database to develop engine to have high efficiency.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดีเพราะได้รับความกรุณาจากอาจารย์จินดา เจริญพรพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางตลอดจนวิธีแก้ไข ขอขอบคุณ พี่มณฑา เทียมเมือง และพี่โก้ ที่ให้คำแนะนำ ในการใช้อุปกรณ์ และเครื่องมือรวมทั้งข้อมูลของแหล่งวัสดุ

และขอขอบคุณอีกครั้งสำหรับทุกๆคนที่ไม่อาจเอ่ยชื่อได้ทั้งหมด

ธีรเดช ช่างทอง
นพดล อัศวประพล
นิเวศน์ กีรติสุทธิสาธร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 การทำงานของเครื่องยนต์	1
1.2 การไหลภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์สี่จังหวะ	1
1.2.1 การศึกษาโดยพิจารณาจากผลการทดลอง	2
1.2.2 การศึกษาโดยใช้ Math Model	2
1.3 การเคลื่อนที่ของอนุภาคภายในกระบอกสูบ	2
1.4 การไหลในจังหวะดูดของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	2
1.4.1 ลักษณะของ TURBULENCE	3
1.4.2 ลักษณะการ SWIRL	3
1.4.3 ลักษณะของ TUMBLE	4
1.5 การสร้างลักษณะการไหลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้	4
บทที่ 2 ความรู้พื้นฐาน	5
2.1 COMBUSTION CHAMBER TYPE	5
2.1.1 OPEN COMBUSTION CHAMBERS	5
2.1.2 การออกแบบห้องเผาไหม้แบบพิเศษ	6
2.1.3 ห้องเผาไหม้ก่อนและห้องเผาไหม้แบบปั่นป่วน	6
2.1.4 Energy and Power cells	6
2.2 ห้องเผาไหม้แบบหมุนวน	6
2.3 เพลาข้อเหวี่ยง	9
2.4 จุดประสงค์ของลูกสูบ	10
2.5 ลูกสูบ	10
2.5.1 วัสดุที่ใช้ทำลูกสูบ	10
2.5.2 หัวลูกสูบ	11
2.5.3 ร่องแหวนลูกสูบ	11
2.5.4 รูปร่างของหัวลูกสูบ	11
2.5.5 รูปทรงของลูกสูบ	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.6 ระยะช่องว่างลูกสูบ 12
2.5.7 รูปทรงของหัวลูกสูบ 12
2.5.8 การเยื้องศูนย์ของสลักลูกสูบ 13
2.6 จุดประสงค์ของวาล์วและกลไกวาล์ว 14
2.6.1 วาล์วไทมิ่ง 14
2.7 ขนาดกระบอกสูบและระยะชัก 15
2.8 อัตราส่วนการอัด 16
2.8.1 การเพิ่มอัตราส่วนการอัด 16
บทที่ 3 การทดลองและผลการทดลอง 18
3.1 วัตถุประสงค์ของการสร้างชุดทดลอง 18
3.2 อุปกรณ์การทดลอง 18
3.3 รูปแบบต่างๆของลูกสูบ 20
3.4 วิธีการทดลองและผลการทดลอง 24
การทดลองที่ 1 24
การทดลองที่ 2 26
การทดลองที่ 3 31
การทดลองที่ 4 36
การทดลองที่ 5 41
การทดลองที่ 6 46
การทดลองที่ 7 51
บทที่ 4 สรุปผลการทดลองและแนวทางการพัฒนาการทดลอง 56
4.1 สรุปผลการทดลอง 56
4.2 แนวทางการพัฒนาการทดลอง 56
บรรณานุกรม 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้าที่

รูปที่ 2-1 แสดงรูปทรงต่างๆของห้องเผาไหม้ 7

รูปที่ 2-2 แบบฝาสูบพร้อมช่องปั่นป่วน 7

รูปที่2-3 แสดงท่อไอดีหมุนวนสูงรูปตัวเอส (S) และบ่าวาล์วเสริม 8

รูปที่2-4 แสดงอากาศไหลผ่านวาล์วเสริม ส่วนไอดีผ่านวาล์วไอดีหลัก 8

รูปที่2-5 เพลาข้อเหวี่ยงมีรูน้ำมันหล่อลื่นผ่านทะลุจากแบริ่งเพลาข้อเหวี่ยง(แบริ่งหลัก) ไปถึงแบริ่งก้านสูบ 9

รูปที่2-6 แสดงเพลาข้อเหวี่ยงมาตรฐานของเครื่องยนต์ V-6 เปรียบเทียบกับเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ V-6 ที่มี สลักข้อเหวี่ยงแยกส่วน 10

รูปที่2-7 แสดงลูกสูบแบบกระโปรงตัดช่วยเพิ่มเนื้อที่สำหรับน้ำหนักถ่วงดุลบนเพลาข้อเหวี่ยง 11

รูปที่2-8 ทรงต่างๆ ของลูกสูบสำหรับเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน 12

รูปที่2-9 การเยื้องศูนย์ของสลักลูกสูบทำให้ลูกสูบเอียง R คือรัศมีของลูกสูบ และ O คือระยะเยื้องศูนย์ของสลักลูกสูบ 13

รูปที่2-10 สลักลูกสูบไม่เยื้องศูนย์ทำให้เกิดกระทบกันระหว่างลูกสูบและผนังลูกสูบจนสามารถได้ยินเสียง 13

รูปที่2-11 แผนภาพวาล์วไทมิ่ง 14

รูปที่2-12 ความดันในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ 15

รูปที่2-13 ขนาดกระบอกสูบ ระยะชัก และปริมาตรกระจัด 16

รูปที่2-14 การสะสมของตะกอนคาร์บอนทำให้อัตราส่วนการอัดเพิ่มขึ้นจาก 8.25:1 เป็น 10:1 17

รูปที่ 3-1 แบบสันนูนกว้าง 12 mm 20

รูปที่ 3-2 แบบหัวเรียบ 20

รูปที่ 3-3 แบบสามเหลี่ยม มุม 45 องศา 21

รูปที่ 3-4 แบบสามเหลี่ยมมุม 7 องศา 21

รูปที่ 3-5 แบบถ้วย 22

รูปที่ 3-6 แบบโดม 22

รูปที่3-7 แบบสันนูน 38 mm 23

รูปที่3-8 การทดลองที่ 2 speed shutter $^1/_4$ 28

รูปที่ 3-9 การทดลองที่ 2 Speed shutter $^1/_4$ 29

รูปที่ 3-10 การทดลองที่2 Speed shutter $^1/_4$ 29

รูปที่ 3-11 การทดลองที่2 Speed shutter $^1/_4$ 30

รูปที่ 3-12 การทดลองที่2 Speed shutter $^1/_4$ 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3-13 การทดลองที่2 Speed shutter 1/8 31
รูปที่ 3-14 การทดลองที่2 Speed shutter 1/8 31
รูปที่3-15 การทดลองที่ 3 speed shutter 1/4 32
รูปที่3-16 การทดลองที่ 3 speed shutter 1/4 33
รูปที่3-17 การทดลองที่ 3 speed shutter 1/4 33
รูปที่3-18 การทดลองที่ 3 speed shutter 1/4 34
รูปที่3-19 การทดลองที่ 3 speed shutter 1/4 34
รูปที่3-20 การทดลองที่ 3 speed shutter 1/8 35
รูปที่3-21 การทดลองที่ 3 speed shutter 1/8 35
รูปที่ 3-22 การทดลองที่4 Speed shutter 1/4 37
รูปที่ 3-23 การทดลองที่4 Speed shutter 1/4 38
รูปที่ 3-24 การทดลองที่4 Speed shutter 1/4 38
รูปที่ 3-25 การทดลองที่4 Speed shutter 1/4 39
รูปที่ 3-26 การทดลองที่4 Speed shutter 1/4 39
รูปที่ 3-27 การทดลองที่4 Speed shutter 1/8 40
รูปที่ 3-28 การทดลองที่4 Speed shutter 1/8 40
รูปที่ 3-29 การทดลองที่5 Speed shutter 1/4 42
รูปที่ 3-30 การทดลองที่5 Speed shutter 1/4 43
รูปที่ 3-31 การทดลองที่5 Speed shutter 1/4 43
รูปที่ 3-32 การทดลองที่5 Speed shutter 1/4 44
รูปที่ 3-33 การทดลองที่5 Speed shutter 1/4 44
รูปที่ 3-34 การทดลองที่5 Speed shutter 1/8 45
รูปที่ 3-35 การทดลองที่5 Speed shutter 1/8 45
รูปที่ 3-36 การทดลองที่6 Speed shutter 1/4 47
รูปที่ 3-37 การทดลองที่6 Speed shutter 1/4 48
รูปที่ 3-38 การทดลองที่6 Speed shutter 1/4 48
รูปที่ 3-39 การทดลองที่6 Speed shutter 1/4 49
รูปที่ 3-40 การทดลองที่6 Speed shutter 1/4 49
รูปที่ 3-41 การทดลองที่6 Speed shutter 1/8 50
รูปที่ 3-42 การทดลองที่6 Speed shutter 1/8 50
รูปที่ 3-43 การทดลองที่7 Speed shutter 1/8 52
รูปที่ 3-44 การทดลองที่7 Speed shutter 1/4 53
รูปที่ 3-45 การทดลองที่7 Speed shutter 1/4 53
รูปที่ 3-46 การทดลองที่7 Speed shutter 1/4 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3-47 การทดลองที่7 Speed shutter 1/4 54
รูปที่ 3-48 การทดลองที่7 Speed shutter 1/4 55
รูปที่ 3-49 การทดลองที่7 Speed shutter 1/4 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 การทำงานของเครื่องยนต์

การทำงานของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบ่งออกเป็น 4 จังหวะ ซึ่งได้แก่ จังหวะดูด จังหวะอัด จังหวะกำลังและจังหวะคาย เครื่องยนต์จะต้องหมุน 2 รอบจึงจะครบวัฏจักร(cycle) การทำงานของเครื่องยนต์ เครื่องยนต์ที่ทำงาน 4 จังหวะดังกล่าวเรียกว่า เครื่องยนต์วัฏจักร 4 จังหวะ

1 จังหวะดูด(Intake stroke) ในช่วงจังหวะดูด ลูกสูบจะเคลื่อนที่ ลงวาล์วไอดีเปิดออก และไอดีถูกดูดให้ไหลเข้ากระบอกสูบ ทั้งนี้เพราะว่าในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลง จะเกิดสุญญากาศในกระบอกสูบ ทำให้เกิดแรงดูดไอดีเข้ากระบอกสูบเมื่ออ่ลูกสูบเคลื่อนที่ถึงจุดต่ำสุด วาล์วไอดีจะปิด

2 จังหวะอัด(Compression stroke) หลังจากลูกสูบเคลื่อนที่ถึงจุดต่ำสุดแล้วก็จะเริ่มเคลื่อนที่ขึ้น วาล์วไอดีและวาล์วไอเสียปิด ไอดีภายในกระบอกสูบจะถูกอัดให้มีปริมาตรเล็กลงจึงเรียกว่า จังหวะอัด เช่นจากปริมาตร 8 ส่วน ถูกอัดจนเหลือเพียง 1 ส่วน อัตราส่วนระหว่างปริมาตรก่อนอัดกับปริมาตรหลังอัดเรียกว่า อัตราส่วนการอัด (Compression ratio)

3 จังหวะกำลัง(Power stroke) ในระหว่างจังหวะกำลัง วาล์วไอดีและวาล์วไอเสียยังคงปิดอยู่ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ใกล้ศูนย์ตายบนในจังหวะอัด จะเกิดประกายไฟที่หัวเทียนและเริ่มการจุดระเบิดเผาไหม้ไอดี ในขณะเดียวกันลูกสูบจะเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งศูนย์ตายบนและเริ่มเคลื่อนที่ลง

ในระหว่างการเผาไหม้ จะเกิดความดันสูงกระทำต่อลูกสูบให้เคลื่อออนที่ลงและถ่ายทอดผ่านก้านสูบไปสู่เพลาข้อเหวียง

4 จังหวะคาย(Exhaust stroke) เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ใกล้ถึงศูนย์ตายล่าง วาล์วไอเสียจะเปิดออก หลังจากลูกสูบเคลื่อนที่ผ่านศูนย์ตายล่างแล้วก็จะเคลื่อนที่ขึ้น และไล่ไอเสียออกจากกระบอกสูบทางวาล์วไอเสีย จึงเรียกว่า จังหวะคาย

เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ผ่านศูนย์ตายบนแล้วก็จะเริ่มเคลื่อนที่ลง วาล์วไอเสียจะปิด และวาล์วไอเสียดีจะเปิดออกเพื่อเริ่มต้นจังหวะดูดอีกครั้งหนึ่ง

1.2 การไหลภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์สี่จังหวะ

การไหลของอากาศภายในห้องเผาไหม้สำหรับเครื้องยนต์สันดาปภายในนับว่าเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญที่สุดของการควบคุมกระบวนการเผาไหม้ และยังเป็นตัวบ่งบอกถึงลักษณะการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ การผสมกันของเชื้อเพลิงและอากาศ การเคลื่อนที่ของเปลวไฟ และประสิทธิภาพที่จะได้รับ นอกจากนี้ยังครอบคลุมถึงการถ่ายเทความร้อนสู่ผนังกระบอกสูบในการศึกษารูปแบบการไหลของอากาศในกระบอกสูบจะเห็นได้ว่าลักษณะการไหลจะมีลักษณะ Turbulence ,Swirl,Tumble และ Compressible โดยในปัจจุบันการศึกษารูปแบบการไหลสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีใหญ่ๆคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.1 การศึกษาโดยพิจารณาจากผลการทดลอง

การทดลองนี้มีวิธีที่นิยมทำกันโดยทั่วไป คือ วิธี Particle Image Velocimetry ซึ่งเป็นวิธีการวัด เวลเตอร์ความเร็วการไหล และจะให้ผลที่ถูกต้องมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีอื่นแต่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ทำการที่มีเทคโนโลยีที่ค่อนข้างสูง ซึ่งมีอีกวิธีหนึ่งที่พอจะทำได้ตามศักยภาพที่มีอยู่คือวิธี Laser Dlopper Velocimetry โดยทดลองด้วยเครื่อง FLV แล้วนำผลมาเปรียบเทียบกับการถ่ายรูปซึ่งใกล้เคียงกับการทดลองด้วยวิธี PIV

1.2.2 การศึกษาโดยใช้ Math Model

เป็นการศึกษาลักษณะการไหลโดยใช้วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติของ Fluid Dynamics ประกอบกับ Thermodynamic ส่วนวิธีการวิเคราะห์จะมีความถูกต้องมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับวิธีการและเงื่อนไขขอบเขตวิธีที่นิยมและสามารถควบคุม Boundary condition ได้ดีที่สุดคือ Finite Volume Method

1.3 การเคลื่อนที่ของอนุภาคภายในกระบอกสูบ

การไหลของอากาศภายในห้องเผาไหม้สำหรับเครื่องยนต์เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญยิ่งต่อกระบวนการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ และได้ประสิทธิภาพสูงสุดนั้น ส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับการไหลของเชื้อเพลิงด้วย

ในการศึกษาลักษณะที่สำคัญของการไหลของอากาศในกระบอกสูบ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญหนึ่งที่มีผลต่อกระบวนการเผาไหม้ การไหลแบบหมุนวน และการไหลแบบ Turbulence มีความสำคัญมากต่อการผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงและจะมีผลต่อการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ การวิเคราะห์การไหลในกระบอกสุบจะพิจารณาตั้งแต่การไหลจากท่อไอดีผ่านลิ้นไอดีเข้ามาในกระบอกสูบ จนกระทั่งสิ้นสุดจังหวะการอัดของการทำงานของเครื่องยนต์

1.4 การไหลในจังหวะดูดของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

กระบวนการดูดในจังหวะดูดของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ จะมีผลต่อการไหลในกระบอกสูบ ในช่วงจังหวะดูดเริ่มตั้งแต่การไหลในไอดีนั้นช่วงที่อากาศผ่านลิ้น พื้นที่หน้าตัดของการไหลจะมีขนาดเล็กที่สุด ทำให้ความเร็วของอากาศที่หน้าตัดมีค่าสูงสุด อากาศที่ไหลผ่านลิ้นไอดีเข้ามาในห้องเผาไหม้ จึงมีลักษณะพุ่งเป็นรูปกรวย และความเร็วของอากาศมีค่าประมาณ 10 เท่าของความเร็วลูกสูบในขณะนั้น ซึ่งค่าในที่นี้ได้มาจากการวัด ในจังหวะดูดของเครื่องยนต์จำลองที่มีกระบอกสูบใส ลักษณะของอากาศที่พุ่งเข้ามาในกระบอกสูบนั้นจะเป็นรูปกรวย และจะไหลเข้ามากระทบกับผนังของห้องเผาไหม้เป็นผลให้เกิดการไหลหมุนวนเป็นวงขนาดใหญ่ในปริมาตรของกระบอกสูบ ซึ่งจุดศูนย์กลางการไหลวน จะเคลื่อนที่ขึ้นลงตามการเคลื่อนที่ขึ้นลง ตามการเคลื่อนที่ของลูกสูบ และจะอยู่ตรงกึ่งกลางระหว่างลูกสูบกับ Cylinder head ตลอด ส่วนบริเวณที่อยู่ตรงมุมของผนังห้องเผาไหม้ จะเกิดการไหลหมุนวนเช่นกัน แต่ที่ขนาดเล็กกว่าและหมุนในทิศทางตรงข้ามกัน ซึ่งการไหลหมุนวนนี้เกิดขึ้นเนื่องจากการเกิด Shear Layer ในขณะที่ของไหลพุ่งเข้ามา ในห้องเผาไหม้ด้วยความเร็วที่สูงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องยนต์โดยทั่วไป ตำแหน่งของลิ้นไอดี จะไม่อยู่แกนกลางของกระบอกสูบ แต่จะอยู่ชิดกับผนังห้องเผาไหม้ด้านใดด้านหนึ่ง การไหลจึงมีความซับซ้อนขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการไหลหมุนวนเป็นวงขนาดใหญ่ก็ยังคงเกิดขึ้นอยู่

ที่กล่าวมานี้เป็นลักษณะกว้างๆของการไหล ในห้องเผาไหม้ในจังหวะดูดของเครื่องยนต์4 จังหวะคือการไหลเข้ามาในห้องเผาไหม้ ด้วยความเร็วสูงของอากาศการกระทบกับผนังห้องเผาไหม้ และการเคลื่อนที่ของลูกสูบทำให้การไหลหมุนวนในกระบอกสูบ ซึ่งลักษณะการไหลจะเป็นอย่างไรนั้น ขึ้นอยู่อุปกรณ์ที่ออกแบบ เช่น ทิศของแกนวาล์ว ตำแหน่งของวาล์วและลักษณะของ Cylinder head เป็นต้น

1.4.1 ลักษณะของ TURBULENCE

การไหลแบบ Turbulence ในกระบอกสูบเป็นผลจาก Fluctuation ในการไหล (การสั่นของโมเลกุลในการไหลทำให้ความเร็วมีลักษณะสูงๆต่ำๆ และมีลักษณะการไหลแบบแปรปรวน) ซึ่ง Fluctuation จะทำให้การถ่ายเทโมเมตัม การถ่ายเทความร้อน และการแพร่กระจายของโมเลกุลเชื้อเพลิงมีอัตราที่สูงขึ้น การไหลแบบ Turbulence จึงทำให้อัตราการผสม ของอากาศกับเชื้อเพลิงดีขึ้นเป็นผลให้ประสิทธิภาพของการเผาไหม้สูงขึ้นด้วย

