

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



การศึกษาพฤติกรรมการไหลของก๊าซในระบบอกสูบ
ของเครื่องยนต์สี่จังหวะ

STUDY OF GAS FLOW IN CYLINDER
OF FOUR STROKE ENGINES

นายจตุพัฒน์ ใจบุญ
นายนำขบวน จีระธัญญาสกุล
นายนิพนธ์ จงเจริญศิริ

อาจารย์ที่ปรึกษา
อ. จินดา เจริญพรพาณิชย์
ผ.ศ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2541



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าในรูปแบบใดก็ตาม หากพบการละเมิดลิขสิทธิ์ของเอกสาร กรุณาแจ้งให้ทางสำนักหอสมุดทราบเพื่อจัดการต่อไป

**STUDY OF GAS FLOW IN CYLINDER
OF FOUR STROKE ENGINES**



**MR.JATUPAT CHAIBOON
MR.NAMKABUAN JEERATANYASAKUL
MR.NIPHON CHONGCHAREONSIRI**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE ERQUEREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING
KING MONGKUT 'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

1998

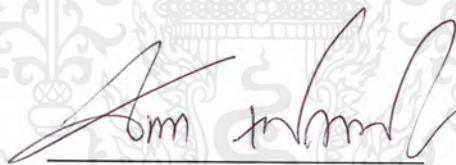
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2541
การศึกษาพฤติกรรมกาไหลของก๊าซในระบบอกสูบ
ของเครื่องยนต์สี่จังหวะ

โดย

นายจตุพัฒน์ ใจบุญ
นายนำขบวน จีระธัญญาสกุล
นายนิพนธ์ จงเจริญศิริ

อาจารย์ที่ปรึกษา



(อ. จินดา เจริญพรพาณิชย์)



(ผ.ศ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การศึกษาพฤติกรรมการไหลของก๊าซในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	
นักศึกษา	จุดพัฒนา	ใจบุญ
	นำขบวน	จิระชัยยุทธกุล
	นิพนธ์	จงเจริญศิริ
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
พ.ศ.	2541	
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	อ. จินดา	เจริญพรพาณิชย์
	ผ.ศ. ธวัชชัย	นาคพิพัฒน์

บทคัดย่อ

บทความนี้จะเป็นการศึกษาถึงพฤติกรรมการไหลของก๊าซในกระบอกสูบเครื่องยนต์สี่จังหวะซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญในการพัฒนาสมรรถภาพของกระบวนการเผาไหม้ ลักษณะการไหลของก๊าซด้วยการผ่านวาล์วไอดีทั้งสองเข้าไปในกระบอกสูบของเครื่องยนต์สี่จังหวะ จะถูกสังเกตด้วยวิธี Particle tracking velocimetry ด้วยการป้อนอนุภาคเข้าไปในแบบจำลองของกระบอกสูบซึ่งสร้างขึ้นจากทรงกระบอกสี่เหลี่ยม และใช้แรงดูดจากปั๊มสุญญากาศแทนการดูดด้วยการเคลื่อนที่ของลูกสูบ โดยจะทดลองเปลี่ยนปัจจัยที่มีผลต่อการไหลของก๊าซ แล้วใช้การถ่ายภาพเป็นการบันทึกผลการทดลอง

Thesis Title	Study Of Gas Flow in Cylinder of Four Stroke Engines	
Student	Jatupat	Chaiboon
	Numkaboun	Jeeratanyasakul
	Niphon	Jongcharoensiri
Level of Study	Bachelor of Engineering in Mechanical Engineering	
	King Mongkut 's Institute of Technology Ladkrabang	
Year	1998	
Thesis Advisor	Chinda	Charoenphonphanich

ABSTRACT

This paper is to study gas flow characteristics in a four stroke engines cylinder, which is a key factor in developing performance of combustion process . A combustion chamber model made with transparent cylinder. Gas flow through the two intake ports into the cylinders are observed by Particle tracking velocimetry with feeding particles into the model . Vacuum pump was used instead of suction from a piston motion. Results are obtain by taking pictures refered as a flow visualizations method .

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดีเพราะได้รับความกรุณาจากอาจารย์จินดา เจริญพรพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษา และอาจารย์ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางตลอดจนวิธีการแก้ปัญหาขอขอบคุณ พี่มณฑา เทียมเมือง ที่ให้คำแนะนำ ในการใช้อุปกรณ์ และเครื่องมือรวมทั้งข้อมูลของแหล่งวัสดุ

ขอขอบคุณน้องอิฐ 2D สำหรับงานคอมพิวเตอร์ทั้งหมด และพี่ๆ เพื่อนๆ ทุกท่านที่มีส่วนในการทำให้งานทั้งหมดสำเร็จ

จิตพัฒน์ ใจบุญ

นำขบวน จีระธัญญาสกุล

นิพนธ์ จงเจริญศิริ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต่อยอดไปยังเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	V
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 การเคลื่อนที่ของอนุภาคภายในกระบอกสูบ	2
1.2 การไหลในจังหวะดูดของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	2
1.3 การสร้างลักษณะการไหลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้	4
บทที่ 2 ความรู้พื้นฐาน	7
2.1 เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน	7
2.2 การทำงานของเครื่องยนต์	7
2.3 โครงสร้างและกลไกที่มีผลต่อการไหลเข้าห้องเผาไหม้ของไอดี	9
2.4 Mean Effective Pressure	16
2.5 Pumping Loop และ Pumping Pressure	16
บทที่ 3 การทดลองและผลการทดลอง	18
3.1 การทดลองครั้งที่ 1	19
3.2 การทดลองครั้งที่ 2	26
3.3 การทดลองครั้งที่ 3	31
3.4 การทดลองครั้งที่ 4	38
3.5 การทดลองครั้งที่ 5	46
3.6 การทดลองครั้งที่ 6	55
3.7 การทดลองครั้งที่ 7	61
บทที่ 4 สรุปผล และ แนวทางการพัฒนาการทดลอง	70
4.1 สรุปขั้นตอนการทดลอง	70
4.2 สรุปผลที่ได้จากการทดลอง	71
4.3 แนวทางในการพัฒนาการทดลอง	72
เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและ IV อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	ฝาสูบพร้อมช่องปั๊มน้ำมัน	4
1.2	ท่อไอดีหมุนวนสูงรูปตัวเอส (S) และบ่าวาล์วเสริม	5
1.3	วาล์วควบคุมการหมุนวนซึ่งสามารถปรับได้	5
2.1	ลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	8
2.2	รูปแสดงอัตราส่วนการอัด	9
2.3	ภาพตัดแสดงส่วนประกอบของฝาสูบ	10
2.4	ห้องเผาไหม้แบบ Wedge Type	10
2.5	ห้องเผาไหม้แบบ Bath – tub Type	11
2.6	ห้องเผาไหม้แบบ Hemispherical	11
2.7	ห้องเผาไหม้แบบ Cavity – piston	12
2.8	A particle of the Direct – injection open chamber	12
2.9	Basic layout of indirect – injection diesel combustion chamber	13
2.10	เครื่องยนต์ indirect – injection	13
2.11	Terminology of the poppet valve	14
2.12	ชนิดของวาล์วไอดีและ วาล์วไอเสียของเครื่องยนต์ ดีเซล	14
2.13	ชุดวาล์วและ อินเสิร์ตบ่าวาล์ว	15
2.14	Typical valve – timing diagram for four stroke engine	15
2.15	แผนภาพอินดิเคเตอร์	16
2.16	แผนภาพแสดงงานในการอัดอากาศเมื่อลิ้นเร่งเปิดเต็มที่ และเปิดบางส่วน	17
3.1.1	ฐานวางกระบอกสูบ	20
3.1.2	ชุดท่อดูดอากาศ	20
3.1.3	ชุดควบคุมแรงดูด	21
3.1.4	ภาพแสดงการจัดวางชุดทดลอง	22
3.1.5	ผลการทดลองครั้งที่ 1 ภาพที่ 2	23
3.1.6	ผลการทดลองครั้งที่ 1 ภาพที่ 4	24
3.1.7	ผลการทดลองครั้งที่ 1 ภาพที่ 6	24
3.1.8	ผลการทดลองครั้งที่ 1 ภาพที่ 9	25
3.2.1	ภาพแสดงการจัดวางชุดทดลอง	27
3.2.2	ผลการทดลองครั้งที่ 2 ภาพที่ 17	29
3.2.3	ผลการทดลองครั้งที่ 2 ภาพที่ 10	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.3.1 ภาพแสดงการจัดวางชุดทดลอง	32
3.3.2 ผลการทดลองครั้งที่ 3 ภาพที่ 4	34
3.3.3 ผลการทดลองครั้งที่ 3 ภาพที่ 5	34
3.3.4 ผลการทดลองครั้งที่ 3 ภาพที่ 6	35
3.3.5 ผลการทดลองครั้งที่ 3 ภาพที่ 10	35
3.3.6 ผลการทดลองครั้งที่ 3 ภาพที่ 11	36
3.3.7 ผลการทดลองครั้งที่ 3 ภาพที่ 12	36
3.4.1 ภาพแสดงการจัดวางชุดทดลอง	39
3.4.2 ผลการทดลองครั้งที่ 4 ภาพที่ 1	41
3.4.3 ผลการทดลองครั้งที่ 4 ภาพที่ 5	41
3.4.4 ผลการทดลองครั้งที่ 4 ภาพที่ 7.1	42
3.4.5 ผลการทดลองครั้งที่ 4 ภาพที่ 8	42
3.4.6 ผลการทดลองครั้งที่ 4 ภาพที่ 12	43
3.4.7 ผลการทดลองครั้งที่ 4 ภาพที่ 6	43
3.4.8 ลักษณะการไหลที่ระนาบระหว่างวาล์วสำหรับฝาสือบ แบบ PENT ROOF NO SHROUD	44
3.4.9 ลักษณะการไหลที่ระนาบผ่านวาล์วสำหรับฝาสือบ แบบ PENT ROOF NO SHROUD	44
3.5.1 ภาพแสดงการจัดวางชุดทดลอง	47
3.5.2 ผลการทดลองครั้งที่ 5 ภาพที่ 6	49
3.5.3 ผลการทดลองครั้งที่ 5 ภาพที่ 7	49
3.5.4 ผลการทดลองครั้งที่ 5 ภาพที่ 3	50
3.5.5 ผลการทดลองครั้งที่ 5 ภาพที่ 10	50
3.5.6 ผลการทดลองครั้งที่ 5 ภาพที่ 11	51
3.5.7 ผลการทดลองครั้งที่ 5 ภาพที่ 12	51
3.5.8 ผลการทดลองครั้งที่ 5 ภาพที่ 13	52
3.5.9 ผลการทดลองครั้งที่ 5 ภาพที่ 14	52
3.5.10 ลักษณะการไหลที่ระนาบระหว่างวาล์วสำหรับฝาสือบ แบบ PENT ROOF WITH SHROUD	53

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.5.11 ลักษณะการไหลที่ระนาบผ่านวาล์วสำหรับฝาสือบ	
แบบ PENT ROOF WITH SHROUD	54
3.6.1 ภาพแสดงการจัดวางชุดทดลอง	56
3.6.1 ผลการทดลองครั้งที่ 6 ภาพที่ 8	58
3.6.2 ผลการทดลองครั้งที่ 6 ภาพที่ 10	58
3.6.3 ผลการทดลองครั้งที่ 6 ภาพที่ 11	59
3.6.4 ลักษณะการไหลที่ระนาบระหว่างวาล์วสำหรับฝาสือบ	
แบบ FLAT WITH SHROUD	60
3.6.5 ลักษณะการไหลที่ระนาบผ่านวาล์วสำหรับฝาสือบ	
แบบ FLAT WITH SHROUD	60
3.7.1 ภาพแสดงการจัดวางชุดทดลอง	62
3.7.2 ผลการทดลองครั้งที่ 7 ภาพที่ 1	64
3.7.3 ผลการทดลองครั้งที่ 7 ภาพที่ 2	64
3.7.4 ผลการทดลองครั้งที่ 7 ภาพที่ 3	65
3.7.5 ผลการทดลองครั้งที่ 7 ภาพที่ 5	65
3.7.6 ผลการทดลองครั้งที่ 7 ภาพที่ 6	66
3.7.7 ผลการทดลองครั้งที่ 7 ภาพที่ 11	66
3.7.8 ผลการทดลองครั้งที่ 7 ภาพที่ 12	67
3.7.9 ผลการทดลองครั้งที่ 7 ภาพที่ 13	67
3.7.10 ผลการทดลองครั้งที่ 7 ภาพที่ 14	68
3.6.6 ลักษณะการไหลที่ระนาบระหว่างวาล์วสำหรับฝาสือบ	
แบบ FLAT NO SHROUD	68
3.6.7 ลักษณะการไหลที่ระนาบผ่านวาล์วสำหรับฝาสือบ	
แบบ FLAT NO SHROUD	69

บทที่ 1

บทนำ

การไหลภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์สันดาปภายใน

(Fluid Motion within the cylinder of Internal Combustion Engine)

การไหลของอากาศภายในห้องเผาไหม้สำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในนับว่าเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญที่สุดของการควบคุมกระบวนการเผาไหม้ และยังเป็นตัวบ่งชี้ถึงลักษณะการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ การผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศ การเคลื่อนที่ของเปลวไฟ และประสิทธิภาพที่จะได้รับ นอกจากนี้ยังครอบคลุมถึงการถ่ายเทความร้อนสู่ผนังกระบอกสูบในการศึกษารูปแบบการไหลของอากาศในกระบอกสูบจะเห็นได้ว่าลักษณะการไหลจะมีลักษณะ Turbulence, Swirl, Tumble และ Compressible โดยในปัจจุบันการศึกษารูปแบบการไหลสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ

1. การศึกษาโดยพิจารณาจากผลการทดลอง

การทดลองนี้มีวิธีที่นิยมทำกัน โดยทั่วไป คือ วิธี Particle Image Velocimetry ซึ่งเป็นวิธีการวัดเวกเตอร์ ความเร็วของการไหล และจะให้ผลที่ถูกต้องมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีอื่นแต่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ทำการทดลองที่มีเทคโนโลยีค่อนข้างสูง ซึ่งยังมีอีกวิธีหนึ่งที่พอจะทำได้ตามศักยภาพที่มีอยู่ คือวิธี Laser Doppler Velocimetry โดยทดลองด้วยเครื่อง FLV แล้ว นำผลมาเปรียบเทียบกับการถ่ายรูปซึ่งใกล้เคียงกับการทดลองด้วยวิธี PIV

2. การศึกษาโดยใช้ Math Model

เป็นการศึกษาลักษณะการไหลโดยใช้การวิเคราะห์คุณสมบัติของ Fluid Dynamic ประกอบกับ Thermodynamic ส่วนวิธีการวิเคราะห์จะมีความถูกต้องมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับวิธีและเงื่อนไขขอบเขตวิธีที่นิยมและสามารถครอบคลุม Boundary condition ได้ดีที่สุด คือ Finite volume method

1.1 การเคลื่อนที่ของอนุภาคภายในกระบอกสูบ

การไหลของอากาศในห้องเผาไหม้สำหรับเครื่องยนต์เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญยิ่งต่อกระบวนการเผาไหม้ในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ และได้ประสิทธิภาพสูงสุดนั้น ส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับ การไหลของเชื้อเพลิงด้วย

ในการศึกษา ลักษณะที่สำคัญของการไหลของอากาศในกระบอกสูบ ซึ่งเป็น องค์ประกอบสำคัญอันหนึ่งต่อกระบวนการเผาไหม้ การไหลแบบหมุนวน และการไหลแบบ turbulence มีความสำคัญมาก ต่อการ ผสม ของ อากาศกับเชื้อเพลิง และจะมีผล ต่อการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ การวิเคราะห์การไหลในกระบอกสูบจะพิจารณาตั้งแต่การไหลจากท่อไอดีผ่านลิ้นไอดีเข้ามาในกระบอกสูบ จนกระทั่งสิ้นสุดจังหวะการอัดของการทำงานของเครื่องยนต์

1.2 การไหลในจังหวะดูดของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

กระบวนการดูดในจังหวะดูดของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ จะมีอิทธิพลต่อการไหลในกระบอกสูบ ในช่วงแรกของจังหวะดูด เริ่มตั้งแต่การไหลลิ้นไอดีนั้น ช่วงที่อากาศผ่านลิ้น พื้นที่หน้าตัดของการไหลจะมีขนาดเล็กที่สุด ทำให้ความเร็วของอากาศที่หน้าตัดนั้นมีค่าสูงสุด อากาศ ที่ไหลผ่านลิ้นไอดี เข้ามาในห้องเผาไหม้ จึงมีลักษณะพุ่งเป็นรูปกรวย และความเร็วของอากาศ มีค่าประมาณ 10 เท่าของความเร็วลูกสูบในขณะนั้น ซึ่งค่าในที่นี้ได้มาจากการวัด ในจังหวะดูดของเครื่องยนต์จำลองที่มีกระบอกสูบใส ลักษณะของอากาศที่พุ่งเข้ามาในกระบอกสูบนั้นจะเป็นรูปกรวย และจะไหลเข้ามากระทบกับผนังห้องเผาไหม้เป็นผลให้ เกิดการไหลหมุนวนเป็นวงขนาดใหญ่ในปริมาตรของกระบอกสูบ ซึ่งจุดศูนย์กลางการไหลวน จะเคลื่อนที่ลงตามการเคลื่อนที่ลง ตามการเคลื่อนที่ของลูกสูบ และจะอยู่ตรงกึ่งกลาง ระหว่าง ลูกสูบกับ Cylinder Head ตลอด ส่วนบริเวณ ที่อยู่ตรงมุม ของผนังห้องเผาไหม้ จะเกิดการไหลหมุนวนเช่นกัน แต่มีขนาดเล็กกว่า และ หมุนในทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งการไหลหมุนวนนี้เกิดขึ้น เนื่องจากการเกิด Shear layer ในขณะที่ของไหลพุ่งเข้ามา ในห้องเผาไหม้ด้วยความเร็วที่สูงมาก

เครื่องยนต์โดยทั่วไป ตำแหน่งของลิ้นไอดี จะไม่อยู่แกนกลางของกระบอกสูบ แต่จะอยู่ชิดกับผนังห้องเผาไหม้ ด้านใดด้านหนึ่ง การไหลจึงมีความซับซ้อนขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม การไหลหมุนวน เป็นวงขนาดใหญ่ ก็ยังคงเกิดขึ้นอยู่

ที่กล่าวมานี้เป็นลักษณะกว้าง ๆ ของการไหล ในห้องเผาไหม้ ในจังหวะดูด ของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ คือ การไหลเข้ามาในห้องเผาไหม้ ด้วยความเร็วสูงของอากาศ การกระทบ กับผนังห้องเผาไหม้ และการเคลื่อนที่ของลูกสูบ ทำให้เกิดการไหลหมุนวน ในกระบอกสูบ ซึ่งลักษณะการไหลจะ

เป็นอย่างไรนั้น ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ออกแบบ เช่น ทิศของแกนวาล์วตำแหน่งของวาล์วและลักษณะของ Cylinder Head เป็นต้น

1.2.1 ลักษณะของ TURBULENCE

การไหลแบบ Turbulence ในกระบอกสูบ เป็นผลจาก Fluctuation ในการไหล (การสั่นของโมเลกุล ในการไหล ทำให้ความเร็ว มีลักษณะ สูง ๆ ต่ำ ๆ และมีลักษณะการไหลแปรปรวน) ซึ่ง Fluctuation จะทำให้การถ่ายเทโมเมนตัม การถ่ายเทความร้อน และการแพร่กระจายของโมเลกุลเชื้อเพลิงมีอัตราที่สูงขึ้น การไหลแบบ Turbulence จึงทำให้อัตราการผสม ของอากาศ กับ เชื้อเพลิงดีขึ้น เป็นผลให้ประสิทธิภาพ ของการเผาไหม้สูงขึ้นด้วย

1.2.2 ลักษณะการ SWIRL

Swirl เป็นการหมุนของอนุภาคภายในกระบอกสูบ ซึ่งเกิดขึ้นโดยอนุภาคที่ไหลเข้าไป ในกระบอกสูบด้วยโมเมนตัมเชิงมุมค่าหนึ่ง แต่การดูดอากาศ เข้ามาในจังหวะดูด สามารถทำให้เกิด Swirl ที่คงอยู่ได้ตลอดช่วง กระบวนการอัด การเผาไหม้ และการขยายภายในกระบอกสูบ และการขยาย ในเครื่องยนต์ ที่มีการออกแบบ ห้องเผาไหม้ เพื่อการไหลที่เหมาะสม การไหลหมุนวนที่เกิดขึ้นในจังหวะดูดจะมีการเปลี่ยนแปลง ไปอย่างมาก ในช่วงการอัด

Swirl จะถูกใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล และในเครื่องยนต์หัวฉีดบางประเภท เพื่อการการผสมอากาศ กับเชื้อเพลิงที่ดี ทำให้ A/F มากขึ้น นอกจากนี้ Swirl ยังมีส่วนช่วย ในการไล่ไอเสียออกจากตัวเครื่องยนต์ได้อีกด้วย ในการออกแบบเครื่องยนต์บางประเภท มีการออกแบบห้องเผาไหม้แบบ Prechamber ทั้งนี้เพื่อก่อให้เกิด Swirl ซึ่งในเครื่องยนต์แบบนี้ Swirl มีความสำคัญอย่างมาก ที่จะช่วยในการทำงาน ในจังหวะอัด

ปัจจัยสองประการ ที่ทำให้เกิดการ Swirl ในจังหวะดูดคือ ประการแรก ของไหลที่ไหลเข้าสู่กระบอกสูบ จะชนห้องเผาไหม้ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ขนาด และทิศทาง ของการเคลื่อนที่เป็นผลทำให้เกิดการไหลวนแบบ Swirl ขึ้น อีก ประการหนึ่งก็คือ การไหลวนที่มีขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับ การกระจาย ของของไหลภายในเส้นรอบวง ของวาล์วไอดี ดังนั้น การไหลของของไหลที่ไอดี จึงเป็นปัจจัยหลักการคิดโมเมนตัมเชิงมุมภายในแกนของกระบอกสูบ

ท่อทางเข้าแบบโดยตรง และท่อทางเข้าแบบเบี่ยงเบน แบบที่ใช้แสดงผลต่าง ๆ โดยที่ท่อทางเข้าแบบโดยตรง จะนำของไหลไหลผ่านวาล์วไอดีที่กำลังเปิดอยู่ โดยไหลในทิศทางเดียวกับเส้นสัมผัสเส้นรอบวง ส่วนท่อทางเข้าแบบเบี่ยงเบน จะนำของไหลเข้าได้ดีกว่า โดยจะไหลผ่านเข้าไปในขณะที่วาล์วเปิด ในทิศทางสัมผัสกับเส้นรอบวง ในการเลือกใช้ท่อทางเข้า ในแต่ละแบบจะกำหนดให้พื้นที่ท่อทางเข้า ถูกจำกัดด้วย

1.2.3 ลักษณะของ TUMBLE

Tumble เป็นการเคลื่อนที่ของก๊าซ หรือหมุนรอบแนวของรัศมีซึ่งจะเกิดขึ้น จนถึงจังหวะสุดท้ายของการอัด Tumble ที่เกิดขึ้นจะมีผลมาจาก ลักษณะรูปร่างของห้องเผาไหม้ ความเร็วของ Tumble ในทางทฤษฎีคำนวณ ได้จากระยะของก๊าซที่เคลื่อนที่ผ่านขอบเขตของ Tumble และจากการใช้ การอนุรักษ์เชิงมวลโดยตัด ผลกระทบของความดัน ความเสียดทาน การสูญเสียที่แหวน ของ ลูกสูบ และการถ่ายเทความร้อน จะสามารถ หาความเร็วของ Tumble ได้

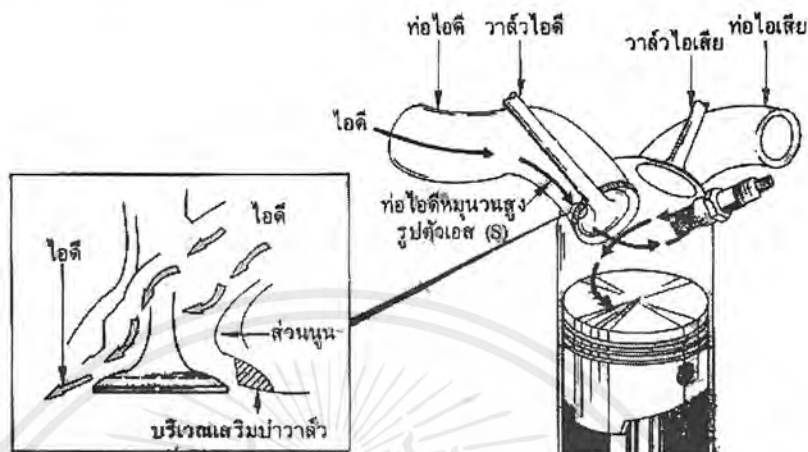
1.3 การสร้างลักษณะการไหลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้

ฝาสูบของเครื่องยนต์บางชนิดมีส่วนเสริมบางแห่งเพื่อช่วยให้การเผาไหม้ดีขึ้น เช่น ในรูปที่ 1.1 ฝาสูบมีช่องปั่นป่วน (turbulence – generating pot , TGP) จุดประสงค์ของนี้เพื่อสร้างความปั่นป่วน หรือการหมุนวนของไอดี ในระหว่างการเผาไหม้ ในช่วงจังหวะอัด ไอดีบางส่วนจะถูกอัดเข้าไป ในช่องปั่นป่วนจะเริ่มเผาไหม้ก่อนส่วนอื่น เพราะอยู่ใกล้หัวเทียน เปลวไฟจากห้องปั่นป่วน จะแพร่กระจายด้วยความเร็วสูง ซึ่งจะช่วย กระจายเปลวไฟอย่างรวดเร็ว และมีผลทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์มากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 1.1



