

การมองเห็นไหลของแก๊สในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ด้วยวิธี PIV

Flow visualization of the In-cylinder flow of an Engine using PIV Method



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน... 46016

b.....

วันที่, เดือน, ปี 27 ก.พ. 2546

สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการใช้

11945134

ปริญญาโทปีการศึกษา 2544

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การมองการไหลของแก๊สในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ด้วยวิธี PIV

Flow visualization of the In-cylinder flow of an Engine using PIV Method

ผู้จัดทำ

1. ประสิทธิ์ ธรรมรัชกุล รหัสประจำตัว 41014670
2. นิชติ อิศรปรีดา รหัสประจำตัว 41014651



อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.จินดา เจริญพรพาณิชย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การมองการไหลของแก๊สในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ด้วยวิธี PIV

นาย ประสิทธิ์ ธรรมรัชกุล 41014670

นาย นิยติ อิศรปรีดา 41014651

อ.จินดา เจริญพรพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมการไหลของอากาศภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ โดยใช้อนุภาคที่สามารถสังเกตได้ง่ายผสมกับอากาศผ่านเข้าสู่วาล์วไอดีเข้าไปยังห้องเผาไหม้ภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ซึ่งใช้พลาสติกใส อนุภาคจะถูกป้อนจากห้องปิดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ภายในกระบอกสูบ โดยอาศัยแรงดูดสูญญากาศจากมอเตอร์ ในขณะที่เกิดการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบจะเกิดการไหลเวียนของอากาศซึ่งมีลักษณะแตกต่างกัน หลังจากนั้นจะทำการถ่ายภาพเป็นการเก็บข้อมูลเพื่อที่จะเปรียบเทียบลักษณะการไหลเวียนที่เกิดขึ้นและศึกษาถึงลักษณะความเร็วและการเคลื่อนที่ของอากาศ



Flow visualization of the In-cylinder flow of an Engine using PIV Method

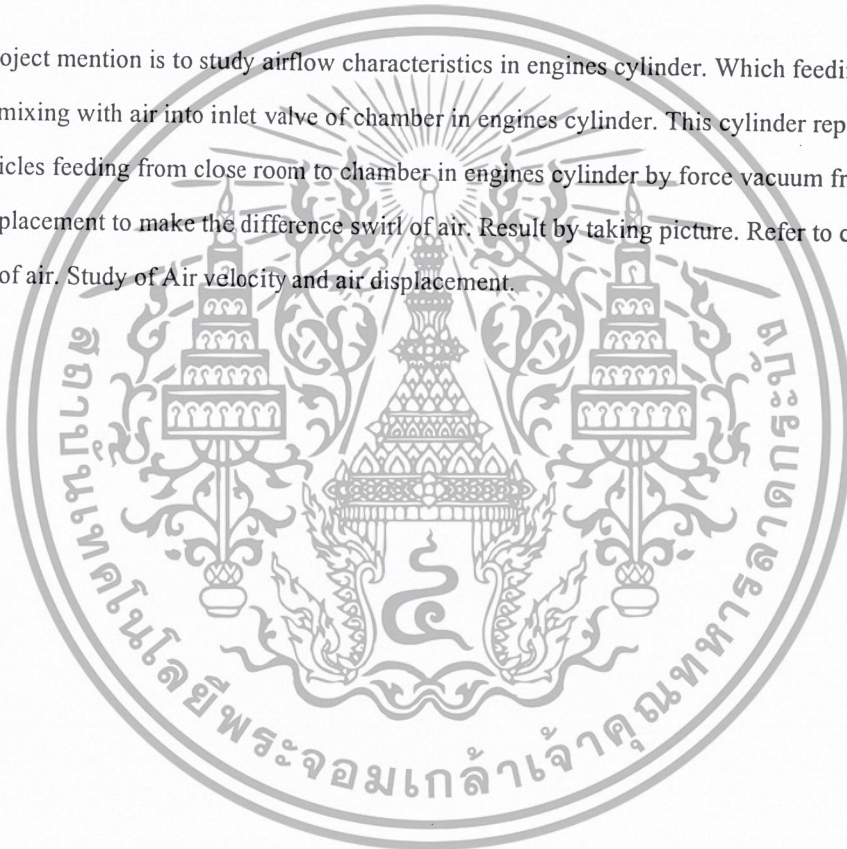
Mr. Prasit Thammatadkul

Mr.Niyati Itsalapreda

Mr.Chinda Jaroenpornpanich Advisor

ABSTRACT

This project mention is to study airflow characteristics in engines cylinder. Which feeding particles easy to observe mixing with air into inlet valve of chamber in engines cylinder. This cylinder replaces by plastic. The particles feeding from close room to chamber in engines cylinder by force vacuum from motor. While piston displacement to make the difference swirl of air. Result by taking picture. Refer to compare difference swirl of air. Study of Air velocity and air displacement.



กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดีเพราะได้รับความกรุณาจากอาจารย์จินดา เจริญพรพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางตลอดจนวิธีแก้ไข ขอขอบคุณ ลุงมณฑา เทียมเมืองและพี่โก้ ที่ให้คำแนะนำในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือรวมทั้งข้อมูลและแหล่งวัสดุและขอขอบคุณอีกครั้งสำหรับทุกคนที่ไม่ได้เอ่ยชื่อได้ทั้งหมด

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้



ประสิทธิ์ ธรรมธัชกุล
นิยติ อิศรปริดา

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 การทำงานของเครื่องยนต์	1
1.2 การไหลภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์สี่จังหวะ	1
1.2.1 การศึกษาโดยพิจารณาจากผลการทดลอง	1
1.2.2 การศึกษาโดยใช้ Math Model	2
1.3 การเคลื่อนที่ของอนุภาคภายในกระบอกสูบ	2
1.4 การไหลภายในเครื่องยนต์สี่จังหวะ	2
1.4.1 ลักษณะของ TURBULENCE	2
1.4.2 ลักษณะการ SWIRL	3
1.4.3 ลักษณะของ TUMBLE	3
1.5 การสร้างลักษณะการไหลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้	3
บทที่ 2 ความรู้พื้นฐาน	5
2.1 COMBUSTION CHAMBERS 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 เพล่าข้อเหวี่ยง	9
2.4 จุดประสงค์ของลูกสูบ	10
2.5 ลูกสูบ	10
2.5.1 วัสดุที่ใช้ทำลูกสูบ	10
2.5.2 หัวลูกสูบ	10
2.5.3 ร่องแหวนลูกสูบ	10
2.5.4 รูปร่างของหัวลูกสูบ	10
2.5.5 รูปทรงของลูกสูบ	11