1.4.2 ลักษณะการ SWIRL

Swirlเป็นการหมุนของอนุภาคภายในกระบอกสูบ ซึ่งเกิดขึ้นโดยอนุภาคที่ไหลเข้าไปในกระบอกสูบด้วยโมเมตัมเชิงมุมค่าหนึ่ง แต่การดูดอากาศเข้ามาในจังหวะดูดสามารถทำให้เกิด Swirl ที่คงอยู่ได้ตลอดช่วงช่วงกระบวนการอัด การเผาไหม้ และการขยายภายในกระบอกสูบ และการขยายภายในเครื่องยนต์ที่มีการออกแบบห้องเผาไหม้เพื่อการไหลที่เหมาะสม การไหลหมุนวนที่เกิดขึ้นภายในจังหวะดูดจะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากในช่วงการอัด

Swirl จะถูกใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล และในเครื่องยนต์หัวฉีดบางประเภท เพื่อการผสมอากาศกับเชื้อเพลิงได้ดีขึ้น ทำให้ A/F มากขึ้น นอกจากนี้ Swirl ยังมีส่วนช่วยในการไล่ไอเสียออกจากตัวเครื่องยนต์ได้ดีอีกด้วย ในการออกแบบเครื่องยนต์บางประเภท มีการออกแบบห้องเผาไหม้แบบ Prechamber ทั้งนี้เพื่อการเกิด Swirl ซึ่งในเครื่องยนต์แบบนี้ Swirlมีความสำคัญอย่างมาก ที่จะช่วยในการทำงาน ในจังหวะอัด

ปัจจัยสองประการ ที่ทำให้เกิดการ Swirl ในจังหวะดูดคือ ประการแรก ของไหลที่ไหลเข้าสู่กระบอกสูบจะชนกับห้องเผาไหม้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาด และทิศทาง ของการเคลื่อนที่เป็นผลให้เกิดการไหลวนแบบ Swirl ขึ้น อีกประการหนึ่งคือ การไหลวนที่มีขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับการกระจายของของไหลภายในเส้นรอบวงของวาล์วไอดีดังนั้น การไหลของของไหลที่ท่อไอดี จึงเป็นปัจจัยหลักการคิดโมเมนตัมเชิงมุมภายในแกนของกระบอกสูบ

ท่อทางเข้าแบบโดยตรง และท่อทางเข้าแบบเบี่ยงเบน แบบที่ใช้แสดงผลต่างๆ โดยที่ท่อทางเข้าแบบโดยตรง จะนำของไหลไหลผ่านวาล์วไอดีที่กำลังเปิดอยู่ โดยไหลในทิศทางเดียวกับเส้นสัมผัสเส้นรอบวง ส่วนท่อทางเข้าแบบเบี่ยงเบนจะนำของไหลได้ดีกว่า โดยจะไหลผ่านเข้าไปในขณะที่วาล์วเปิดในทิศทางสัมผัสกับเส้นรอบวง ในการเลือกใช้ท่อทางเข้า ในแต่ละแบบจะกำหนดให้พื้นที่ท่อทางเข้าถูกจำกัดด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.3 ลักษณะของ TUMBLE

Tumble เป็นการเคลื่อนที่ของก๊าซ หรือหมุนรอบแนวของรัศมีซึ่งจะเกิดขึ้นจนถึงจังหวะสุดท้ายของการอัด Tumble ที่เกิดขึ้นจะมีผลมาจากลักษณะรูปร่างของห้องเผาไหม้ ความเร็วของ Tumble ในทางทฤษฎีคำนวณ ได้จากระยะของก๊าซที่เคลื่อนที่ผ่านขอบเขตของ Tumble และจากการใช้การอนุรักษ์เชิงมวลโดยตัดผลกระทบของความดัน แรงเสียดทาน การสูญเสียที่แหวน ของลูกสูบ และการถ่ายเทความร้อน จะสามารถหาความเร็วของ Tumbleได้

1.5 การสร้างลักษณะการไหลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้

ฝาสูบของเครื่องยนต์บางชนิดมีส่วนเสริมบางแห่งเพื่อช่วยให้การเผาไหม้ดีขึ้น เช่น ดังรูปฝาสูบมีช่องปั่นป่วนจุดประสงค์เพื่อสร้างความปั่นป่วน หรือสร้างการหมุนวนของไอดีในระหว่างการเผาไหม้ ในช่วงจังหวะอัดไอดีบางส่วนจะถูกอัดเข้าไป ในช่องปั่นป่วนจะเริ่มเผาไหมก่อนส่วนอื่นเพราะอยู่ใกล้หัวเทียน เปลวไฟจากห้องปั่นป่วนจะแพร่กระจายด้วยความเร็วสูง ซึ่งจะช่วยกระจายเปลวไฟอย่างรวดเร็ว และมีผลทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์มากขึ้นดังแสดงในรูป

เครื่องยนต์บางแบบใช้วาล์วไอดีเสริมเพื่อทำให้เกิดการหมุนวนสูง วาล์วไอดีเสริมนี้บางครั้งเรียกว่าวาล์วเจ็ท และมีขนาดเล็กกว่าวาล์วไอดีหลัก ทั้งวาล์วไอดีเสริมและและวาล์วไอดีหลังจะเปิดออกพร้อมกัน วาล์วไอดีเสริมจะมีอากาศเท่านั้นที่ผ่าน โดยอากาศไหลมาจากส่วนบนของคาร์บูเรเตอร์ ส่วนวาล์วไอดีหลักนั้นก็จะยอมให้ไอดีผ่านตามปกติ อากาศที่ไหลผ่านวาล์วไอดีเสริมนั้นไม่มีวาล์วควบคุมดังนั้นจึงไหลเข้ามาได้เต็มที่และความเร็วสูง ซึ่งมีผลทำให้ไอดีในกระบอกสูบไหลวนด้วยความเร็วสูงและเสริมให้การเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น

วิธีอื่นๆที่จะช่วยเสริมให้เกิดการปั่นป่วนของไอดีคือใช้ห้องเผาไหม้ล่วงหน้า เครื่องยนต์ดังกล่าวเรียกว่าเครื่องยนต์ส่วนผสมแยกชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ความรู้พื้นฐาน

2.1 COMBUSTION CHAMBER TYPE

ทั้งเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและเครื่องยนต์ดีเซลคุณสมบัติของของผสมของอากาศและน้ำมันมีส่วนสำคัญมากแก่ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนนั้นส่วนผสมจะเกิดขึ้นที่คาร์บูเรเตอร์ซึ่งอยู่ภายนอกของกระบอกสูบ ส่วนผสมที่เกิดขึ้นจะเข้าสู่ห้องเผาไหม้ในจังหวะดูดของวัฏจักรเครื่องยนต์ ส่วนเครื่องยนต์ดีเซลน้ำมันจะถูกฉีดเข้าสู่กระบอกสูบในรูปของสเปรย์

เพื่อให้ความเผาไหม้ได้สมบูรณ์แต่ละอนุภาคของน้ำทันจะต้องถูกล้อมรอบด้วยอากาศโดยเงื่อนไขที่ช่วยในการผสมของอากาศและน้ำมันคือการเกิดการไหลเวียนแบบเทอร์บูเลนท์ในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ เราสามารถทำให้การฉีดน้ำมันช่วยให้เกิดการไหลเวียนแบบเทอร์บูเลนท์ได้ด้วยการออกแบบลักษณะของช่องว่างในห้องเผาไหม้ให้เกิดการไหลเวียนแบบเทอร์บูเลนท์มากขึ้น

ลักษณะของห้องเผาไหม้ต่างๆที่นิยมในการออกแบบประกอบด้วย

1. Open combustion chambers.
2. Turbulece chambers.
3. Precombustion chambers.
4. Energy cell or air cell chambers.

โดยแต่ละชนิดจะมีประโยชน์ดังนี้

2.1.1 OPEN COMBUSTION CHAMBERS

รูปแบบต่างๆของห้องเผาไหม้ที่ใช้ในปัจจุบันแสดงดังภาพ โดยผู้ผลิตส่วนใหญ่จะทำการปรับปรุงออกแบบในส่วนบนของ Piston head ให้อนุภาคของอากาศที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้มีการไหลแบบปั่นป่วนเกิดขึ้น วิธีการที่ช่วยให้เกิดการไหลเวียนของอากาศที่เข้าในจังหวะ intake เพิ่มขึ้นได้โดยการเพิ่ม port ในตำแหน่งของ cylinder head โดยให้ port นี้ทำมุมกับตำแหน่งของวาล์วอากาศที่ไหลเข้ามาเกิดการชนกันเกิดการไหลแบบ swirl ขึ้น

ข้อดีของ Open Combustion Chamber

1. ทำให้ thermal efficiency สูงขึ้น
2. กำลังงานทั้งหมดที่ผลิตได้จากเชื้อเพลิงเกิดจากผลของ pistonhead
3. กระบอกสูบและลูกสูบจะได้รับผลกระทบจากการเผาไหม้ลดลงเนื่องจากการเผาไหม้ด้วยอุณหภูมิที่ต่ำกว่า

ข้อเสียของ Open Combustion Chamber

1. การควบคุมมลภาวะที่ปลดปล่อยออกมาทำได้ยาก
2. การทำงานของเครื่องจะไม่ราบเรียบเนื่องจากมีช่วง delay period สั้นๆการเกิดผลของ delayเนื่องจากสาเหตุของความดันในการทำงานที่สูงและเกิดขึ้นรวดเร็ว
3. จะเกิดปัญหาในเรื่องการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง multiorifice nozzle และความดันในการฉีดที่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การออกแบบห้องเผาไหม้แบบพิเศษ

การออกแบบห้องเผาไหม้แบ่งได้เป็น Bolted และ screwed ในการไหลเข้าไปในกระบอกสูบ เชื้อเพลิงจะถูกฉีดโดยตรงเข้าไปในห้องเผาไหม้โดยเป็นรูปแบบ single hole, pintle และ delay nozzle ส่วนของปริมาตรจะถูกดูดเข้าไปในห้องเผาไหม้

บริษัทผู้ผลิตส่วนใหญ่ยังคงผลิตห้องเผาไหม้แบบพิเศษอยู่เนื่องจากว่าสามารถควบคุมปริมาณ Hydrocarbon (HC) และ Nitrogen ที่ปลดปล่อยมาจากห้องเผาไหม้ก่อน (Precombustion chamber) ของเครื่องยนต์ดีเซลยังคงมีระดับความสัมพันธ์ที่ต่ำเนื่องจากมีเวลาในการเผาไหม้สั้น มุมของเพลาข้อเหวี่ยงจะอยู่ที่ประมาณ 15 องศาซึ่งมากกว่าของเครื่องยนต์ฉีดโดยตรง

2.1.3 ห้องเผาไหม้ก่อนและห้องเผาไหม้แบบปั่นป่วน

การฉีดของหัวฉีดในเครื่องยนต์การเผาไหม้ก่อน (Precombustion chamber) ตำแหน่งของห้องเผาไหม้แบบนี้ จะประกอบด้วยพื้นที่ประมาณ 80% ของปริมาตรห้องเผาไหม้ทั้งหมดห้องเผาไหม้จะมีขนาดใหญ่กว่าปกติและหัวฉีดจะอยู่ขอบด้านใดด้านหนึ่งของกระบอกสูบโดยห้องเผาไหม้แบบปั่นป่วนจะมีประสิทธิภาพของปริมาตร (Volumetric Efficiency) และประสิทธิผลของความดัน (Effective Pressure)มากกว่าแบบห้องเผาไหม้ก่อน (Precombustion chamber)

2.1.4 Energy and Power cells

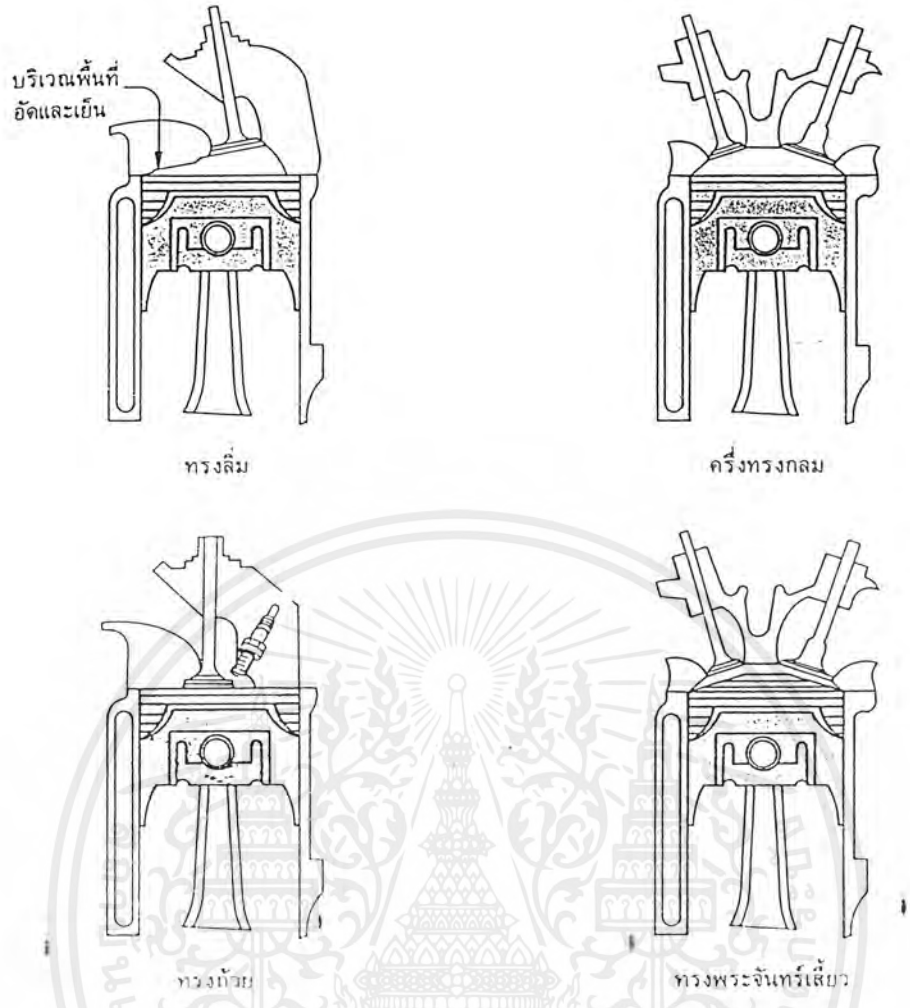
เป็นห้องเผาไหม้แบบใหม่โดยจะใช้ Energy and power cells อยู่ที่ขอบของ cylinder head และตำแหน่งหัวฉีดจะมีทิศทางสวนกับพื้นที่ห้องเผาไหม้หลัก การออกแบบนี้นั้น cylinder head จะเป็นแบบหัวเรียบห้องเผาไหม้แบบ energy head จะดีกว่า Precombustion และ Turbulence เนื่องจากมีความต่อเนื่องของส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงสามารถควบคุมอัตราการเผาไหม้และมีช่วงความดันที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากเกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์แบบฉีดโดยตรง ทำให้เครื่องยนต์ขับขี่ได้อย่างนิ่มนวลมีเสียงรบกวนต่ำ, ประหยัดน้ำมันและมีมลภาวะต่ำ

2.2 ห้องเผาไหม้แบบหมุนวน

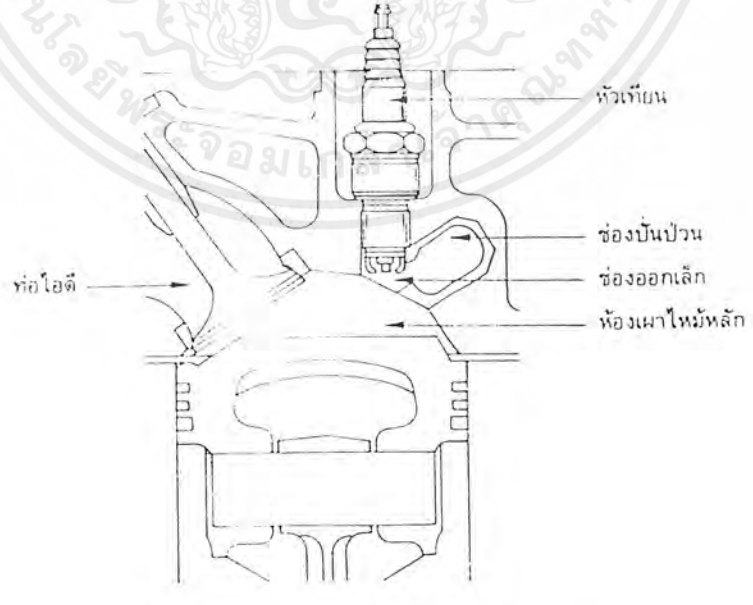
ฝาสูบเป็นส่วนบนของห้องเป็นเผาไหม้ ดังนั้นจึงต้องออกแบบให้มีรูปทรงต่างๆเหมาะสม เพื่อช่วยให้อากาศและไอน้ำมันเชื้อดเพลิงผสมเข้ากันได้ดีการเผาไหม้จึงจะสมบูรณ์มากขึ้น รูปแบบแสดงห้องเผาไหม้รูปทรงต่างๆซึ่งเกิดจากรูปทรงของฝาสูบและหัวลูกสูบ

ฝาสูบของเครื่องยนต์บางชนิดมีส่วนเสริมบางแห่งเพื่อช่วยให้การเผาไหม้ดีขึ้น เช่นในรูปแสดงฝาสูบมีช่องปั่นป่วน (Turbulence-generating port, TGP) จุดประสงค์ของช่องนี้เพื่อสร้างความปั่นป่วนหรือการหมุนวนของไอดีระหว่างการเผาไหม้ในช่วงจังหวะอัด ไอดีบางส่วนจะถูกอัดเข้าไปในช่องปั่นป่วน ไอดีในช่องปั่นป่วนจะเริ่มเผาไหม้ก่อนส่วนอื่นเพราะอยู่ใกล้หัวเทียนเปลวไฟจากห้องปั่นป่วนจะแพร่กระจายออกมาด้วยความเร็วสูงซึ่งจะช่วยกระจายเปลวไฟอย่างรวดเร็วและมีผลทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



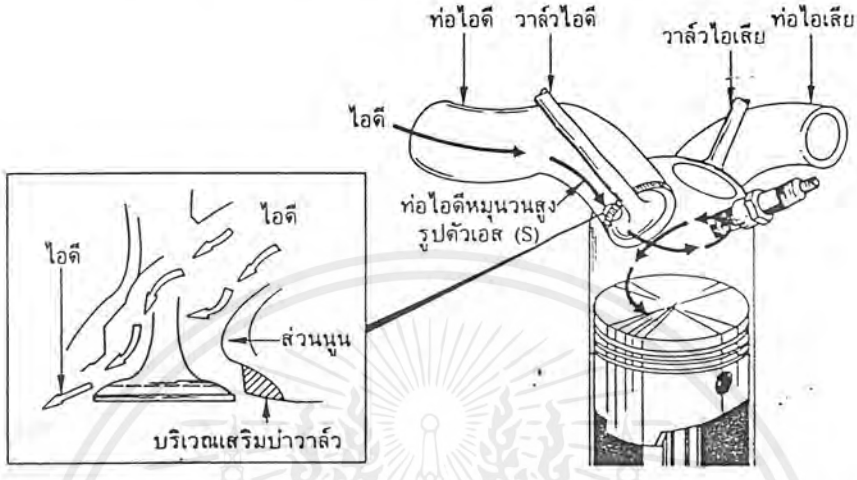
รูปที่ 2-1 แสดงรูปทรงต่างๆของห้องเผาไหม้