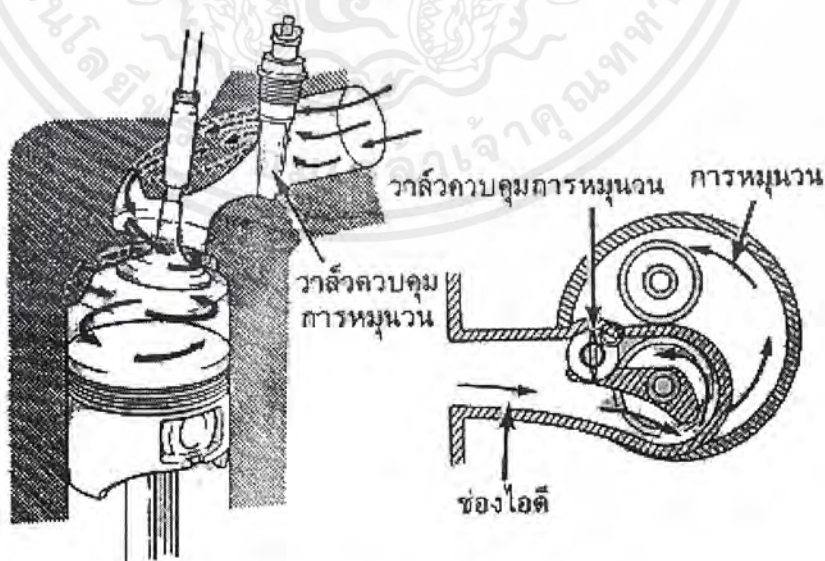
รูปที่ 1.1 ฝาสูบพร้อมช่องปั่นป่วน

เครื่องยนต์บางชนิดได้รับการออกแบบท่อไออดีให้มีลักษณะคล้ายตัว S และใช้บ่าวาล์วเสริม ซึ่งจะช่วยให้ไออดีหมุนวนได้ดี เมื่อไหลเข้าห้องเผาไหม้ บ่าวาล์วจะติดตั้งเชื่อมศูนย์เนื่องจากส่วนเสริมของบ่าวาล์วและรูปทรงของวาล์วจะแตกต่างไปจากปกติดังแสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 ท่อไออดีหมุนวนสูงรูปตัวเอส (S) และบ่าวาล์วเสริม

การออกแบบในลักษณะอื่นใช้วาล์วควบคุมการหมุนวน (swirl-control valve) ซึ่งติดตั้งอยู่ในท่อไออดี วาล์วสามารถหมุนได้รอบแกนตั้งและควบคุมด้วยสัญญาณจากชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) ซึ่งส่งมาจาก สวิตช์ สัญญาณจาก ในขณะที่ยวาล์วปีกผีเสื้อเปิดบางส่วนวาล์วดังกล่าวบังคับให้ไออดีไหลหมุนวนอย่างสูงเท่ากระบอกสูบ แต่เมื่อยวาล์วปีกผีเสื้อเปิดกว้างมากขึ้น วาล์วควบคุมการหมุนวนจะเปิดกว้างเพื่อให้ไออดีไหลได้โดยตรงเข้ากระบอกสูบดังแสดงในรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 วาล์วควบคุมการหมุนวนซึ่งสามารถปรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องยนต์บางแบบใช้วาล์วไอดีเสริมเพื่อทำให้เกิดการหมุนวนสูง วาล์วไอดีเสริมนี้บางครั้งเรียกว่า วาล์ว เจ็ท และมีขนาดเล็กกว่าวาล์วไอดีหลัก ทั้งวาล์วไอดีเสริมและวาล์วไอดีหลักจะเปิดออกพร้อมกัน วาล์วไอดีเสริมจะมีอากาศเท่านั้นที่ไหลผ่าน โดยอากาศไหลมาจากส่วนบนของการบูเรเตอร์ ส่วนวาล์วไอดีหลักนั้นก็จะยอมให้ไอดีไหลผ่านตามปกติ อากาศที่ไหลผ่านวาล์วไอดีเสริมนั้น ไม่มีวาล์วควบคุมดังนั้นจึงไหลเข้ามาได้เต็มที่และมีความเร็วสูง ซึ่งมีผลทำให้ไอดีในกระบอกสูบไหลวนด้วยความเร็วสูงและเสริมให้การเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น

วิธีอื่นๆ ที่จะช่วยเสริมให้เกิดความปั่นป่วนของไอดีคือใช้ห้องเผาไหม้ลวกหน้า เครื่องยนต์ดังกล่าวเรียกว่า เครื่องยนต์ส่วนผสมแยกชั้น



บทที่ 2

ความรู้พื้นฐาน

2.1 เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน (internal combustion engines)

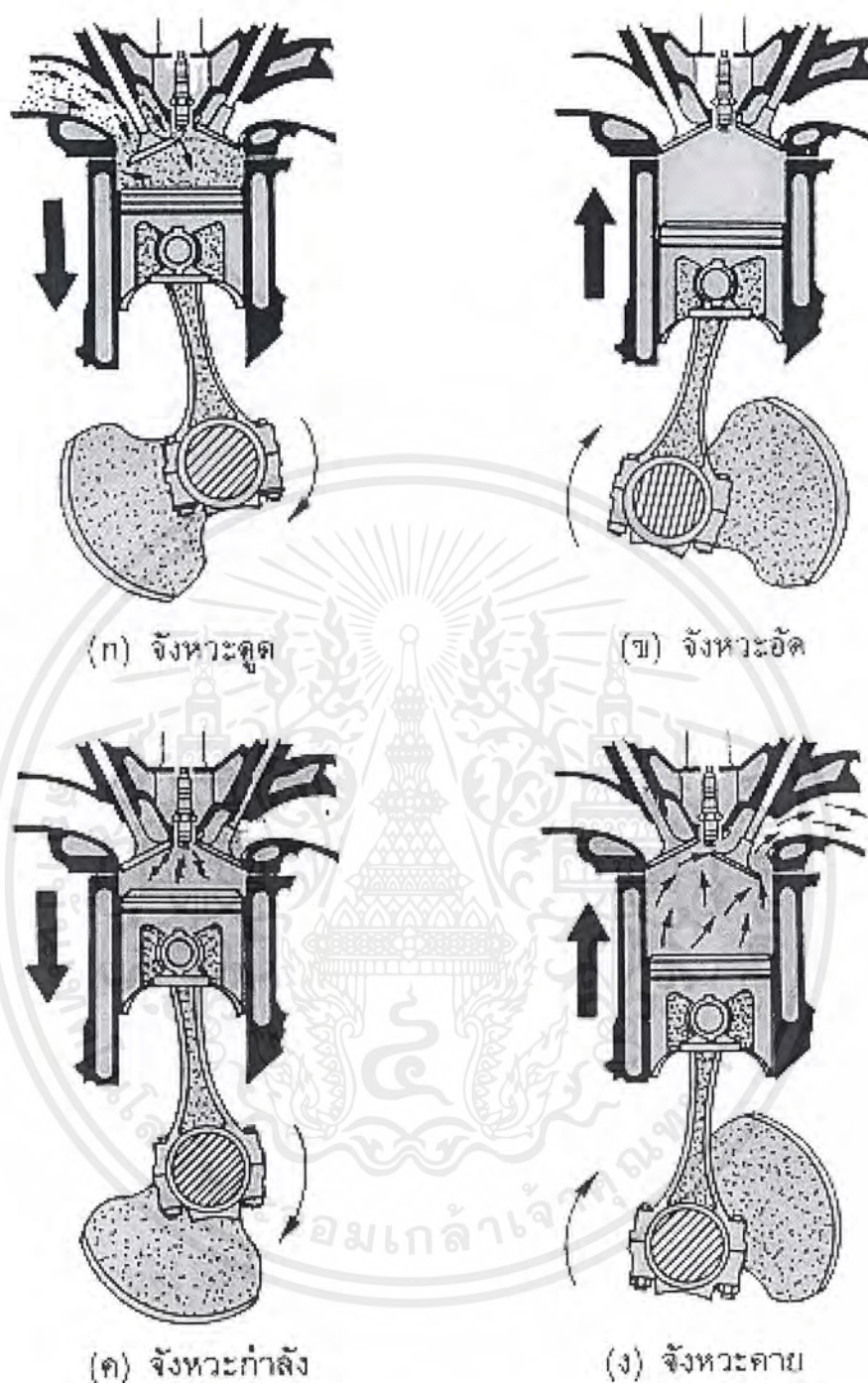
เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน คือ เครื่องยนต์ที่ เชื้อเพลิง และ ออกซิเจน จากอากาศ เกิดการเผาไหม้ภายในกระบอกสูบ ได้แก่ เครื่องยนต์แก๊สโซลีน และ เครื่องยนต์ดีเซล สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ใช้ส่วนผสมของน้ำมันกับอากาศผสมกันก่อนแล้วจึงจุดระเบิดด้วยประกายไฟ สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล ต้องอัดอากาศให้ร้อนแล้วจึงฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปเผาไหม้

เครื่องยนต์เผาไหม้ภายในส่วนมากจะใช้ในยานยนต์ เครื่องบิน รถไฟ ในปัจจุบัน และ ในโรงงานอุตสาหกรรมทั้งหลาย

2.2 การทำงานของเครื่องยนต์

การทำงานของเครื่องยนต์ แบ่งออกเป็น 4 จังหวะ ซึ่งได้แก่จังหวะดูด จังหวะอัด จังหวะกำลัง จังหวะคาย เครื่องยนต์จะต้องหมุน 2 รอบจึงจะครบวัฏจักร (cycle) การทำงานของเครื่องยนต์ เครื่องยนต์ที่ทำงาน 4 จังหวะดังกล่าวเรียกว่า เครื่องยนต์วัฏจักร 4 จังหวะ (four- stroke cycle engine) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า เครื่องยนต์ 4 จังหวะดังแสดงในรูปที่ 2.1

1. จังหวะดูด (intake stroke) ในช่วงจังหวะดูด ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ก ลูกสูบจะเคลื่อนที่ลง วาล์วไอดีเปิดออก และไอดีถูกดูดให้ไหลเข้ากระบอกสูบ ทั้งนี้เพราะว่าในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลง จะเกิดสูญญากาศในกระบอกสูบ ทำให้เกิดแรงดูดไอดีเข้ากระบอกสูบ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ถึงจุดต่ำสุด วาล์วไอดีจะปิด

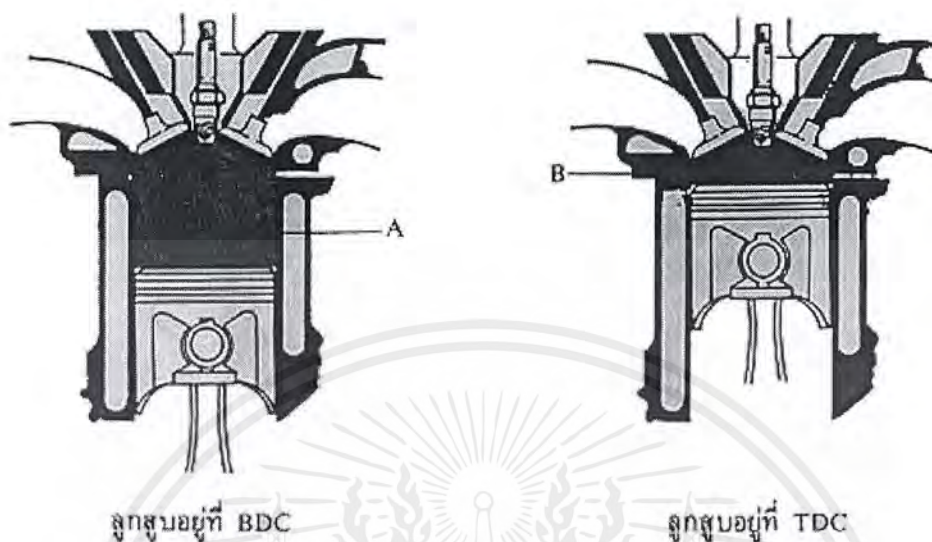


รูปที่ 2.1 ลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

2. จังหวะอัด (compression stroke) หลังจาก ลูกสูบเคลื่อนที่ ถึงจุดต่ำสุดแล้ว ก็จะเริ่มเคลื่อนที่ขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ข วาล์วไอดีและวาล์วไอเสียปิด ไอดีภายในกระบอกสูบจะถูกอัดให้มีปริมาตรเล็กลงจึงเรียกว่า จังหวะอัด เช่นจากปริมาตร 8 ส่วน ถูกอัดจนเหลือเพียง 1 ส่วน อัตราส่วนระหว่าง ปริมาตรก่อนอัด กับ ปริมาตรหลังอัดเรียกว่า อัตราส่วนการอัด (compression ratio)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.2 แสดง อัตราส่วนการอัด ในขณะที่ลูกสูบ อยู่ที่ตำแหน่ง ต่ำสุด และสูงสุด อัตราส่วนการอัดคือ ปริมาตร A หารด้วย ปริมาตร B



รูปที่ 2.2 อัตราส่วนการอัด คือ ปริมาตร A หารด้วยปริมาตร B

3. จังหวะกำลัง (power stroke) ในระหว่าง จังหวะกำลัง วาล์วไอดี และไอเสียยังคงปิดอยู่ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ใกล้ศูนย์ตายบนในจังหวะอัด สำหรับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ จะเกิดประกายไฟที่หัวเทียน และเริ่มการจุดระเบิดเผาไหม้ไอดี แต่สำหรับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด จะอาศัย ความร้อนจากการ อัดอากาศ เป็นตัวจุดระเบิด จนกระทั่ง ลูกสูบเคลื่อนที่ ผ่าน ตำแหน่ง ศูนย์ตายบน และเริ่มเคลื่อนที่ลง ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ค

ในระหว่างการเผาไหม้ จะเกิดความดันสูงกระทำต่อ ลูกสูบให้เคลื่อนที่ลงและถ่ายทอดผ่าน ก้านสูบไปสู่เพลาช้อเหวี่ยง

4. จังหวะคาย (exhaust stroke) เมื่อลูกสูบ เคลื่อนที่ใกล้ถึงศูนย์ตายล่าง วาล์วไอเสียจะเปิดออก หลังจากลูกสูบเคลื่อนที่ผ่านศูนย์ตายล่างแล้ว ก็จะเคลื่อนที่ขึ้น และไล่ไอเสียออกจากกระบอกสูบทางวาล์วไอเสีย ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ง จึงเรียกว่า จังหวะคาย

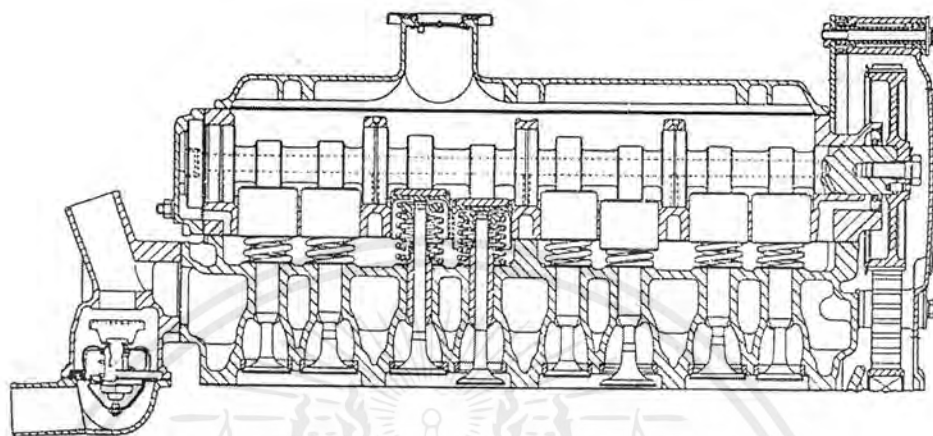
เมื่อ ลูกสูบเคลื่อนที่ผ่านศูนย์ตายบน แล้ว ก็จะเริ่มเคลื่อนที่ลง วาล์วไอดีจะเปิด และ วาล์วไอดีจะเปิดออก เพื่อเริ่มต้นจังหวะดูด อีกครั้งหนึ่ง

2.3 โครงสร้าง และ กลไกที่มีผลต่อ การไหลเข้าห้องเผาไหม้ ของไอดี

1. ฝาสูบ (cylinder head) เมื่อ พิจารณาส่วนประกอบของฝาสูบ จะแบ่ง ส่วนประกอบ ออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนล่างจะเป็นส่วนของห้องเผาไหม้ ซึ่งรูปแบบของ ห้องเผาไหม้ จะขึ้นอยู่กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความลาดเอียงของ top deck ใน cylinder block ลักษณะของหัวลูกสูบ และ ลักษณะของบ่าวาล์ว ส่วนในส่วนบนของฝาสูบ จะประกอบด้วยกลไกในการบังคับการ เปิด - ปิด วาล์วในกรณีของเครื่องยนต์ overhead camshaft จะประกอบระบบจับ timing ส่วนผนังของฝาสูบจะมีช่องทางสำหรับ ระบบหล่อลื่น และ ระบบหล่อเย็น และท่อร่วมไอดี - ไอดีเสีย ดังรูป 2.3



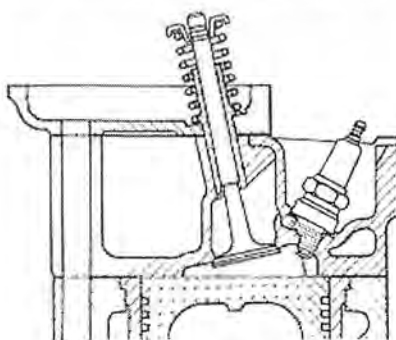
รูปที่ 2.3 ภาพตัดแสดงส่วนประกอบของฝาสูบ

2. ห้องเผาไหม้ (combustion chamber)

combustion chamber มีผลต่อการสร้างสมรรถนะ ของเครื่องยนต์ ทั้งนี้ ต้องขึ้นอยู่กับ องค์ประกอบต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ด้วย เช่น ตำแหน่งหัวเทียนจุดระเบิด การวางวาล์ว และขนาดห้องเผาไหม้

ประเภท ของห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

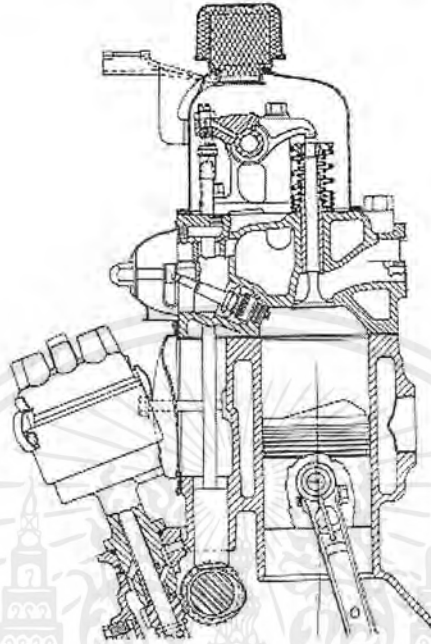
Wedge shape chambers เป็นรูปร่าง ของ ห้องเผาไหม้ ที่นิยมใช้ กันอย่าง แพร่หลายมากกว่าชนิดอื่น การวางวาล์วของห้องเผาไหม้ประเภทนี้วาล์วจะถูกล่างเอียงประมาณ 15 – 25 องศา กับ แกนกลางของกระบอกสูบ และหัวเทียนจะวางอยู่ที่ปลายรูปสามเหลี่ยม ดังรูป 2.4



รูปที่ 2.4 ห้องเผาไหม้แบบ wedge - type

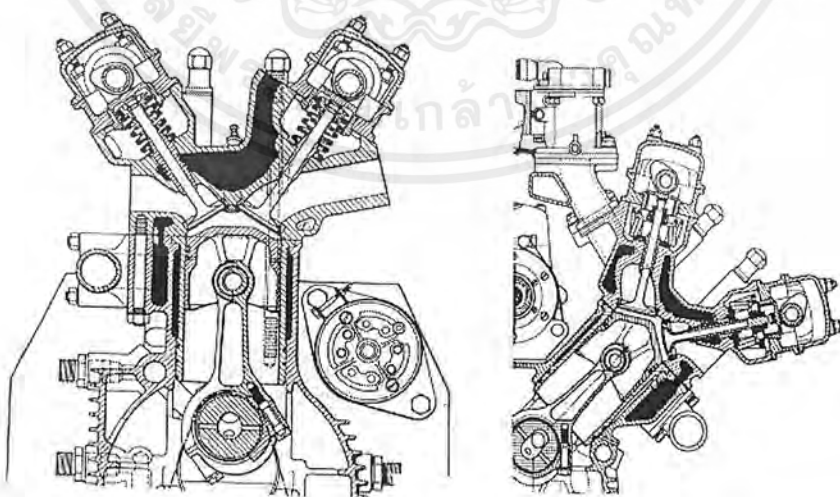
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bath tub chambers รูปร่างของ ห้องเผาไหม้ประเภทนี้ จะมี limited flat shape ที่ หัว ลูกสูบ การวางวาล์ว จะวางในแนวกึ่งกลางกระบอกสูบ ซึ่งทำให้กลไกวาล์ว ไม่ยุ่งยาก ซับซ้อน ดัง รูป 2.5 แต่จะไม่มี squish effect เหมือนประเภท wedge shaped



รูปที่ 2.5 ห้องเผาไหม้แบบ Bath – tub type

Hemispherical chambers เป็นห้องเผาไหม้ที่มีฝาสูบเอียง ทำให้ต้องวางวาล์วในแนวเอียง ด้วยและ ส่วนใหญ่ หัวเทียนจุดระเบิด ของห้องเผาไหม้ประเภทนี้ จะวางอยู่กึ่งกลางห้องเผาไหม้ ดัง รูป 2.6 ข้อดีที่สำคัญ ของห้องเผาไหม้ประเภทนี้ คือ มีความเที่ยงตรงในการขึ้นรูปสูงกว่าแบบอื่น



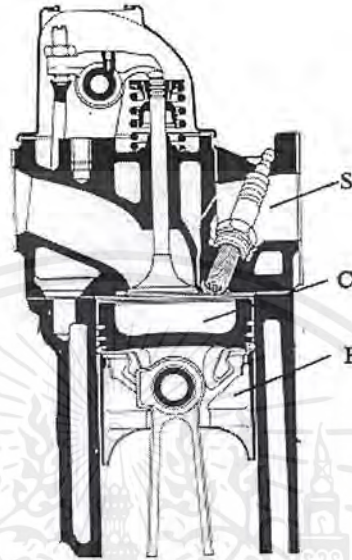
รูปที่ 2.6 ห้องเผาไหม้แบบ Hemispherical (Coventry – climax)

A - Lower compression

B - High compression

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

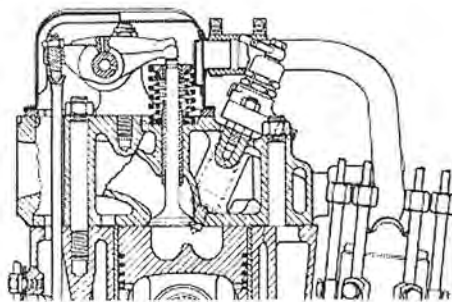
Bowl shape chambers ส่วนใหญ่ รูปแบบห้องเผาไหม้ ประเภทนี้ จะนำไปใช้กับเครื่องยนต์ที่มี อัตรากำลังอัดสูง ๆ ที่หัวลูกสูบ มีการทำโพรงอากาศไว้ เป็นผลให้มีการเกิด squish effect เมื่อลูกสูบเคลื่อนถึง จังหวะอัดสุด สำหรับ วาล์วและหัวเทียนจะถูกวาง ให้ใกล้ กึ่งกลางของ โพรงอากาศนั้นมากที่สุด ดังรูป 2.7



รูปที่ 2.7 ห้องเผาไหม้แบบ Cavity – piston, หรือ Heron
S - sparking plug p – piston C – piston cavity

ห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ diesel direct – injection

ในเครื่องยนต์ diesel direct – injection เชื้อเพลิงถูกฉีดผ่านหัวฉีดแบบ multihole injector nozzle เข้าไป ในห้องเผาไหม้ แบบ เปิด ที่มีรูปร่างของ หัวลูกสูบ เป็นแบบ bowl – shaped โดยที่ หัวลูกสูบแบบ bowl – shaped นี้จะสร้างการหมุนวนอากาศ ตลอดช่วง การดูดถึง จังหวะอัดสุด ซึ่งเรียกกระบวนการนี้ว่า compression turbulence ในขณะเดียวกันวงรอบ ของหัวลูกสูบ แบบ bowl shaped นี้ จะเป็นตัวกันไม่ให้ ละอองเชื้อเพลิง ไปถึงผนังกระบอกสูบ ที่มีอุณหภูมิต่ำด้วย ดังรูปที่ 2.8

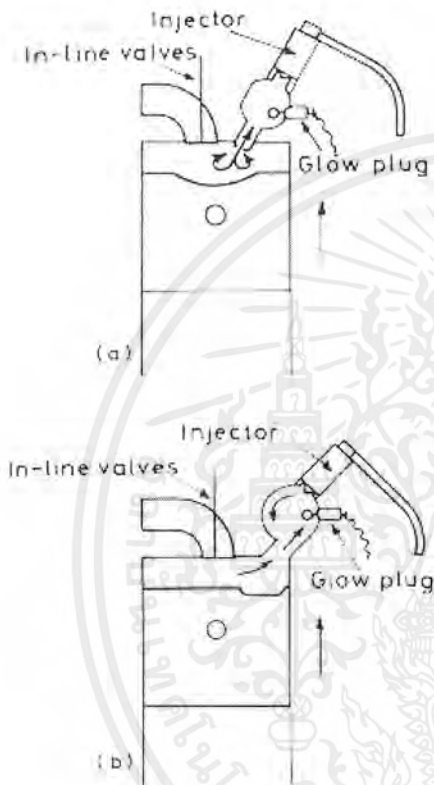


รูปที่ 2.8 A practical of the Direct-injection open chamber

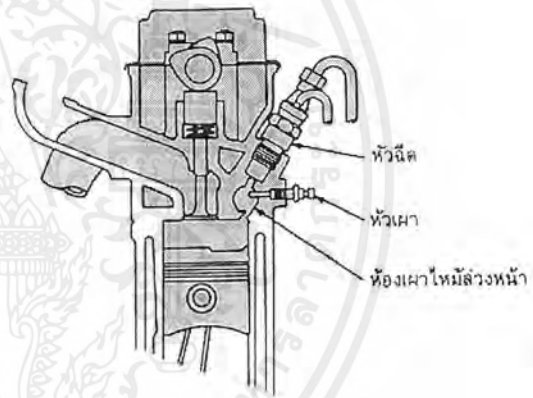
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ diesel indirect – injection