2.5.6 ระยะช่องว่างลูกสูบ	11
2.5.7 รูปทรงของหัวลูกสูบ	11
2.5.8 การเชื่อมศูนย์ของสลักลูกสูบ	11
2.6 จุดประสงค์ของวาล์วและกลไกวาล์ว	13
2.6.1 วาล์วไทมิ่ง	13
2.7 ขนาดกระบอกสูบและระยะชัก	14
2.8 อัตราส่วนการอัด	15
2.8.1 การเพิ่มอัตราส่วนการอัด	15
บทที่ 3 การทดลองและผลการทดลอง	17
3.1 วัตถุประสงค์ของการสร้างชุดทดลอง	17
3.2 อุปกรณ์การทดลอง	17
3.3 ลักษณะกระบอกสูบ	21
3.4 วิธีการวัดผลการทดลอง	23
3.4.1 การถ่วงสภาพการทดลอง	23
3.4.2 การวัดตำแหน่งของอนุภาค	23
3.4.3 การคำนวณค่าความเร็วของอนุภาค	24
3.4.4 การสร้าง VECTOR FIELD	26
3.4.5 INTERPOLATE	29
3.5 ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลการทดลอง	31
3.5 ผลการทดลอง	35
การทดลองที่ 1	35
การทดลองที่ 2	37
การทดลองที่ 3	39
การทดลองที่ 4	41
การทดลองที่ 5	43
การทดลองที่ 6	45
การทดลองที่ 7	47
การทดลองที่ 8	49
การทดลองที่ 9	51
การทดลองที่ 10	53
การทดลองที่ 11	55
การทดลองที่ 12	57
การทดลองที่ 13	59
การทดลองที่ 14	61

การทดลองที่ 15	63
การทดลองที่ 16	65
การทดลองที่ 17	67
การทดลองที่ 18	69
การทดลองที่ 19	71
การทดลองที่ 20	73
บทที่ 4 สรุปผลการทดลองและแนวทางการพัฒนาการทดลอง	75
4.1 สรุปผลการทดลอง	75
4.2 แนวทางการพัฒนา	75