รูปที่ 2-2 แบบฝาสูบพร้อมช่องปั่นป่วน

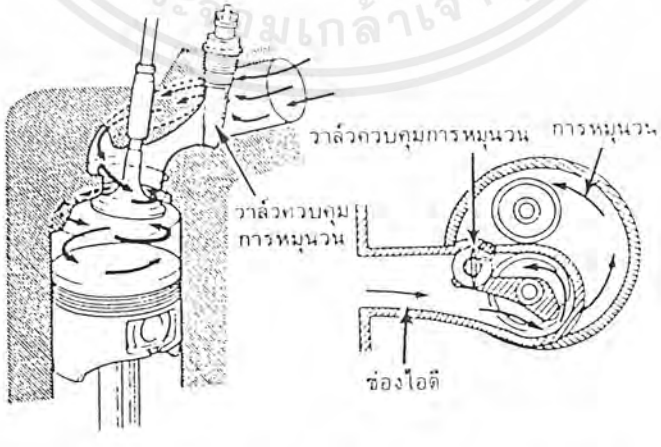
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องยนต์บางชนิดได้รับการออกแบบให้ท่อไอดีมีลักษณะคล้ายตัวเอ (S) และใช้วาล์วบ่าเสริม ซึ่งจะช่วยให้ไอดีหมุนวนได้ดีเมื่อไหลเข้าห้องเผาไหม้ บ่าวาล์วจะติดตั้งเยื้องศูนย์เนื่องจากส่วนเสริมของบ่าวาล์ว และรูปทรงของวาล์วจะแตกต่างไปจากปกติ ดังแสดงในรูป



รูปที่2-3 แสดงท่อไอดีหมุนวนสูงรูปตัวเอส (S) และบ่าวาล์วเสริม

การออกแบบในลักษณะอื่นใช้วาล์วควบคุมการหมุนวน (swirl-control valve) ซึ่งติดตั้งอยู่ในท่อไอดี วาล์วสามารถหมุนได้รอบแกนดิ่งและควบคุมด้วยสัญญาณจากชุดควบคุมออิเล็กทรอนิกส์ (ECU) ซึ่งส่งมาจากสวิตช์สุญญากาศ ในขณะที่วาล์วปีกผีเสื้อเปิดบางส่วนวาล์วดังกล่าวจะบังคับให้ไอดีหมุนวนอย่างสูงเข้ากระบอกสูบ แต่เมื่อวาล์วปีกผีเสื้อเปิดกว้างมากขึ้น วาล์วควบคุมการหมุนวนจะเปิดกว้างเพื่อให้ไอดีไหลได้โดยตรงเข้ากระบอกสูบ ดังแสดงในรูป



รูปที่2-4 แสดงอากาศไหลผ่านวาล์วเสริม ส่วนไอดีผ่านวาล์วไอดีหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

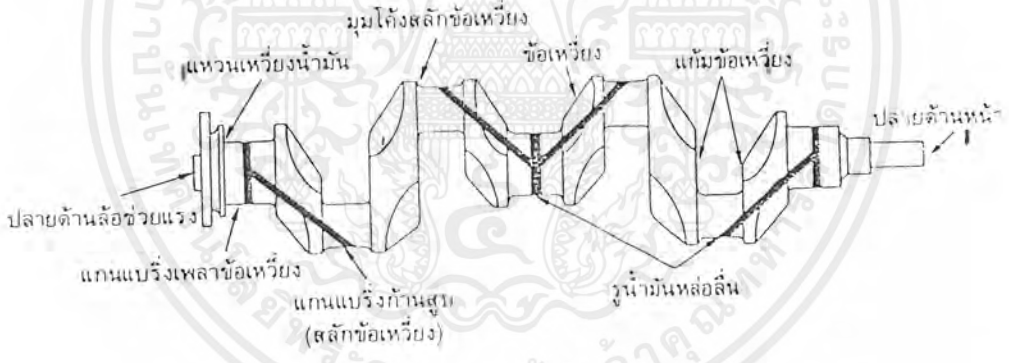
รูปแสดงเครื่องยนต์บางแบบใช้วาล์วไอดีเสริมเพื่อทำให้เกิดการหมุนวนสูง วาล์วไอดีเสริมนี้บางครั้งเรียกว่า วาล์วเจ็ต และมีขนาดเล็กกว่าวาล์วไอดีหลัก ทั้งวาล์วไอดีเสริมและวาล์วไอดีหลักจะเปิดออกพร้อมกัน วาล์วไอดีเสริมจะมีเฉพาะอากาศเท่านั้นที่ไหลผ่าน โดยอากาศไหลมาจากส่วนบนของคาร์บูเรเตอร์ดังแสดงในรูป ส่วนวาล์วไอดีหลักนั้นก็จะยอมให้ไอดีไหลผ่านตามปกติ อากาศที่ไหลผ่านวาล์วไอดีเสริมนั้นไม่มีวาล์วควบคุม ดังนั้นจึงไหลเข้ามาได้เต็มที่และความเร็วสูง ซึ่งมีผลทำให้ไอดีในกระบอกสูบไหลวนด้วยความเร็วสูงและเสริมให้การเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น

วิธีอื่นๆที่จะช่วยเสริมให้เกิดความปั่นป่วนของไอดีคือ ใช้ห้องเผาไหม้ล่วงหน้า เครื่องยนต์ดังกล่าวเรียกว่า เครื่องยนต์ส่วนผสมแยกชั้น

2.3 เพลาข้อเหวี่ยง

เพลาข้อเหวี่ยงเป็นเหล็กกล้าผสมที่มีความแข็งสูงเพลาข้อเหวี่ยงต้องมีความแข็งแรงเพียงพอต่อการรับแรงกระทำในช่วงจังหวะกำลังโดยปราศจากการบิดตัวมากเกินไป นอกจากนี้จะต้องมีความสมดุลในขณะหมุนด้วย

เพื่อเสริมให้เพลาข้อเหวี่ยงมีความสมดุลในขณะหมุน จึงมีน้ำหนักถ่วงที่ตำแหน่งตรงข้ามกับสลักข้อเหวี่ยง เพลาข้อเหวี่ยงมีรูน้ำมันหล่อลื่นเจาะผ่านจากแบริ่งหลักไปยังแบริ่งก้านสูบดังแสดงในรูป

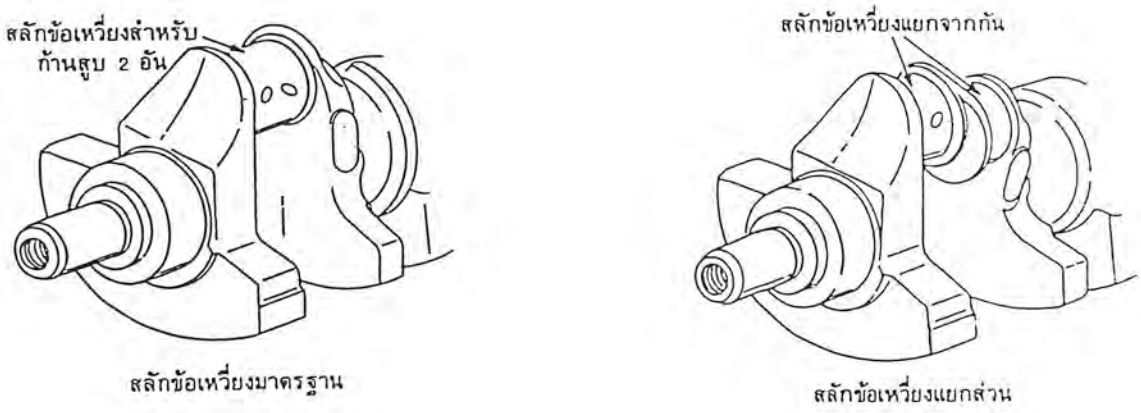


รูปที่2-5 เพลาข้อเหวี่ยงมีรูน้ำมันหล่อลื่นผ่านทะลุจากแบริ่งเพลาข้อเหวี่ยง(แบริ่งหลัก) ไปถึงแบริ่งก้านสูบ

เครื่องยนต์ V-6 จำนวนมากมีสลักข้อเหวี่ยงแยกส่วน (splayed crankpins) ซึ่งหมายถึงสลักข้อเหวี่ยงของเพลาข้อเหวี่ยงแยกออกเป็น 2 ส่วน แต่ละส่วนสำหรับก้านสูบแต่ละอันแสดงในรูปสลักข้อเหวี่ยงแยกส่วนดังกล่าวช่วยให้สมดุลดีขึ้น

ปลายด้านหลังของเพลาข้อเหวี่ยงจะมีล้อช่วยแรงหรือแผ่นขับยึดติดอยู่ ส่วนปลายด้านหน้าของเพลาข้อเหวี่ยงจะมีชิ้นส่วน 3 ชิ้นส่วนยึดติดอยู่ ได้แก่ เฟืองหรือล้อเฟืองซึ่งขับเคลื่อนเพลาลูกเบี้ยวตัวลูดกลืนการสั่นสะเทือน และพูลเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2-6 แสดงเพลาข้อเหวี่ยงมาตรฐานของเครื่องยนต์ V-6 เปรียบเทียบกับเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ V-6 ที่มีสลักข้อเหวี่ยงแยกส่วน

เพื่อเป็นการลดน้ำหนักของเพลาข้อเหวี่ยง จึงออกแบบให้เพลาข้อเหวี่ยงมีรูกลวงภายในคังที่พบในเครื่องยนต์ 3 สูบ

ข้อสังเกต เพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์สำหรับรถยนต์ทั่วไปมักจะผลิตขึ้นมาเป็นชิ้นเดียวกันตามที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่ก็มีเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ของรถจักรยานยนต์บางแบบสามารถแยกออกอเป็นหลายๆชิ้นได้ ซึ่งทำให้สามารถใช้แบริ่งแบบลูกปืนที่ปลายทั้ง 2 ข้างของก้านสูบได้

2.4 จุดประสงค์ของลูกสูบ

ในเครื่องยนต์ ลูกสูบถ่ายทอดแรงและการเคลื่อนที่ซึ่งมีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงความดันที่กระทำต่อหัวลูกสูบ การเปลี่ยนแปลงความดันทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นและลงในกระบอกสูบการเคลื่อนที่ขึ้นลงของลูกสูบจะมีผลดังนี้

1.เกิดสูญญากาศในกระบอกสูบในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลง จึงทำให้ไอดีไหลเข้ากระบอกสูบ (จังหวะดูด)

2.ไอดีในกระบอกสูบถูกอัดตัวเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้น (จังหวะอัด)

3.ถ่ายทอดความดันเนื่องจากการเผาไหม้ผ่านก้านสูบไปสู่สลักข้อเหวี่ยงในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลง (จังหวะกำลัง)

4.ไล่ไอเสียออกจากกระบอกสูบเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้น (จังหวะคาย)

แม้ว่าลูกสูบจะดูคล้ายกับเป็นชิ้นส่วนง่ายๆ แต่ในการออกแบบก็ได้มีการศึกษาและปรับปรุงกันอย่างกว้างขวาง ลูกสูบต้องมีน้ำหนักเบาเพื่อลดภาระความเฉื่อยที่แบริ่งให้น้อยที่สุดแต่ต้องมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะรับความดันสูงและอุณหภูมิสูงในระหว่างการเผาไหม้ไอดี

2.5 ลูกสูบ

2.5.1 วัสดุที่ใช้ทำลูกสูบ

ในสมัยก่อนลูกสูบจะสร้างมาจากเหล็กหล่อแต่ในปัจจุบันนี้ลูกสูบจะทำมาจากอะลูมิเนียมหล่อหรือชุบ อะลูมิเนียมนี้เป็นวัสดุที่เหมาะที่จะใช้ทำเป็นลูกสูบเป็นอย่างมากเพราะมีความแข็งแรงสูง น้ำหนักเบา และสามารถกระจายความร้อนได้ดีลูกสูบจะต้องสามารถรับความเค้นได้เป็นอย่างดี ในทุกๆครั้งที่เพลาข้อเหวี่ยงหมุนไป 1 รอบ ลูกสูบจะเริ่มทำงานและหยุดทำงาน 2 ครั้ง. อย่างเช่นที่ความเร็ว 3000รอบ ลูกสูบจะมีการเปลี่ยนแปลง 6000

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งต่อนาที หรือ 100 ครั้งต่อวินาทีด้วยเหตุนี้ลูกสูบจึงควรมีน้ำหนักเบาสุดเท่าที่จะเบาได้ ที่หัวของลูกสูบจะสัมผัสความร้อนภายในห้องเผาไหม้โดยตรงและจะต้องกำจัดความร้อนให้ทัน ไม่เช่นนั้นหัวลูกสูบจะละลาย

2.5.2 หัวลูกสูบ

โดยปกติหัวลูกสูบจะมีลักษณะกลมและกระโปรงลูกสูบจะมีลักษณะเป็นวงรี . ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางส่วนหัวลูกสูบจะมีขนาดเล็กกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางกระโปรงลูกสูบโดยประมาณ 0.019"- 0.048" นิ้ว

2.5.3 ร่องแหวนลูกสูบ

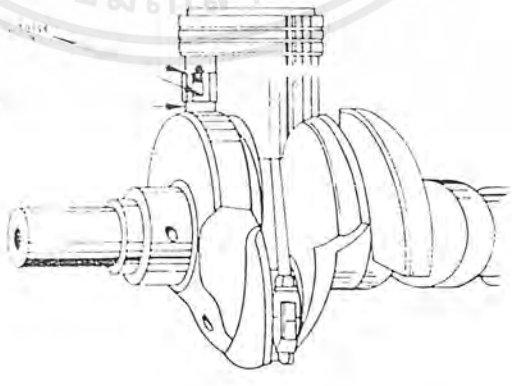
แหวนลูกสูบอันบนสุดมักจะวางในตำแหน่งที่สูงที่สุดเท่าที่สามารถจะวางได้บนลูกสูบ ประการหนึ่งเพื่อเป็นการช่วยเพิ่มความทนทานของแหวนลูกสูบ

2.5.4 รูปร่างของหัวลูกสูบ

บรรดาผู้ผลิตทั้งหลายใช้รูปร่างลูกสูบแบบต่างๆกันในเครื่องยนต์แต่ละประเภทสำหรับอัตราส่วนการอัดที่แตกต่างกัน.

2.5.5 รูปทรงของลูกสูบ

รูปทรงของลูกสูบมีหลายแบบ เครื่องยนต์สมัยเก่ามีกระบอกสูบเล็กและระยะชักยาว มักใช้ลูกสูบแบบกระโปรงเต็ม (Full-skirt piston) ต่อมาเครื่องยนต์มีระยะชักสั้น จึงนิยมใช้ลูกสูบแบบกระโปรงตัด (slipper piston) นอกจากจะช่วยลดน้ำหนักของลูกสูบแล้วยังเป็นช่องว่างสำหรับการติดตั้งน้ำหนักถ่วงดุลบนเพลาข้อเหวี่ยงอีกด้วย และลูกสูบแบบกระโปรงตัดยังช่วยให้การควบคุมการขยายตัวของลูกสูบง่ายขึ้น ดังแสดงในรูป



รูปที่2-7 แสดงลูกสูบแบบกระโปรงตัดช่วยเพิ่มเนื้อที่สำหรับน้ำหนักถ่วงดุลบนเพลาข้อเหวี่ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.6 ระยะช่องว่างลูกสูบ

ระยะช่องว่างลูกสูบเป็นระยะห่างระหว่างผนังกระบอกสูบกับกระโปรงลูกสูบหรือส่วนล่างของลูกสูบ บางครั้งเรียกว่า ระยะช่องว่างกระโปรงลูกสูบ ระยะช่องว่างลูกสูบมีขนาดไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับประเภทของเครื่องยนต์ เครื่องยนต์สำหรับรถแข่งมีระยะช่องว่างลูกสูบมากกว่าเครื่องยนต์ทั่วไป ทั้งนี้เพื่อให้น้ำมันหล่อลื่นสามารถไหลเข้าถึงแหวนอัดตัวบนได้

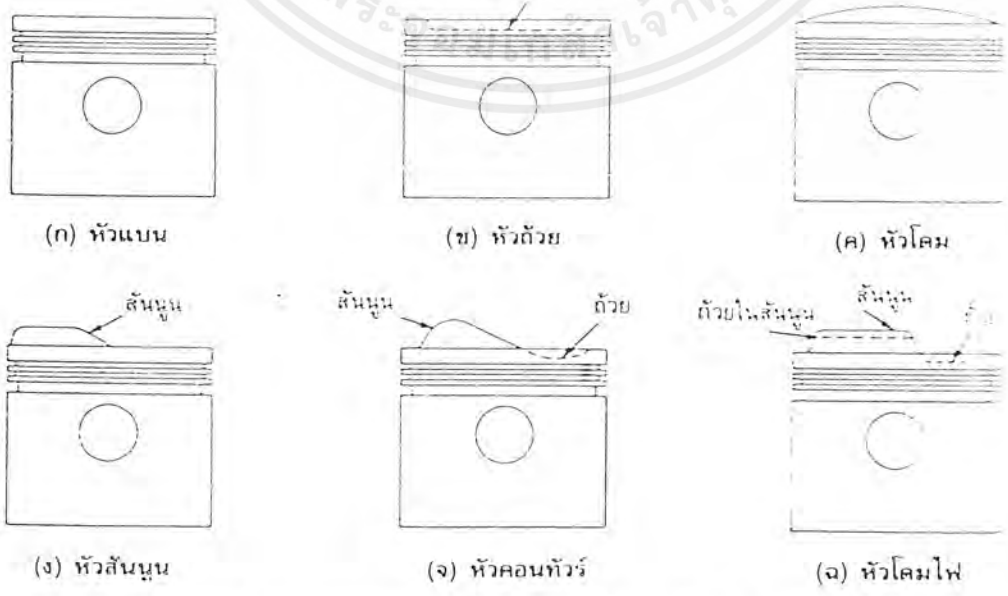
สำหรับรถยนต์ทั่วๆไประยะช่องว่างของลูกสูบมักอยู่ระหว่าง 0.025 ถึง 0.1 mm ในขณะที่เครื่องยนต์กำลังทำงาน ระยะช่องว่างลูกสูบเต็มไปด้วยน้ำมันหล่อลื่น ลูกสูบและแหวนลูกสูบเคลื่อนที่อยู่บนฟิล์มน้ำมันหล่อลื่น

ถ้าระยะช่องว่างลูกสูบเล็กเกินไป จะมีการสูญเสียกำลังเนื่องจากความฝืด มีการสึกหรอสูง และอาจทำให้ลูกสูบติดตายในกระบอกาสูบซึ่งทำให้เครื่องยนต์ใช้งานต่อไปไม่ได้ ถ้าระยะช่องว่างลูกสูบใหญ่เกินไป ลูกสูบอาจกระทบกับผนังลูกสูบ ลูกสูบอาจกระทบกับผนังลูกสูบจนสามารถได้ยินเสียงได้ โดยปกติแล้วการกระทบของลูกสูบกับกระบอกสูบมักเกิดกับเครื่องยนต์เก่าซึ่งผนังกระบอกสุบและกระโปรงลูกสูบสึกหรอมาก หรือกระโปรงลูกสูบชำรุด

โดยทั่วไปแล้วลูกสูบทำงานร้อนกว่าผนังกระบอกสูบและขยายตัวมากกว่า การขยายตัวต้องควบคุมให้เหมาะสมเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้ระยะช่องว่างลูกสูบแคบเกินไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งลูกสูบที่ทำด้วยอะลูมิเนียมผสมซึ่งขยายตัวได้รวดเร็วกว่าเหล็กเมื่ออุณหภูมิเพิ่ม

2.5.7 รูปทรงของหัวลูกสูบ

รูปทรงของลูกสูบอย่างง่ายที่สุดคือ หัวแบน ในอดีตเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนการอัดมักใช้ลูกสูบหัวโดมรูปต่างๆ เพื่อลดปริมาตรห้องเผาไหม้และเพิ่มอัตราส่วนการอัด ข้อจำกัดของลูกสูบหัวโดมคือ ในขณะเปิดวาล์วต้องมีเนื้อที่ว่างเพียงพอ เพื่อไม่ให้ชนกับหัวลูกสูบ ดังนั้นหัวลูกสูบจึงต้องทำร่องบากเพื่อเป็นช่องว่างสำหรับวาล์ว