สำหรับ เครื่องยนต์ diesel indirect – injection เชื้อเพลิง จะถูกฉีด จากหัวฉีด แบบ single hole injector nozzle เข้าไป ในห้องเผาไหม้ล่วงหน้า (pre chamber) ที่แยกออกมา จาก ห้องเผาไหม้หลัก และ หัวลูกสูบ ของ ห้องเผาไหม้ชนิดนี้ จะมีส่วน ที่มี ลักษณะเป็น saucer ไม่ใช่ bowl แบ่งเป็น 2 แบบ ดังรูปที่ 2.9 และรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.9 Basic layout of indirect – injection diesel combustion chamber



รูปที่ 2.10 เครื่องยนต์อินไดเรกต์ อินเจกชัน

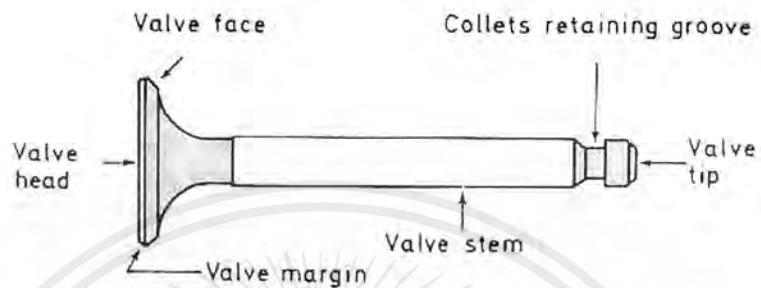
3. วาล์ว (valve)

เครื่องยนต์ ส่วนมากจะมีช่องเปิด จากภายนอก ถึง กระบอกสูบ ได้แก่ ช่องไอดี (intake port) ซึ่งเป็นช่องสำหรับให้อากาศ หรือ ไอดี จากภายนอก เข้าสู่กระบอกสูบ และ อีกช่องหนึ่งคือ ช่องไอเสีย (exhaust port)ซึ่งเป็นช่องสำหรับให้ไอเสียไหลออกจากกระบอกสูบ

การปิดและเปิดช่องไอดี และ ช่องไอเสีย ควบคุมโดยวาล์วไอดี (intake valve) และวาล์วไอเสีย (exhaust valve) ตามลำดับ วาล์วจะปิดช่องดังกล่าว ก็ต่อเมื่อวาล์วเคลื่อนที่จน หน้าวาล์ว สัมผัส กับบ่าวาล์ว และวาล์วจะเปิดออกเมื่อวาล์วเคลื่อนที่ห่างออกจาก บ่าวาล์ว

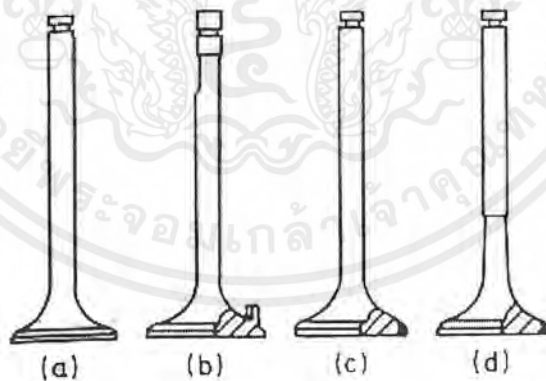
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วาล์วในเครื่องยนต์ดีเซล และ แก๊สโซลีน ส่วนใหญ่จะใช้วาล์วเป็นแบบ poppet valve ดังรูป 2.11 แต่จะมี ความแตกต่างกัน ตรง วัสดุที่ใช้ทำ และในแบบปกติ ของ เครื่องยนต์ ดีเซล วาล์วไอดีจะมีขนาดโตกว่า วาล์วไอเสียเล็กน้อย ยกเว้นในกรณีที่มีการติด turbocharger พลังงานจากไอเสียต้องถูกนำไปใช้ ดังนั้น วาล์วไอดี และ วาล์วไอเสีย จะมีขนาดเท่ากัน ในเครื่องยนต์ ที่ติด turbocharger



รูปที่ 2.11 Terminology of the poppet valve

สำหรับเครื่องยนต์ diesel direct – injection บางตัวจะมีการติด shroud หรือ masked เพื่อเสริมให้มีinduction swirl เกิดมากขึ้น ในเรื่องวัสดุที่ใช้ทำวาล์ว จำเป็นต้องทำจาก high alloy steels เนื่องจากต้องทำงานที่ความร้อนอาจสูงถึง 900 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะวาล์วไอเสีย ดังรูป 2.12

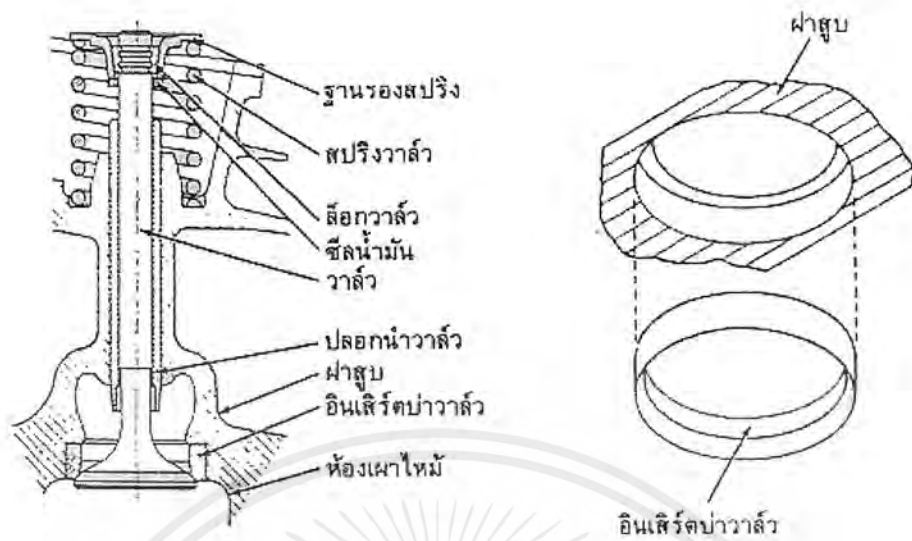


รูปที่ 2.12 ชนิดของวาล์วไอดี และ วาล์วไอเสีย ของเครื่องยนต์ดีเซล

4. บ่าวาล์ว (valve seat)

บ่าวาล์วมี 2 ชนิด คือ บ่าวาล์วในตัว และ บ่าวาล์วลอดได้ เครื่องยนต์ที่ใช้ ฝาสูบเหล็กหล่อ มักใช้บ่าวาล์วในตัว แต่ถ้าฝาสูบทำด้วย อะลูมิเนียม มักใช้บ่าวาล์ว ลอดได้ซึ่งมักเรียกว่า อินเสิร์ตบ่าวาล์ว ดังรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

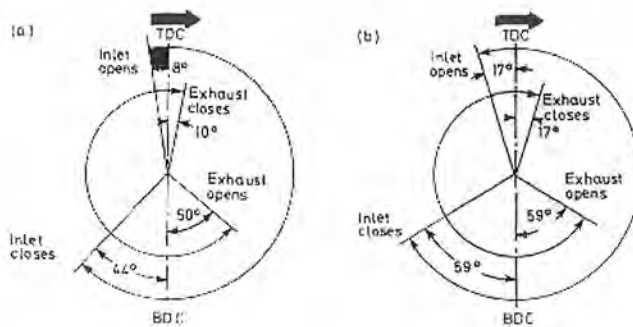


รูปที่ 2.13 ชุดวาล์วและอินเล็ทวาล์ว

ฝาสูบเหล็กหล่อบางอันมีอินเล็ทวาล์ว ซึ่งทำด้วยเหล็กกล้าผสมเพื่อให้ทนต่อความร้อนได้สูงขึ้น และสามารถ ถอดเปลี่ยนได้เมื่อสึกหรอมาก อย่างไรก็ตาม อินเล็ทวาล์ว มักทำให้ การผลิตยุ่งยากมากขึ้น และรอยต่อระหว่าง ผิวหน้าอินเล็ท กับฝาสูบ ทำให้การไหลของความร้อนไม่สะดวก ซึ่งเป็นเหตุให้ อินเล็ทวาล์วร้อนกว่าปกติ และมีผลทำให้วาล์วร้อนมากขึ้นและ สึกหรอเร็วกว่าปกติ ดังนั้น ถ้าเป็นไปได้ นักออกแบบ จึงชอบที่จะใช้วาล์วในตัว ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของฝาสูบ

6. valve and valve port timing

สำหรับเครื่องยนต์ 4 จังหวะ การเปิด - ปิด ของวาล์วไอดี - ไอดีเสีย จะมีจังหวะคาบเกี่ยวกัน ในจังหวะ การเปิด - ปิด ของวาล์ว ซึ่งจังหวะการเปิด - ปิด ของ วาล์วจะดูจาก valve timing diagram ดังรูป 2.14

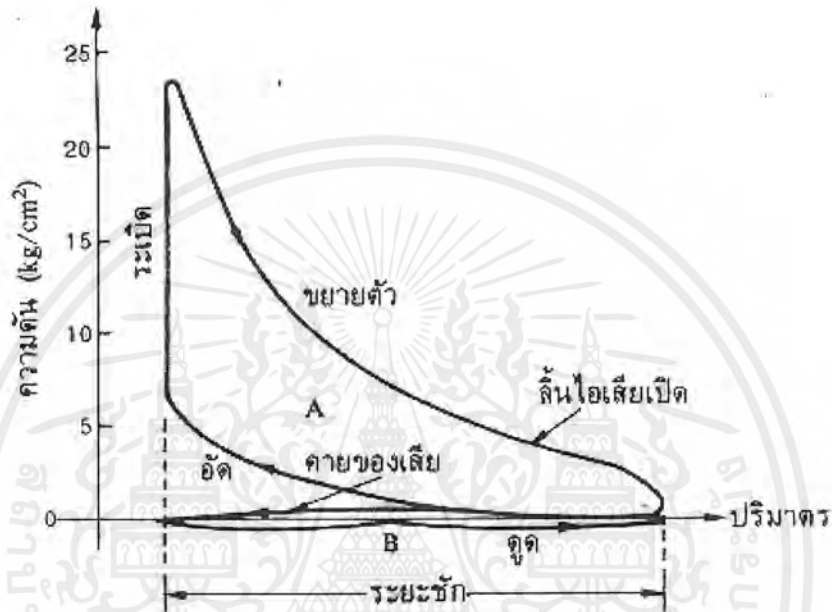


รูปที่ 2.14 typical valve – timing diagram for four - stroke petrol engine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 Mean Effective Pressure

เนื่องจากความดันในกระบอกสูบ มีการเปลี่ยนแปลงค่าตลอดรอบวัฏจักร ซึ่งจะมีค่ามากที่สุด ที่จุดเริ่มต้นของ จังหวะกำลัง mean effective pressure จึงเป็น ความดันเฉลี่ย ในกระบอกสูบ ตลอดวัฏจักรนั่นเอง สามารถหาได้จาก แผนภาพอินดิเคเตอร์ ดังรูปที่ 2.15

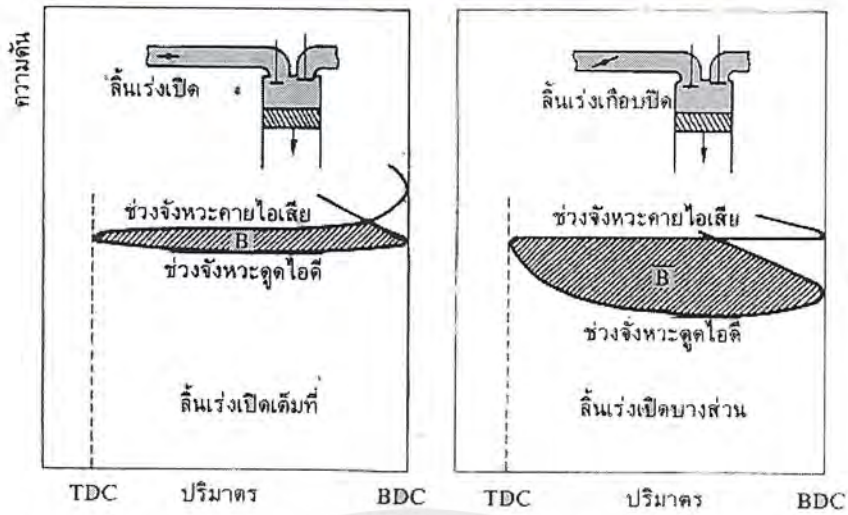


รูปที่ 2.15 แผนภาพ อินดิเคเตอร์

2.5 Pumping Loop และ Pumping Pressure

เครื่องยนต์ 4 จังหวะ มีกำลังงานสูญเสีย ในการดูดไอดี และ ไล่ไอเสีย ซึ่ง สามารถอธิบาย รายละเอียด ได้ดังรูป

กำลังงานที่ใช้ในการดูดไอดี และไล่ไอเสีย เรียกว่า pumping horse power และ งานที่ใช้ ในการนี้ เราเรียกว่า pumping work ซึ่งก็คือ พื้นที่ใน P – V diagram ที่มี เครื่องหมายลบนั่นเอง ดังรูปที่ 2.16

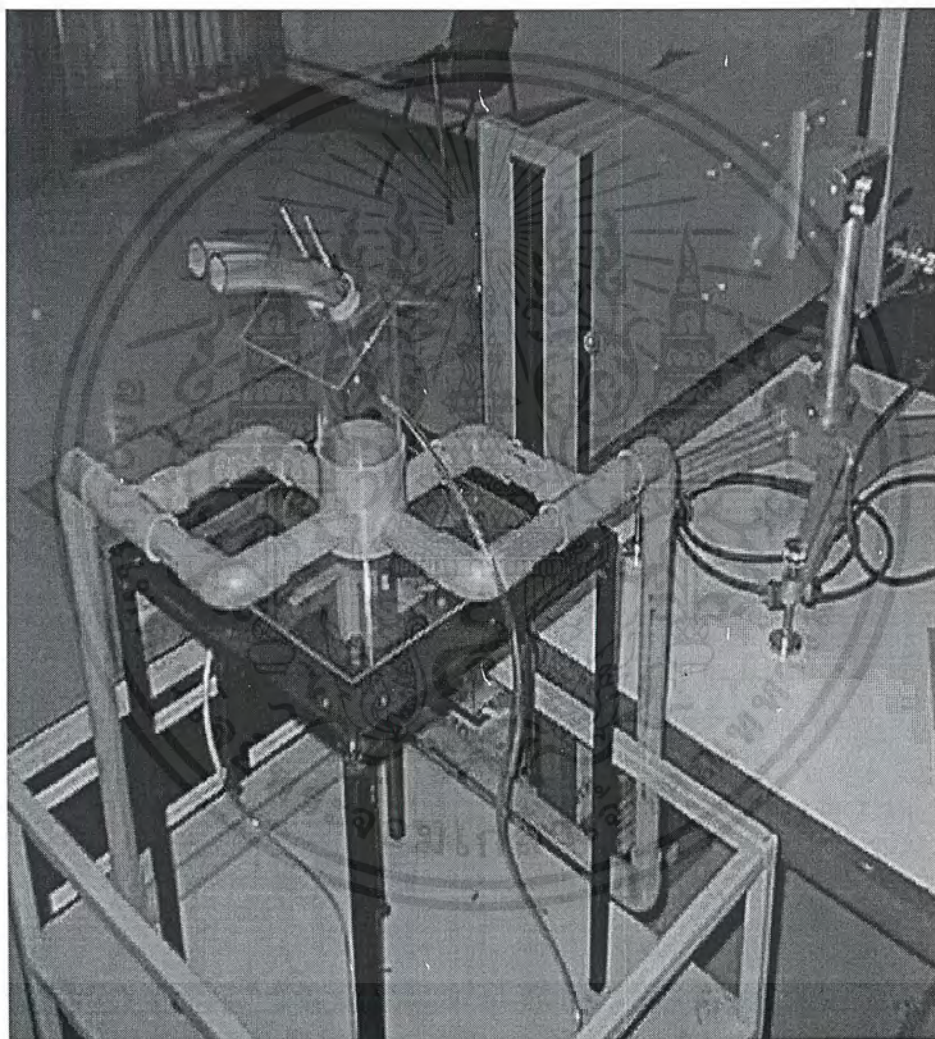


รูปที่ 2.16 แผนภาพแสดงงานในการอัดอากาศเมื่อลิ้นแรงเปิดเต็มที และเปิดบางส่วน



บทที่ 3

การทดลองและผลการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การทดลองครั้งที่ 1

วัตถุประสงค์การทดลอง

ศึกษาวิธีการถ่ายภาพ และ หอองค์ประกอบที่เหมาะสมในการถ่ายภาพ เพื่อที่จะ ได้ภาพที่เหมาะสม สำหรับการนำไปทำการวิเคราะห์ การไหลของ ก๊าซในกระบอกสูบ

อุปกรณ์ และรายละเอียดการทดลอง

PUMP SANYO SC 29 VACUUM PUMP 220 V 1000 W

SLIT LIGHT SOURCE SH – 300 220 V 1500 W ITOU KOKEN CO , LTD
JAPAN

PARTICLES PLASTIC SPHERES OF 40 – 60 MICRON IN AVERAGE
DIAMETER , SPECIFIC GRAVITY 0.02

FILM FUJI SUPERIOR ความไวแสง 400

ระยะห่างจาก SLIT ถึง กระบอกสูบ 400 mm

ระยะห่างจาก กล้อง ถึง กระบอกสูบ 100 mm

หน้ากล้อง 2.8

MODEL

SINGLE INTAKE PORT COMBUSTION CHAMBER

ANGLE OF INTAKE PORT INCLINED 45 องศา

VALVE - FACE WIDTH 34 mm

- ROD DIAMETER 8 mm

- FACE ANGLE OF VALVE 45 องศา

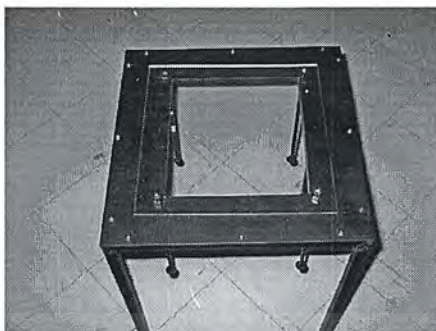
INTAKE PORT INSIDE DIAMETER 31 mm

VALVE SEAT ANGLE 45 องศา

ขั้นตอนการสร้างชุดทดลอง

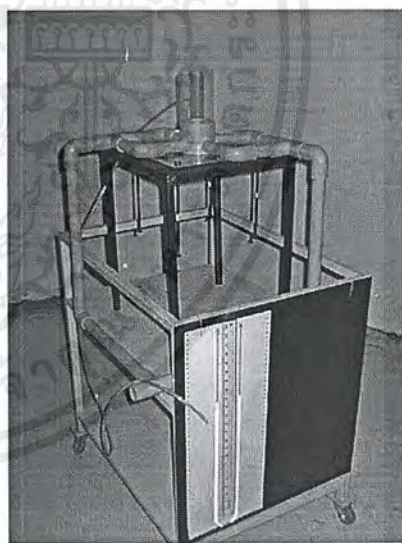
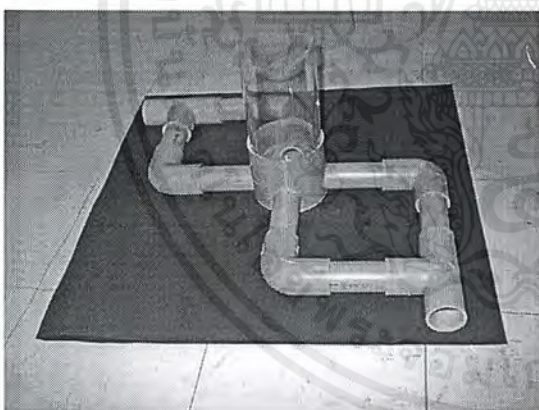
ใช้ท่อ ACRYLIC ใส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 mm เป็นกระบอกสูบจำลอง

1. สร้างฐานวางกระบอกสูบ โดยสร้างโต๊ะขนาด 400 mm*400 mm สูง 500mm แล้วเจาะช่องที่กลางโต๊ะ แล้ววางแผ่น ACRYLIC ใส ยึดด้วยน็อต ขนาด 10 นิ้ว 4 ตัว ที่มุมทั้งสี่ ดังรูป 3.1.1



รูปที่ 3.1.1 ฐานวางกระบอกลูกสูบ

2. สร้างชุดท่อดูดอากาศโดยใช้ท่อ PVC ขนาด 3 1/2 นิ้ว เป็นตัวรับกระบอกลูกสูบจำลอง แล้วเจาะท่อ PVC นั้น 4 รู เพื่อต่อเข้ากับ ท่อ PVC ขนาด 35 mm เป็นการสร้างทางดูดให้อากาศออกทั้ง 4 ด้าน แล้วตัดท่อ PVC ให้มีขนาดความยาวเท่า ๆ กัน แล้วนำไปรวมกันต่อเข้าทางดูดของ PUMP ดังรูป 3.1.2

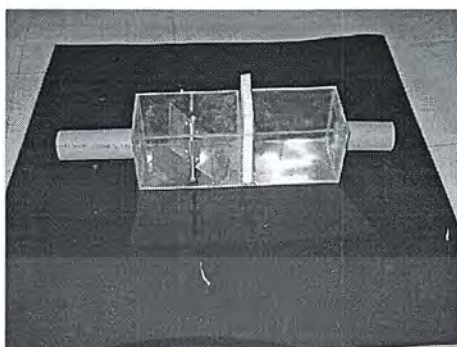


รูปที่ 3.1.2 ชุดท่อดูดอากาศ

3. สร้างฝาสูบจำลอง โดยใช้แผ่น ACRYLIC สีใส เจาะรูทั้ง 4 มุม แล้วยึดเข้ากับน็อตที่ยึดมาจากตัวฐานวางกระบอกลูกสูบ แล้วเจาะรูแผ่น ACRYLIC นั้น เพื่อทำเป็นทางเข้าของอากาศ และใช้สายยางขนาด 1 1/8 นิ้วทำเป็นท่อไอดีจำลอง แล้วยึดตัววาล์วเข้ากับท่อไอดีนั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สร้างตัวควบคุมแรงดูด ด้วยการทำกล่องจากแผ่น ACRYLIC โดยในกล่องมี ลื่นปีก ผีเสื้อปรับค่าได้คอยหมุนเพื่อปรับให้ได้ค่าแรงดูดที่ต้องการ ดังรูป 3.1.3 แล้วต่อเข้ากับทางดูดของ PUMP

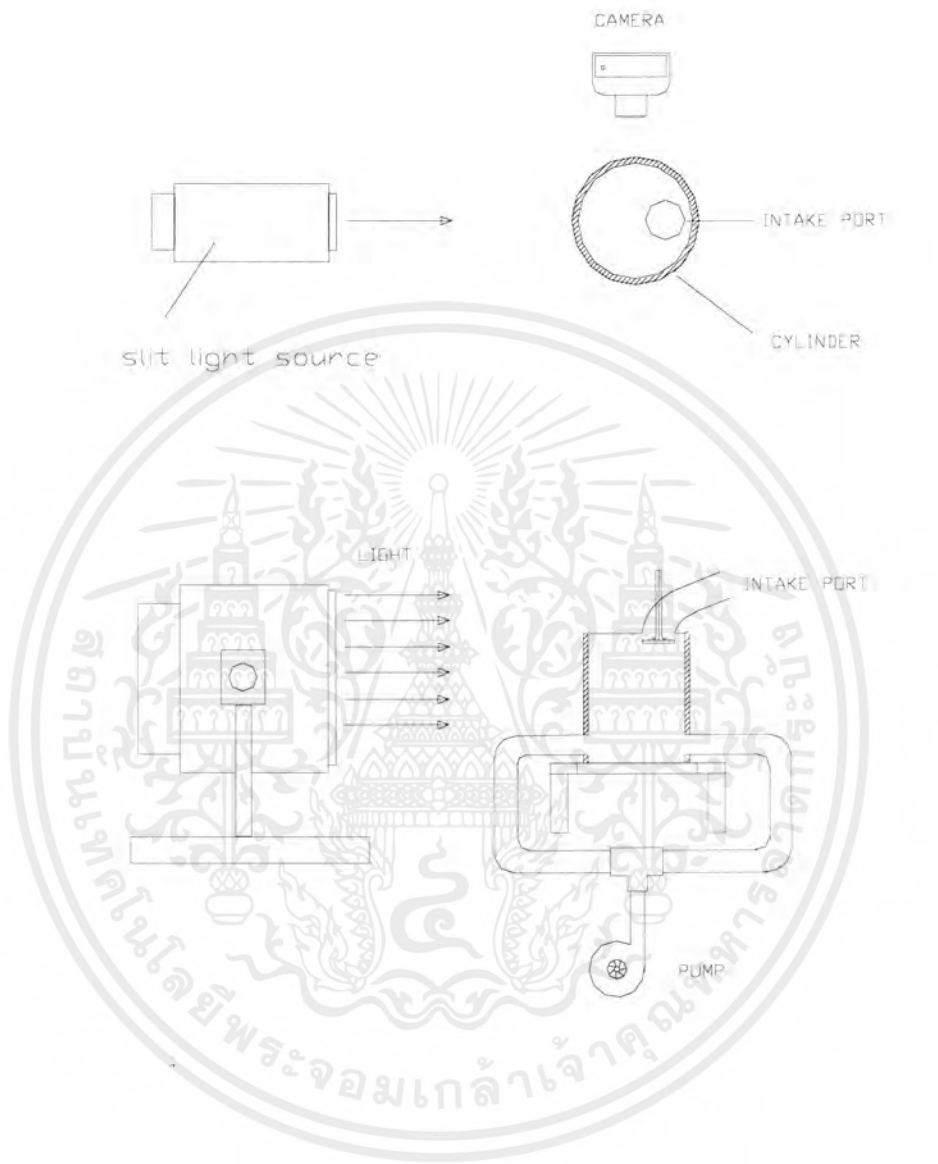


รูปที่ 3.1.3 ชุดควบคุมแรงดูด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดวางชุดทดลอง ดังรูปที่ 3.1.4