สารบัญภาพ

รูปที่ 2-1 รูปทรงต่างๆของห้องเผาไหม้	7
รูปที่ 2-2 แสดงฝาสูบพร้อมช่องป้อนปูน	7
รูปที่ 2-3 แสดงท่อไอดีหมุนวนสูงรูปตัว เอส (S) และบ่าวาล์วเสริม	8
รูปที่ 2-4 แสดงอากาศไหลผ่านวาล์วเสริม ส่วนไอดีผ่านวาล์วไอดีหลัก	8
รูปที่ 2-5 เพลาช้อเหวี่ยงมีรูปน้ำมันหล่อลื่นผ่านทะเลจากแบริงเพลาช้อเหวี่ยง(แบริงหลัก) ไปถึงแบริงก้านสูบ	9
รูปที่ 2-6 การเยื้องศูนย์ของสลักลูกสูบทำให้ลูกสูบเอียง R คือรัศมีของลูกสูบและ O คือระยะเยื้องศูนย์ของสลักลูกสูบ	12
รูปที่ 2-7 สลักลูกสูบไม่เยื้องศูนย์ทำให้เกิดกระทบกันระหว่างลูกสูบและผนังลูกสูบจนสามารถได้ยินเสียง	12
รูปที่ 2-8 แผนภาพวาล์วไทมิ่ง	13
รูปที่ 2-9 ความดันในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	14
รูปที่ 2-10 ขนาดกระบอกสูบ ระยะชัก และปริมาตรการกระจัด	15
รูปที่ 2-11 การสะสมของตะกอนคาร์บอนทำให้อัตราส่วนการอัดเพิ่มขึ้นจาก 8:25:1 เป็น 10:1	16
รูปที่ 3-1 ระบบหมุนเวียนอนุภาค	18
รูปที่3-2 แสดงงานหมุน	19
รูปที่3-3 แสดงชุดควบคุมการถ่ายภาพ	19
รูปที่3-4 แสดงชุดทดลอง	20
รูปที่3-5 กระบอกสูบแบบที่ 1	21
รูปที่3-6 กระบอกสูบแบบที่ 2	21
รูปที่3-7 กระบอกสูบแบบที่ 3	22
รูปที่3-8 กระบอกสูบแบบที่ 4	22
รูปที่3-9 โปรแกรมการวัดค่าตำแหน่งของอนุภาค	23
รูปที่3-10 แสดงเวกเตอร์ความเร็ว	24
รูปที่3-11 โปรแกรมคำนวณค่าความเร็ว	25
รูปที่3-12 ข้อมูลหลังจากทำการวัดตำแหน่งของอนุภาค	25
รูปที่3-13 ข้อมูลหลังจากทำการคำนวณค่า	26
รูปที่3-14 VECTOR FIELD โดยใช้โปรแกรม AVESE	27
รูปที่3-15 FLOW CHART	28
รูปที่3-16 โปรแกรมINTERPOLATE	29
รูปที่3-17 โปรแกรมINTERPOLATE	29
รูปที่3-19 ภาพถ่ายที่ความเร็วชัดเตอร์ 1/6	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่3-20 ภาพถ่ายที่ความเร็วชัดเตอร์ 1/8	31
รูปที่3-21 ภาพถ่ายที่ความเร็วชัดเตอร์ 1/10	32
รูปที่3-22 การวัดค่าตำแหน่งของอนุภาค	32
รูปที่3-23 ข้อมูลตำแหน่งที่วัด ค่าความเร็วชัดเตอร์	33
รูปที่3-24 โปรแกรมคำนวณค่าความเร็ว	33
รูปที่3-25 โปรแกรมใช้สร้าง Measured velocity field	34
รูปที่3-26 Interpolated velocity field	34
รูปที่3-27 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 60 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยง	35
รูปที่3-28 Measured velocity field at 60 ATDC	36
รูปที่3-29 Interpolated velocity field at 60 ATDC	36
รูปที่3-30 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 90 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยง	37
รูปที่3-31 Measured velocity field at 90 ATDC	38
รูปที่3-32 Interpolated velocity field at 90 ATDC	38
รูปที่3-33 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 180 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยง	39
รูปที่3-34 Measured velocity field at 180 ATDC	40
รูปที่3-35 Interpolated velocity field at 180 ATDC	40
รูปที่3-36 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 240 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยง	41
รูปที่3-37 Measured velocity field at 60 ABDC	42
รูปที่3-38 Interpolated velocity field at 60 ABDC	42
รูปที่3-39 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 300 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยง	43
รูปที่3-40 Measured velocity field at 120 ABDC	44
รูปที่3-41 Interpolated velocity field at 120 ABDC	44
รูปที่3-42 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 60 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยง	45
รูปที่3-43 Measured velocity field at 60 ATDC	46
รูปที่3-44 Interpolated velocity field at 60 ATDC	46
รูปที่3-45 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 90 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยง	47
รูปที่3-46 Measured velocity field at 90 ATDC	48
รูปที่3-47 Interpolated velocity field at 90 ATDC	48
รูปที่3-48 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 180 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยง	49
รูปที่3-49 Measured velocity field at 180 ATDC	50
รูปที่3-50 Interpolated velocity field at 180 ATDC	50
รูปที่3-51 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 240 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยง	51
รูปที่3-52 Measured velocity field at 60 ABDC	52
รูปที่3-53 Interpolated velocity field at 60 ABDC	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่3-54 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 300 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยง	53
รูปที่3-55 Measured velocity field at 120 ABDC	54
รูปที่3-56 Interpolated velocity field at 120 ABDC	54
รูปที่3-57 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 60 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยง	55
รูปที่3-58 Measured velocity field at 60 ATDC	56
รูปที่3-59 Interpolated velocity field at 60 ATDC	56
รูปที่3-60 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 90 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยง	57
รูปที่3-61 Measured velocity field at 90 ATDC	58
รูปที่3-62 Interpolated velocity field at 90 ATDC	58
รูปที่3-63 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 180 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยง	59
รูปที่3-64 Measured velocity field at 180 ATDC	59
รูปที่3-65 Interpolated velocity field at 180 ATDC	60
รูปที่3-66 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 240 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยง	61
รูปที่3-67 Measured velocity field at 60 ABDC	62
รูปที่3-68 Interpolated velocity field at 60 ABDC	62
รูปที่3-69 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 300 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยง	63
รูปที่3-70 Measured velocity field at 120 ABDC	64
รูปที่3-71 Interpolated velocity field at 120 ABDC	64
รูปที่3-72 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 60 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยง	65
รูปที่3-73 Measured velocity field at 60 ATDC	66
รูปที่3-74 Interpolated velocity field at 60 ATDC	66
รูปที่3-75 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 90 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยง	67
รูปที่3-76 Measured velocity field at 90 ATDC	68
รูปที่3-77 Interpolated velocity field at 90 ATDC	68
รูปที่3-78 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 180 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยง	69
รูปที่3-79 Measured velocity field at 180 ATDC	70
รูปที่3-80 Interpolated velocity field at 180 ATDC	70
รูปที่3-81 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 240 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยง	71
รูปที่3-82 Measured velocity field at 60 ABDC	72
รูปที่3-83 Interpolated velocity field at 60 ABDC	72
รูปที่3-84 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 300 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยง	73
รูปที่3-85 Measured velocity field at 120 ABDC	74
รูปที่3-86 Interpolated velocity field at 120 ABDC	74

บทที่ 1

บทนำ

1.1 การทำงานของเครื่องยนต์

การทำงานของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบ่งออกเป็น 4 จังหวะ ได้แก่ จังหวะดูด จังหวะอัด จังหวะกำลัง และ จังหวะคาย เครื่องยนต์จะทำงานครบ 2 รอบจึงจะครบวัฏจักร (cycle) การทำงานของเครื่องยนต์เครื่องยนต์ที่ทำงาน 4 จังหวะดังกล่าวเรียกว่า เครื่องยนต์วัฏจักร 4 จังหวะ

1 จังหวะดูด (Intake Stroke) ในช่วงจังหวะดูด ลูกสูบจะเคลื่อนที่ ลงวาล์วไอดีเปิดออกและไอดีจะถูกดูดให้ไหลเข้ากระบอกสูบ ทั้งนี้เพราะว่าในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลง จะเกิดสุญญากาศในกระบอกสูบทำให้เกิดแรงดูดไอดีเข้ากระบอกสูบเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ถึงจุดต่ำสุดวาล์วไอดีจะปิด

2 จังหวะอัด หลังจากลูกสูบเคลื่อนที่ถึงจุดต่ำสุดแล้วก็จะเริ่มเคลื่อนที่ขึ้นวาล์วไอดีและวาล์วไอเสียปิดไอดีภายในกระบอกสูบจะถูกอัดให้มีปริมาตรเล็กจึงเรียกว่า จังหวะอัด เช่น จากปริมาตร 8 ส่วน ถูกอัดจนเหลือ 1 ส่วน อัตราส่วนระหว่างปริมาตรก่อนอัดกับปริมาตรหลังอัดเรียกว่า อัตราส่วนการอัด (compression ratio)

3 จังหวะกำลัง ในระหว่างจังหวะกำลังวาล์วไอดีและวาล์วไอเสียยังคงปิดอยู่ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ใกล้ศูนย์ตายบนในจังหวะอัดจะเกิดประกายไฟที่หัวเทียนและเริ่มการจุดระเบิดเผาไหม้ไอดี ในขณะที่เดียวกันลูกสูบจะเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งศูนย์ตายบน และเริ่มเคลื่อนที่ลง ในระหว่างการเผาไหม้จะเกิดความดันสูงกระทำต่อลูกสูบให้เคลื่อนที่ลงและถ่ายทอดผ่านค้ำสูบไปสู่เพลาช้อเหวี่ยง