(ก) หัวแบน (ข) หัวถ้วย (ค) หัวโดม

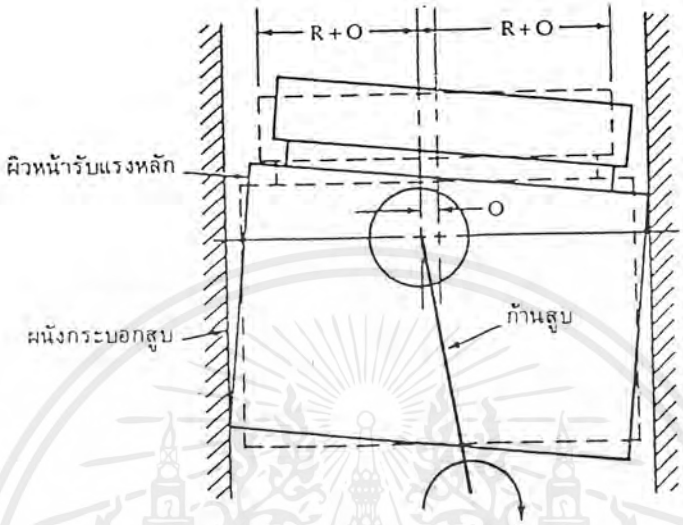
(ง) หัวสันนูน (จ) หัวคอนทัวร์ (ฉ) หัวโดมไฟ

รูปที่2-8 ทรงต่างๆ ของลูกสูบสำหรับเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

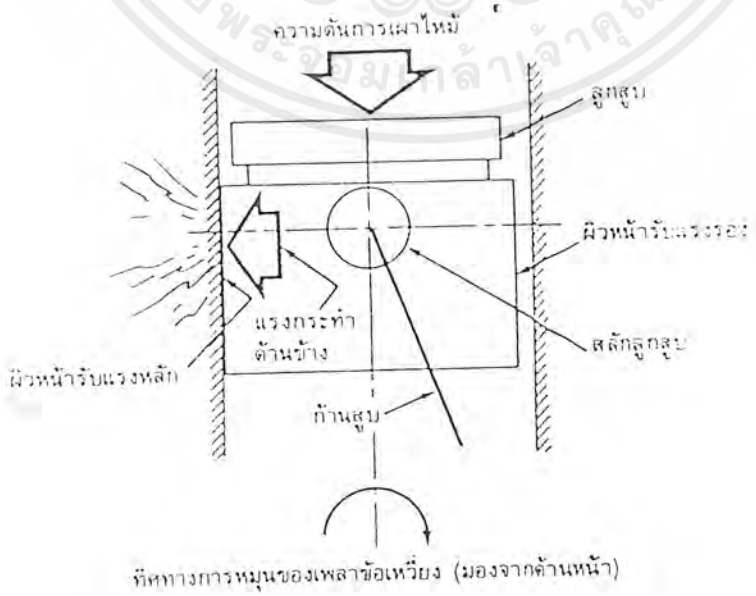
2.5.8 การเยื้องศูนย์ของสลักลูกสูบ

เครื่องยนต์ส่วนมาก สลักลูกสูบเยื้องศูนย์จากเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบไปทางด้านผิวหน้ารับแรงหลัก ผิวหน้านี้ทำหน้าที่รับแรงกระทำระหว่างลูกสูบกับผนังกระบอกสูบในช่วงจังหวะกำลังดังแสดงในรูป



รูปที่2-9 การเยื้องศูนย์ของสลักลูกสูบทำให้ลูกสูบเอียง R คือรัศมีของลูกสูบ และ O คือระยะเยื้องศูนย์ของสลักลูกสูบ

ถ้าสลักลูกสูบไม่เยื้องศูนย์ ผิวหน้ารับแรงรองจะยังคงสัมผัสกับผนังกระบอกสูบจนกระทั่งสิ้นสุดจังหวะการอัด และเมื่อจังหวะกำลังเริ่มขึ้น มุมก้านสูบจะเปลี่ยนจากซ้ายไปขวา สิ่งนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนผิวหน้ารับแรงอย่างทันทีทันใดจากผิวหน้ารับแรงรองไปเป็นผิวหน้ารับแรงหลัก ถ้าระยะช่องว่างลูกสูบมีมากเพียงพอ จะทำให้เกิดเสียงดังเนื่องจากการกระทบกันของลูกสูบกับผนังกระบอกสูบ



รูปที่2-10 สลักลูกสูบไม่เยื้องศูนย์ทำให้เกิดกระทบกันระหว่างลูกสูบและผนังลูกสูบจนสามารถได้ยินเสียง

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าสลักลูกสูบเยื้องศูนย์ความดันจะทำให้ลูกสูบเอียงเมื่อลูกสูบใกล้ศูนย์ตายบน ส่วนล่างของผิวหน้ารับแรงหลักจะสัมผัสกับผนังกระบอกสูบ หลังจากลูกสูบเคลื่อนที่ผ่านศูนย์ตายบนแล้ว ผิวหน้ารับแรงหลักจะเข้าสัมผัสกับผนังกระบอกสูบเต็มผิวหน้า สิ่งนี้จะช่วยให้ไม่เกิดเสียงดังและยืดอายุลูกสูบ

การเอียงของลูกสูบเกิดขึ้นเพราะว่าการเยื้องศูนย์ของสลักลูกสูบ ทำให้ระยะห่างข้างขวาเท่ากับ R+O และระยะห่างข้างซ้ายเท่ากับ R-O ดังนั้นเมื่อมีความดันบนลูกสูบจะทำให้ลูกสูบเอียง

2.6 จุดประสงค์ของวาล์วและกลไกวาล์ว

โดยทั่วไปกลไกลวาล์วเครื่องยนต์มี 2 ชนิด ได้แก่ วาล์วไอดี (Intake valve) ซึ่งเปิดให้ไอเสียไหลออกจากกระบอกสูบ

กลไกวาล์ว (Valve train) ทำหน้าที่ควบคุมการเปิดและปิดวาล์ว โดยถ่ายทอดการเคลื่อนที่ของเพลาลูกเบี้ยวไปยังวาล์ว การจัดวางกลไกวาล์วทำได้ 3 แบบคือ แบบหัวแอล (L) ซึ่งปัจจุบันไม่ใช้แล้วในเครื่องยนต์ แบบเพลาลูกเบี้ยวในเสื้อสูบหรือแบบก้านกระทุ้ง (pushrod) และแบบโอเวอร์เฮดแคมชาฟต์ (OHC) ซึ่งมีเพลาลูกเบี้ยวอยู่ในฝาสูบ

วาล์วต้องเปิดและปิดตามเวลาที่เหมาะสม และต้องทำงานไปอย่างต่อเนื่องตลอดอายุการทำงานของเครื่องยนต์ วาล์วอันหนึ่งๆ อาจทำงานเปิดและปิดถึง 1,250 ครั้งต่อระยะทาง 1 km (kilometer) หรือหมายถึงวาล์วเปิดและปิด 125 ล้านครั้งต่อระยะทาง 100,000 km

2.6.1 วาล์วไทมิ่ง

วาล์วไทมิ่ง (Valve timing) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานของวาล์วกับตำแหน่งของลูกสูบ ไทมิ่งกำหนดเป็นตัวเลขมุมของเพลาข้อเหวี่ยงที่ตำแหน่งก่อนหรือหลังศูนย์ตายบน(TDC) หรือศูนย์ตายล่าง (BDC) ตัวเลขมุมแสดงตำแหน่งเปิดและปิดของวาล์วที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของลูกสูบ

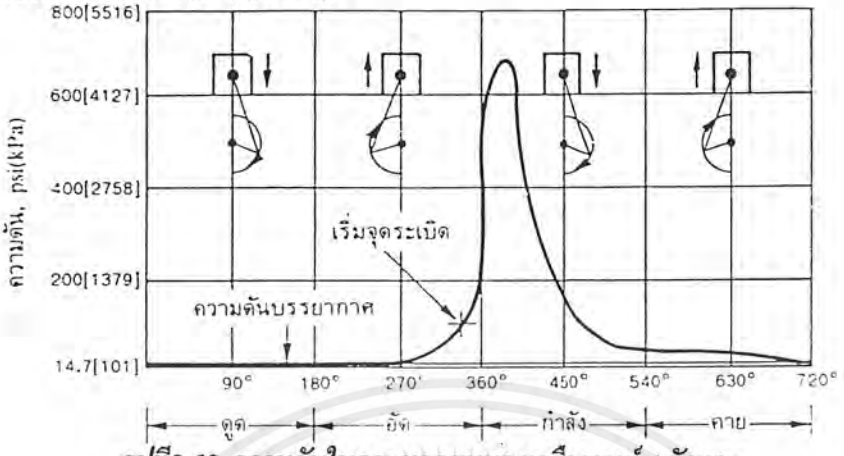
รูปที่2-11 แผนภาพวาล์วไทมิ่ง

จากแผนภาพวาล์วไทมิ่งดังแสดงในรูปจะเห็นได้ว่า วาล์วไอเสียเริ่มเปิดที่ตำแหน่ง 47 องศาก่อนศูนย์ตายล่างของจังหวะกำลัง และยังคงดำเนินต่อไปจนกระทั่งจบจังหวะกำลัง และเปิดต่อไปจนสิ้นสุดจังหวะคาย วาล์วไอเสียนี้จะปิดที่ตำแหน่ง 21 องศาหลังศูนย์ตายบนของจังหวะดูดการที่วาล์วไอเสียเปิดก่อนและปิดทีหลังดังกล่าว ก็เพื่อให้ไอเสียมีเวลามากเพียงพอในการไหลออกจากกระบอกสูบ

ที่ตำแหน่ง 47 องศาก่อนศูนย์ตายล่าง ความดันในกระบอกสูบได้ลดลงอย่างมาก เพราะว่าพลังงานส่วนใหญ่ได้ถ่ายทอดผ่านลูกสูบไปยังเพลาข้อเหวี่ยงแล้ว รูปแสดงความดันในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความดันสูงสุดของจังหวะกำลังคือประมาณ 700 psi (4826 kPa) และที่ตำแหน่ง 47 องศาก่อนศูนย์ตายล่าง ความดันลดลงเหลือเพียงประมาณ 100 psi (690 kPa)



รูปที่2-12 ความดันในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

จากรูปวาล์วไอดีเริ่มเปิดที่ตำแหน่ง 12 องศาก่อนศูนย์ตายบนของจังหวะคายเนื่องจากวาล์วไอเสียยังคงเปิดอยู่ และจะปิดเมื่อถึงตำแหน่ง21 องศาหลังจากศูนย์ตายบน ดังนั้นวาล์วไอดีและวาล์วไอเสียเปิดพร้อมกันด้วยมุม 33 องศา การเหลื่อมกันดังกล่าวเรียกว่า การเหลื่อมวาล์ว (valve overlap) วาล์วไอดียังคงเปิดต่อไปและจะปิดเมื่อถึงตำแหน่ง 56 องศาหลังศูนย์ตายล่างของจังหวะอัด สิ่งนี้ช่วยให้ไอดีมีเวลาไหลเข้ากระบอกสูบมากขึ้น

ข้อสังเกต เมื่อเรากล่าวถึงการเปิดและปิดวาล์วที่ตำแหน่งก่อนหรือหลังศูนย์ตายล่างหรือศูนย์ตายบน ที่จริงแล้วตำแหน่งนั้นวาล์วเริ่มเปิดออกหรือปิดสนิทเท่านั้น ก่อนที่วาล์วจะถึงจุดเปิดเต็มที่หรือปิดสนิท เพลาลูกเบี้ยวจะต้องหมุนไปหลายองศา

ไทมิ่งของวาล์วมีผลมาจากความสัมพันธ์ระหว่างเฟืองหรือล้อเฟืองบนเพลาลูกเบี้ยวกับเฟือง หรือล้อเฟืองของเพลาข้อเหวี่ยง และรูปทรงของลูกเบี้ยว การเปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์ดังกล่าวทำให้ไทมิ่งของการเปิดและปิดวาล์วเปลี่ยนไป ในทำนองเดียวกันวาล์วไอดีจะเปิดก่อนและปิดก่อนเช่นกัน สิ่งนี้ทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์ลดลงอย่างมาก ดังนั้นก่อนประกอบเฟืองหรือล้อเฟืองเข้าด้วยกัน ควรตรวจสอบดูเครื่องหมายให้ตรงกันตามกำหนด

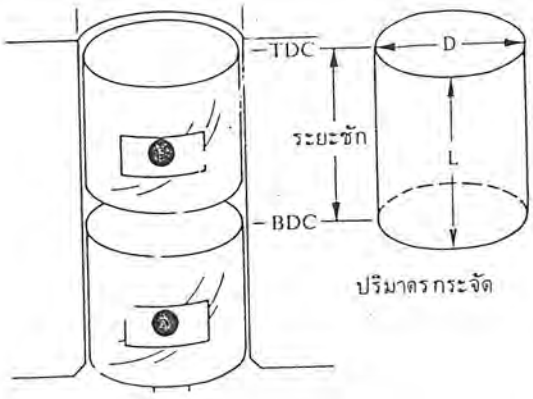
2.7 ขนาดกระบอกสูบและระยะชัก

ขนาดกระบอกสูบ(bore)คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ ระยะชัก(stork)คือ ระยะการเคลื่อนที่ของลูกสูบจากศูนย์ตายล่างถึงศูนย์ตายบน(จาก BDC ถึง TDC)

การกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับกระบอกสูบนิยมกำหนดด้วยขนาดกระบอกสูบด้วยระยะชัก เช่น เครื่องยนต์ 83x88 mm หมายถึงขนาดกระบอกสูบเท่ากับ 83 mmและระยะชักเท่ากับ 88 mm

เครื่องยนต์ที่มีขนาดกระบอกสูบสั้นกว่าระยะชักเรียกว่าอันเดอร์สแควร์ (undersquare) เครื่องยนต์ที่มีขนาดกระบอกสูบยาวกว่าระยะชัก เช่น เครื่องยนต์ 88x78 mm เรียกว่าโอเวอร์สแควร์(oversquare) ส่วนเครื่องยนต์ที่มีขนาดกระบอกสูบเท่ากับระยะชักเรียกว่า สแควร์(square) เช่น เครื่องยนต์ 85x85 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2-13 ขนาดกระบอกสูบ ระยะชัก และปริมาตรกระจัด

เครื่องยนต์โอเวอร์สแควร์มีข้อดีหลายประการ ระยะชักสั้นลงทำให้แหวนลูกสูบเคลื่อนที่สั้นลง การสูญเสียพลังงานเนื่องจากความฝืดลดลง ภาระแบริ่งลดลง และความสูงของเครื่องยนต์ลดลง

อย่างไรก็ตามเครื่องยนต์ที่มีระยะชักสั้นเกินไปก็มีผลเสียเช่นกันคือ การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์เครื่องยนต์บางเครื่องต้องเพิ่มระยะชักให้ยาวขึ้นเพื่อลดมลพิษที่ปล่อยออกมาทางท่อไอเสีย

2.8 อัตราส่วนการอัด

อัตราส่วนการอัด (Compression ratio) ของเครื่องยนต์คือ การวัดปริมาณที่ไอดี (อากาศ) ถูกอัดตัวในกระบอกสูบระหว่างจังหวะอัด การคำนวณทำได้โดยนำปริมาตรอากาศในหนึ่งหระบอกสูบเมื่ออยู่ที่ตำแหน่ง BDC หารด้วยปริมาตรอากาศเมื่อลูกสูบอยู่ที่ตำแหน่ง TDC

ปริมาตรอากาศในขณะที่ลูกสูบอยู่ที่ตำแหน่ง TDC เรียกว่า ปริมาตรช่องว่าง (clearance volume) ซึ่งก็คือปริมาตรห้องเผาไหม้นั่นเอง

2.8.1 การเพิ่มอัตราส่วนการอัด

โดยเฉลี่ยแล้วอัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์ใหม่ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในแต่ละปี ทั้งนี้เพราะว่าการเพิ่มอัตราส่วนการอัดจะช่วยทำให้กำลังเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นและประหยัดน้ำมันเชื่อเพลิงมากขึ้น โดยไม่ต้องเพิ่มขนาดหรือน้ำหนักเครื่องยนต์

เครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนการอัดสูงจะอัดไอดีมากขึ้น ทำให้ความดันในกระบอกสูบที่จุดเริ่มต้นของจังหวะกำลังสูงมากขึ้น เมื่อจุดระเบิดเผาไหม้ไอดีจะมีแรงกระทำกับลูกสูบมากขึ้น และเป็นผลให้ได้กำลังมากขึ้น

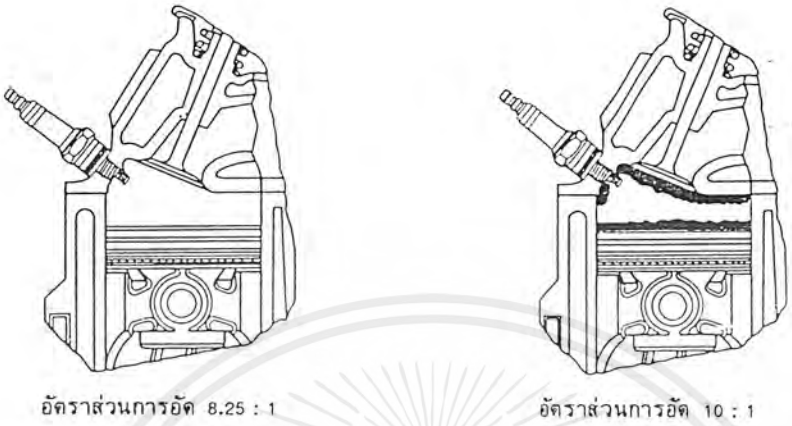
ในสมัยก่อนอัตราส่วนการอัดโดยเฉลี่ยประมาณ 8:1 ต่อมาเพิ่มขึ้นจนบางเครื่องสูงถึง 9.5:1 เมื่อๆไม่นานมานี้ ความก้าวหน้าทางวิศวกรรมยานยนต์เกี่ยวกับการเผาไหม้ด้วยส่วนผสมบางการเผาไหท้เร็วของไอดี การใช้ห้องเผาไหม้แบบหมุนวน และการควบคุมไอเสีย ช่วยให้สามารถใช้เครื่องยนต์อัตราส่วนการอัดสูงได้โดยไม่เกิดผลเสียต่อเครื่องยนต์และการเกิดมลพิษ

เนื่องจากอัตราส่วนการอัดสูงทำให้ความดันของไอดีสูงในระหว่างจังหวะอัด และอุณหภูมิของไอดีสูงขึ้นด้วยเช่นกัน อัตราส่วนการอัดยิ่งสูงจะยิ่งทำให้อุณหภูมิของไอดีเพิ่มขึ้น และอาจทำให้ไอดีสามารถจุดระเบิดเองได้ด้วยเช่นกัน ซึ่งก่อให้เกิดการเผาไหม้ผิดปกติหรือน็อก น้ำมันเชื้อเพลิงที่ผสมสารตะกั่ว (เตตราเอทิลเลด) สามารถควบคุมปัญหานี้ได้ แต่ถ้านำสารตะกั่วออกไปจะต้องลดอัตราส่วนการอัดเพื่อลดโอกาสการเกิดการเผาไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผิดปกติ ตะกอนคาร์บอนที่สะสมภายในกระบอกสูบมีส่วนทำให้อัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น เพราะว่าตะกอนคาร์บอนเข้าไปแทนที่ปริมาตรช่องว่าง



รูปที่2-14 การสะสมของตะกอนคาร์บอนทำให้อัตราส่วนการอัดเพิ่มขึ้นจาก 8.25:1 เป็น 10:1