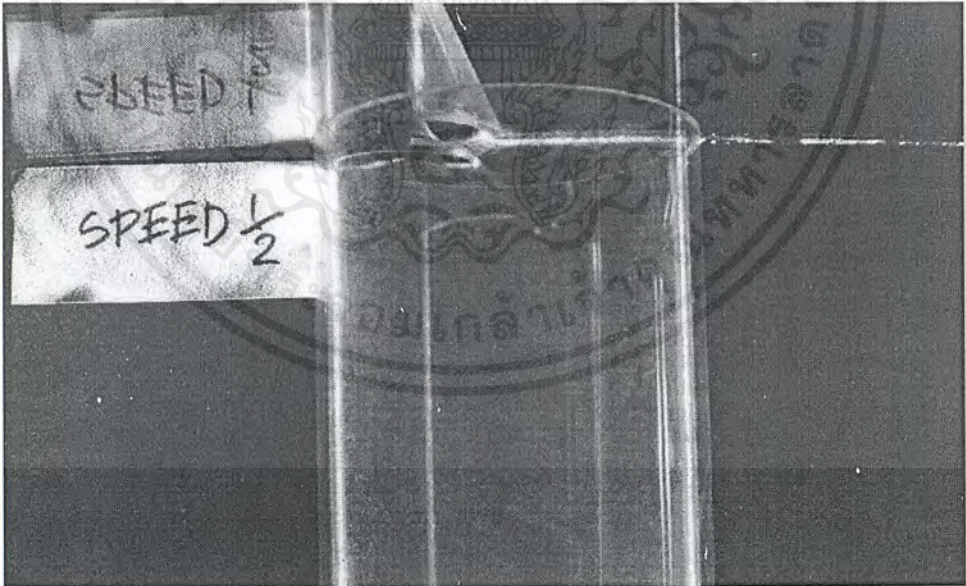
รูปที่ 3.1.4 ภาพแสดงการจัดวางชุดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง

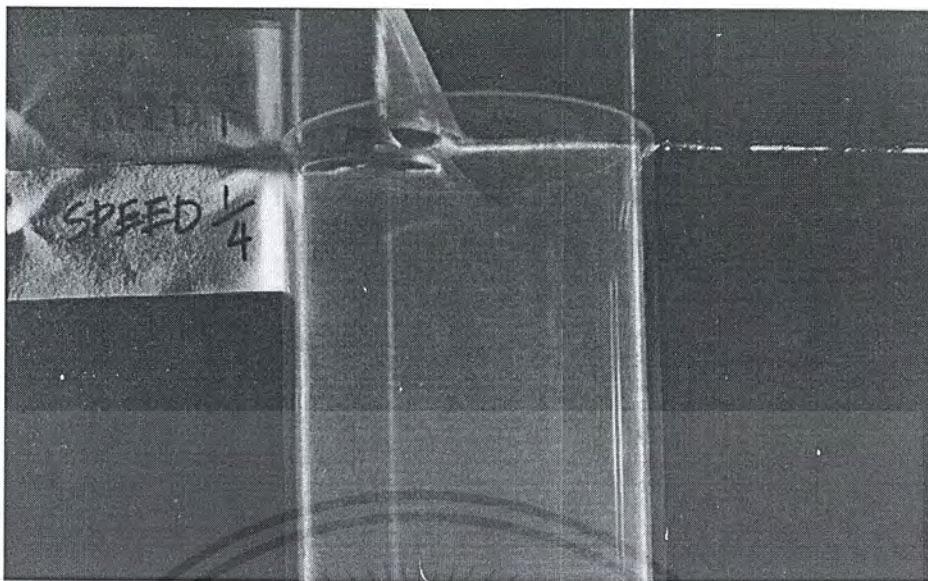
ภาพที่	SHUTTER SPEED (sec)	ภาพที่	SHUTTER SPEED (sec)
1	1/2	6	1/8
2	1/2	7	1/8
3	1/4	8	1/8
4	1/4	9	1/8
5	1/8	10	1/4

ผลการทดลอง

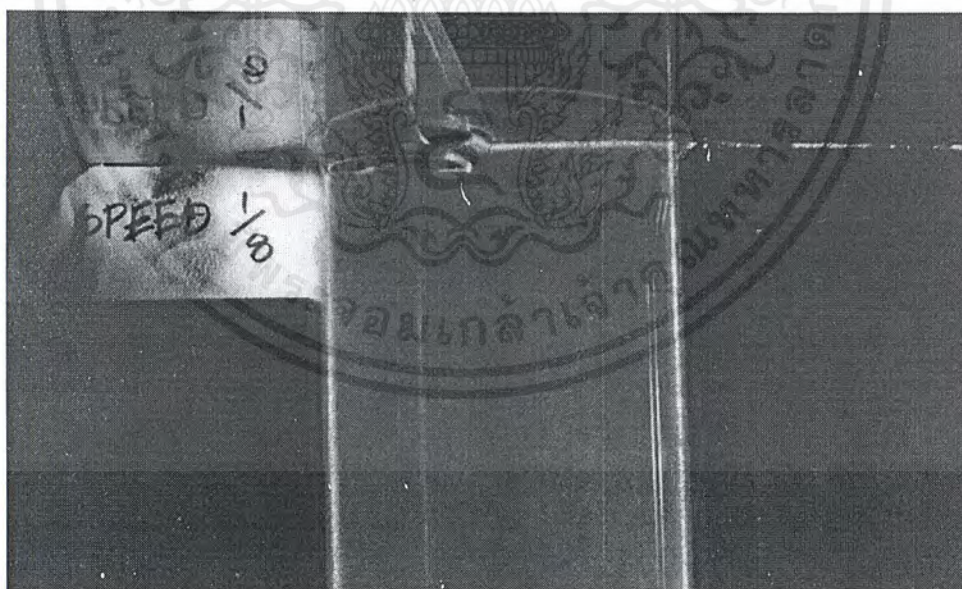


รูปที่ 3.1.5 ผลการทดลองครั้งที่ 1 ภาพที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

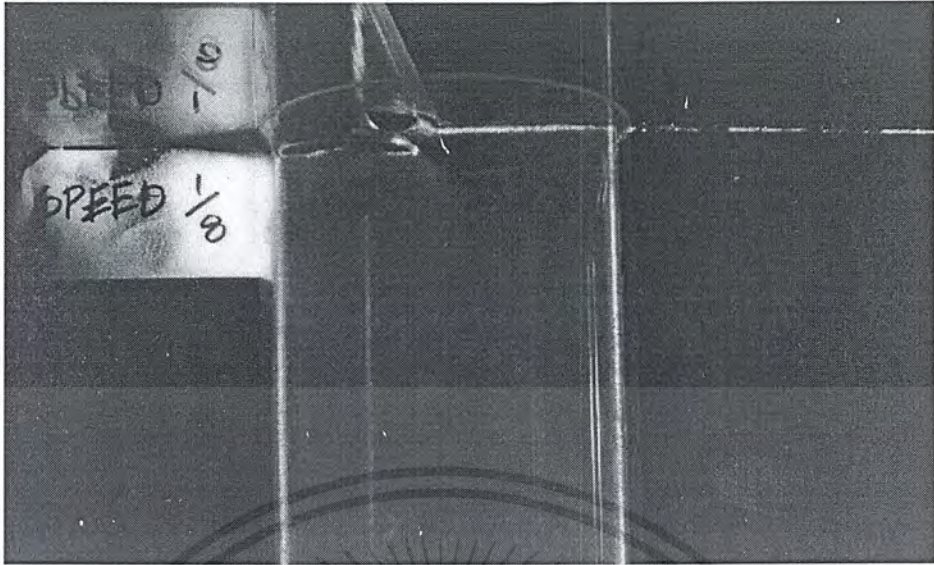


รูปที่ 3.1.6 ผลการทดลองครั้งที่ 1 ภาพที่ 4



รูปที่ 3.1.7 ผลการทดลองครั้งที่ 1 ภาพที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1.8 ผลการทดลองครั้งที่ 1 ภาพที่ 9

สรุปผลการทดลอง

ภาพถ่ายที่ได้ มีลักษณะ มัว มองการไหลได้ไม่ชัดเจน ในทุกความเร็วชัตเตอร์ ที่ใช้ อาจเป็นเพราะเนื่องจากการใช้ฟิล์มที่มีความไวแสง 400 ซึ่งมีเม็ดเกรน ของเนื้อฟิล์มหยาบ ทำให้ภาพที่ออกมายังไม่เหมาะสม จำเป็นต้องลองเปลี่ยน องค์ประกอบ ในการถ่ายภาพแต่ละครั้ง

สำหรับแนวทางในการทดลอง ครั้งต่อไป คือ ต้องลองเปลี่ยนความไวแสงของฟิล์มที่ใช้ และต้องทดลอง ใช้ความเร็วชัตเตอร์ให้สูงกว่านี้

3.2 การทดลองครั้งที่ 2

วัตถุประสงค์

ถ่ายภาพลักษณะการไหลของอากาศ ภายในกระบอกสูบที่มีฝาสูบเป็นแบบ PENT ROOF แล้วนำภาพที่ได้ไปวิเคราะห์อย่างคร่าวๆ ได้ และยังเป็นการศึกษาข้อมูล เช่น SHUTTER SPEED , ความกว้างช่อง SLIT , ระยะ FOCUS , FILM , ปริมาณการป้อนอนุภาค ที่เหมาะสมกับการทดลองในแต่ละครั้ง เพื่อให้การทดลองครั้งต่อไปมีประสิทธิภาพมากขึ้น

อุปกรณ์และรายละเอียดการทดลอง

PUMP SANYO SC 29 VACUUM PUMP 220 V 1000 W

SLIT LIGHT SOURCE SH – 300 220 V 1500 W ITOU KOKEN CO , LTD
JAPAN

PARTICLES PLASTIC SPHERES OF 40 – 60 MICRON IN AVERAGE
DIAMETER , SPECIFIC GRAVITY 0.02

FUJI FILM SUPERIOR ความไวแสง 100

ระยะห่างจาก SLIT ถึง กระบอกสูบ 400 mm

ระยะห่างจาก กล้อง ถึง กระบอกสูบ 90 mm

SLIT WIDTH 2 mm

หน้ากล้อง 2.8

MODEL

TWO INTAKE PORT COMBUSTION CHAMBER

ANGLE OF INTAKE PORT INCLINED 45 องศา

PENT ROOF ANGLE 14 องศา

VALVE - FACE WIDTH 27.5 mm

- ROD DIAMETER 7 mm

- FACE ANGLE OF VALVE 45 องศา

INTAKE PORT INSIDE DIAMETER 26 mm

VALVE SEAT ANGLE 45 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการสร้างชุดทดลอง

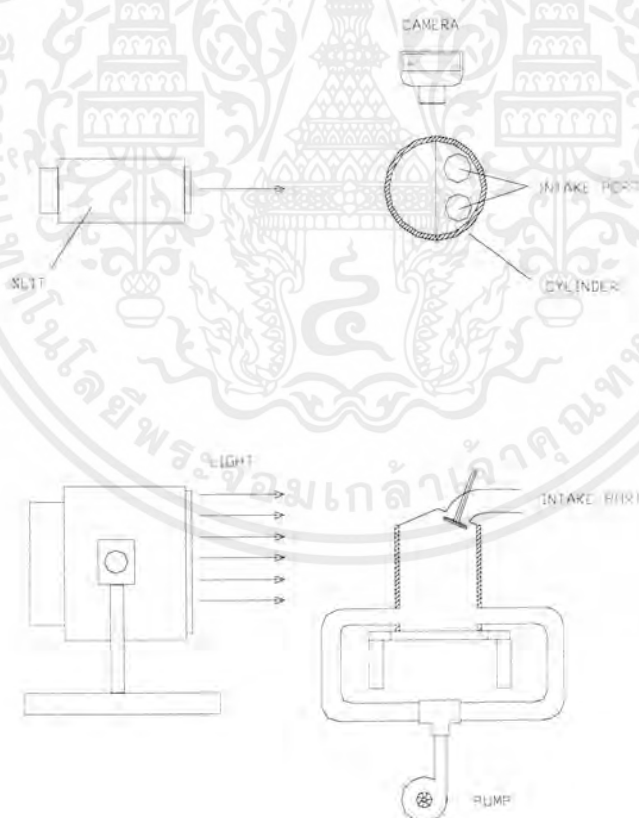
นำอุปกรณ์ จากการทดลองครั้งที่ 1 มาดัดแปลงเพิ่มเติม เพื่อให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ การทดลอง

1. เจียรกระบอกสูบ ให้มีลักษณะเป็น PENT ROOF ในการทดลองนี้เลือกมุมเอียงของ PENT ROOF เป็น 14 องศา

2. ฝาสูบจำลองสร้างจากแผ่น ACRYLIC ใส นำไปขึ้นรูปให้เป็นมุมเอียงตามมุมของ กระบอกสูบ โดยใช้ความร้อน จากนั้น เจาะรูทางเข้าอากาศ แล้วนำ ท่อไอติ จำลองที่สร้างจาก ท่อ ยางใส แต่ในการทดลองครั้งนี้ได้เสริมท่อ PVC เพื่อให้มีลักษณะเหมือนเครื่องยนต์จริง

3. ทำ สเกล เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ภาพ โดยในขณะถ่ายภาพได้ทำการติดสเกล ตัวนี้เข้าไป ด้วย

การจัดวางชุดทดลอง ดังรูปที่ 3.2.1



รูปที่ 3.2.1 ภาพแสดงการจัดวางชุดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง

ภาพที่	SHUTTER SPEED (sec)	ตำแหน่ง PLANE	หมายเหตุ
1	1/4	III	
2	1/4	III	
3	1/4	III	
4	1/2	I	
5	1/2	I	
6	1/2	I	
7	1/4	I	
8	1/4	I	
9	1/4	I	
10	1/8	I	
11	1/2	III	
12	1/2	III	
13	1/2	III	
14	1/2	II	
15	1/2	II	
16	1/8	II	
17	1/4	II	
18	1/4	II	
19	1/4	II	

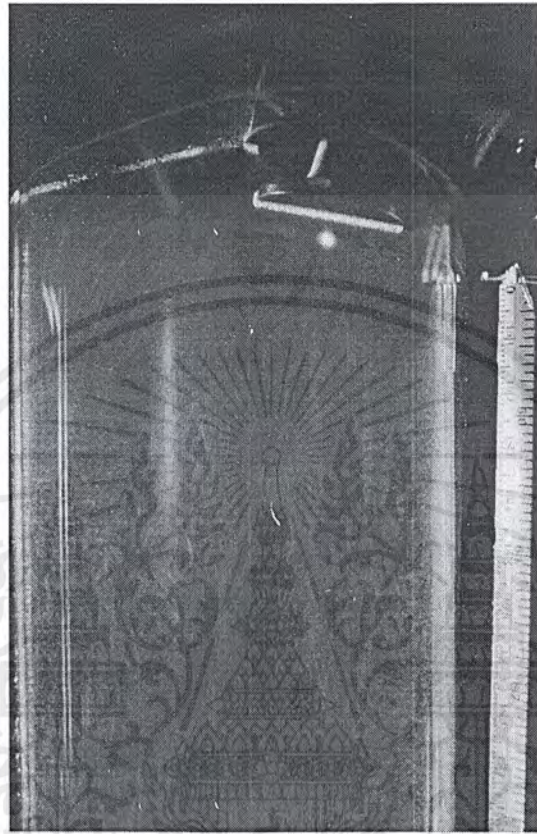
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง



รูปที่ 3.2.2 ผลการทดลองครั้งที่ 2 ภาพที่ 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2.3 ผลการทดลองครั้งที่ 2 ภาพที่ 10

สรุปผลการทดลอง

ภาพถ่ายที่ได้มีลักษณะมัว ตัวภาพไม่คมชัด ไม่สามารถนำไปวิเคราะห์การไหลได้ ซึ่งน่าจะเกิดจากใช้ SHUTTER SPEED ช้าไป แต่มีบางรูปที่ใช้ SHUTTER SPEED $1/4$ sec แล้วภาพถ่ายที่ได้มีผลน่าพอใจ คือเห็นลักษณะการไหล เป็นเส้นๆ

การไหลภายในกระบอกสูบที่มีฝาสูบแบบ PENT ROOF ที่จำลองขึ้นมานี้ ยังไม่สามารถสังเกตได้ว่ามีความแตกต่าง กับการไหลในกระบอกสูบที่มีฝาสูบแบบเรียบเท่าใดนัก อาจเป็นเพราะมุม PENT ROOF น้อยไป ดังนั้น แนวทางการทดลองครั้งต่อไป ก็ควรจะเพิ่มมุม PENT ROOF ให้มากขึ้น

3.3 การทดลองครั้งที่ 3

วัตถุประสงค์การทดลอง

ถ่ายภาพลักษณะการไหลของอากาศ ภายในกระบอกสูบที่มีฝาสูบเป็นแบบ PENT ROOF แล้วนำภาพที่ได้ไปวิเคราะห์อย่างคร่าวๆ ได้ และหาข้อมูลในเรื่อง ความกว้างช่อง SLIT และ SHUTTER SPEED โดยจะเพิ่ม SHUTTER SPEED ให้เร็วขึ้น เพื่อปรับปรุงความชัดเจนในการบันทึกภาพ เพื่อให้การทดลองครั้งต่อไปมีประสิทธิภาพมากขึ้น

อุปกรณ์และรายละเอียดการทดลอง

PUMP SANYO SC 29 VACUUM PUMP 220 V 1000 W

SLIT LIGHT SOURCE SH – 300 220 V 1500 W ITOU KOKEN CO , LTD
JAPAN

PARTICLES PLASTIC SPHERES OF 40 – 60 MICRON IN AVERAGE
DIAMETER , SPECIFIC GRAVITY 0.02

FILM FUJI SUPERIOR ความไวแสง 100

ระยะห่างจาก SLIT ถึง กระบอกสูบ 170 mm

ระยะห่างจาก กล้อง ถึง กระบอกสูบ 105 mm

หน้ากล้อง 2.8

MODEL

TWO INTAKE PORT COMBUSTION CHAMBER

ANGLE OF INTAKE PORT INCLINED 60 องศา

PENT ROOF ANGLE 22.5 องศา

VALVE - FACE WIDTH 27.5 mm

- ROD DIAMETER 7 mm

- FACE ANGLE OF VALVE 45 องศา

INTAKE PORT INSIDE DIAMETER 26 mm

VALVE SEAT ANGLE 45 องศา

ขั้นตอนการสร้างชุดทดลอง

นำอุปกรณ์จากการทดลองครั้งที่แล้ว มาดัดแปลงเพิ่มเติม โดยเพิ่มมุมเอียงของ PENT ROOF ให้มากขึ้น สำหรับการทดลองครั้งนี้ ใช้มุมเอียงของ PENT ROOF ที่ 22.5 องศา

การจัดวางชุดทดลอง ดังรูปที่ 3.3.1



รูปที่ 3.3.1 ภาพแสดงการจัดวางชุดทดลอง

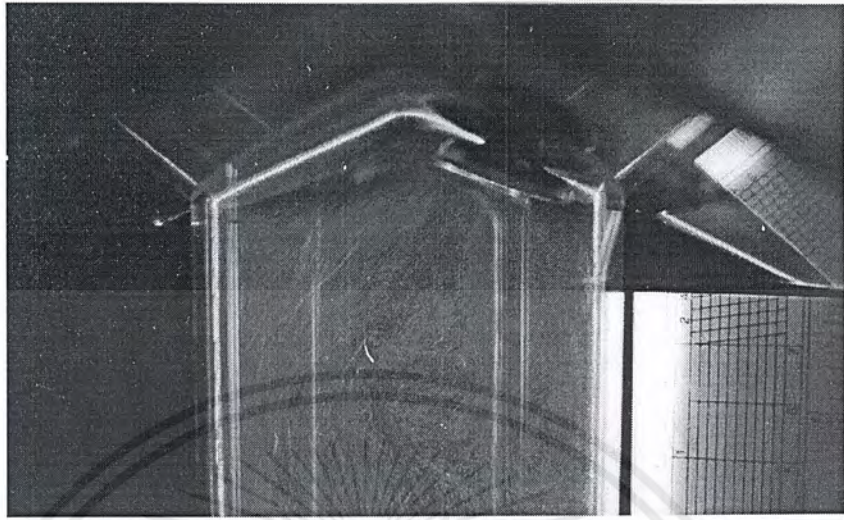
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง

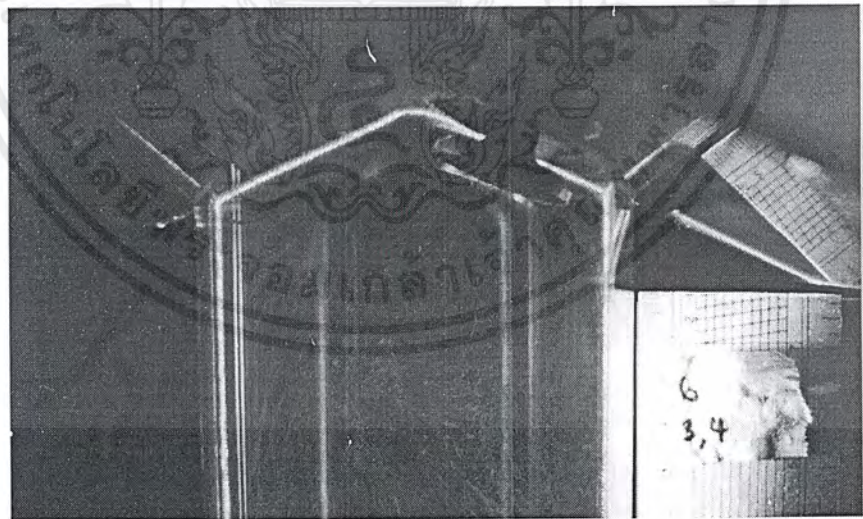
ภาพที่	SHUTTER SPEED	VALVE LIFT	SLIT WIDTH	หมายเหตุ
1	1/15	5	2	
2	1/15	5	2	
3	1/15	5	4	
4	1/15	5	3	
5	1/15	6	3	feed น้อย
6	1/15	6	4	
7	1/15	6	2	
8	1/15	6	2	
9	1/8	6	2	
10	1/8	6	4	
11	1/15	7	4	
12	1/15	7	3	
13	1/15	7	2	feed มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

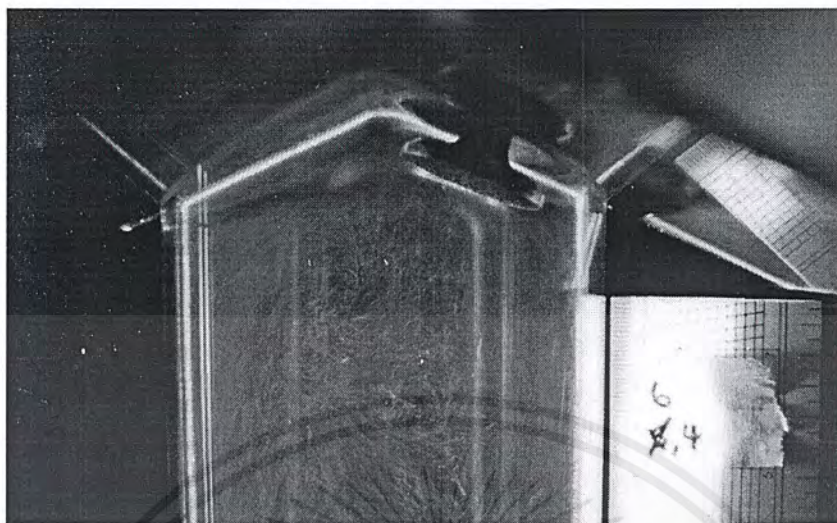


รูปที่ 3.3.2 ผลการทดลองครั้งที่ 3 ภาพที่ 4

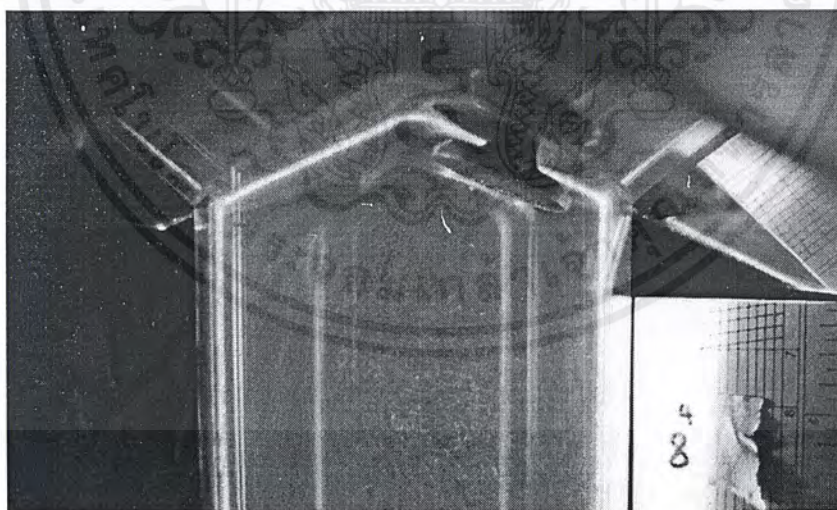


รูปที่ 3.3.3 ผลการทดลองครั้งที่ 3 ภาพที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