4 จังหวะคาย เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ใกล้ถึงศูนย์ตายล่างวาล์วไอเสียจะเปิดออก หลังจากลูกสูบเคลื่อนที่ผ่านศูนย์ตายล่างแล้วจะเคลื่อนที่ขึ้นและไล่ไอเสียออกจากกระบอกสูบทางวาล์วไอเสียจึงเรียกว่า จังหวะคาย

เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ผ่านศูนย์ตายบนแล้วก็จะเริ่มเคลื่อนที่ลงวาล์วไอเสียจะปิดและวาล์วไอดีจะเปิดเพื่อเริ่มจังหวะดูดอีกครั้งหนึ่ง

1.2 การไหลภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์สี่จังหวะ

การไหลของอากาศภายในห้องเผาไหม้สำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในนับว่าเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญที่สุดของการควบคุมกระบวนการเผาไหม้และยังเป็นตัวบ่งบอกถึงลักษณะการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ การผสมกันของเชื้อเพลิงและอากาศ การเคลื่อนที่ของเปลวไฟและประสิทธิภาพที่จะได้รับ นอกจากนี้ยังครอบคลุมถึงการถ่ายเทความร้อนสู่ผนังกระบอกสูบ ในการศึกษารูปแบบการไหลของอากาศในกระบอกสูบจะเห็นได้ว่าลักษณะการไหลจะมีลักษณะ Turbulence, Swirl, Tumble และ Compressible โดยในปัจจุบัน การศึกษารูปแบบการไหลสามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ

1.2.1 การศึกษาโดยพิจารณาจากผลการทดลอง

การทดลองนี้มีวิธีนิยมทำกัน โดยทั่วไป คือ วิธี Particle Image Velocimetry ซึ่งเป็นวิธีการวัดเวกเตอร์ความเร็วการไหล และจะให้ผลที่ถูกต้องมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีอื่นแต่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ทำการที่มีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคโนโลยีค่อนข้างสูง ซึ่งอีกวิธีหนึ่งที่จะทำได้ตามศักยภาพที่มีอยู่คือวิธี Lazer Dopper Velocimetry โดยทดลองด้วยเครื่อง FLV แล้วนำผลการเปรียบเทียบกับภาพถ่ายรูปซึ่งใกล้เคียงกับการทดลองด้วยวิธี PIV

1.2.2 การศึกษาโดยใช้ MATH MODEL

เป็นการศึกษาลักษณะการไหลโดยใช้วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติของ FLUID DYNAMICS ประกอบกับ Thermodynamic ส่วนวิธีการวิเคราะห์จะมีความถูกต้องมากขึ้นขึ้นอยู่กับวิธีการและเงื่อนไขขอบเขตวิธีที่นิยมและสามารถควบคุม Boundary condition ได้ดีที่ที่สุดคือ Finite Volume Method

1.3 การเคลื่อนที่ของอนุภาคภายในกระบอกสูบ

การไหลของอากาศภายในห้องเผาไหม้สำหรับเครื่องยนต์เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญยิ่งต่อกระบวนการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ และได้ประสิทธิภาพสูงสุดนั้น ส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับ การไหลของเชื้อเพลิงด้วย

ในการศึกษาลักษณะที่สำคัญของการไหลของอากาศในกระบอกสูบ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญหนึ่งที่มีผลต่อกระบวนการเผาไหม้ การไหลแบบหมุนวน และการไหลแบบ Turbulence มีความสำคัญมากต่อการผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงและจะมีผลต่อการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ การวิเคราะห์การไหลในกระบอกสูบจะพิจารณา ตั้งแต่การไหลจากท่อไอดีลิ้นไอดีเข้ามาในกระบอกสูบ จนกระทั่งสิ้นสุดจังหวะการอัดของการทำงานของเครื่องยนต์

1.4 การไหลในจังหวะดูดของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

กระบวนการดูดในจังหวะของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ จะมีผลต่อการไหลในกระบอกสูบ ในช่วงจังหวะดูดเริ่มต้นตั้งแต่การไหลในไอดีในช่วงที่อากาศผ่านลิ้น พื้นที่หน้าตัดของการไหลจะมีขนาดเล็กที่สุด ทำให้ความเร็วของอากาศที่หน้าตัดมีค่าสูงสุด อากาศที่ไหลผ่านลิ้นไอดีเข้ามาในห้องเผาไหม้ จึงมีลักษณะพุ่งเป็นรูปกรวยและความเร็วของอากาศมีค่าประมาณ 10 เท่าความเร็วลูกสูบในขณะนั้นจะเป็นรูปกรวย และจะไหลเข้ามากระทบกับผนังของห้องเผาไหม้เป็นผลทำให้เกิดการไหลหมุนวนเป็นวงขนาดใหญ่ในปริมาตรของกระบอกสูบ ซึ่งจุดศูนย์กลางการไหลวน จะเคลื่อนที่ขึ้นลงตามการเคลื่อนที่ขึ้นลง ตามการเคลื่อนที่ของลูกสูบและจะอยู่ตรงกึ่งกลางระหว่างลูกสูบกับ Cylinder Head ตลอด ส่วนบริเวณที่อยู่ตรงมุมของผนังห้องเผาไหม้ จะเกิดการไหลหมุนวนเช่นกัน แต่ที่ขนาดเล็กกว่าและหมุนในทิศทางตรงข้ามกัน ซึ่งการไหลหมุนวนนี้เกิดขึ้นเนื่องจากการเกิด Shear Layer ในขณะที่ของไหลพุ่งเข้ามา ในห้องเผาไหม้ด้วยความเร็วที่สูงมาก

เครื่องยนต์โดยทั่วไป ตำแหน่งของลิ้นไอดี จะไม่อยู่แกนกลางของกระบอกสูบ แต่จะอยู่ชิดกับผนังห้องเผาไหม้ด้านใดด้านหนึ่งการไหลจึงมีความซับซ้อนขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการไหลหมุนวนเป็นวงขนาดใหญ่ก็ยังคงเกิดขึ้นอยู่