ซึ่งทำให้อัตราส่วนการอัดเพิ่มขึ้นจาก 8.25:1 เป็น 10:1 ตะกอนคาร์บอนภายในกระบอกสูบเกิดขึ้นจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์และการเผาไหม้น้ำมันหล่อลื่นภายในห้องเผาไหม้ นอกจากนี้ตะกอนคาร์บอนภายในกระบอกสูบยังมีส่วนทำให้เกิดมลพิษทางท่อไอเสียมากขึ้นทั้งนี้เพราะว่าคาร์บอนดูดซับน้ำมันเชื้อเพลิงจากไอดีและจากก๊าซที่เผาไหม้ หลังจากที่ความดันลดลงในจังหวะคาย คาร์บอนจะปล่อยไอระเหยของน้ำมันเชื้อเพลิงออกมาพร้อมกับก๊าซไอเสีย ทำให้ไอเสียมีไฮโดรคาร์บอน (HC) ซึ่งเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ยังไม่ได้เผาไหม้เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42357

บทที่3
การทดลองและผลการทดลอง

3.1 วัตถุประสงค์ของการสร้างชุดทดลอง

ในการศึกษาลักษณะการไหลของอากาศภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์จำเป็นต้องสร้างชุดทดลองที่สามารถจำลองการทำงานของเครื่องยนต์จริงและสามารถเห็นลักษณะการไหลของอากาศภายในกระบอกสูบได้ จึงได้ทำการออกแบบและสร้างชุดทดลองที่มีลักษณะใกล้เคียงกับเครื่องยนต์จริงมากที่สุด โดยมีกระบอกสูบทำจากวัสดุโปร่งใส และใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวขับให้ชุดทดลองทำงาน ดังนี้

3.2 อุปกรณ์การทดลอง

1. เพลาข้อเหวี่ยง มีช่วงชัก 70 mm
2. เพลาลูกเบี้ยว มีความสูงของลูกเบี้ยว 10 mm
3. วาล์ว แบ่งเป็น
   วาล์วไอดี 2 ตัว ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 32 mm
   วาล์วไปเสีย 2 ตัว ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 29 mm
4. กระบอกสูบนำ ทำจากท่อเหล็กมีขนาด
   เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 90 mm
   เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 84 mm
5. กระบอกสูบใส ทำจากอะคิลิคใสซึ่งมี
   เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 90 mm สูง 100 mm
   เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 84 mm
6. เพลาทครอบ และอนุภาคที่ใช้แทนอากาศ
7. มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส 220 V 2HP 1410 rpm และ แหล่งกำเนิดแสง (slit light source)
8. ลูกสูบพลาสติก

Type	D (mm)	H (mm)	มุม	หมายเหตุ
หัวเรียบ	80	70	-	-
แบบถ้วย	80	68	-	D ถ้วย 50 mm ลึก 8 mm
แบบโคม	80	74	46	โคมสูง 27 mm
สามเหลี่ยม1	80	70	45	สันสูง 40 mm
สามเหลี่ยม2	80	70	7	สันสูง 5 mm
สันนูน1	80	72	63	สันกว้าง 12 mm สูง 10 mm
สันนูน2	80	77	90	สันกว้าง 38 mm สูง 10 mm

ตารางที่3-1 แสดงลักษณะของลูกสูบ

9. ระบบหมุนเวียนอนุภาคปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-มอเตอร์ 6 V ติดใบพัด

-ท่อสายยาง

-แบตเตอรี่ขนาด 6 V

เนื่องจากในการทดลองต้องการทดลองที่ความเร็วรอบต่างๆดังนั้นเพื่อให้ชุดทดลองสามารถทำงานที่ความเร็วรอบต่างๆตามที่ต้องการได้ จึงต้องใช้พูลเล่ย์หลายชั้นโดยในการทดลองที่ผ่านมาเมื่อทำการเพิ่มชุดเพลาทดความเร็วรอบจะให้อัตราทดและความเร็วรอบของชุดทดลองดังตาราง

ความเร็วรอบของเพลาข้อเหวี่ยง

ตัวขับ(in) / ตัวตาม(in)	3	4	5	6
2	940	700	560	470
3	1410	1060	850	710
4	1880	1410	1130	940

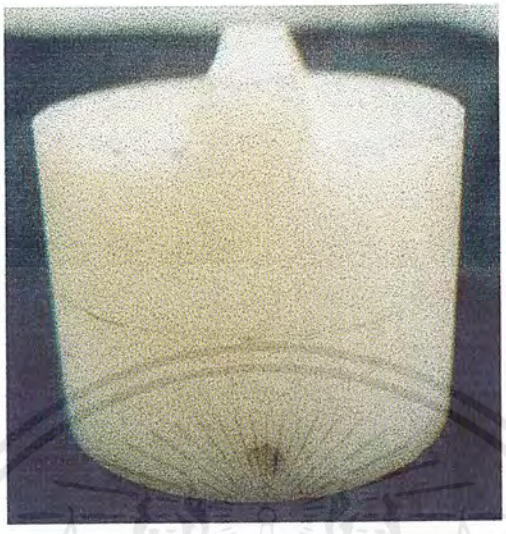
ตารางที่3-2 แบบเดิม

ตัวตาม(in) / ตัวขับ(in)	3	4	5	6
7	200	270	335	400

ตารางที่3-3 แบบใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

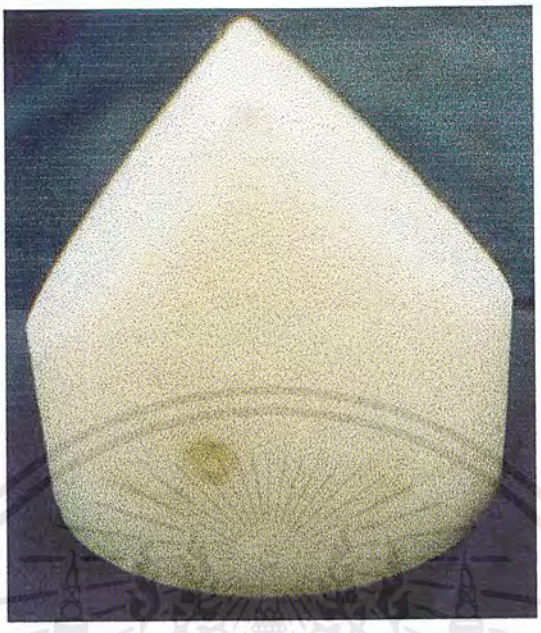
3.3 รูปแบบต่างๆของลูกสูบ



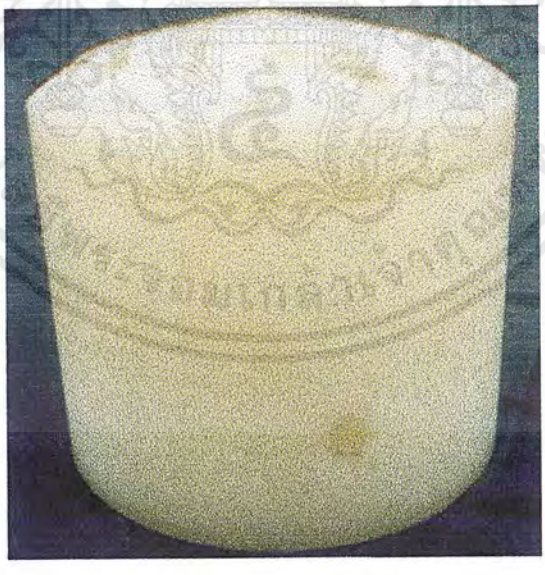
รูปที่ 3-1 แบบสันนูนกว้าง 12 mm

รูปที่ 3-2 แบบหัวเรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

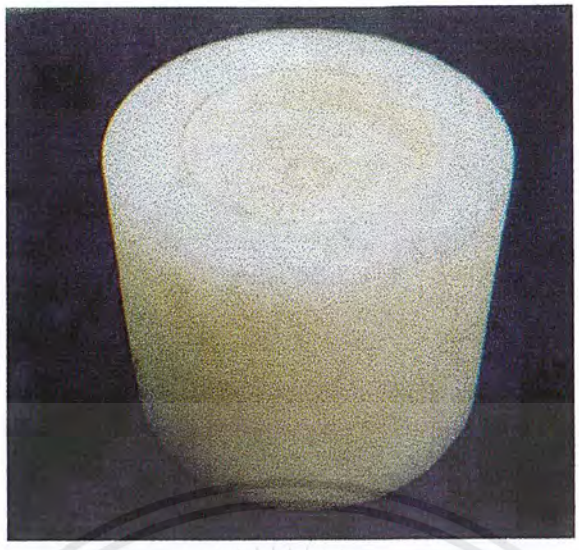


รูปที่ 3-3 แบบสามเหลี่ยม มุม 45 องศา



รูปที่ 3-4 แบบสามเหลี่ยมมุม 7 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-5 แบบถ้วย

รูปที่ 3-6 แบบโดม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่3-7 แบบสันนูน 38 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 1

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อถ่ายภาพลักษณะการไหลของอากาศภายในกระบอกสูบแบบหัวเรียบ

โดยใช้กล้อง **NIKON F3** และฟิล์มสีฟูจิ **Superior** ความไวแสง 100

ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 470 rpm

ยังไม่มีระบบป้อนอนุภาคแบบหมุนเวียน

ซึ่งมีเงื่อนไขในการทดลองดังตารางที่ 3-4

ครั้งที่	Speed Shutter	F Number	ความกว้าง Slit light source(mm)
1	1/4	2.8	ความกว้าง Slit light source 3 mm
2	1/4	2.8	
3	1/4	2.8	
4	1/4	2.8	
5	1/4	2.8	
6	1/4	2.8	
7	1/4	2.8	
8	1/4	2.8	
9	1/4	2.8	
10	1/4	2.8	
11	1/4	2.8	
12	1/4	2.8	
13	1/4	2.8	
14	1/4	2.8	
15	1/4	2.8	
16	1/4	2.8	
17	1/4	2.8	
18	1/4	2.8	
19	1/8	2.8	
20	1/8	2.8	
21	1/8	2.8	
22	1/8	2.8	
23	1/8	2.8	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24	1/8	2.8	ความกว้างslit light source 3 mm
25	1/8	2.8	
26	1/8	2.8	
27	1/8	2.8	
28	1/8	2.8	
29	1/8	2.8	
30	1/8	2.8	
31	1/8	2.8	
32	1/8	2.8	
33	1/8	2.8	

ตารางที่3-4 เงื่อนไขในการทดลองที่ 1

ผลการทดลอง

ภาพถ่ายที่ได้พบว่ามีลักษณะไม่ค่อยชัดเจนเท่าที่ควรอาจเนื่องจากอนุภาคที่ป้อนเข้าไปมากเกินทำให้ฟุ้งกระจาย แต่เรายังสามารถมองเห็นลักษณะการไหลได้ โดยการไหลของอนุภาคมีการหมุนวนแบบ tumble ขึ้นภายในกระบอกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อถ่ายภาพลักษณะการไหลของอากาศภายในกระบอกสูบแบบหัวถ้วย

โดยใช้กล้อง **NIKON F3** และฟิล์มสีฟูจิ **Superior** ความไวแสง 100

ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 200 rpm

ใช้ระบบป้อนอนุภาคแบบหมุนเวียน

ซึ่งมีเงื่อนไขในการทดลองดังตารางที่ 3-5

ครั้งที่	Speed Shutter	F Number	ความกว้าง Slit light source(mm)
1	1/4	2.8	ความกว้าง Slit light source 3 mm
2	1/4	2.8	
3	1/4	2.8	
4	1/4	2.8	
5	1/4	2.8	
6	1/4	2.8	
7	1/4	2.8	
8	1/4	2.8	
9	1/4	2.8	
10	1/4	2.8	
11	1/4	2.8	
12	1/4	2.8	
13	1/4	2.8	
14	1/4	2.8	
15	1/4	2.8	
16	1/4	2.8	
17	1/4	2.8	
18	1/4	2.8	
19	1/8	2.8	
20	1/8	2.8	
21	1/8	2.8	
22	1/8	2.8	
23	1/8	2.8	

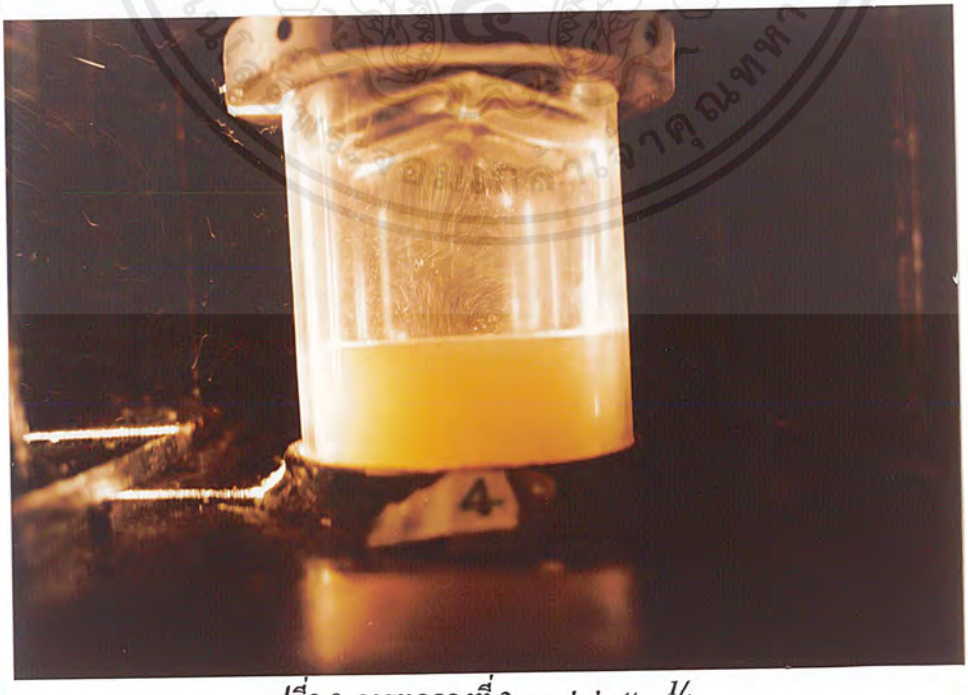
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24	1/8	2.8	ความกว้างslit light source 3 mm
25	1/8	2.8	
26	1/8	2.8	
27	1/8	2.8	
28	1/8	2.8	
29	1/8	2.8	
30	1/8	2.8	
31	1/8	2.8	
32	1/8	2.8	
33	1/8	2.8	

ตารางที่3-5 เงื่อนไขในการทดลองที่ 2

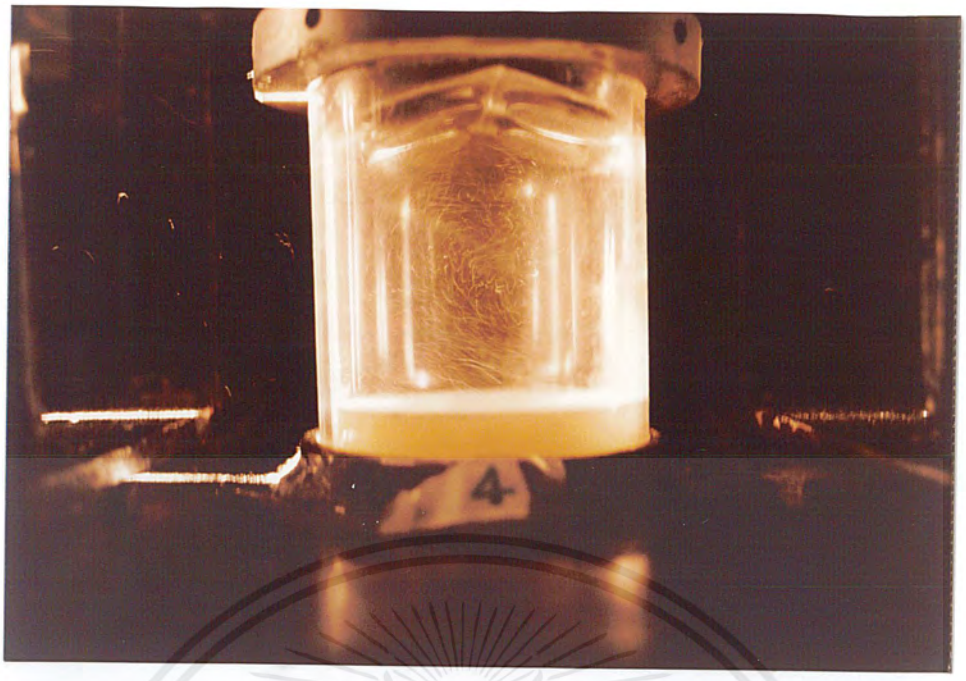
ผลการทดลอง

ภาพถ่ายที่ได้พบว่ามีลักษณะชัดเจนขึ้นมากกว่าครั้งแรกเท่าที่ควร อาจเนื่องจากอนุภาคที่ป้อนเข้าไปไม่มากเกินไป ทำให้ลดการฟุ้งกระจายของอนุภาค สามารถมองเห็นลักษณะการไหลได้ สำหรับลูกสูบแบบหัวถ้วยนี้เมื่ออากาศไหลเข้ามาจากท่อไอดีในจังหวะดูดจะไม่เกิดloopการหมุนวนแบบtumble ขึ้น แต่อากาศจะถูกดูดเข้าไปในถ้วยแทน



รูปที่3-8 การทดลองที่ 2 speed shutter 1/4

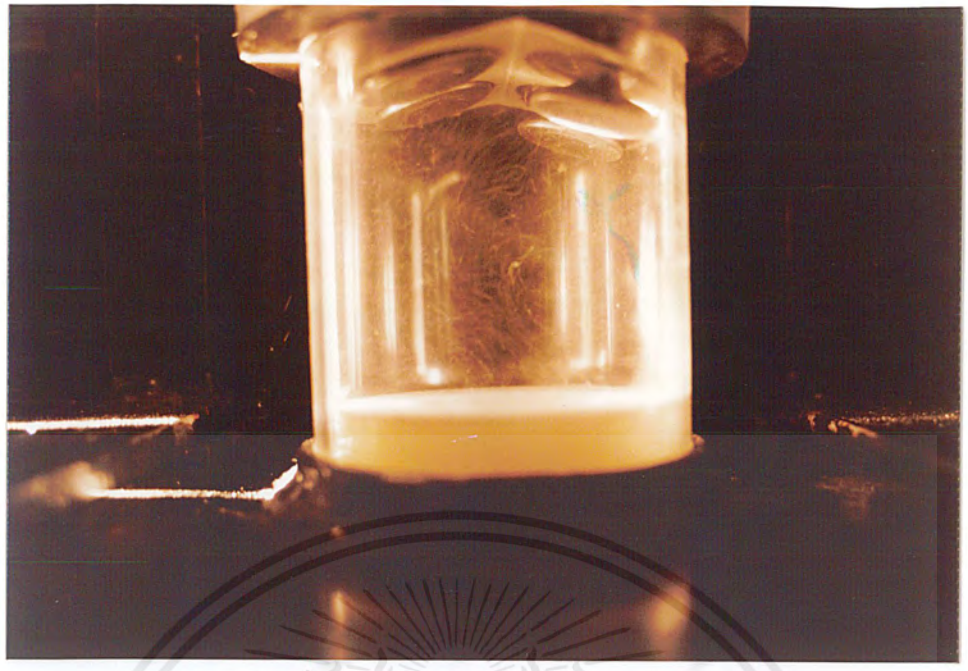
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-9 การทดลองที่ 2 Speed shutter 1/4