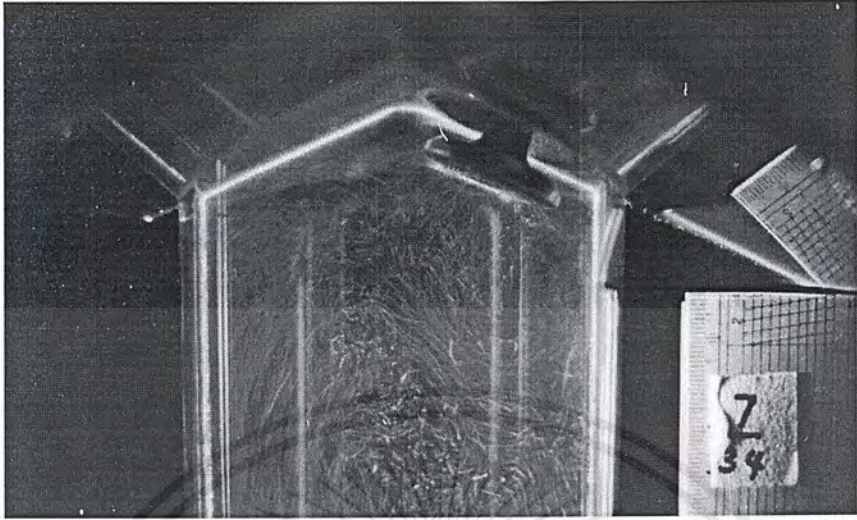


รูปที่ 3.3.4 ผลการทดลองครั้งที่ 3 ภาพที่ 6

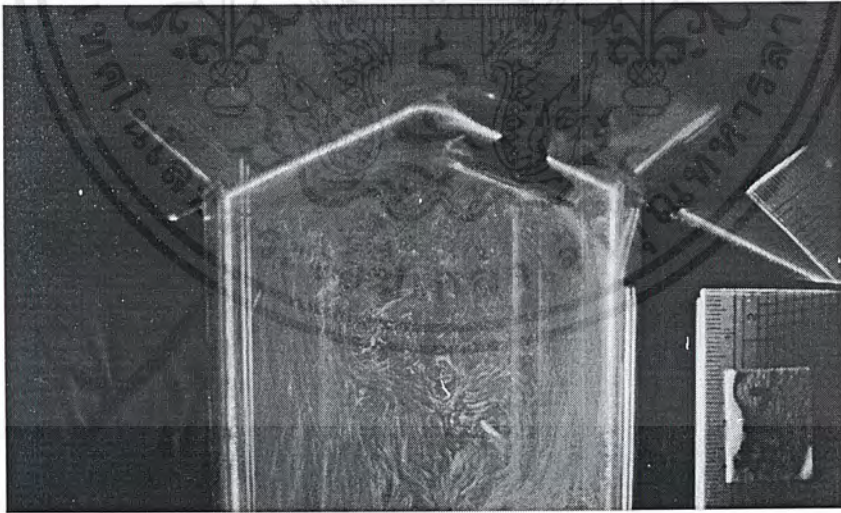


รูปที่ 3.3.5 ผลการทดลองครั้งที่ 3 ภาพที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3.6 ผลการทดลองครั้งที่ 3 ภาพที่ 11



รูปที่ 3.3.7 ผลการทดลองครั้งที่ 3 ภาพที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

ภาพที่บันทึกเริ่มจะดีพอที่จะนำไปทำการวิเคราะห์ทิศทางการไหลได้ แต่มีปัญหาในเรื่องแสงสะท้อนทำให้ภาพไม่คมชัด และจากผลการทดลองทำให้ทราบว่า ความกว้างช่อง SLIT 3 mm ให้ภาพออกมา มีความชัดเจนที่สุด



3.4 การทดลองครั้งที่ 4

วัตถุประสงค์การทดลอง

ถ่ายภาพลักษณะการไหลของอากาศ ภายในกระบอกสูบที่มีฝาสูบเป็นแบบ PENT ROOF แล้วนำภาพที่ได้ไป วิเคราะห์หาทิศทางการไหล และหาความเร็วของการไหล และต้องการที่จะปรับปรุงวิธีการทดลองบางส่วน ที่ยังไม่สมบูรณ์ด้วย

อุปกรณ์และรายละเอียดการทดลอง

PUMP SANYO SC 29 VACUUM PUMP 220 V 1000 W

SLIT LIGHT SOURCE SH – 300 220 V 1500 W ITOU KOKEN CO , LTD
JAPAN

PARTICLES PLASTIC SPHERES OF 40 – 60 MICRON IN AVERAGE
DIAMETER , SPECIFIC GRAVITY 0.02

FILM KONICA ความไวแสง 100

ระยะห่างจาก SLIT ถึง กระบอกสูบ 170 mm

ระยะห่างจาก กล้อง ถึง กระบอกสูบ 105 mm

หน้ากล้อง 2.8

MODEL

TWO INTAKE PORT COMBUSTION CHAMBER

ANGLE OF INTAKE PORT INCLINED 60 องศา

PENT ROOF ANGLE 22.5 องศา

VALVE - FACE WIDTH 27.5 mm

- ROD DIAMETER 7 mm

- FACE ANGLE OF VALVE 45 องศา

INTAKE PORT INSIDE DIAMETER 26 mm

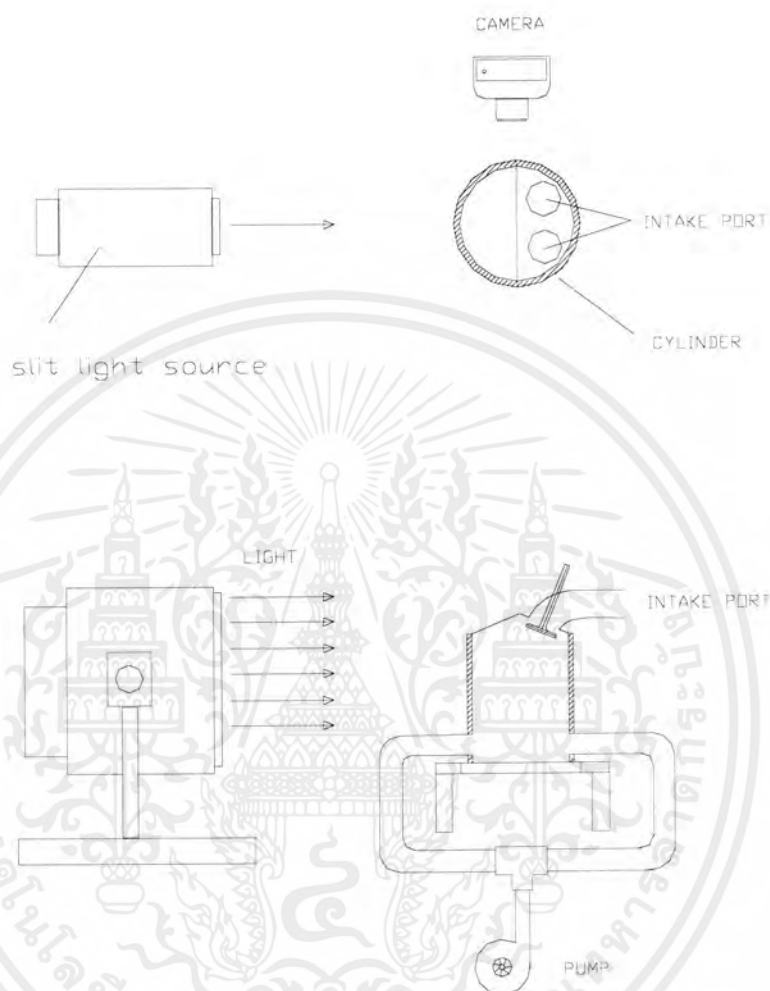
VALVE SEAT ANGLE 45 องศา

ขั้นตอนการสร้างชุดทดลอง

ใช้ชุดทดลองแบบเดียวกับการทดลองครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดวางชุดทดลอง ดังรูปที่ 3.4.1



รูปที่ 3.4.1 ภาพการจัดวางชุดทดลอง

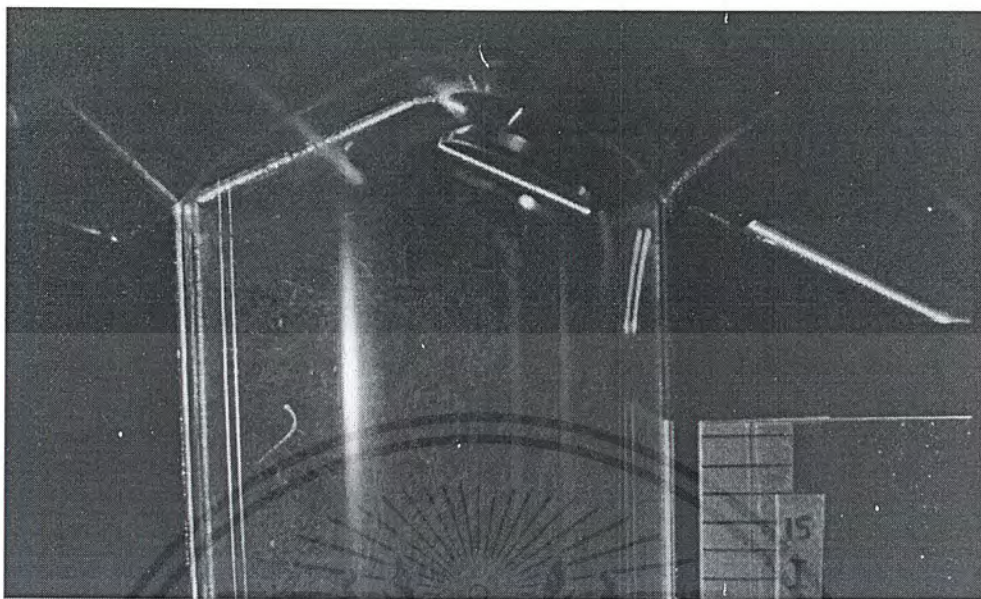
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง

ภาพที่	SHUTTER SPEED	VALVE LIFT	ตำแหน่ง PLANE	หมายเหตุ
1	15	5	I	
2	15	5	I	feed น้อย
3	15	5	III	
4	15	5	III	
5	15	5	II	
6	15	5	II	
7	30	5	II	feed น้อย
7.1	30	5	II	ซ่อม ภาพที่ 7
8	15	8	II	
9	15	8	II	
10	30	8	II	
11	15	8	III	feed น้อย
12	15	8	III	
13	15	8	I	
14	15	8	I	
PRESURE IN CYLINDER ที่ VALVE LIFT 5 mm 5 mm water				
PRESURE IN CYLINDER ที่ VALVE LIFT 8 mm 3 mm water				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

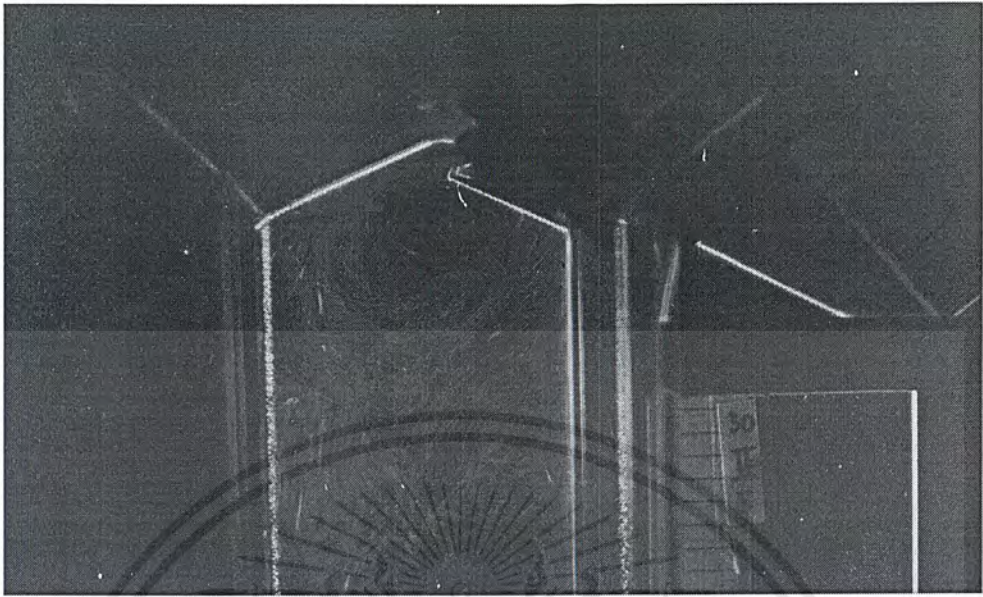


รูปที่ 3.4.2 การทดลองครั้งที่ 4 ภาพที่ 1

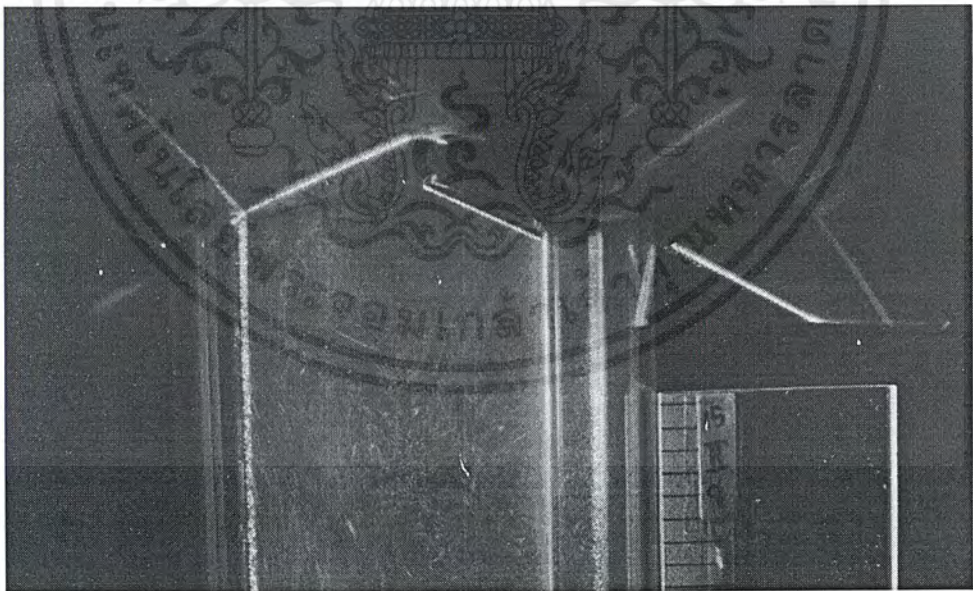


รูปที่ 3.4.3 การทดลองครั้งที่ 4 ภาพที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

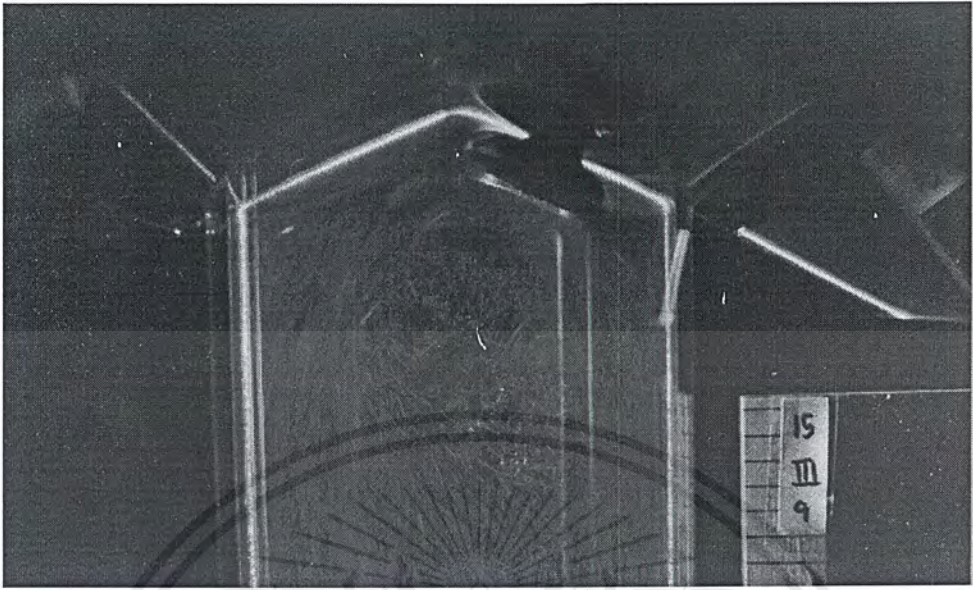


รูปที่ 3.4.4 การทดลองครั้งที่ 4 ภาพที่ 7.1

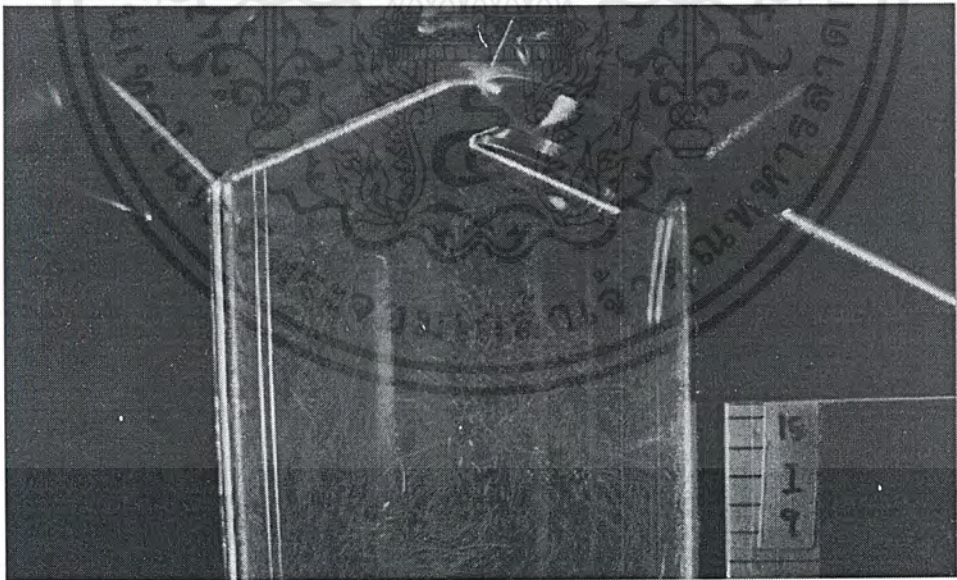


รูปที่ 3.4.5 การทดลองครั้งที่ 4 ภาพที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4.6 การทดลองครั้งที่ 4 ภาพที่ 12

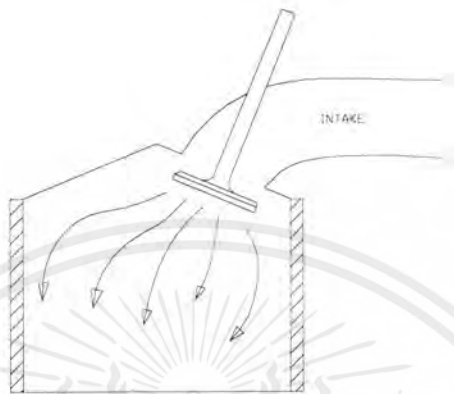


รูปที่ 3.4.7 การทดลองครั้งที่ 4 ภาพที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

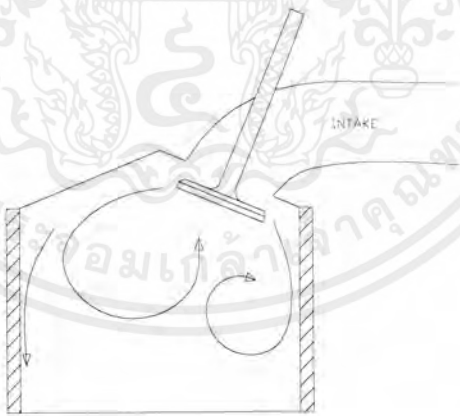
สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายจากการทดลองทั้งหมดร่วมกัน ลักษณะการไหลของอากาศ ภายในกระบอกสูบที่มีฝาสูบเป็นแบบ PENT ROOF โดยที่มุม PENT ROOF เท่ากับ 22.5 องศา ที่ทั้ง ระบายผ่านวาล์ว และระบายระหว่างวาล์วทั้งสอง เป็นลักษณะดังรูปที่ 3.4.8 และ 3.4.9



รูปที่ 3.4.8 ลักษณะการไหลที่ระบายระหว่างวาล์วสำหรับ
ฝาสูบแบบ PENT ROOF NO SHROUD

พบว่าไม่มี loop หมุนวนที่ระบายนี้แต่จะเป็นการไหลเป็นเส้นลงไปธรรมดา



รูปที่ 3.4.9 ลักษณะการไหลที่ระบายผ่านวาล์วสำหรับ
ฝาสูบแบบ PENT ROOF NO SHROUD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่า ที่ระนาบนี้การไหลจะมี tumble loop 2 loop โดยถ้าแบ่ง bore เป็น 5 ส่วน loop การหมุนวนขนาดเล็กจะมีขนาด ประมาณ 2 ส่วน อยู่ที่ใต้วาล์วไอดี และ loop การหมุนวนขนาดใหญ่จะมีขนาดประมาณ 3 ส่วน หมุนวน อยู่ที่ตำแหน่งใต้วาล์ว ไอเสีย



3.5 การทดลองครั้งที่ 5

วัตถุประสงค์การทดลอง

ถ่ายภาพลักษณะการไหลของอากาศ ภายในกระบอกสูบที่มีฝาสูบเป็นแบบ PENT ROOF และมีการล้อมข้างที่วาล์วทั้งสองตัวด้วย SHROUD แล้วนำภาพที่ได้ไป วิเคราะห์หาทิศทางการไหล และหาความเร็วของการไหล

อุปกรณ์และรายละเอียดการทดลอง

PUMP SANYO SC 29 VACUUM PUMP 220 V 1000 W

SLIT LIGHT SOURCE SH – 300 220 V 1500 W ITOU KOKEN CO , LTD
JAPAN

PARTICLES PLASTIC SPHERES OF 40 – 60 MICRON IN AVERAGE
DIAMETER , SPECIFIC GRAVITY 0.02

FILM KONICA ความไวแสง 100

ระยะห่างจาก SLIT ถึง กระบอกสูบ 170 mm

ระยะห่างจาก กล้อง ถึง กระบอกสูบ 105 mm

หน้ากล้อง 2.8

MODEL

TWO INTAKE PORT COMBUSTION CHAMBER

ANGLE OF INTAKE PORT INCLINED 45 องศา

PENT ROOF ANGLE 22.5 องศา

VALVE - FACE WIDTH 27.5 mm

- ROD DIAMETER 7 mm

- FACE ANGLE OF VALVE 45 องศา

- WIDTH OF SHROUD 5 mm

- LENGTH OF SHROUD 42.5 mm

INTAKE PORT INSIDE DIAMETER 26 mm

VALVE SEAT ANGLE 45 องศา

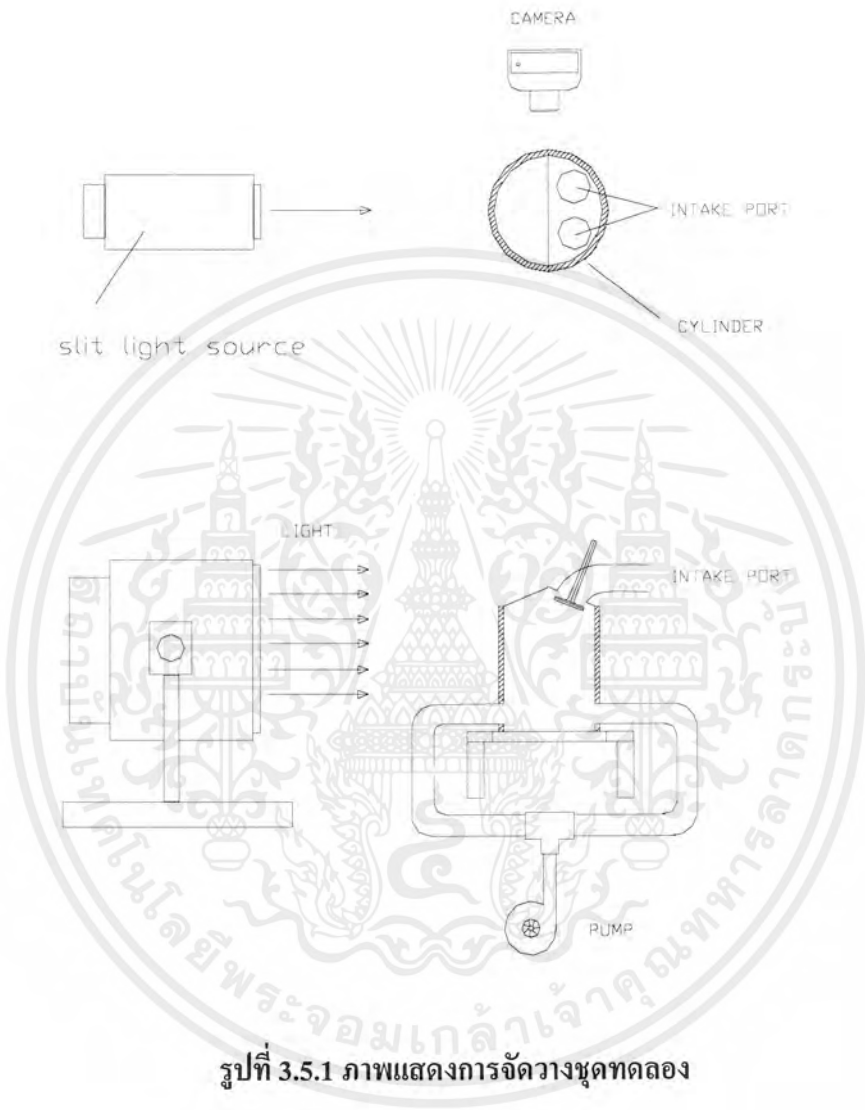
ขั้นตอนการสร้างชุดทดลอง

ใช้ชุดทดลองเดียวกับ การทดลองครั้งที่ 4 แต่ได้ทำการล้อมข้างวาล์วที่ใช้ในการทดลอง

ด้วย SHROUD โดยล้อมเป็นครึ่งวงกลม รอบข้างที่ติดกับผนังกระบอกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดวางชุดทดลอง ดังรูปที่ 3.5.1