ที่กล่าวมานี้เป็นลักษณะกว้าง ๆ ของการไหล ในห้องเผาไหม้ในจังหวะดูดของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ คือการไหลเข้ามาในห้องเผาไหม้ ด้วยความเร็วสูงของอากาศกระทบกับผนังห้องเผาไหม้ และการเคลื่อนที่ของลูกสูบทำให้การไหลหมุนวนในกระบอกสูบซึ่งลักษณะการไหลจะเป็นอย่างไรนั้น ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ออกแบบ เช่น ทิศของแกนวาล์ว ตำแหน่งของวาล์วและลักษณะของ Cylinder Head เป็นต้น

1.4.1 ลักษณะการไหลแบบ Turbulence

การไหลแบบ Turbulence ในกระบอกสูบเป็นผลจาก Fluctuation ในการไหล (การสั่นของโมเลกุลในการไหลทำให้ความเร็วมีลักษณะสูง ๆ ต่ำ ๆ และลักษณะการไหลแบบแปรปรวน) ซึ่ง Fluctuation จะทำให้การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นใบเซอร์จะเขียนขึ้นทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ่ายเทโมเมนตัม การถ่ายเทความร้อน และการแพร่กระจายของโมเลกุลเชื้อเพลิงมีอัตราที่สูงขึ้น การไหลแบบ Turbulence จึงทำให้อัตราการผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงดีขึ้นเป็นผลทำให้ประสิทธิภาพของการเผาไหม้สูงขึ้นด้วย

1.4.2 ลักษณะการ SWIRL

Swirl เป็นการหมุนของอนุภาคภายในกระบอกสูบ ซึ่งเกิดขึ้นโดยอนุภาคที่ไหลเข้าไปในกระบอกสูบด้วยโมเมนตัมเชิงมุมค่าหนึ่ง แต่การดูดอากาศเข้ามาในจังหวะดูดสามารถทำให้เกิด Swirl ที่คงอยู่ได้ตลอดช่วงกระบวนการอัด การเผาไหม้ และการขยายภายในกระบอกสูบ และการขยายภายในเครื่องยนต์ที่มีการออกแบบห้องเผาไหม้เพื่อการไหลที่เหมาะสม การไหลหมุนวนที่เกิดขึ้นภายในจังหวะดูดจะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากในช่วงการอัด

Swirl จะถูกใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล และในเครื่องยนต์หัวฉีดบางประเภท เพื่อการผสมอากาศกับเชื้อเพลิงได้ดีขึ้นทำให้ A/F มากขึ้น นอกจากนี้ Swirl ยังมีส่วนช่วยในการไล่ไอเสียออกจากตัวเครื่องยนต์ได้ดีอีกด้วย ในการออกแบบเครื่องยนต์บางประเภท มีการออกแบบห้องเผาไหม้แบบ Prechamber ทั้งนี้เพื่อการเกิด Swirl มีความสำคัญมากที่จะช่วยในการทำงานในจังหวะอัด

ปัจจัยสองประการ ที่ทำให้เกิด Swirl ในจังหวะดูดคือ ประการแรก ของไหลที่ไหลเข้าสู่กระบอกสูบจะชนกับห้องเผาไหม้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาด และ ทิศทาง ของการเคลื่อนที่เป็นผลให้เกิดการไหลวนแบบ Swirl ขึ้น อีกประการหนึ่งคือ การไหลวนที่มีขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับการกระจายของของไหลภายในเส้นรอบวงของวาล์วไอดี ดังนั้น การไหลของของไหลที่ท่อไอดีจึงเป็นปัจจัยหลักการคิดโมเมนตัมเชิงมุมภายในแกนของกระบอกสูบ

ท่อทางเข้าแบบโดยตรง และท่อทางเข้าแบบเบี่ยงเบน แบบที่ใช้แสดงผลต่างๆ โดยที่ท่อทางเข้าแบบโดยตรงจะนำของไหลไหลผ่านวาล์วไอดีที่กำลังเปิดอยู่ โดยไหลในทิศทางเดียวกับเส้นสัมผัสเส้นรอบวง ส่วนท่อทางเข้าแบบเบี่ยงเบนจะนำของไหลได้ดีกว่า โดยจะไหลผ่านเข้าไปในขณะที่วาล์วเปิดในทิศทางสัมผัสกับเส้นรอบวงในการเลือกใช้ท่อทางเข้าแบบเบี่ยงเบนจะนำของไหลได้ดีกว่า โดยจะไหลผ่านเข้าไปในขณะที่วาล์วเปิดในทิศทางสัมผัสกับเส้นรอบวงในการเลือกใช้ท่อทางเข้า ในแต่ละแบบจะกำหนดให้พื้นที่ท่อทางเข้าถูกจำกัด

1.4.3 ลักษณะของ TUMBLE

TUMBLE เป็นการเคลื่อนที่ของก๊าซ หรือ หมุนรอบแนวของรัศมีซึ่งจะเกิดขึ้นจนถึงจังหวะสุดท้ายของการอัด Tumble ที่เกิดขึ้นจะมีผลจากลักษณะรูปร่างของห้องเผาไหม้ ความเร็วของ Tumble ในทางทฤษฎีคำนวณได้จากระยะของก๊าซ ที่เคลื่อนที่ผ่านขอบเขตของ Tumble และจากการใช้การอนุรักษ์เชิงมวล โดยตัดผลกระทบของความดัน แรงเสียดทาน การสูญเสียที่แหวน ของลูกสูบ และการถ่ายเทความร้อน จะสามารถหาความเร็วของ Tumble ได้

1.5 การสร้างลักษณะการไหลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้

ฝาสูบของเครื่องยนต์บางชนิดมีส่วนเสริมบางแห่งเพื่อช่วยให้การเผาไหม้ดีขึ้น เช่น ดังรูปฝาสูบมีช่องป้อนปูนจุดประสงค์เพื่อสร้างความปั่นป่วน หรือสร้างการหมุนวนของไอดีในระหว่างการเผาไหม้ ในช่วงจังหวะอัดไอดีบางส่วนจะถูกอัดเข้าไป ในช่องป้อนปูนจะเริ่มเผาไหม้ก่อนส่วนอื่นเพราะอยู่ใกล้หัวเทียน เปลวไฟจาก