รูปที่ 3-10 การทดลองที่2 Speed shutter 1/4

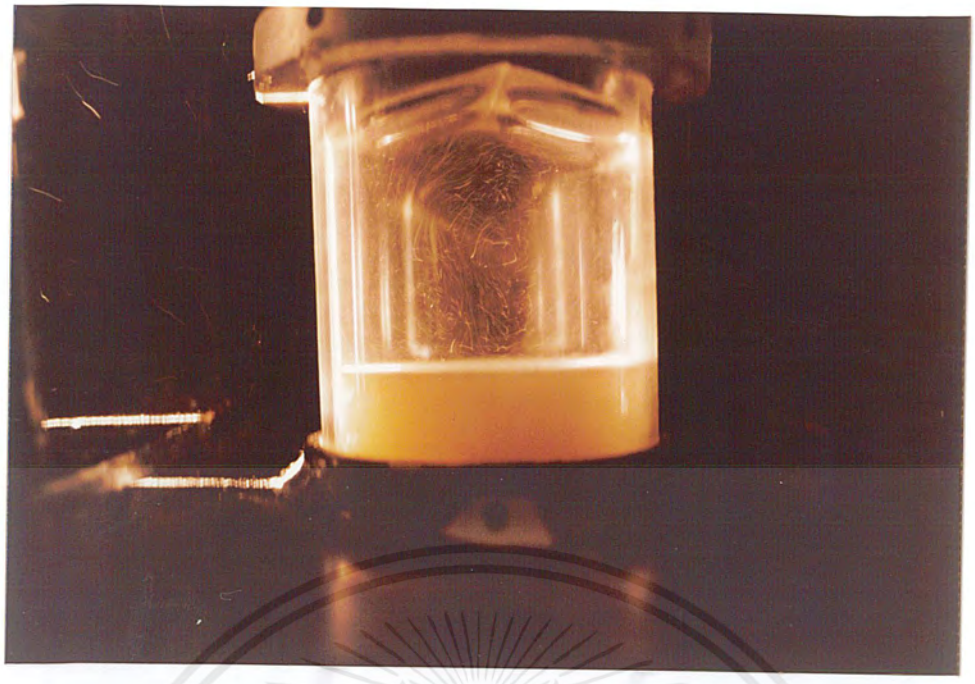
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



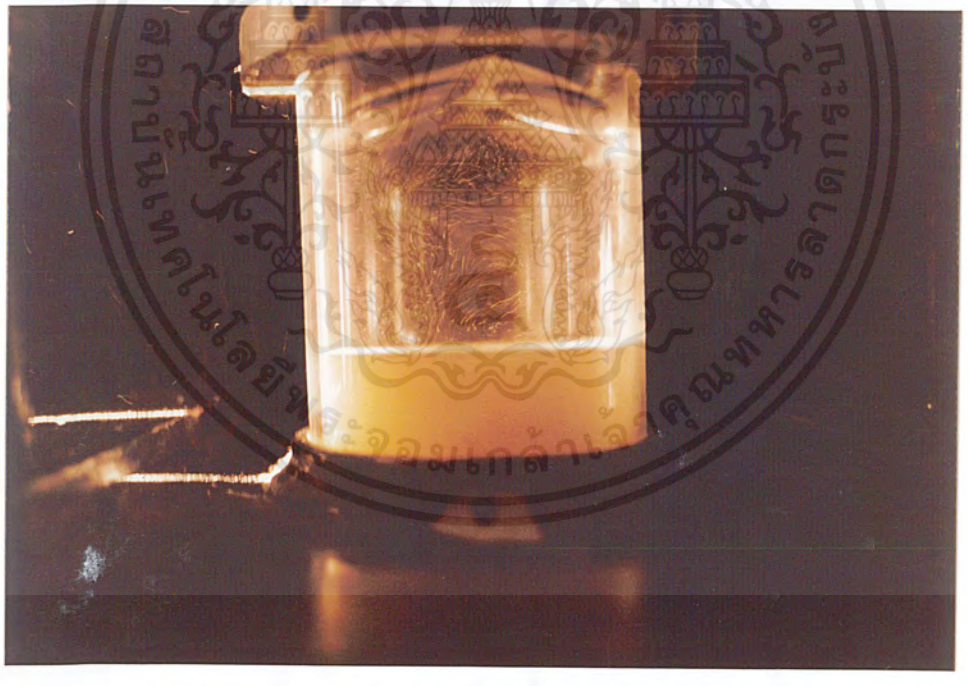
รูปที่ 3-11 การทดลองที่2 Speed shutter 1/4

รูปที่ 3-12 การทดลองที่2 Speed shutter 1/4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-13 การทดลองที่2 Speed shutter 1/8



รูปที่ 3-14 การทดลองที่2 Speed shutter 1/8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 3

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อถ่ายภาพลักษณะการไหลของอากาศภายในกระบอกสูบแบบหัวโดม

โดยใช้กล้อง **NIKON F3** และฟิล์มสีฟูจิ **Superior** ความไวแสง 100

ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 200 rpm ใช้ระบบป้อนอนุภาคแบบหมุนเวียน

ซึ่งมีเงื่อนไขในการทดลองดังตารางที่ 3-6

ครั้งที่	Speed Shutter	F Number	ความกว้าง Slit light source(mm)
1	1/4	2.8	ความกว้าง Slit light source 3 mm
2	1/4	2.8	
3	1/4	2.8	
4	1/4	2.8	
5	1/4	2.8	
6	1/4	2.8	
7	1/4	2.8	
8	1/4	2.8	
9	1/4	2.8	
10	1/4	2.8	
11	1/4	2.8	
12	1/4	2.8	
13	1/4	2.8	
14	1/4	2.8	
15	1/4	2.8	
16	1/4	2.8	
17	1/4	2.8	
18	1/4	2.8	
19	1/8	2.8	
20	1/8	2.8	
21	1/8	2.8	
22	1/8	2.8	
23	1/8	2.8	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24	1/8	2.8	ความกว้างslit light source 3 mm
25	1/8	2.8	
26	1/8	2.8	
27	1/8	2.8	
28	1/8	2.8	
29	1/8	2.8	
30	1/8	2.8	
31	1/8	2.8	
32	1/8	2.8	
33	1/8	2.8	

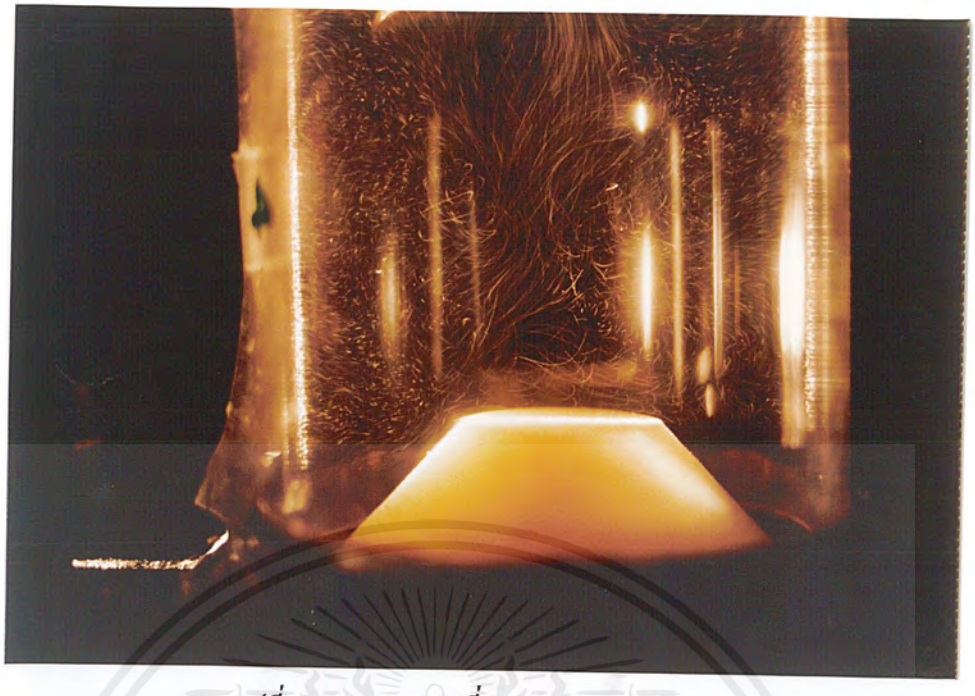
ตารางที่3-6 เงื่อนไขในการทดลองที่ 3

ผลการทดลอง

ภาพถ่ายที่ได้พบว่ามีลักษณะชัดเจนขึ้นมากกว่าครั้งแรกเท่าที่ควร อาจเนื่องจากอนุภาคที่ป้อนเข้าไปไม่มากเกินไป ทำให้ลดการฟุ้งกระจายของอนุภาค สามารถมองเห็นลักษณะการไหลได้ สำหรับลูกสูบแบบหัวถ้วยนี้เมื่ออากาศไหลเข้ามาจากท่อไอดีในจังหวะดูดจะไม่เกิดloopการหมุนวนแบบtumble ขึ้น แต่อากาศจะถูกดูดเข้าไปในถ้วยแทน

รูปที่3-15 การทดลองที่ 3 speed shutter ¼

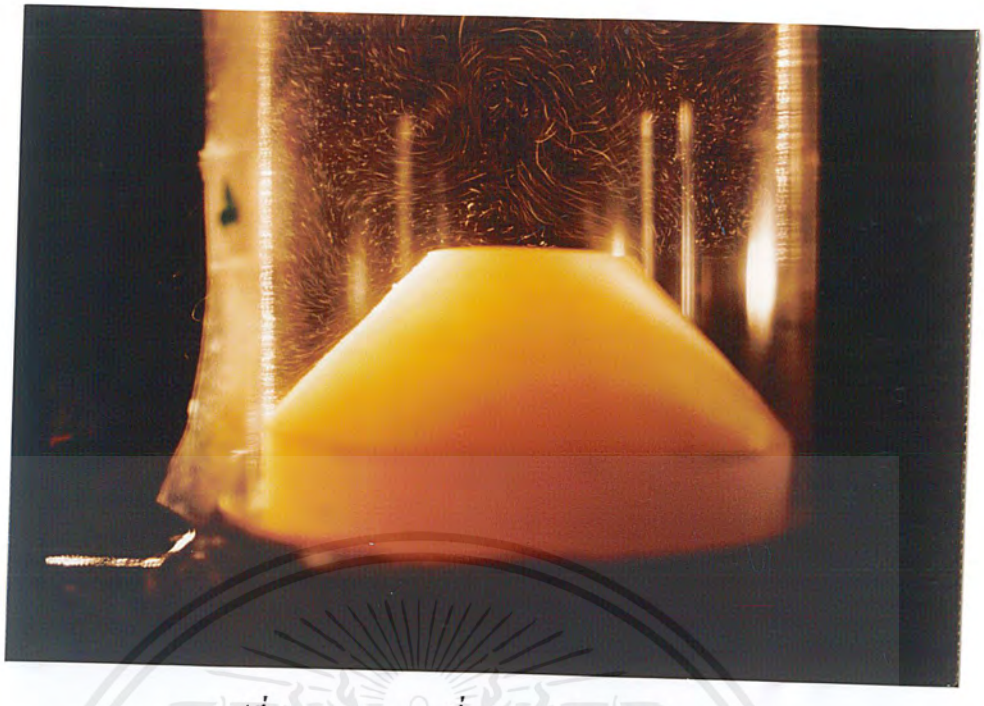
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-16 การทดลองที่3 Speed shutter 1/4

รูปที่ 3-17 การทดลองที่ 3 Speed shutter 1/4

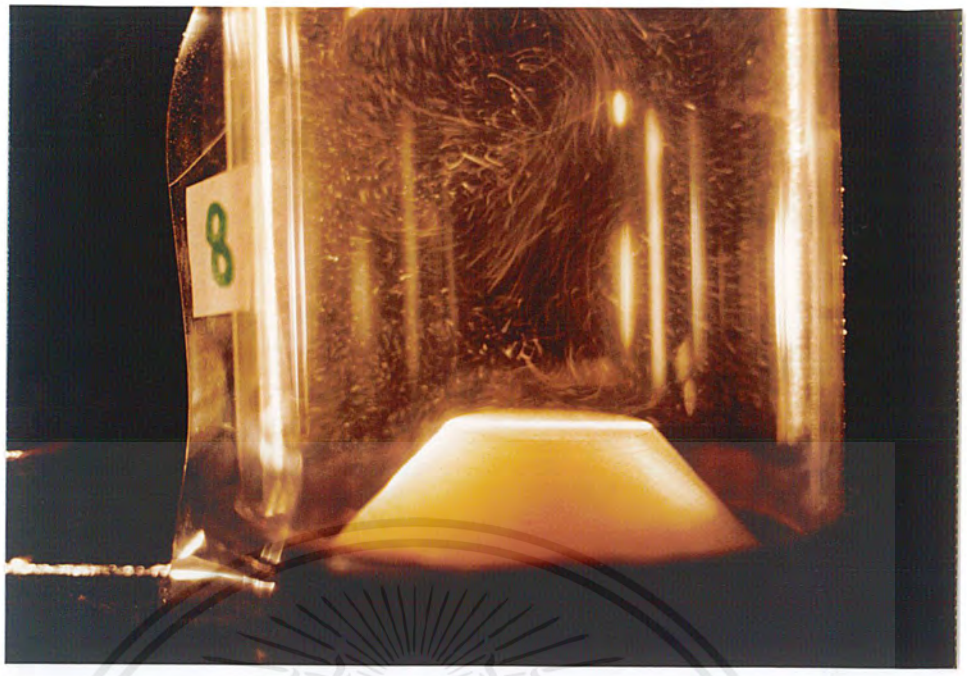
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



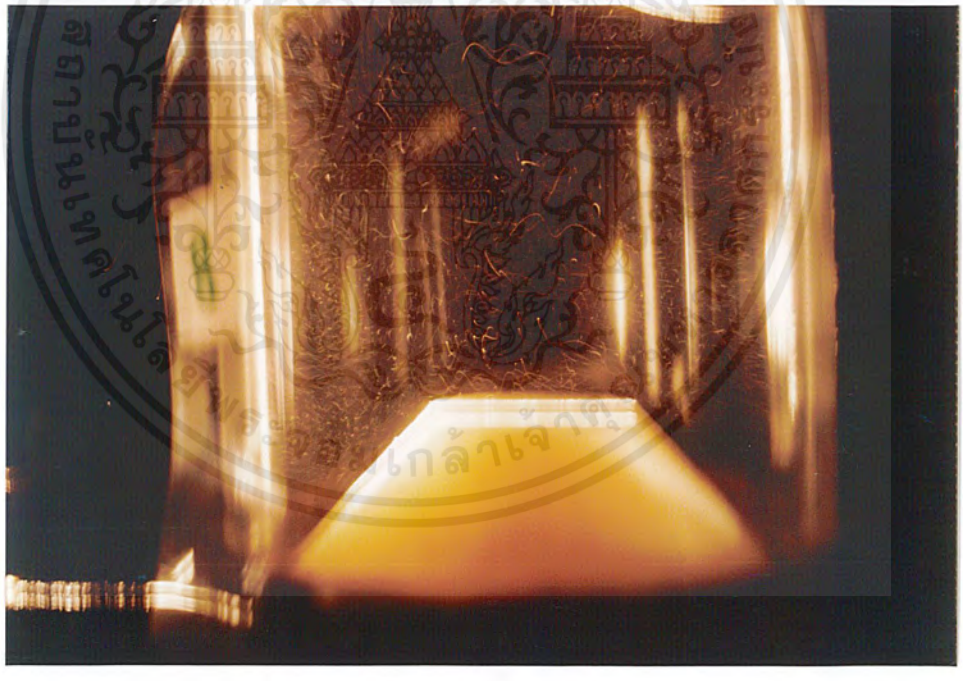
รูปที่ 3-18 การทดลองที่3 Speed shutter 1/4

รูปที่ 3-19 การทดลองที่ 3 Speed shutter 1/4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-20 การทดลองที่3 Speed shutter 1/8



รูปที่ 3-21 การทดลองที่ 3 Speed shutter 1/8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 4

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อถ่ายภาพลักษณะการไหลของอากาศในกระบอกสูบแบบสามเหลี่ยม 45 องศา

โดยใช้กล้อง **NIKON F3** และฟิล์มสีฟูจิ **Superior** ความไวแสง 100

ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 200 rpm

ใช้ระบบป้อนอนุภาคแบบหมุนเวียน

ซึ่งมีเงื่อนไขในการทดลองดังตารางที่ 3-7

ครั้งที่	Speed Shutter	F Number	ความกว้าง Slit light source(mm)
1	1/4	2.8	
2	1/4	2.8	
3	1/4	2.8	
4	1/4	2.8	
5	1/4	2.8	
6	1/4	2.8	
7	1/4	2.8	
8	1/4	2.8	
9	1/4	2.8	
10	1/4	2.8	
11	1/4	2.8	
12	1/4	2.8	ความกว้าง Slit light source 3 mm
13	1/4	2.8	
14	1/4	2.8	
15	1/4	2.8	
16	1/4	2.8	
17	1/4	2.8	
18	1/4	2.8	
19	1/8	2.8	
20	1/8	2.8	
21	1/8	2.8	
22	1/8	2.8	
23	1/8	2.8	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24	1/8	2.8	ความกว้างslit light source 3 mm
25	1/8	2.8	
26	1/8	2.8	
27	1/8	2.8	
28	1/8	2.8	
29	1/8	2.8	
30	1/8	2.8	
31	1/8	2.8	
32	1/8	2.8	
33	1/8	2.8	

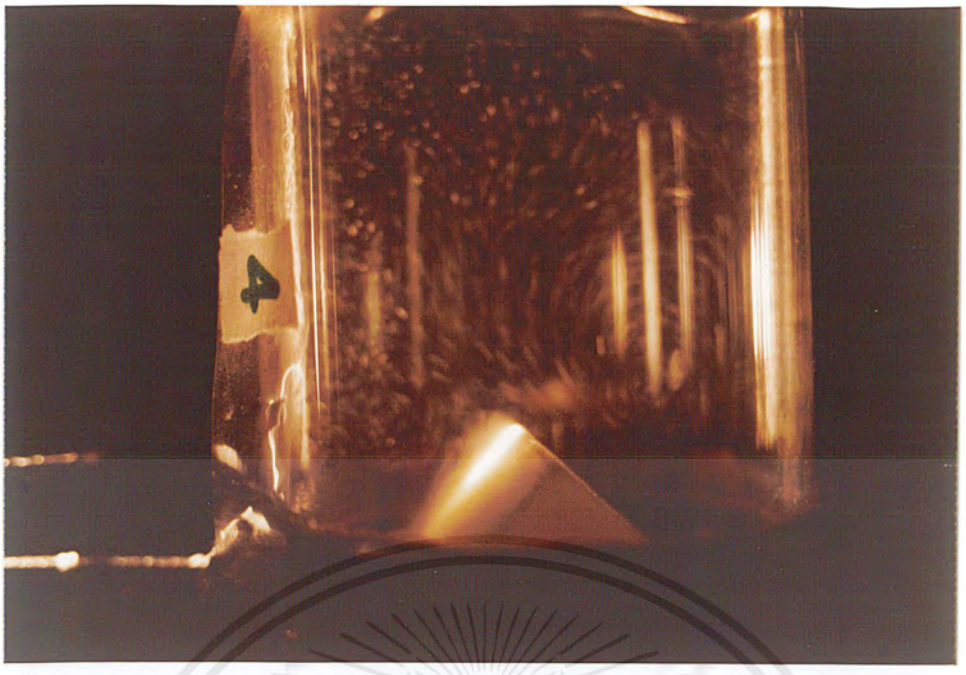
ตารางที่3-7 เงื่อนไขในการทดลองที่ 4

ผลการทดลอง

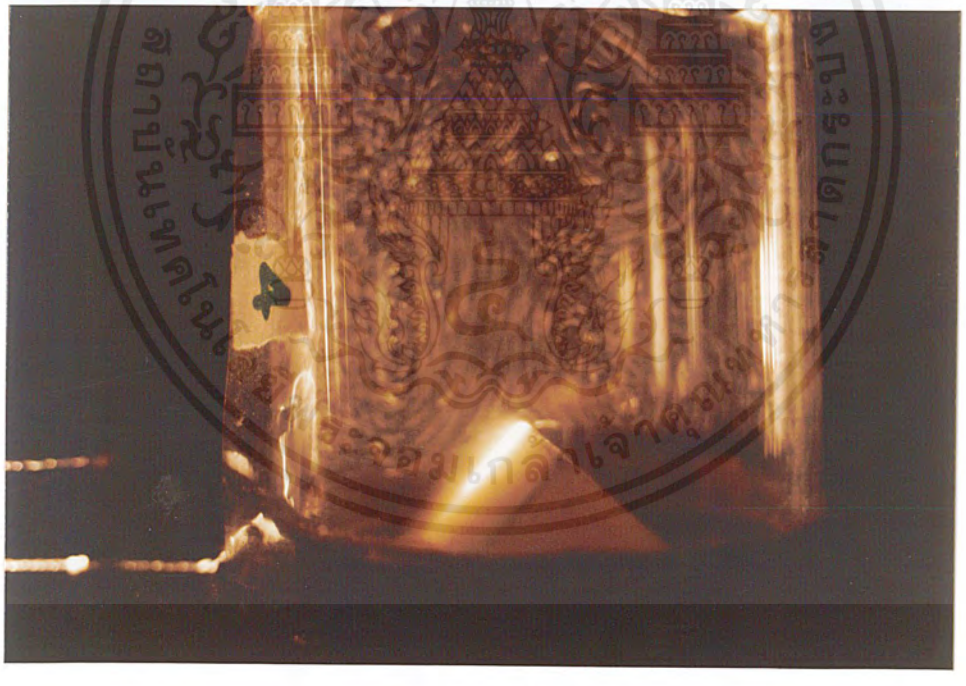
ภาพถ่ายที่ได้พบว่ามีลักษณะชัดเจนสามารถมองเห็นลักษณะการไหลได้ เมื่ออากาศไหลเข้ามาจากท่อไอดีในจังหวะดูด ส่วนหัวสามเหลี่ยมจะแบ่งloopการหมุนวนเป็น 3 ส่วน ส่วนแรกและส่วนที่2จะอยู่ทางด้านว้ายและขวาของหัวลูกสูบ ส่วนอีกloopจะอยู่ด้านบนของทั้ง 2 loop