รูปที่ 3.5.1 ภาพแสดงการจัดวางชุดทดลอง

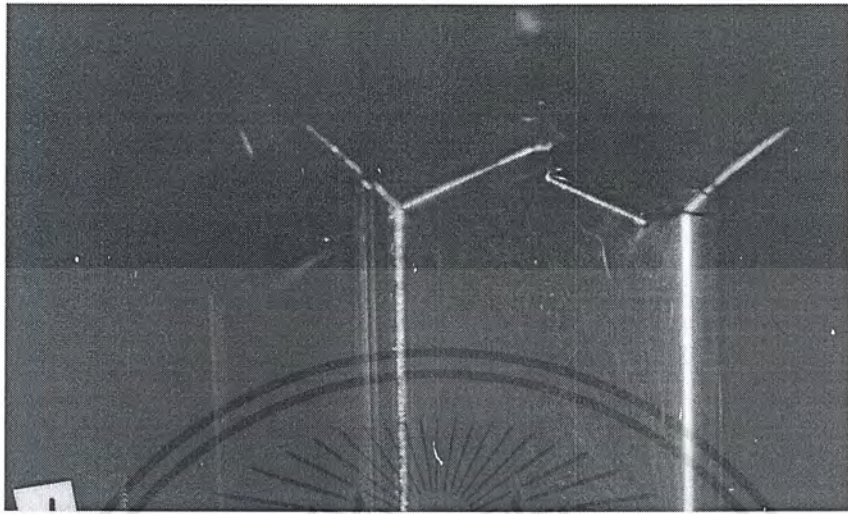
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง

ภาพที่	SHUTTER SPEED	VALVE LIFT	ตำแหน่ง PLANE	หมายเหตุ
1	1/15	5	I	
2	1/15	5	I	
3	1/15	5	III	
4	1/15	5	III	
5	1/15	5	II	
6	1/15	5	II	
7	1/15	8	II	
8	1/15	8	II	
9	1/15	8	III	
10	1/15	8	III	
11	1/15	8	I	
12	1/15	8	I	
13	1/15	8	II	
14	1/15	8	II	
PRESURE IN CYLINDER	ที่ VALVE LIFT 5 mm		5 mm water	
PRESURE IN CYLINDER	ที่ VALVE LIFT 8 mm		3 mm water	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

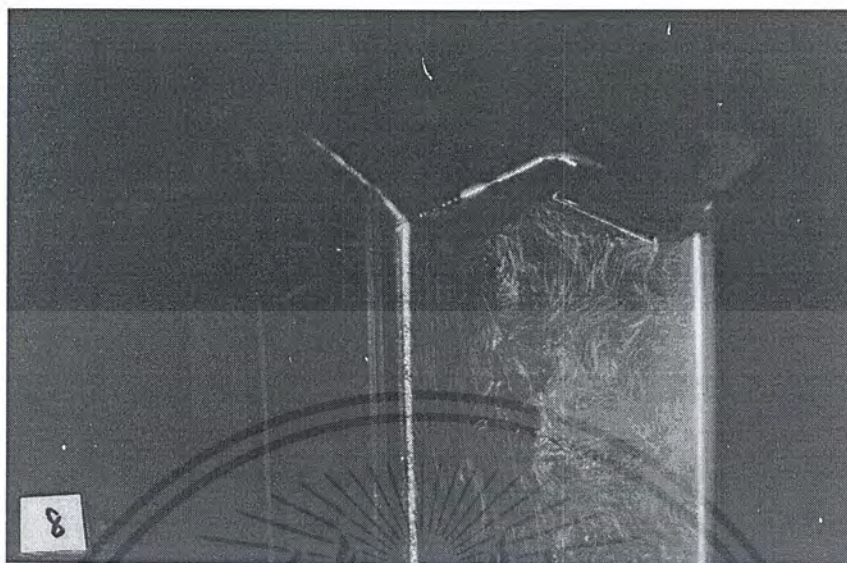


รูปที่ 3.5.2 การทดลองครั้งที่ 5 ภาพที่ 6

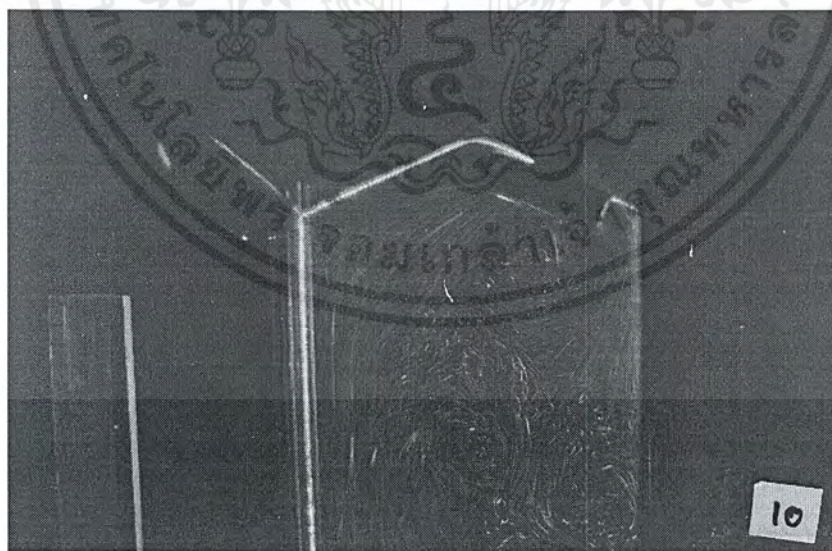


รูปที่ 3.5.3 การทดลองครั้งที่ 5 ภาพที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

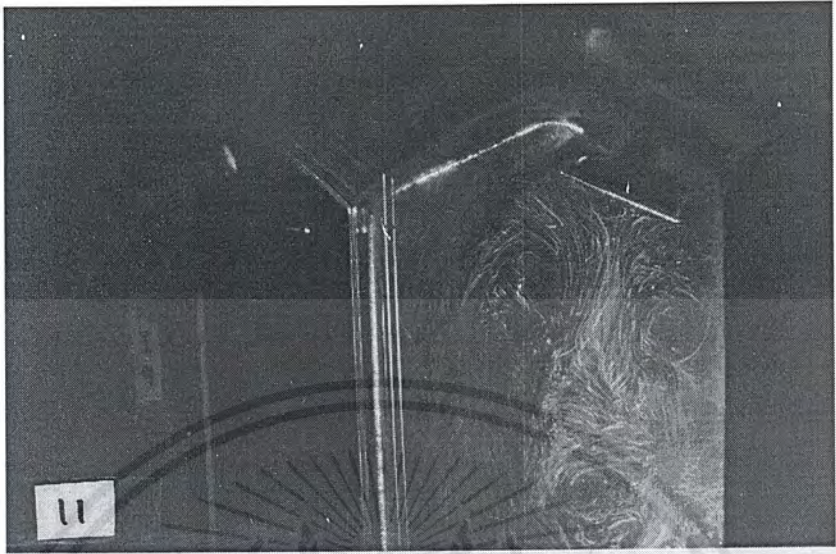


รูปที่ 3.5.4 การทดลองครั้งที่ 5 ภาพที่ 3

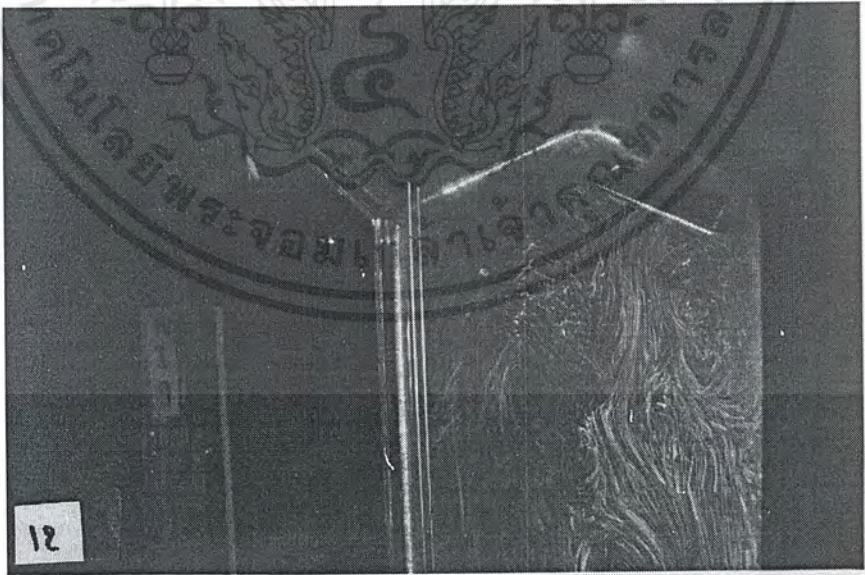


รูปที่ 3.5.5 การทดลองครั้งที่ 5 ภาพที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

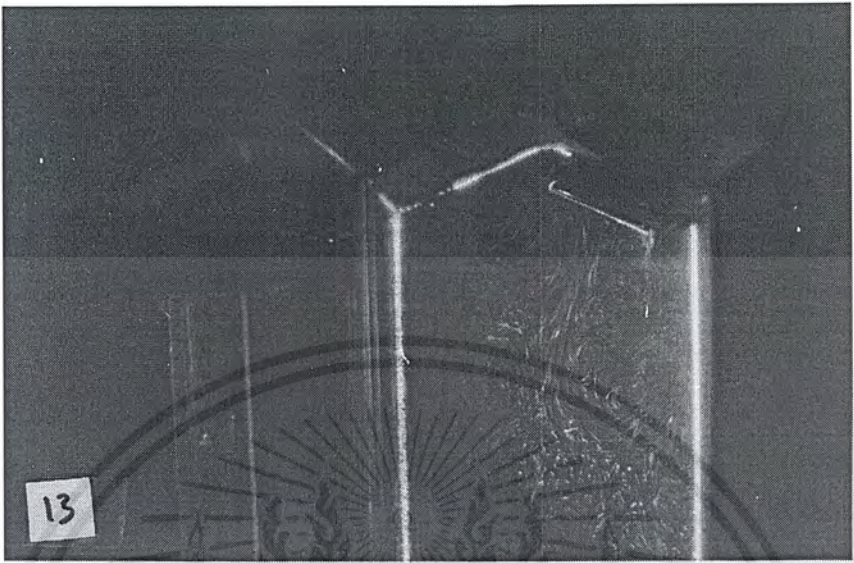


รูปที่ 3.5.6 การทดลองครั้งที่ 5 ภาพที่ 11

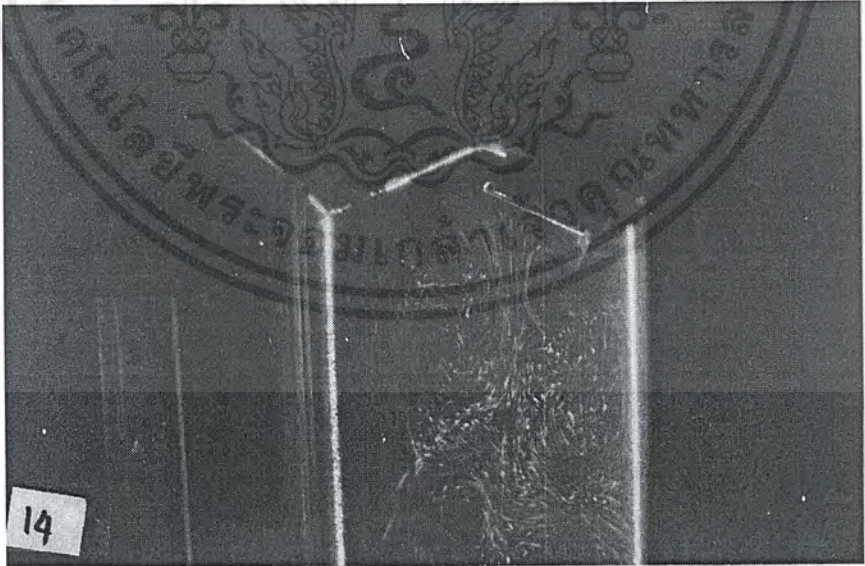


รูปที่ 3.5.7 การทดลองครั้งที่ 5 ภาพที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5.8 การทดลองครั้งที่ 5 ภาพที่ 13

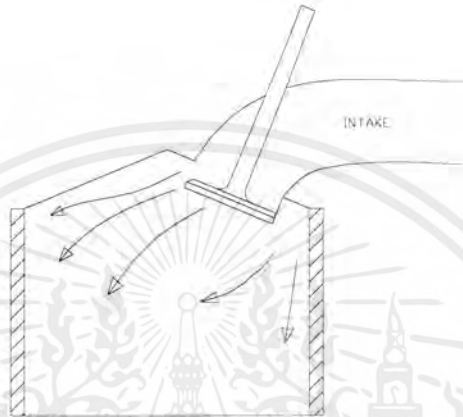


รูปที่ 3.5.9 การทดลองครั้งที่ 5 ภาพที่ 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

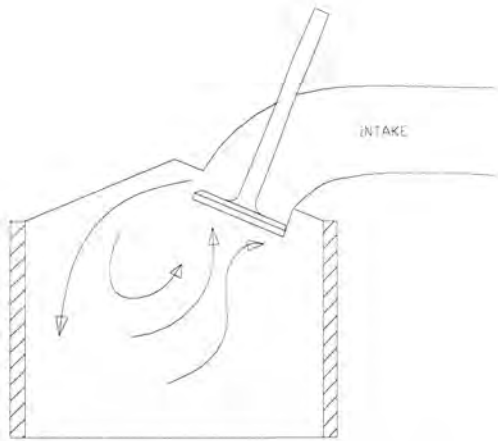
สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายจากการทดลองทั้งหมดร่วมกัน ลักษณะการไหลของอากาศ ภายในกระบอกสูบที่มีฝาสูบเป็นแบบ PENT ROOF โดยที่มุม PENT ROOF เท่ากับ 22.5 องศา และมีการล้อมข้างที่วาล์วทั้งสอง โดยบันทึกภาพที่ทั้งระนาบผ่านวาล์ว และระนาบระหว่างวาล์วทั้งสอง เป็นลักษณะดังรูปที่ 3.5.10 และ 3.5.11



รูปที่ 3.5.10 ลักษณะการไหลที่ระนาบระหว่างวาล์วสำหรับ
ฝาสูบแบบ PENT ROOF WITH SHROUD

พบว่า ไม่มี loop การหมุนวนเกิดขึ้นที่ระนาบนี้ ลักษณะการไหลของอากาศจะเป็นการไหลออกจากวาล์ว เป็นเส้นลงไปธรรมดา ส่วนข้อแตกต่างของการไหลเข้ากระบอกสูบแบบมีการล้อมข้างวาล์วไอดี และ ไม่มี ที่ระนาบนี้ นั้นพบว่า ในแบบมีการล้อมข้างวาล์วการไหลที่ได้วาล์วไอดีมีความรุนแรงน้อยกว่าแบบไม่มีการล้อมข้าง



**รูปที่ 3.5.11 ลักษณะการไหลที่ระนาบผ่านวาล์ว สำหรับ
ฝาสถูบแบบ PENT ROOF WITH SHROUD**

พบว่า มี loop การหมุนวนขนาดใหญ่ ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 ใน 5 ของเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบได้วาล์วไอเสีย แต่จะไม่มี loop การหมุนวนขนาดเล็กที่ได้วาล์วไอดี เหมือนกับแบบ ที่วาล์วไอดีเป็นแบบธรรมดา โดยจะมีการไหลที่ไม่แน่ชัดนักอยู่ในตำแหน่งนั้นแทน

3.6 การทดลองครั้งที่ 6

วัตถุประสงค์การทดลอง

ถ่ายภาพลักษณะการไหลของอากาศ ภายในกระบอกสูบที่มีฝาสูบเป็นแบบ ระนาบตัดขวาง กระบอกสูบ และมีการล้อมข้างที่วาล์วทั้งสองตัวด้วย SHROUD แล้วนำภาพที่ได้ไป วิเคราะห์หา ทิศทางการไหล และหาความเร็วของการไหล

อุปกรณ์และรายละเอียดการทดลอง

PUMP SANYO SC 29 VACUUM PUMP 220 V 1000 W

SLIT LIGHT SOURCE SH – 300 220 V 1500 W ITOU KOKEN CO , LTD
JAPAN

PARTICLES PLASTIC SPHERES OF 40 – 60 MICRON IN AVERAGE
DIAMETER , SPECIFIC GRAVITY 0.02

FILM KONICA ความไวแสง 100

ระยะห่างจาก SLIT ถึง กระบอกสูบ 170 mm

ระยะห่างจาก กล้อง ถึง กระบอกสูบ 105 mm

หน้ากล้อง 2.8

MODEL

TWO INTAKE PORT COMBUSTION CHAMBER

ANGLE OF INTAKE PORT INCLINED 45 องศา

VALVE - FACE WIDTH 27.5 mm

- ROD DIAMETER 7 mm

- FACE ANGLE OF VALVE 45 องศา

- WIDTH OF SHROUD 5 mm

- LENGTH OF SHROUD 42.5 mm

INTAKE PORT INSIDE DIAMETER 26 mm

VALVE SEAT ANGLE 45 องศา

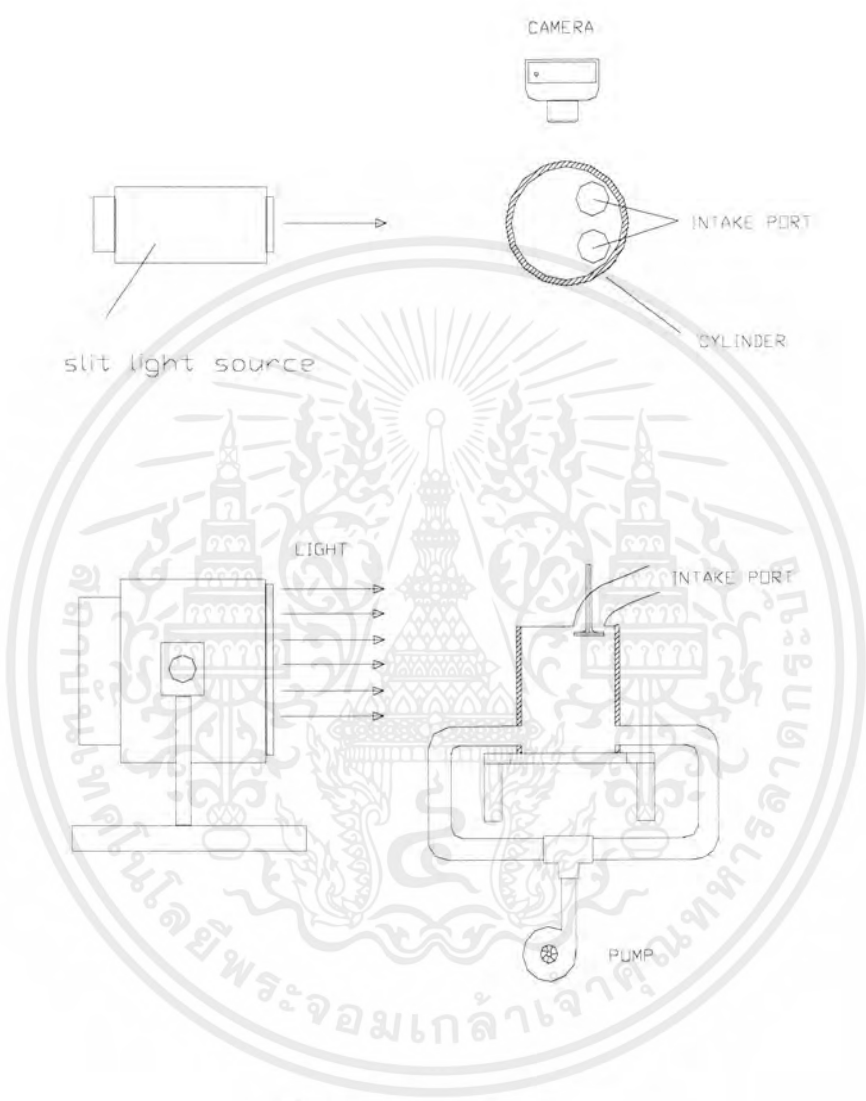
ขั้นตอนการสร้างชุดทดลอง

ปรับปรุงชุดทดลองจากการทดลองครั้งที่ 5 โดยการนำกระบอกสูบไปแต่งให้เรียบ และ สร้างฝาสูบจำลองขึ้น ด้วยวิธีเดียวกันกับการทดลองครั้งที่ผ่านมา เพียงแต่ไม่ต้องขึ้นรูปให้เอียงเป็น

มุม แบบฝาสูบของกระบอกสูบแบบ PENT ROOF เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดวางชุดทดลอง ดังรูปที่ 3.6.1



รูปที่ 3.6.1 ภาพการจัดวางชุดทดลอง

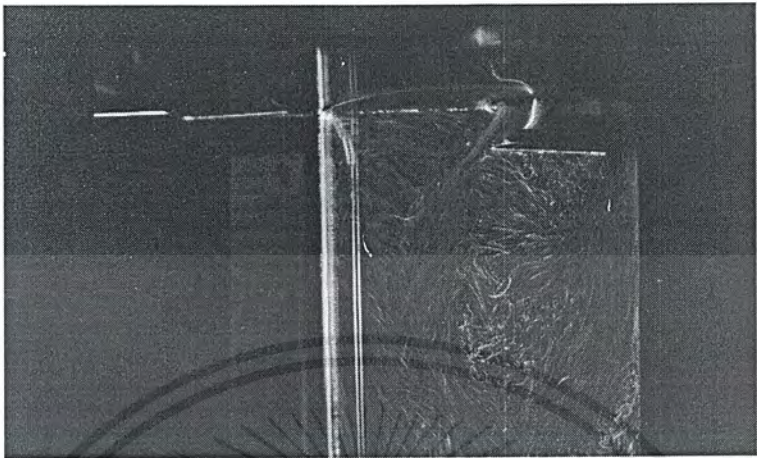
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง

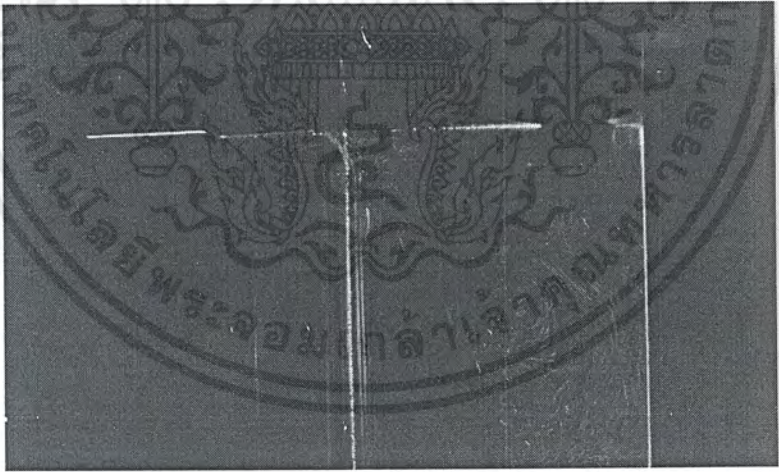
ภาพที่	SHUTTER SPEED	VALVE LIFT	ตำแหน่ง PLANE	หมายเหตุ
1	1/15	5	II	
2	1/30	5	II	
3	1/15	5	III	
4	1/30	5	III	
5	1/15	5	I	
6	1/30	5	I	
7	1/15	8	I	
8	1/30	8	I	
9	1/15	8	III	
10	1/30	8	III	
11	1/15	8	II	
12	1/30	8	II	
PRESSURE IN CYLINDER ที่	VALVE LIFT 5 mm	5 mm water		
PRESSURE IN CYLINDER ที่	VALVE LIFT 8 mm	3 mm water		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

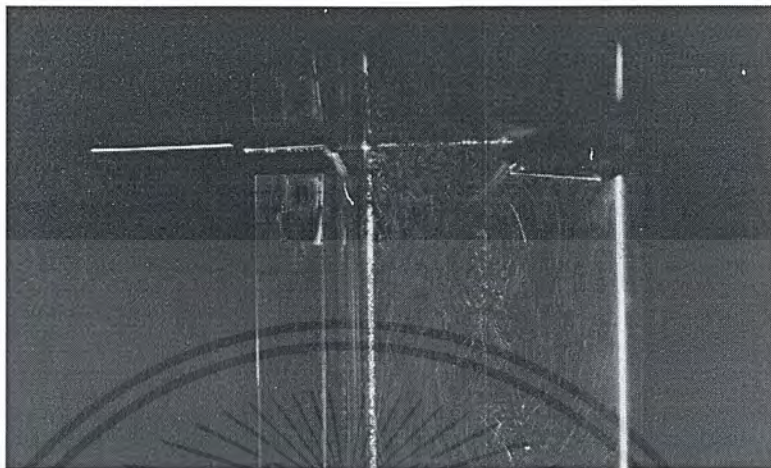


รูปที่ 3.6.2 การทดลองครั้งที่ 6 ภาพที่ 8



รูปที่ 3.6.3 การทดลองครั้งที่ 6 ภาพที่ 10

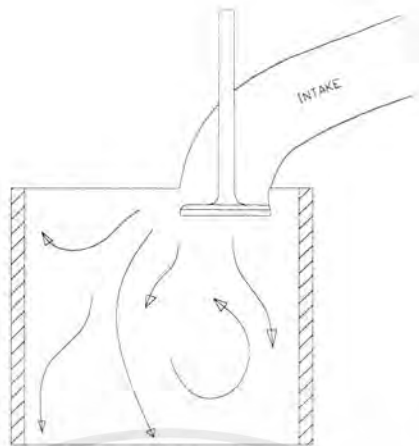
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6.4 การทดลองครั้งที่ 6 ภาพที่ 11