ห้องป็นปูนจะแพร่กระจายด้วยความเร็วสูงซึ่งจะช่วยกระจายเปลวไฟอย่างรวดเร็ว และมีผลทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์มากขึ้นดังแสดงในรูป

เครื่องยนต์บางแบบใช้วาล์วไอดีเสริมเพื่อทำให้เกิดการหมุนวนสูง วาล์วไอดีเสริมนี้บางครั้งเรียกว่า วาล์วเจ็ท และมีขนาดเล็กกว่าวาล์วไอดีหลักทั้งวาล์วไอดีเสริมและวาล์วไอดีหลักจะเปิดออกพร้อมกัน วาล์วไอดีเสริมจะมีอากาศเท่านั้นที่ผ่าน โดยอากาศไหลมาจากส่วนบนของคาร์บูเรเตอร์ ส่วนวาล์วไอดีหลักนั้นจะยอมให้ไอดีผ่านตามปกติ อากาศที่ไหลผ่านวาล์วไอดีเสริมนั้นไม่มีวาล์วควบคุมดังนั้นจึงไหลเข้ามาได้เต็มที่และความเร็วสูง ซึ่งมีผลทำให้ไอดีในกระบอกสูบไหลวนด้วยความเร็วสูงและเสริมให้การเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น

วิธีอื่นๆที่จะช่วยเสริมให้เกิดการป็นปูนของไอดีคือใช้ห้องเผาไหม้ล่วงหน้า เครื่องยนต์ดังกล่าวเรียกว่าเครื่องยนต์ผสมแยกชั้น



บทที่ 2

ความรู้พื้นฐาน

2.1 COMBUSTION CHAMBER TYPE

เครื่องยนต์แก๊สโซลีนและเครื่องยนต์ดีเซลมีคุณสมบัติของของผสมของอากาศและน้ำมันมีส่วนสำคัญแก่ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ส่วนผสมจะเกิดขึ้นที่คาร์บูเรเตอร์ซึ่งอยู่ภายนอกของกระบอกสูบ ส่วนผสมที่เกิดขึ้นจะเข้าสู่ห้องเผาไหม้ในจังหวะดูดของวัฏจักรเครื่องยนต์ ส่วนเครื่องยนต์ดีเซลน้ำมันจะถูกฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ในรูปของสเปรย์

เพื่อให้การเผาไหม้ได้สมบูรณ์แต่ละอนุภาคของน้ำมันจะต้องถูกล้อมรอบด้วยอากาศโดยมีเงื่อนไขที่ช่วยในการผสมของอากาศและน้ำมันคือการเกิดการไหลเวียนแบบเทอร์บูเลนต์ในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ ซึ่งสามารถทำให้การฉีดน้ำมันช่วยให้เกิดการไหลเวียนแบบเทอร์บูเลนต์ได้ด้วยกรอกแบบลักษณะของช่องว่างในห้องเผาไหม้ โดยลักษณะของห้องเผาไหม้ที่นิยมออกแบบประกอบด้วย

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

2.1.1 Open combustion chambers

รูปแบบต่างๆของห้องเผาไหม้ที่ใช้ในปัจจุบัน โดยผู้ผลิตส่วนใหญ่จะทำการปรับปรุงออกแบบในส่วนบนของ Piston head ให้อนุภาคของอากาศที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้เกิดการไหลแบบปั่นป่วนเกิดขึ้น วิธีการที่ช่วยให้เกิดการไหลเวียนของอากาศที่เข้าในจังหวะดูดเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่ม Port ในตำแหน่งของ Cylinder head โดยให้ Port ทำมุมทำมุมกับตำแหน่งของวาล์วไอดีโดยอากาศที่ไหลเข้ามาจะเกิดการชนกันเกิดการไหลแบบ Swirl ขึ้น ข้อดีของห้องเผาไหม้แบบ Open combustion chambers

1. ค่า Thermal efficiency ขึ้น
2. กำลังงานจากเชื้อเพลิงเกิดจากผลของ Piston head
3. กระบอกสูบและลูกสูบได้รับผลกระทบจากการเผาไหม้ลดลง

ข้อเสียของห้องเผาไหม้แบบ Open combustion chambers

1. การควบคุมมลภาวะที่ปลดปล่อยออกมาทำได้ยาก
2. การทำงานของเครื่องยนต์ไม่ราบเรียบเนื่องมาจากมีช่วง Delay period สั้นๆเกิดขึ้นเนื่องมาจากสาเหตุของความดันในการทำงานที่สูงและเกิดขึ้นรวดเร็ว
3. ปัญหาในเรื่องการแต่น้ำมันเชื้อเพลิงMultiorifice nozzle และความดันในการฉีดที่สูง

2.1.2 การออกแบบห้องเผาไหม้แบบพิเศษ

การออกแบบห้องเผาไหม้แบ่งได้เป็น Bolted และ Screwed ในการไหลเข้าในกระบอกสูบ เชื้อเพลิงจะถูกฉีด โดยตรงเข้าไปในห้องเผาไหม้โดยเป็นรูปแบบ Single hole, Pintle , Delay nozzle ส่วนของปริมาตรจะถูกดูดเข้าไปในห้องเผาไหม้

บริษัทส่วนใหญ่ยังคงผลิตห้องเผาไหม้แบบพิเศษอยู่เนื่องมาจากสามารถควบคุมปริมาณ Hydrocarbon (HC) และ Nitrogen ที่ปลดปล่อยออกจากห้องเผาไหม้ก่อน (Precombustion chambers) ของเครื่องยนต์ดีเซล ยังคงมีระดับความสัมพัทธ์ที่ต่ำเนื่องจากมีเวลาในการเผาไหม้สั้น มุมของเพลลาข้อเหวี่ยงจะอยู่ที่ประมาณ 15 องศา ซึ่งมากกว่าเครื่องยนต์ดีเซลโดยตรง