รูปที่ 3-22 การทดลองที่4 Speed shutter 1/4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

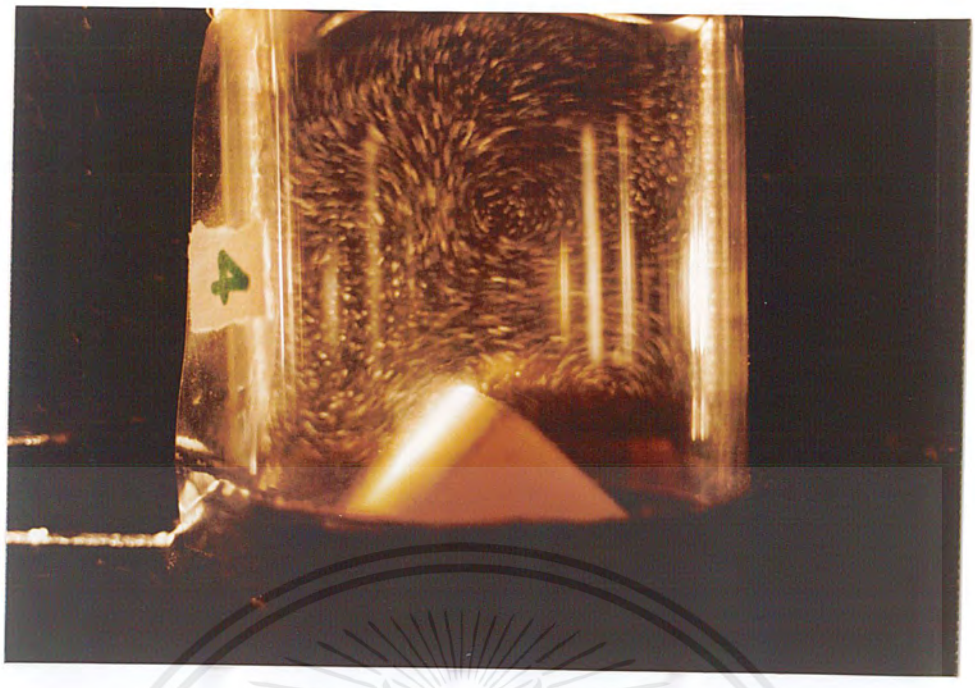


รูปที่ 3-23 การทดลองที่4 Speed shutter 1/4



รูปที่ 3-24 การทดลองที่4 Speed shutter 1/4

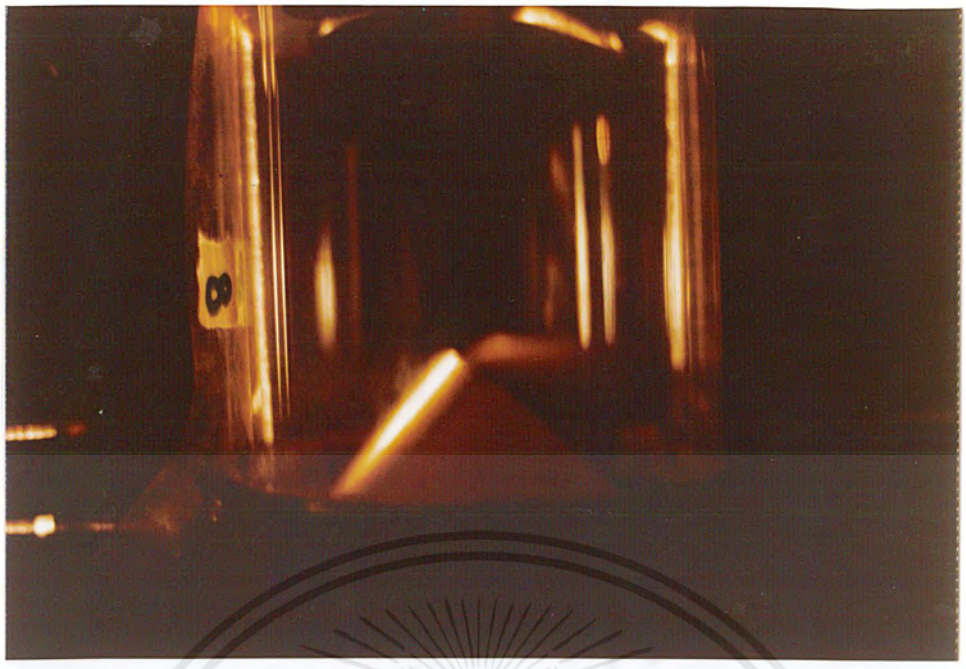
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-25 การทดลองที่4 Speed shutter 1/4

รูปที่ 3-26 การทดลองที่4 Speed shutter 1/4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-27 การทดลองที่4 Speed shutter 1/8

รูปที่ 3-28 การทดลองที่4 Speed shutter 1/8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 5

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อถ่ายภาพลักษณะการไหลของอากาศในกระบอกสูบแบบสามเหลี่ยม 7 องศา

โดยใช้กล้อง **NIKON F3** และฟิล์มสีฟูจิ **Superior** ความไวแสง 100

ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 200 rpm

ใช้ระบบป้อนอนุภาคแบบหมุนเวียน

ซึ่งมีเงื่อนไขในการทดลองดังตารางที่ 3-8

ครั้งที่	Speed Shutter	F Number	ความกว้าง Slit light source(mm)
1	1/4	2.8	
2	1/4	2.8	
3	1/4	2.8	
4	1/4	2.8	
5	1/4	2.8	
6	1/4	2.8	
7	1/4	2.8	
8	1/4	2.8	
9	1/4	2.8	
10	1/4	2.8	
11	1/4	2.8	
12	1/4	2.8	ความกว้าง Slit light source 3 mm
13	1/4	2.8	
14	1/4	2.8	
15	1/4	2.8	
16	1/4	2.8	
17	1/4	2.8	
18	1/4	2.8	
19	1/8	2.8	
20	1/8	2.8	
21	1/8	2.8	
22	1/8	2.8	
23	1/8	2.8	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24	1/8	2.8	ความกว้างslit light source 3 mm
25	1/8	2.8	
26	1/8	2.8	
27	1/8	2.8	
28	1/8	2.8	
29	1/8	2.8	
30	1/8	2.8	
31	1/8	2.8	
32	1/8	2.8	
33	1/8	2.8	

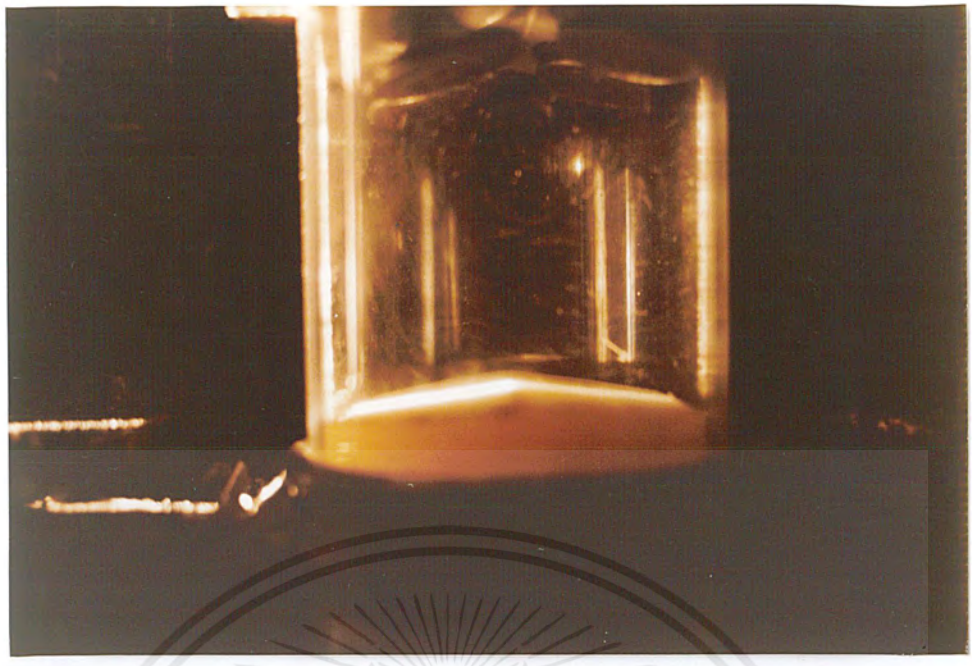
ตารางที่3-8 เงื่อนไขในการทดลองที่ 5

ผลการทดลอง

ภาพถ่ายที่ได้พบว่ามีลักษณะชัดเจนสามารถมองเห็นลักษณะการไหลได้ การไหลของอากาศภายในห้องเผาไหม้ที่ใช้ลูกสูบแบบนี้จะมีลักษณะคล้ายๆกับการไหลภายในห้องเผาไหม้ของลูกสูบแบบมาตรฐานหัวเรียบ คือ เมื่ออากาศไหลเข้ามาจากท่อไอดีในจังหวะดูดจะเกิดloopการหมุนวนแบบtumbleขึ้น

รูปที่ 3-29 การทดลองที่5 Speed shutter 1/4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-30 การทดลองที่5 Speed shutter 1/4

รูปที่ 3-31 การทดลองที่5 Speed shutter 1/4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3-32 การทดลองที่5 Speed shutter 1/4

รูปที่ 3-33 การทดลองที่5 Speed shutter 1/4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3-34 การทดลองที่5 Speed shutter 1/8

รูปที่ 3-35 การทดลองที่5 Speed shutter 1/8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 6

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อถ่ายภาพลักษณะการไหลของอากาศในกระบอกสูบแบบสันนูนกว้าง12 mm

โดยใช้กล้อง **NIKON F3** และฟิล์มสีฟูจิ **Superior** ความไวแสง 100

ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 200 rpm

ใช้ระบบป้อนอนุภาคแบบหมุนเวียน

ซึ่งมีเงื่อนไขในการทดลองดังตารางที่ 3-9

ครั้งที่	Speed Shutter	F Number	ความกว้าง Slit light source(mm)
1	1/4	2.8	
2	1/4	2.8	
3	1/4	2.8	
4	1/4	2.8	
5	1/4	2.8	
6	1/4	2.8	
7	1/4	2.8	
8	1/4	2.8	
9	1/4	2.8	
10	1/4	2.8	
11	1/4	2.8	
12	1/4	2.8	ความกว้าง Slit light source 3 mm
13	1/4	2.8	
14	1/4	2.8	
15	1/4	2.8	
16	1/4	2.8	
17	1/4	2.8	
18	1/4	2.8	
19	1/8	2.8	
20	1/8	2.8	
21	1/8	2.8	
22	1/8	2.8	
23	1/8	2.8	

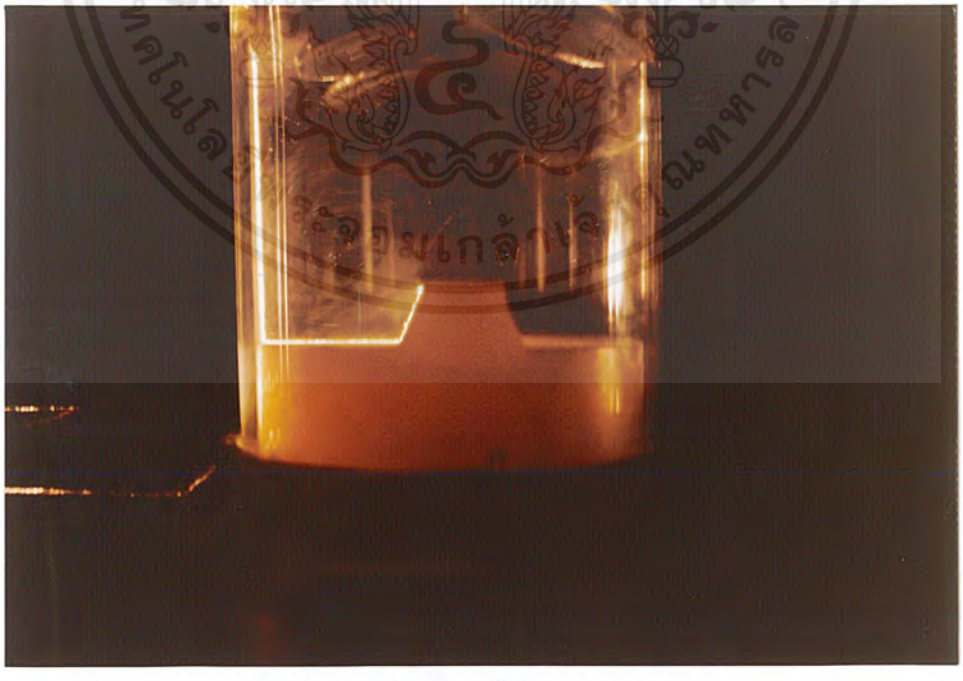
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24	1/8	2.8	ความกว้างslit light source 3 mm
25	1/8	2.8	
26	1/8	2.8	
27	1/8	2.8	
28	1/8	2.8	
29	1/8	2.8	
30	1/8	2.8	
31	1/8	2.8	
32	1/8	2.8	
33	1/8	2.8	

ตาราง3-9 เงื่อนไขในการทดลองที่ 6

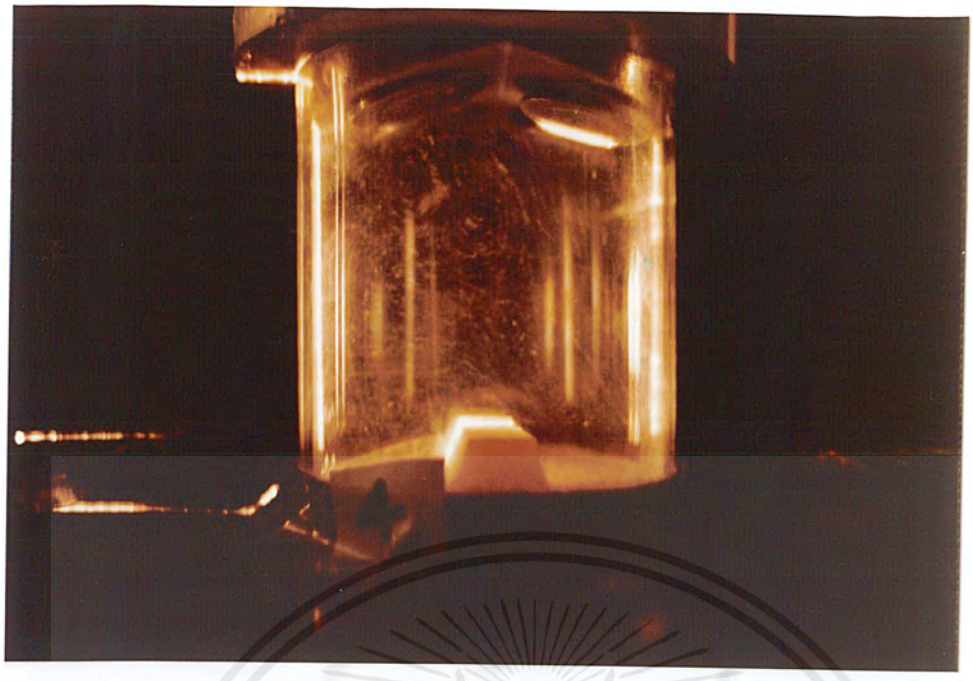
ผลการทดลอง

ภาพถ่ายที่ได้พบว่ามีลักษณะชัดเจนเท่าที่ควร สามารถมองเห็นลักษณะการไหลได้ การไหลของอากาศภายในห้องเผาไหม้ของลูกสูบแบบนี้ ส่วนที่เป็นสันขึ้นมาจะเป็นตัวช่วยให้เกิดloopการหมุนวนแบบtumbleขึ้น โดยเมื่ออากาศผ่านเข้ามาจากท่อไอดีในจังหวะดูดจะไหลมาชนกับขอบสันนูนซึ่งจะช่วยทำให้เกิดloopการหมุนวนขึ้น



รูปที่ 3-36การทดลองที่6 Speed shutter 1/4

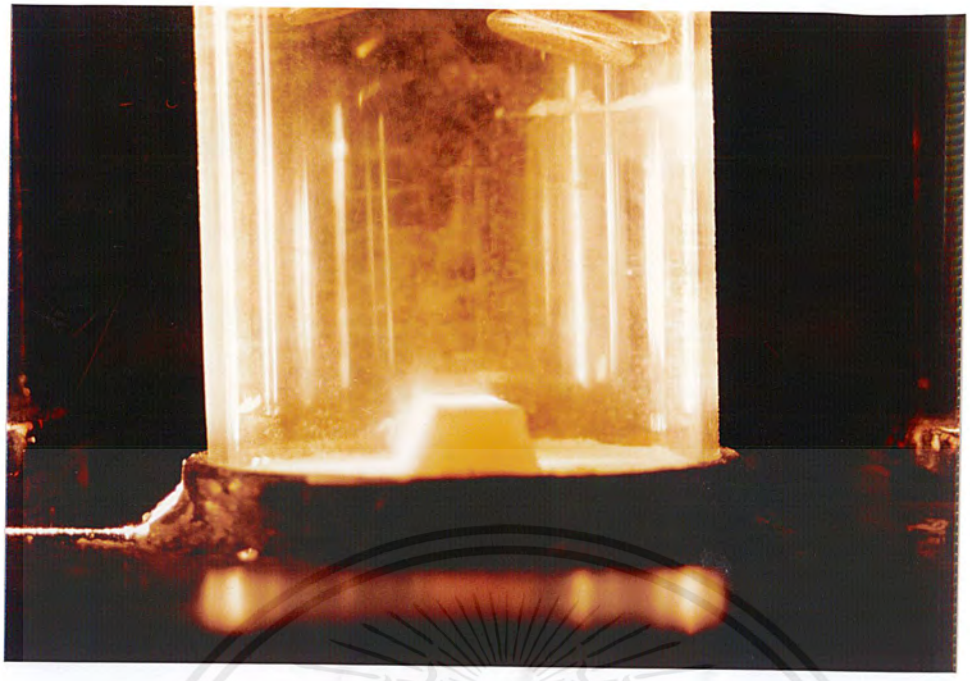
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