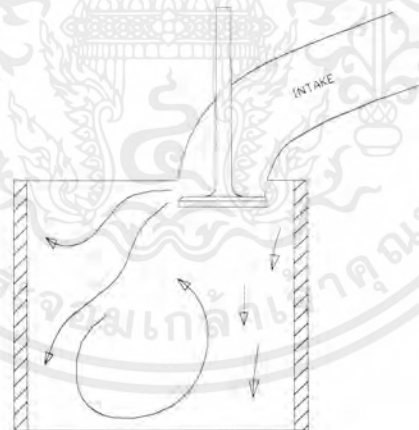
สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายจากการทดลองทั้งหมดร่วมกัน ลักษณะการไหลของอากาศ ภายในกระบอกสูบที่มีฝาสูบเป็นแบบ ระนาบตัดขวางกระบอกสูบ และมีการล้อมข้างที่วาล์วทั้งสองด้วย SHROUD โดยบันทึกภาพที่ทั้งระนาบผ่านวาล์ว และระนาบระหว่างวาล์วทั้งสอง เป็นลักษณะ ดังรูปที่ 3.6.5 และ 3.6.6



รูปที่ 3.6.5 ลักษณะการไหลที่ระบายระหว่างวาล์วสำหรับ
ฝาสือบแบบ FLAT WITH SHROUD

พบว่า มี loop การหมุนวนขนาดใหญ่ประมาณ 3 ใน 5 ของเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ โดยการหมุนวนนี้จะอยู่ที่ตำแหน่ง กึ่งกลางกระบอกสูบก่อนไปทางวาล์วไอดี



รูปที่ 3.6.6 ลักษณะการไหลที่ระบายผ่านวาล์วสำหรับ
ฝาสือบแบบ FLAT WITH SHROUD

พบว่า มี loop การหมุนวนขนาดใหญ่ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเกือบเท่าเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบอยู่กึ่งกลางกระบอกสูบ และมี loop เล็ก ๆ ที่มีการหมุนไม่แน่นอนนัก อยู่ที่มุมด้านใต้วาล์วไอเสีย ของกระบอกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การทดลองครั้งที่ 7

วัตถุประสงค์การทดลอง

ถ่ายภาพลักษณะการไหลของอากาศ ภายในกระบอกสูบที่มีฝาสูบเป็นแบบ ระนาบตัด ขวางกระบอกสูบ แล้วนำภาพที่ได้ไป วิเคราะห์หาทิศทางการไหล และหาความเร็วของการไหล

อุปกรณ์และรายละเอียดการทดลอง

PUMP SANYO SC 29 VACUUM PUMP 220 V 1000 W

SLIT LIGHT SOURCE SH – 300 220 V 1500 W ITOU KOKEN CO , LTD
JAPAN

PARTICLES PLASTIC SPHERES OF 40 – 60 MICRON IN AVERAGE
DIAMETER , SPECIFIC GRAVITY 0.02

FILM KONICA ความไวแสง 100

ระยะห่างจาก SLIT ถึง กระบอกสูบ 170 mm

ระยะห่างจาก กล้อง ถึง กระบอกสูบ 105 mm

หน้ากล้อง 2.8

MODEL

TWO INTAKE PORT COMBUSTION CHAMBER

ANGLE OF INTAKE PORT INCLINED 45 องศา

VALVE - FACE WIDTH 27.5 mm

- ROD DIAMETER 7 mm

- FACE ANGLE OF VALVE 45 องศา

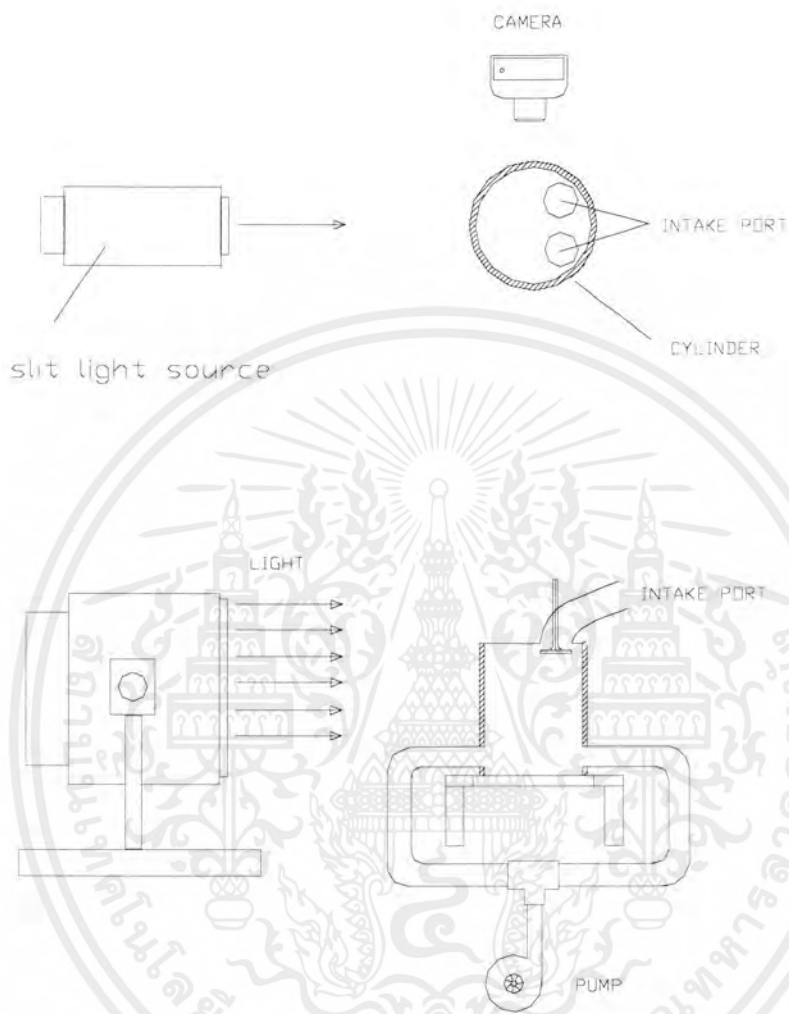
INTAKE PORT INSIDE DIAMETER 26 mm

VALVE SEAT ANGLE 45 องศา

ขั้นตอนการสร้างชุดทดลอง

นำชุดทดลองจากการทดลองครั้งที่ 7 มาใช้ เพียงแต่ถอด SHROUD ออก

การจัดวางชุดทดลอง ดังรูปที่ 3.7.1



รูปที่ 3.7.1 ภาพการจัดวางชุดทดลอง

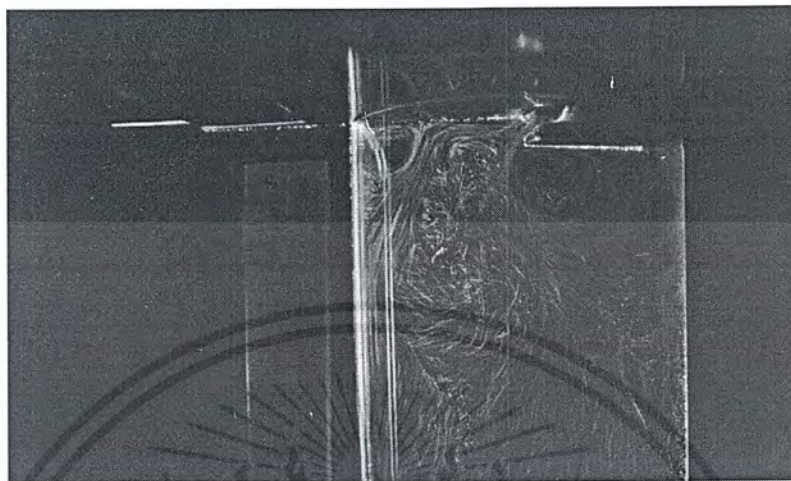
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง

ภาพที่	SHUTTER SPEED	VALVE LIFT	ตำแหน่ง PLANE	หมายเหตุ
1	1/15	5	I	
2	1/30	5	I	
3	1/15	5	III	
4	1/30	5	III	
5	1/15	5	II	
6	1/30	5	II	
7	1/15	8	II	
8	1/30	8	II	
9	1/15	8	III	
10	1/30	8	III	
11	1/15	8	I	
12	1/30	8	I	
13	1/15	8	I	
14	1/15	8	I	
PRESURE IN CYLINDER	ที่	VALVE LIFT 5 mm	5 mm water	
PRESURE IN CYLINDER	ที่	VALVE LIFT 8 mm	3 mm water	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

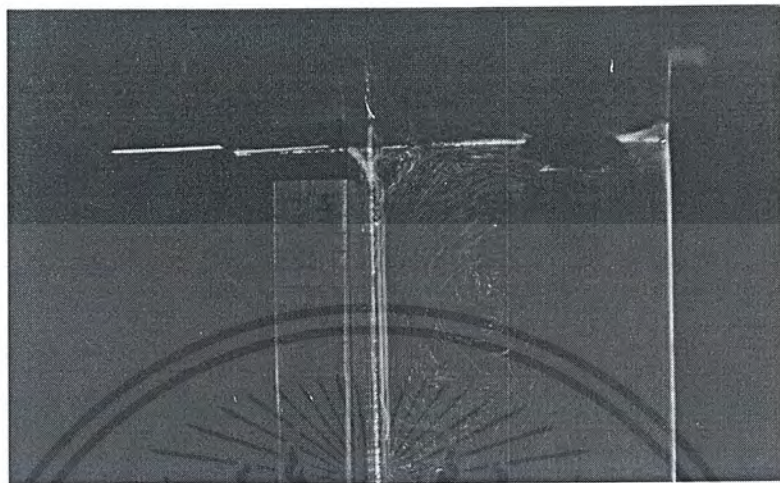


รูปที่ 3.7.2 ผลการทดลองครั้งที่ 7 ภาพที่ 1

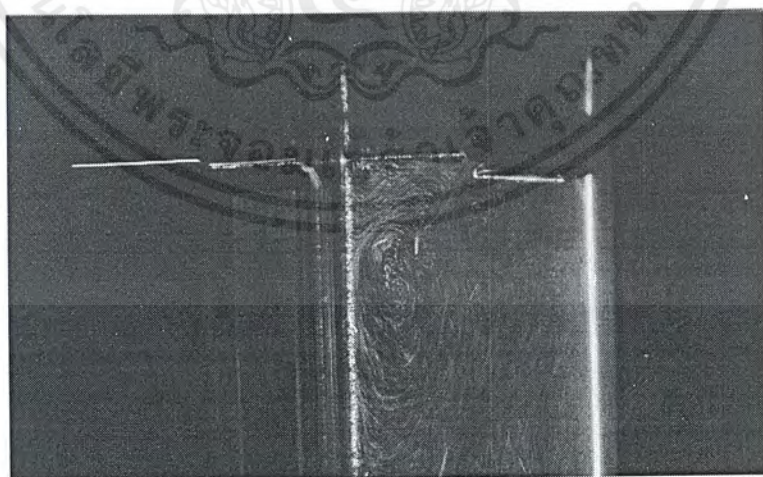


รูปที่ 3.7.3 ผลการทดลองครั้งที่ 7 ภาพที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

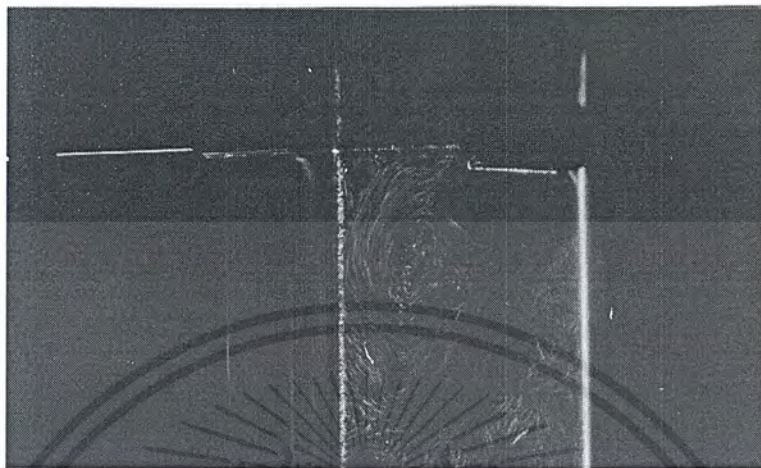


รูปที่ 3.7.4 ผลการทดลองครั้งที่ 7 ภาพที่ 3

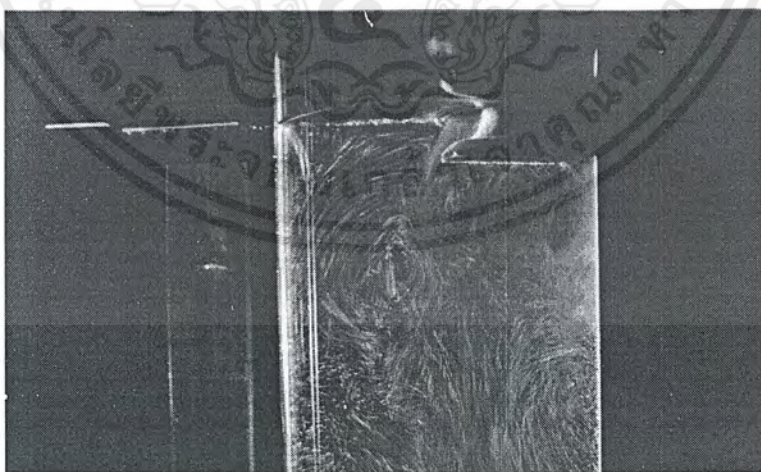


รูปที่ 3.7.5 ผลการทดลองครั้งที่ 7 ภาพที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

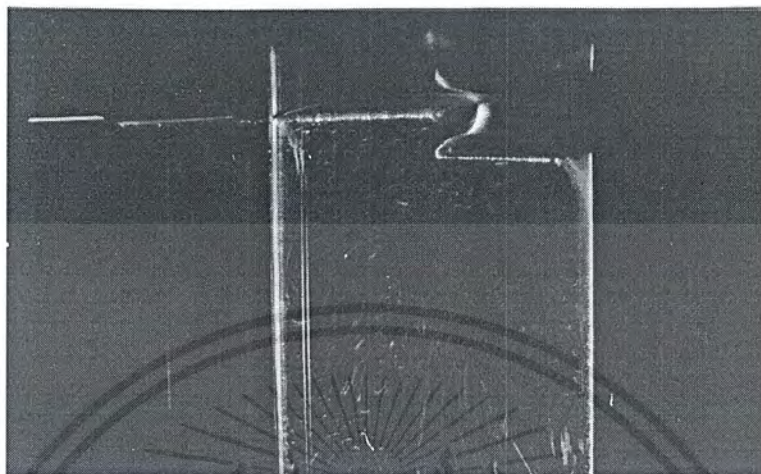


รูปที่ 3.7.6 ผลการทดลองครั้งที่ 7 ภาพที่ 6

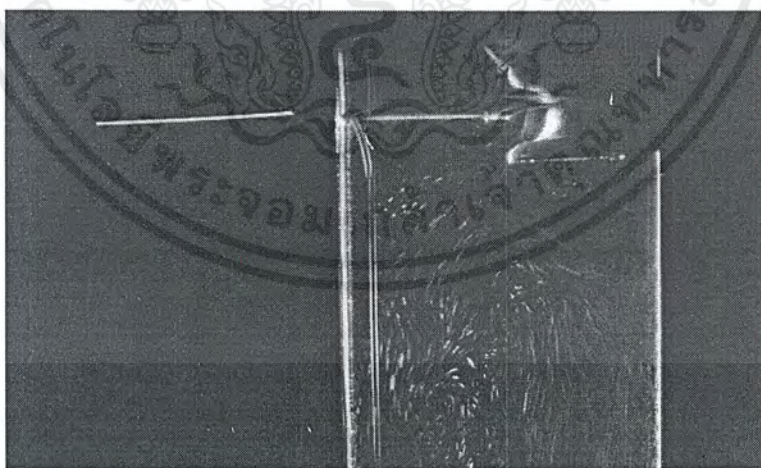


รูปที่ 3.7.7 ผลการทดลองครั้งที่ 7 ภาพที่ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

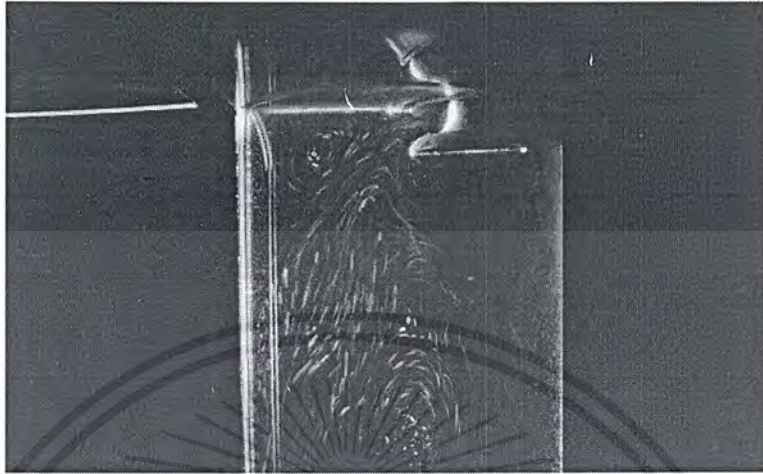


รูปที่ 3.7.8 ผลการทดลองครั้งที่ 7 ภาพที่ 12



รูปที่ 3.7.9 ผลการทดลองครั้งที่ 7 ภาพที่ 13

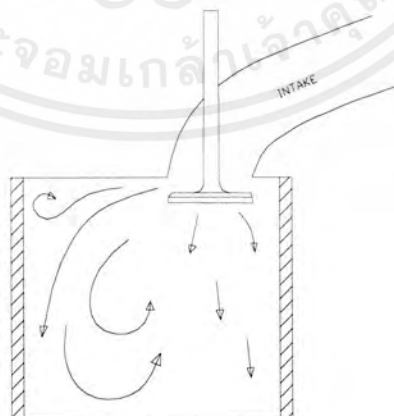
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7.10 ผลการทดลองครั้งที่ 7 ภาพที่ 14

สรุปผลการทดลอง

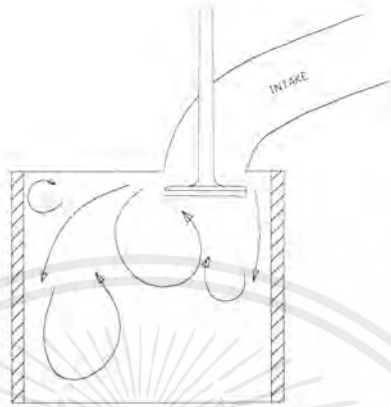
จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายจากการทดลองทั้งหมดร่วมกัน ลักษณะการไหลของอากาศ ภายในกระบอกสูบที่มีฝาสู่เป็นแบบ ระนาบตัดขวางกระบอกสูบ ทั้งการวาง ท่อไอดีแบบธรรมดาและแบบพิเศษ โดยบันทึกภาพที่ทั้งระนาบผ่านวาล์ว และระนาบระหว่างวาล์วทั้งสอง เป็นลักษณะดังรูปที่ 3.7.11 และ 3.7.12



รูปที่ 3.7.11 ลักษณะการไหลที่ระนาบระหว่างวาล์วสำหรับ
ฝาสู่แบบ FLAT NO SHROUD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่า มี loop การหมุนวนขนาดใหญ่ประมาณ 3 ใน 5 ของเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ อยู่ที่ตำแหน่งได้วาล์วไอเสีย และมี loop การหมุนวนเล็กๆ อยู่ที่ด้านได้วาล์วไอเสียของกระบอกสูบ



**รูปที่ 3.7.12 ลักษณะการไหลที่ระนาบระหว่างวาล์วสำหรับ
ฝาสูบแบบ FLAT NO SHROUD**

พบว่า มี loop การหมุนวนทั้งหมด 4 loop คือ

- loop การหมุนวนเล็กๆ อยู่ที่มุมด้านได้วาล์วไอเสีย ของกระบอกสูบ
- loop การหมุนวนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 ใน 5 ของเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบที่ได้วาล์วไอเสีย
- loop การหมุนวนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 ใน 4 ของเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ 2 loop หมุนในทิศตรงข้ามกัน

บทที่ 4

สรุปผลและแนวทางพัฒนาการทดลอง

4.1 สรุปขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนการทดลอง จำเป็นต้องจัดวางและออกแบบให้เป็นระบบมากที่สุด เนื่องจากในกรณีที่มีการเปลี่ยนตัวแปรของการทดลองมาก อาจเป็นผลให้ค่าผิดพลาดของการทดลองมีมาก เช่น ในการทดลองที่ผ่านมา มีการเปลี่ยนค่าตัวแปร ซึ่งมีจำนวนมาก หลายครั้ง ทำให้เกิดความสับสนในระหว่าง การทดลอง เป็นเหตุให้ ผลการทดลอง บางส่วนมีคุณสมบัติไม่ดีพอ ที่จะนำไปวิเคราะห์ต่อไปได้ ดังนั้น วิธีการแก้ปัญหาจึงควรเป็นการทำการทดลองโดยเปลี่ยนตัวแปรในการทดลองครั้งละไม่มาก และควรมีการเตรียมความเข้าใจ ในขั้นตอน การทดลองของผู้ร่วมทำการทดลอง ให้แน่นอน ก่อนเริ่มทำการทดลอง

องค์ประกอบในการทดลองที่ได้จากการทดลองที่ผ่านมาอันเป็นองค์ประกอบที่สามารถให้ผลการทดลองที่มีคุณสมบัติตรงกับความต้องการนั้นมีดังนี้

- ระยะระหว่าง slit light source ถึงกระบอกสูบ

ระยะระหว่าง slit light source ถึง กระบอกสูบ ควรมีค่าน้อยที่สุด เพื่อที่จะป้องกัน ไม่ให้แผ่นของแสงมีการขยายออก และ แสงมีความเข้มไม่เพียงพอ ซึ่งจะทําภาพที่บันทึก ขาดความคมชัด

- ระยะโฟกัส (ระยะระหว่างกล้อง ถึงกระบอกสูบ)

ระยะโฟกัส ไม่ควรตั้งให้น้อยเกินไป เนื่องจากเมื่อตั้งระยะนี้น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร กล้องจะไว ต่อการเปลี่ยนตำแหน่งของ ระบายมาก ถ้าการปรับโฟกัส ผิดไปแม้แค่ เล็กน้อย ก็จะเป็นเหตุให้ภาพ ที่บันทึก ขาดความคมชัดไปมาก จนไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ ต่อได้ แต่ทั้งนี้ ต้องคำนึงถึงขนาดของภาพ ที่จะถูกบันทึก ด้วยว่าถ้าตั้งระยะนี้มากเกินไป ขนาดของภาพ ก็จะเล็ก ไม่ละเอียดพอที่จะนำไปวิเคราะห์ได้เช่นกัน

- ความหนาของ slit light

ความหนาของ slit light จากการ ทำการทดลองเปลี่ยนค่าดูพบว่า slit light ที่บางเกินไป จะทำให้ความสว่างของภาพน้อย ภาพจะไม่ชัดเจนพอ ที่จะนำไปทำการวิเคราะห์ แต่ ถ้า slit light หนาเกินไปจะเกิดปัญหาจากแสงสะท้อน ทำให้การบันทึกภาพมีประสิทธิภาพไม่ดี

จากการ ทำการทดลอง พบว่า ค่าความหนาที่ เหมาะสม ของ slit light เท่ากับ 3 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความไว ชัตเตอร์ ของกล้องบันทึกภาพ

เนื่องจาก ผลการทดลอง ที่ต้องการ จะต้องเป็นภาพ ที่มี ลักษณะของเส้นการไหลเห็นได้ชัดเจน เพื่อวิเคราะห์ หาทิศทางการไหล และจะต้องเป็นภาพ ที่มีเส้นการไหลสั้น ๆ โดยต้องไม่หนาจนเกินไป เพื่อนำเส้นการไหลประเภทนี้ ไปวิเคราะห์หาความเร็ว

ดังนั้น จากการทดลองที่ผ่านมาควรแยกการบันทึกภาพที่ค่าตัวแปร ชุดใด ๆ เป็น 2 ลักษณะ ลักษณะหนึ่งคือ บันทึกภาพด้วยความไวชัตเตอร์ 1/15 วินาที ภาพที่ออกมาจะเห็นเส้นการไหลเป็นเส้นยาว และเป็นกลุ่มดีพอที่จะนำไปวิเคราะห์หาทิศทางการไหลได้ และอีกลักษณะหนึ่ง คือ บันทึกภาพด้วย ความไวชัตเตอร์ 1/30 วินาทีซึ่งภาพที่ได้ออกมาจะเห็นเป็นเส้นสั้นๆ โดยจะนำภาพลักษณะนี้ ไปวิเคราะห์หาความเร็วได้

4.2 สรุปผลที่ได้จากการทดลอง

จากผลการทดลอง ครั้งที่ 4 , 5 , 6 และ 7 ซึ่งเป็นผลการทดลอง ที่สามารถ นำไปวิเคราะห์ได้ ดังนี้

4.2.1 ที่ระนาบ ระหว่างวาล์ว สำหรับฝาสือบแบบ pent- roof ทั้งแบบวาล์วไอดีแบบธรรมดา และ แบบที่มีการล้อมข้างวาล์วไอดี

ลักษณะการไหล จะไม่มี การเกิด loop การหมุนวน ที่ระนาบนี้ แต่จะเป็นการไหลเป็นเส้นตรงลงไป และ จะมี ความแตกต่างกัน เล็กน้อย ระหว่าง การใช้ แบบวาล์วธรรมดา และ แบบมีการล้อมข้างวาล์ว คือ ตรงตำแหน่งได้วาล์วแบบมีการล้อมข้างวาล์วจะมีการไหลไม่รุนแรงนัก แต่แบบวาล์วธรรมดามีการไหลค่อนข้างแรงที่ตำแหน่ง ดังกล่าว