2.1.3 ห้องเผาไหม้ก่อนและห้องเผาไหม้แบบปั่นป่วน

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

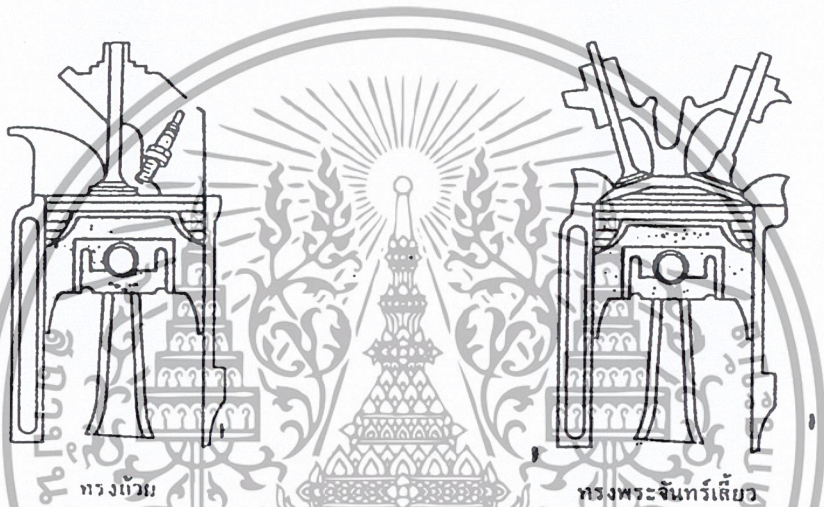
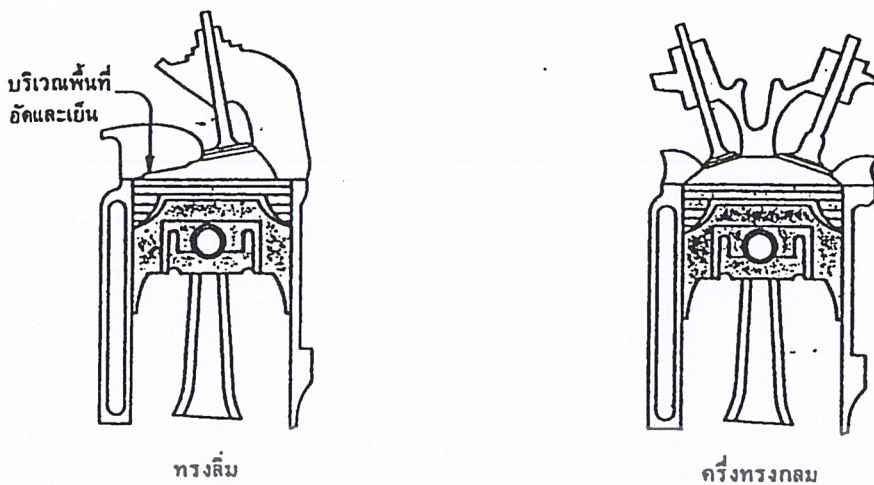
2.1.4 Energy and Power cells

เป็นห้องเผาไหม้แบบใหม่โดยจะใช้ Energy and Power cells อยู่ที่ขอบเขตของ cylinder head และตำแหน่งหัวฉีดจะมีทิศทางส่วนกับพื้นที่ห้องเผาไหม้หลัก การออกแบบนี้นั้น cylinder head จะเป็นแบบหัวเรียบห้องเผาไหม้แบบ energy head จะดีกว่า Precombustion และ Turbulence เนื่องจากมีความต่อเนื่องของส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงสามารถควบคุมอัตราการเผาไหม้และมีช่วงความดันที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากเกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์แบบฉีด โดยตรง ทำให้เครื่องยนต์ขับเคลื่อนได้อย่างนุ่มนวลมีเสียงรบกวนต่ำ ประหยัดน้ำมันและมีมลภาวะต่ำ

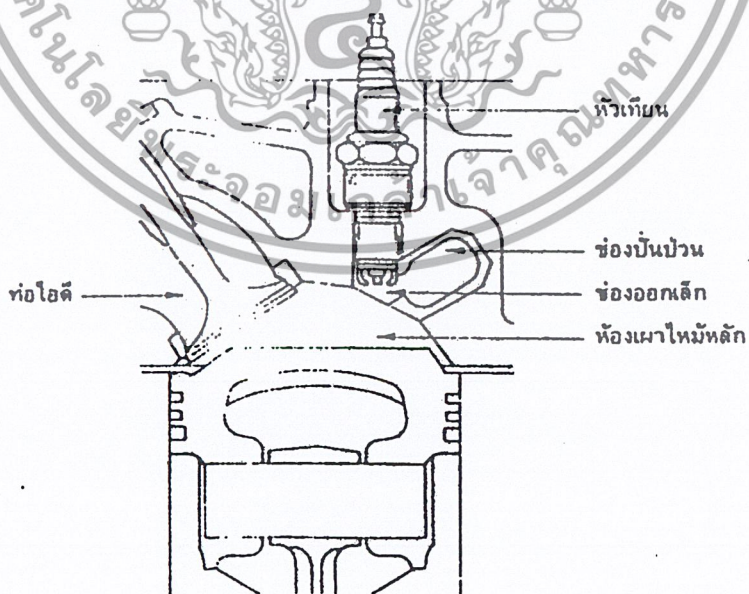
2.2 ห้องเผาไหม้แบบหมุนวน

ฝาสูบเป็นส่วนบนของห้องเผาไหม้ ดังนั้นจึงต้องออกแบบให้มีรูปร่างต่าง ๆ เหมาะสม เพื่อช่วยให้อากาศและไอน้ำมันเชื้อเพลิงผสมเข้ากันได้ดีการเผาไหม้จึงจะสมบูรณ์มากขึ้น รูปแบบแสดงห้องเผาไหม้รูปร่างต่าง ๆ ซึ่งเกิดจากรูปร่างของฝาสูบและหัวลูกสูบ

ฝาสูบของเครื่องยนต์บางชนิดมีส่วนเสริมบางแห่งเพื่อช่วยให้เผาไหม้ดีขึ้น เช่น ในรูปแสดงฝาสูบมีช่องปั่นป่วน (Turbulence – generating port ,TGP) จุดประสงค์ของช่องนี้เพื่อสร้างความปั่นป่วนหรือการหมุนวนของไอติระหว่งการเผาไหม้ในช่วงจังหวะอัด ไอติบางส่วนจะถูกอัดเข้าไปในช่องปั่นป่วน ไอติในช่องปั่นป่วนจะเริ่มเผาไหม้ก่อนส่วนอื่นเพราะอยู่ใกล้หัวเทียนเปลวไฟจากห้องปั่นป่วนจะแพร่กระจายออกมาด้วยความเร็วสูงซึ่งจะช่วยกระจายเปลวไฟอย่างรวดเร็วและมีผลทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์มากขึ้น