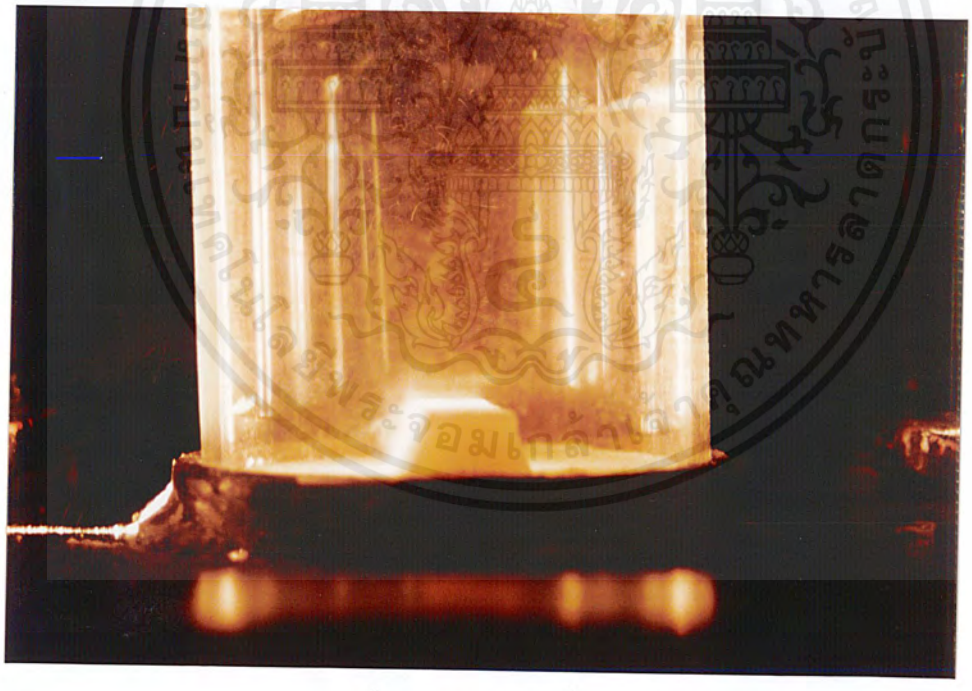
รูปที่ 3-37 การทดลองที่6 Speed shutter 1/4

รูปที่ 3-38 การทดลองที่6 Speed shutter 1/4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

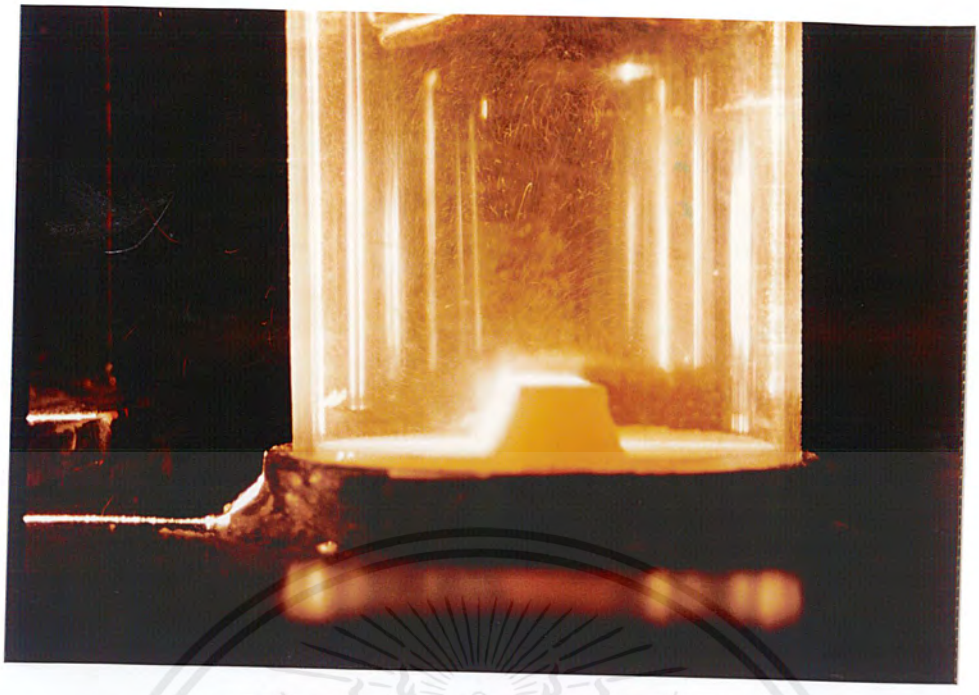


รูปที่ 3-39 การทดลองที่6 Speed shutter 1/4

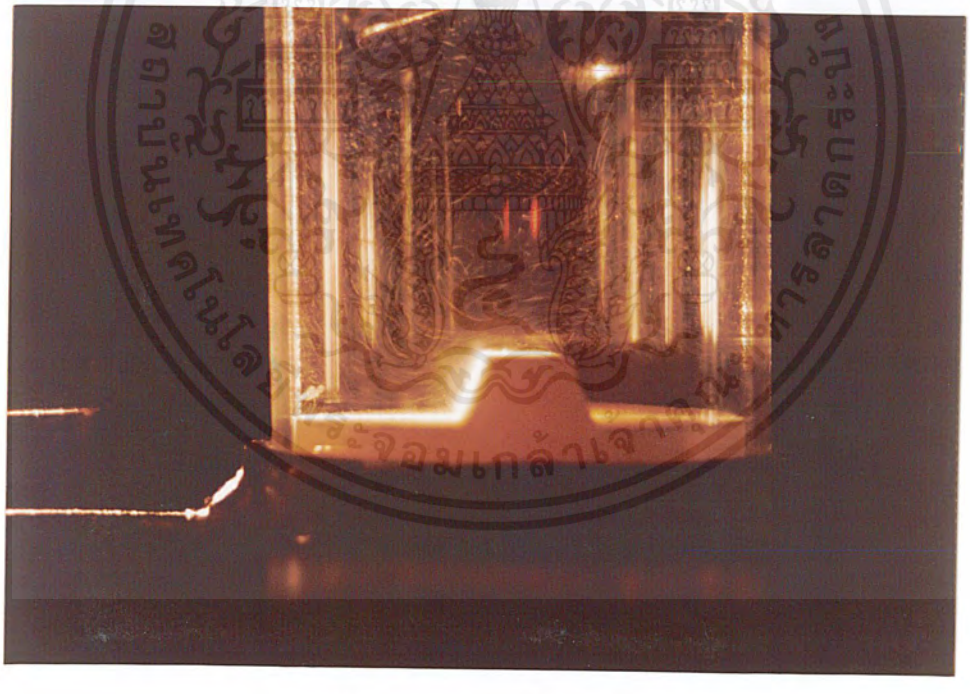


รูปที่ 3-40 การทดลองที่6 Speed shutter 1/8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-41 การทดลองที่6 Speed shutter 1/8



รูปที่ 3-42 การทดลองที่6 Speed shutter 1/8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 7

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อถ่ายภาพลักษณะการไหลของอากาศในกระบอกสูบแบบสันนูนกว้าง 38 mm

โดยใช้กล้อง **NIKON F3** และฟิล์มสีฟูจิ **Superior** ความไวแสง 100

ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 200 rpm

ใช้ระบบป้อนอนุภาคแบบหมุนเวียน

ซึ่งมีเงื่อนไขในการทดลองดังตารางที่ 3-10

ครั้งที่	Speed Shutter	F Number	ความกว้าง Slit light source(mm)
1	1/4	2.8	
2	1/4	2.8	
3	1/4	2.8	
4	1/4	2.8	
5	1/4	2.8	
6	1/4	2.8	
7	1/4	2.8	
8	1/4	2.8	
9	1/4	2.8	
10	1/4	2.8	
11	1/4	2.8	
12	1/4	2.8	ความกว้าง Slit light source 3 mm
13	1/4	2.8	
14	1/4	2.8	
15	1/4	2.8	
16	1/4	2.8	
17	1/4	2.8	
18	1/4	2.8	
19	1/8	2.8	
20	1/8	2.8	
21	1/8	2.8	
22	1/8	2.8	
23	1/8	2.8	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24	1/8	2.8	ความกว้างslit light source 3 mm
25	1/8	2.8	
26	1/8	2.8	
27	1/8	2.8	
28	1/8	2.8	
29	1/8	2.8	
30	1/8	2.8	
31	1/8	2.8	
32	1/8	2.8	
33	1/8	2.8	

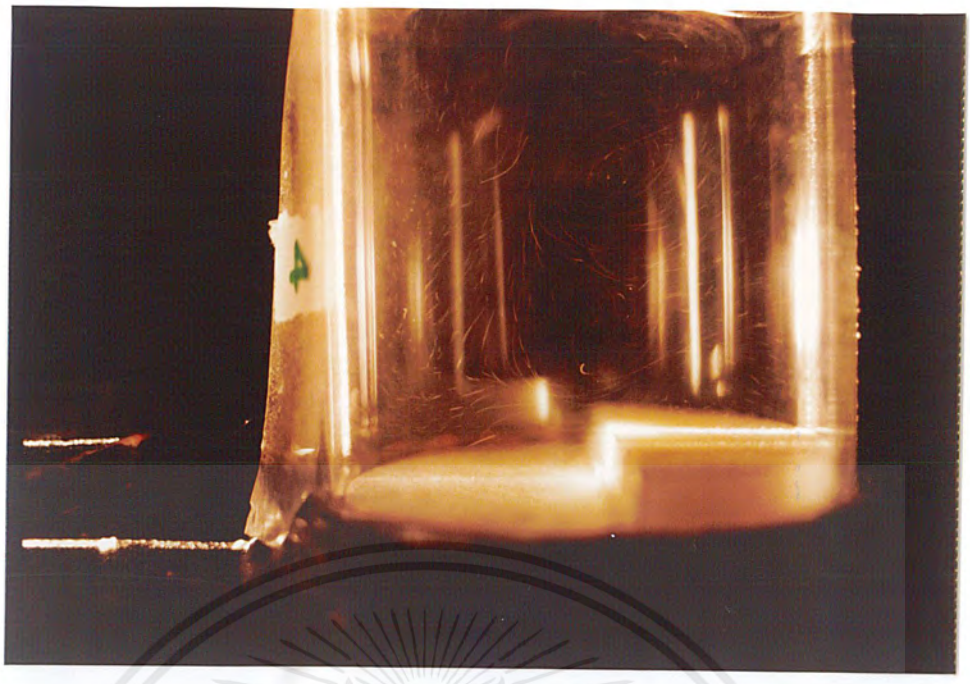
ตาราง 3-10 เงื่อนไขในการทดลองที่ 7

ผลการทดลอง

ภาพถ่ายที่ได้พบว่ามีลักษณะชัดเจนสามารถมองเห็นลักษณะการไหลได้ การไหลของอากาศภายในห้องเผาไหม้ที่ใช้ลูกสูบแบบนี้จะแตกต่างจากลูกสูบแบบสันนูนกว้าง10mm โดยที่ขอบของลูกสูบจะไม่ใช่ตัวแบ่งloop การหมุนวน

รูปที่ 3-43การทดลองที่7 Speed shutter 1/8

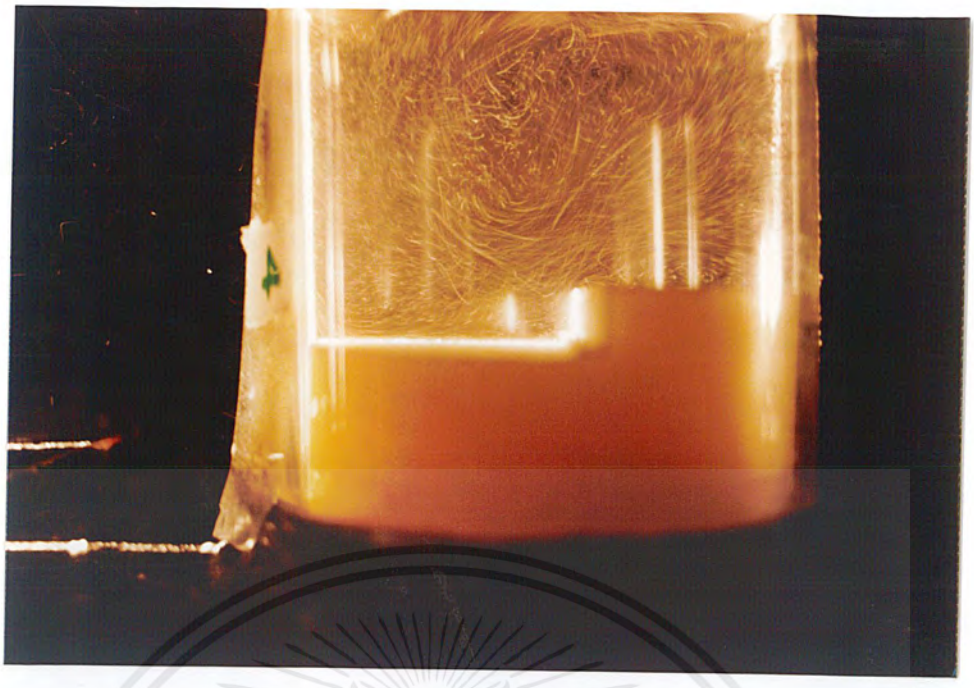
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-44 การทดลองที่7 Speed shutter 1/4

รูปที่ 3-45 การทดลองที่7 Speed shutter 1/4

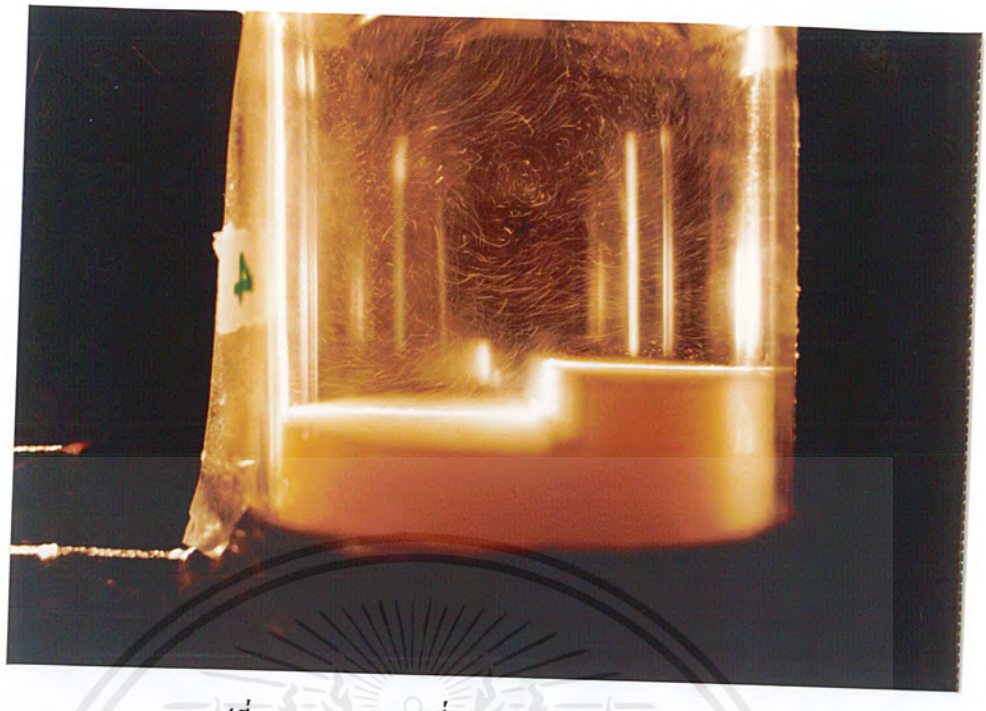
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-46การทดลองที่7 Speed shutter 1/4

รูปที่ 3-47 การทดลองที่7 Speed shutter 1/4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-48 การทดลองที่7 Speed shutter 1/4

รูปที่ 3-49 การทดลองที่7 Speed shutter 1/4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
สรุปผลการทดลองและแนวทางการพัฒนาการทดลอง

4.1 สรุปผลการทดลอง

1.ในลูกสูบแบบสามเหลี่ยมความเอียงของหัวลูกสูบจะเป็นตัวกำหนดลักษณะของloopการหมุนวน คือ

-ความเอียงของหัวลูกสูบมาก loopการหมุนวนที่เกิดขึ้นจะมีขนาดเล็ก

-ความเอียงของหัวลูกสูบน้อยloopการหมุนวนที่เกิดขึ้นจะมีขนาดใหญ่จะเห็นได้ว่าความเอียงของ หัวลูกสูบเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งต่อรูปแบบการไหลภายในห้องเผาไหม้

2. สำหรับลูกสูบแบบสันนูน ความสูงของสันนูนและตำแหน่งของสันนูนจะเป็นปัจจัยกำหนดขนาดของloopการหมุนวนเมื่อขนาดความสูงนูนของสันเพิ่มขึ้นและตำแหน่งของสันใกล้กับช่องทางเข้าจะทำให้เกิดloopการไหลวนได้ชัดเจนขึ้น

3. สำหรับลูกสูบแบบถ้วย ด้วยลักษณะของถ้วยเมื่ออากาศไหลเข้ามาจึงทำให้อากาศไหลเข้าไปภายในถ้วย

4. สำหรับลูกสูบแบบโดม พบว่าลูกสูบแบบนี้ ไม่ช่วยก่อให้เกิดloopการหมุนวนแบบtumbleขึ้น

จากการศึกษารูปแบบการไหลเวียนของอากาศภายในห้องเผาไหม้ของลูกสูบแบบต่างๆพบว่าลูกสูบในแต่ละแบบก็จะให้ลักษณะและคุณสมบัติการไหลที่แตกต่างกัน เราจึงควรออกแบบลักษณะห้องเผาไหม้ให้เหมาะสมกับเครื่องยนต์ รูปแบบของหัวลูกสูบแบบต่างๆที่ใช้ในการทดลองยึดหลักการออกแบบโดยมุ่งเน้นให้เกิดรูปแบบการไหลแบบ Tumble และ Swirl เป็นหลัก

4.2 แนวทางในการพัฒนาการทดลอง

จากการทดลองที่ผ่านมาพบว่า ในการทดลองที่ความเร็วรอบที่สูงๆเราจะต้องใช้speed shutter ที่สูงมากๆ เพราะฉนั้นจึงควรที่จะมีวงจรที่สามารถควบุมการถ่ายภาพที่สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ เราจะพบว่าที่ความเร็วรอบสูงๆภาพที่ได้จะมีลักษณะไม่ชัดเจนและมืด ดังนั้นควรที่จะมีแหล่งกำเนิดแสงที่มีความเข้มมากๆ เพื่อผลการทดลองที่ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. "In-Cylinder Fluid Motion and Mixing of a Dual Intake Valve Spark Ignition Engine", SAE paper962066,1996
2. "Study of Induction Swirl in a Spark Ignition",SAEpaper810496,1981
3. "Concept of Lean Combustion by Barrel-Stratification",SAEpaper92678,1992
4. "Effect of Intake port Flow Pattern in Cylinder Tumbling Air Flow in S Engine"910477,1991
5. M.J.Nunney "Engine Technology 1 and 2"
6. Nieuwstadt, Kluwer "Flow Visualization and Image Analysis", F.T.M. Academic Publishers,1994
7. John B.Heywood "Internal Combustion Engine Fundamentals", ,McGraw-Hill,1988
8. ธีรยุทธ สุวรรณประทีป "หลักการทำงานและการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องยนต์", ,สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้