4.2.2 ที่ระนาบผ่านวาล์ว สำหรับฝาสือบแบบ pent- roof แบบวาล์วไอดีแบบธรรมดา

จะมี tumble loop 2 loop โดยถ้าแบ่งเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบเป็น 5 ส่วน loop การหมุนวนขนาดเล็กจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 ส่วน อยู่ที่ตำแหน่งได้วาล์วไอดี และ loop การหมุนวนขนาดใหญ่จะมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 ส่วน อยู่ได้วาล์วไอดี

4.2.3 ที่ระนาบผ่านวาล์วสำหรับฝาสือบแบบ pent- roof แบบที่มีการล้อมข้างวาล์วไอดี

จะมี loop การหมุนวนขนาดใหญ่ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 ใน 5 ของเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบที่ได้วาล์วไอดี แต่จะไม่มี loop การหมุนวนขนาดเล็กที่ได้วาล์วไอดี เหมือนกับแบบ ที่วาล์วไอดีเป็นแบบธรรมดา โดยจะมีการไหลที่ไม่แน่ชัดนักอยู่ในตำแหน่งนั้นแทน

4.2.4 ที่ระนาบระหว่างวาล์วสำหรับ ฝาสูบเป็นแบบ ระนาบตัดขวางกระบอกสูบทั้งแบบวาล์วไอดีแบบธรรมชาติ และ แบบที่มีการล่อมข้างวาล์วไอดี

จะมี loop การหมุนวนขนาดใหญ่ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 ใน 5 ของเส้นผ่านศูนย์กลาง กระบอกสูบที่ได้วาล์วไอดีสำหรับ แบบวาล์วไอดีธรรมชาติ แต่สำหรับแบบที่มีการล่อมข้างวาล์วไอดี loop การหมุนวนนี้จะอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางกระบอกสูบ ค่อนไปทางวาล์วไอดีแต่ทั้งสองประเภทของวาล์วไอดี จะมี loop การหมุนวนเล็กๆ อยู่ที่มุมด้านไวด์วาล์วไอดีของกระบอกสูบ

4.2.5 ที่ระนาบผ่านวาล์วสำหรับ ฝาสูบเป็นแบบ ระนาบตัดขวางกระบอกสูบแบบวาล์วไอดีแบบธรรมชาติ

จะมี loop การหมุนวนทั้งหมด 4 loop คือ

- loop การหมุนวนเล็กๆ อยู่ที่มุมด้านไวด์วาล์วไอดีของกระบอกสูบ
- loop การหมุนวนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 ใน 5 ของเส้นผ่านศูนย์กลาง กระบอกสูบที่ได้วาล์วไอดี
- loop การหมุนวนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 ใน 4 ของเส้นผ่านศูนย์กลาง กระบอกสูบ 2 loop หมุนในทิศทางตรงข้ามกัน

4.2.6 ที่ระนาบผ่านวาล์วสำหรับ ฝาสูบเป็นแบบ ระนาบตัดขวางกระบอกสูบแบบที่มีการล่อมข้างวาล์วไอดี

จะมี loop การหมุนวนขนาดใหญ่ ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เกือบเท่า เส้นผ่านศูนย์กลาง กระบอกสูบ อยู่กึ่งกลาง กระบอกสูบ และมี loop เล็กๆ ที่มีการหมุนไม่แน่นอนนัก อยู่ที่ มุมด้านไวด์วาล์วไอดีของกระบอกสูบ

4.3 แนวทางในการพัฒนาการทดลอง

จากการทดลองทดลองที่ผ่านมา ผลที่ได้ ไม่อาจจะนำไปใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ เนื่องจากแบบจำลองที่ได้นำมาทำการทดลอง มีลักษณะหลายประการที่ แตกต่างไปจากเครื่องยนต์จริง เช่น การที่แบบจำลองนั้นใช้เพียงแค่ ปัมป์สูญญากาศดูดอากาศ แทนการดูดด้วยแรงดูดจากลูกสูบเคลื่อนที่ ทำให้ลักษณะ การไหลของอากาศนั้น ผิดจากเครื่องยนต์จริงไปมาก

ดังนั้นแนวทางในการพัฒนาการทดลอง จึงควรจะเป็นการ สร้างแบบจำลองให้มีโครงสร้างใกล้เคียงเครื่องยนต์จริง ให้มากที่สุด คือ ต้องทำให้การดูดอากาศเกิดจากมีการเคลื่อนที่ของลูกสูบ โดยอาจจะสร้าง แบบจำลองที่มี motor ขับ crankshaft และเสริมหัวลูกสูบให้สูงขึ้น เพื่อจะเป็นส่วน

ของลูกสูบที่ทำงานในตัวกระบอกสูบจำลองโดยต้องยอมให้มี clearance เล็กน้อย เพื่อป้องกันการขีดข่วนของ ลูกสูบ กับกระบอกสูบ

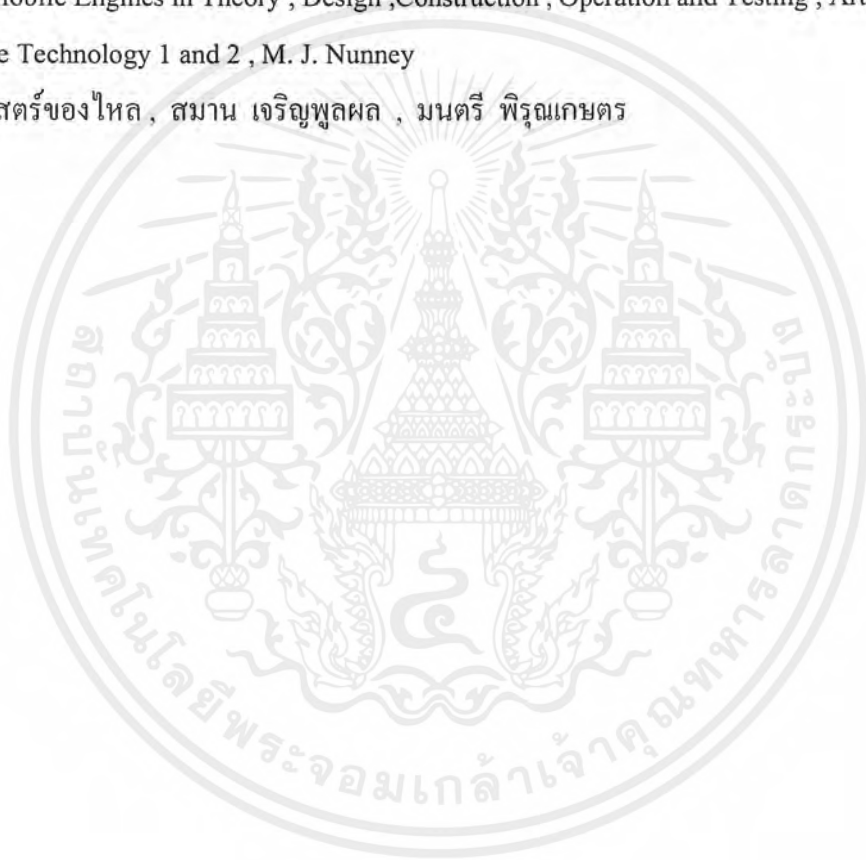
ส่วนกลไกวาล์วอาจจะทำใกล้เคียงกับ แบบจำลองของชุดทดลองที่ผ่านมา คือ เปิดวาล์วไอดีทิ้งไว้ด้วย ระยะเวลาของวาล์วเท่าใด ตามที่ความต้องการจะศึกษา แต่กลไกทางด้านวาล์วไอดีอาจจะทดแทน ด้วยการใช้วาล์วทางเดียว

ในขั้นตอนการบันทึกภาพ เพื่อความสะดวกในการบันทึก และเพื่อความแน่นอนว่าทำการบันทึกภาพในตำแหน่งของเวลาที่ต้องการจะศึกษาลักษณะการไหลจริงๆ ก็ต้องสร้างสัญญาณสำหรับ กดชัตเตอร์เมื่อ crank angle อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ โดยอาจจะใช้ sensor ติดที่crankshaft แล้วนำสัญญาณจาก sensor นั้นมาใช้



เอกสารอ้างอิง

1. In – Cylinder Fluid Motion and Mixing of a Dual Intake Valve Spark Ignition Engine , SAE paper 962066 , 1996
2. Study of Induction Swirl in a Spark Ignition , SAE paper 810496 , 1981
3. Concept of Lean Combustion by Barrel – Stratification , SAE paper 92678 , 1992
4. Effect of Intake port Flow Pattern in Cylinder Tumbling Air Flow in S Engine 910477 , 1991
5. Automobile Engines in Theory , Design ,Construction , Operation and Testing , Arthur W. Judge
6. Engine Technology 1 and 2 , M. J. Nunney
7. กลศาสตร์ของไหล , สมาน เจริญพูลผล , มนตรี พิรุณเกษตร

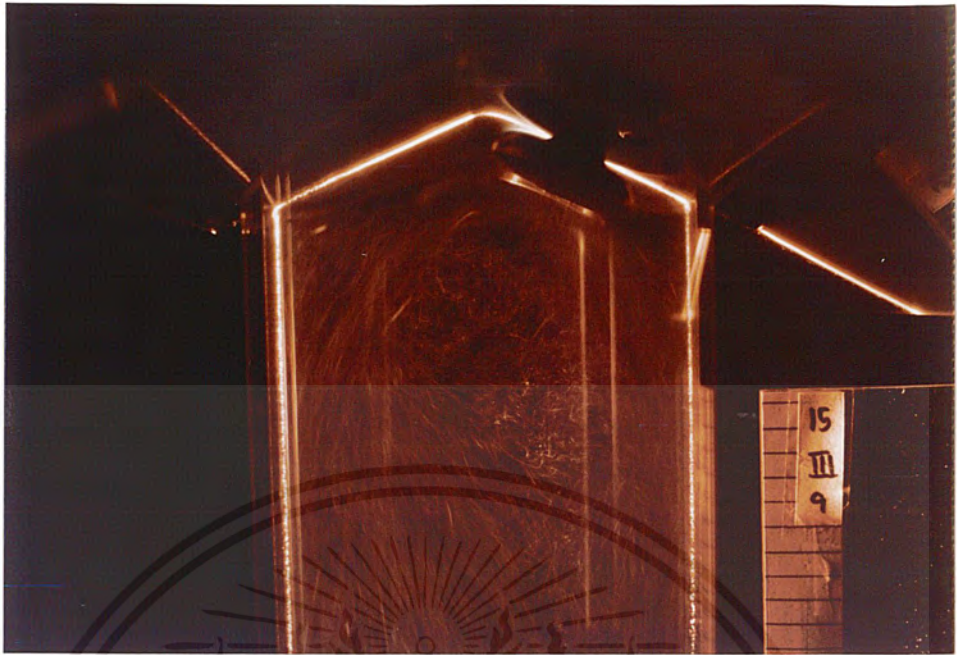


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก



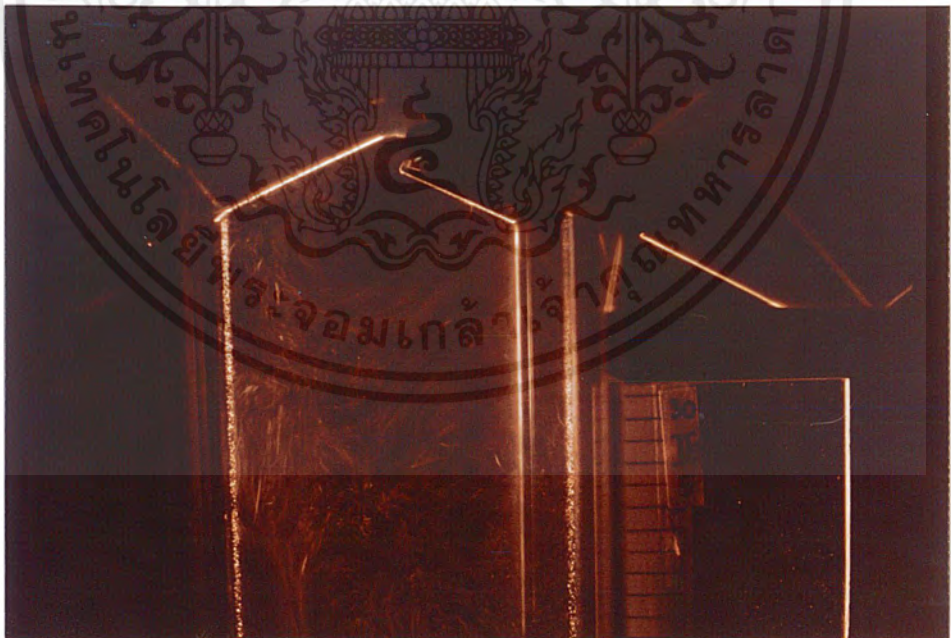
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผลการทดลองครั้งที่ 4 ภาพที่ 12

ระนาบระหว่างวาล์ว ฝาสูบแบบ PENT ROOF NO SHROUD

SHUTTER SPEED 1/15 sec VALVE LIFT 8 mm

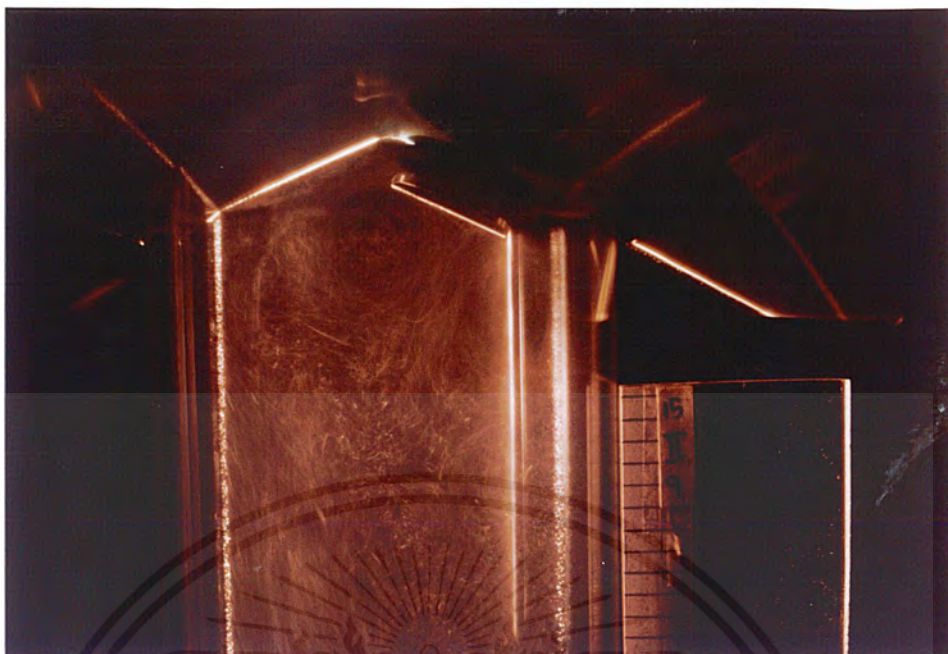


ผลการทดลองครั้งที่ 4 ภาพที่ 7.1

ระนาบผ่านวาล์ว ฝาสูบแบบ PENT ROOF NO SHROUD

SHUTTER SPEED 1/30 sec VALVE LIFT 5 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

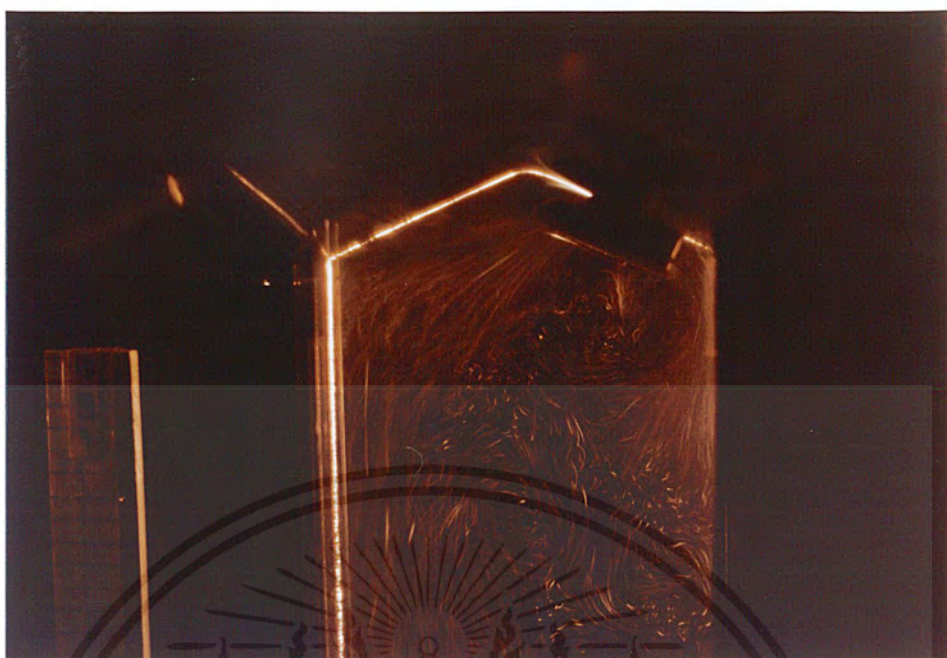


ผลการทดลองครั้งที่ 4 ภาพที่ 8

ระนาบผ่านวาล์ว ฝาสูบแบบ PENT ROOF NO SHROUD

SHUTTER SPEED 1/15 sec VALVE LIFT 8 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

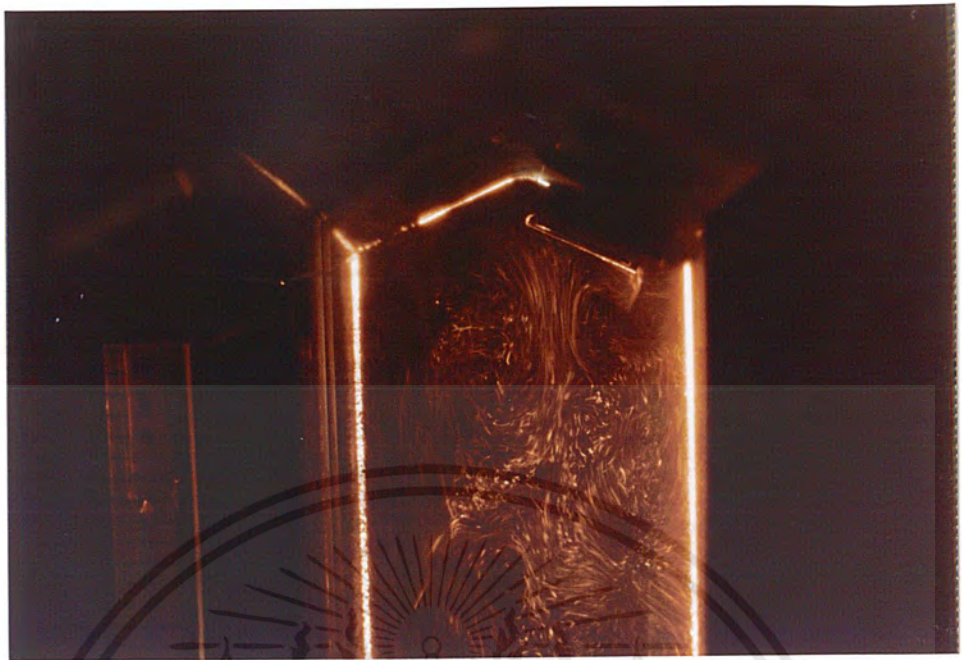


ผลการทดลองครั้งที่ 5 ภาพที่ 10
ระนาบระหว่างวาล์ว ฝาสูบแบบ PENT ROOF WITH SHROUD
SHUTTER SPEED 1/15 sec VALVE LIFT 8 mm



ผลการทดลองครั้งที่ 5 ภาพที่ 11
ระนาบผ่านวาล์ว ฝาสูบแบบ PENT ROOF WITH SHROUD
SHUTTER SPEED 1/15 sec VALVE LIFT 8 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผลการทดลองครั้งที่ 5 ภาพที่ 14

ระนาบผ่านวาล์ว ฝาสถูแบบ PENT ROOF WITH SHROUD

SHUTTER SPEED 1/15 sec VALVE LIFT 8 mm

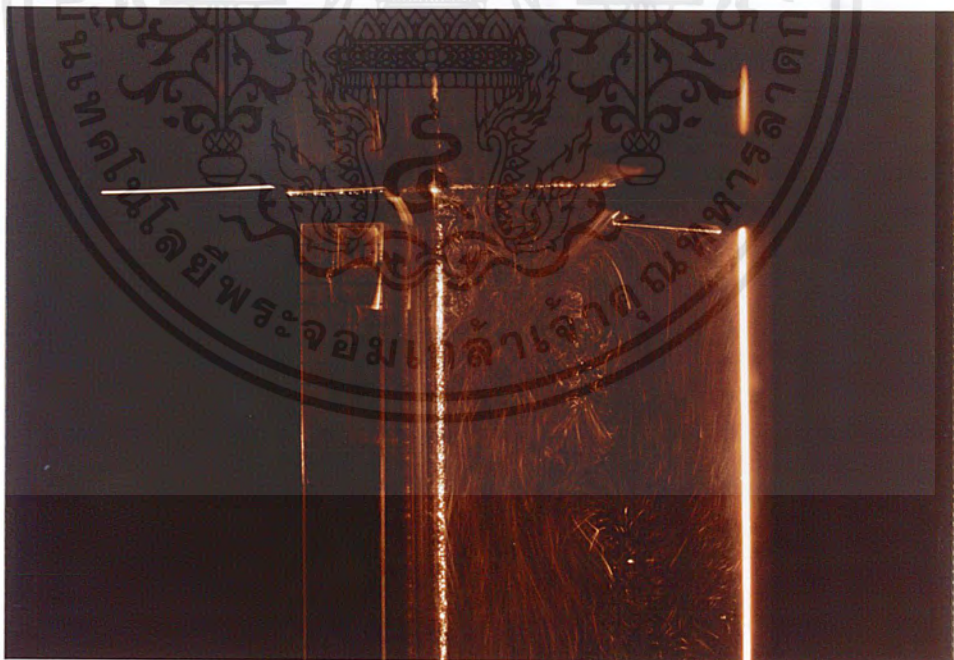
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผลการทดลองครั้งที่ 6 ภาพที่ 10

ระนาบระหว่างวาล์ว ฝาสูบแบบ FLAT WITH SHROUD

SHUTTER SPEED 1/30 sec VALVE LIFT 8 mm



ผลการทดลองครั้งที่ 6 ภาพที่ 11

ระนาบผ่านวาล์ว ฝาสูบแบบ FLAT WITH SHROUD

SHUTTER SPEED 1/15 sec VALVE LIFT 8 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

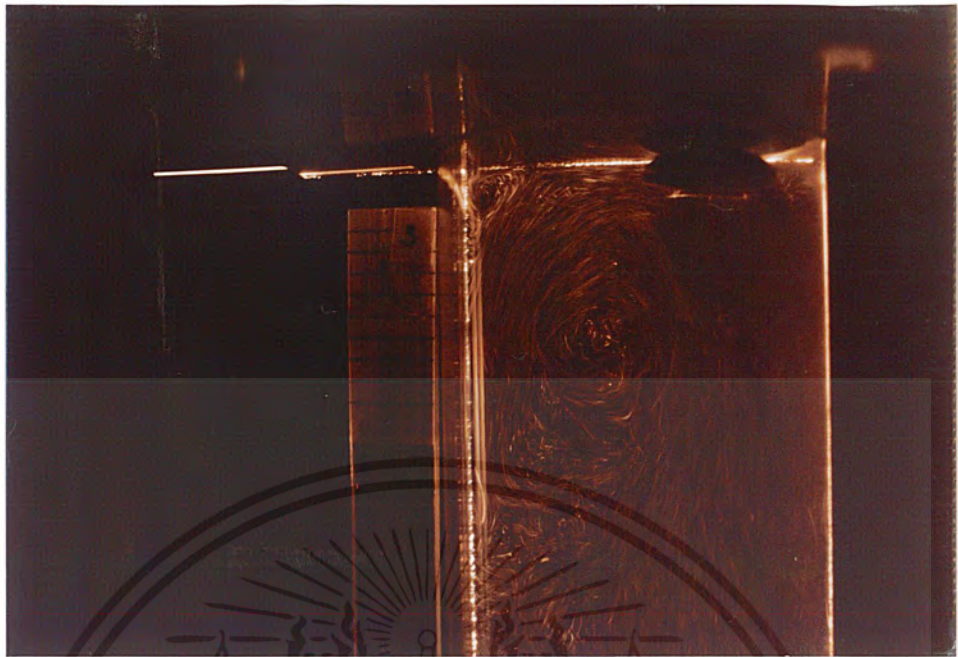


ผลการทดลองครั้งที่ 6 ภาพที่ 8

ระนาบผ่านวาล์ว ฝาสอบแบบ FLAT WITH SHROUD

SHUTTER SPEED 1/15 sec VALVE LIFT 8 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผลการทดลองครั้งที่ 7 ภาพที่ 3

ระนาบระหว่างวาล์ว ฝาสูบแบบ FLAT NO SHROUD

SHUTTER SPEED 1/15 sec VALVE LIFT 5 mm



ผลการทดลองครั้งที่ 7 ภาพที่ 1

ระนาบผ่านวาล์ว ฝาสูบแบบ FLAT NO SHROUD

SHUTTER SPEED 1/15 sec VALVE LIFT 5 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผลการทดลองครั้งที่ 7 ภาพที่ 11

ระนาบผ่านวาล์ว ฝาสูบแบบ FLAT NO SHROUD

SHUTTER SPEED 1/15 sec VALVE LIFT 8 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้