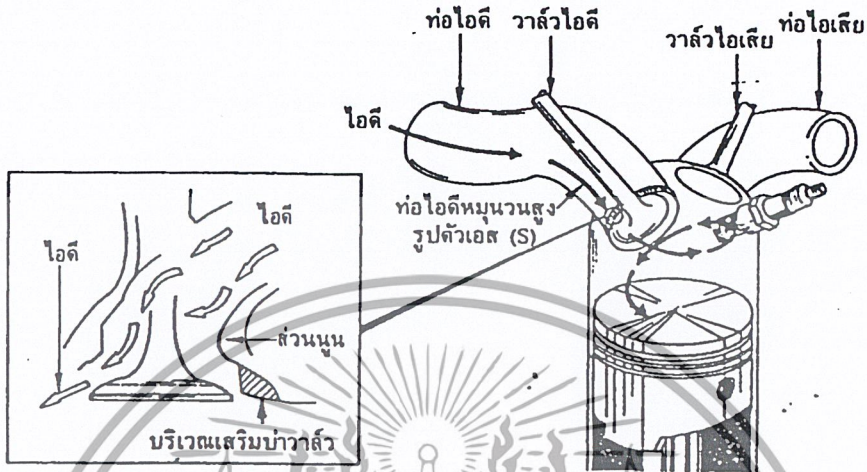


รูปที่ 2-1 แสดงรูปทรงต่าง ๆ ของห้องเผาไหม้



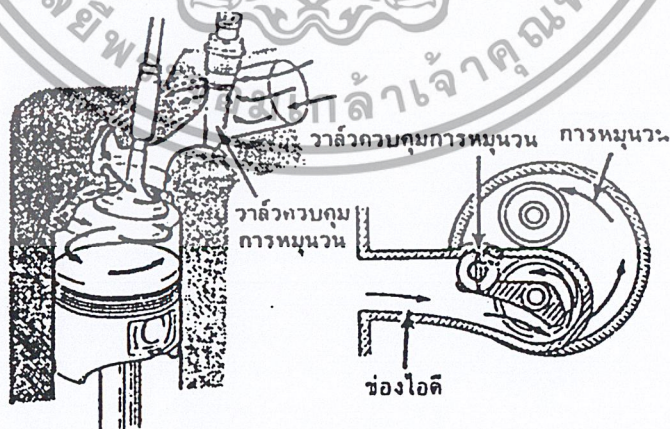
รูปที่ 2-2 แสดงฝาสูบพร้อมห้องปั่นป่วน

เครื่องยนต์บางชนิดได้รับการออกแบบให้ท่อไอดีมีลักษณะคล้ายตัวเอ (A) และใช้วาล์วบ้างเสริม ซึ่งจะช่วยให้ไอดีหมุนวนได้ดีเมื่อไหลเข้าห้องเผาไหม้ บ้างวาล์วจะติดตั้งเชิงศูนย์เนื่องจากส่วนเสริมของบ่าวาล์ว และรูปทรงขงแนวาล์วจะแตกต่างกันไปจากปกติ ดังแสดงในรูป



รูปที่ 2-3 แสดงท่อไอดีหมุนวนสูงรูปตัว เอส (S) และบ่าวาล์วเสริม

การออกแบบในลักษณะอื่นใช้วาล์วควบคุมการหมุนวน (Swirl-control valve) ซึ่งติดตั้งอยู่ในท่อไอดี วาล์วสามารถหมุนได้รอบแกนตั้งและควบคุมด้วยสัญญาณจากชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) ซึ่งส่งมาจาก สวิตช์สัญญาณจากสวิตช์สัญญาณ ในขณะท่าวาล์วปิดคือเมื่อเปิดบางส่วนวาล์วดังกล่าวจะบังคับให้ไอดีหมุนวนอย่างสูงเข้ากระบอกสูบแต่เมื่อบ่าวาล์วเปิดคือเมื่อเปิดกว้างมากขึ้น วาล์วควบคุมการหมุนวนจะเปิดกว้างเพื่อให้ไอดีไหลได้โดยตรงเข้ากระบอกสูบ ดังแสดงในรูป



รูปที่ 2-4 แสดงอากาศไหลผ่านวาล์วเสริม ส่วนไอดีผ่านวาล์วไอดีหลัก

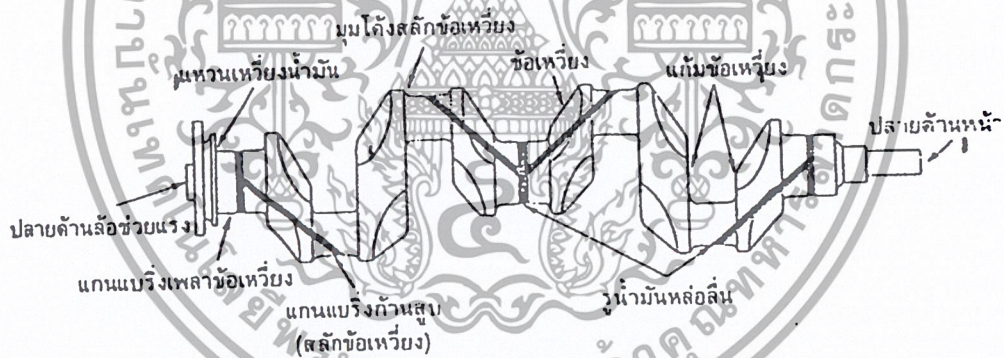
รูปแสดงเครื่องยนต์บางแบบใช้วาล์วไอดีเสริมเพื่อทำให้เกิดการหมุนวนสูง วาล์วไอดีเสริมนี้บางครั้งเรียกว่า วาล์วเจ็ต และมีขนาดเล็กกว่าวาล์วไอดีหลัก ทั้งวาล์วไอดีเสริมและวาล์วไอดีหลักจะเปิดออกพร้อมกัน วาล์วไอดีเสริมจะมีเฉพาะอากาศเท่านั้นที่ไหลผ่าน โดยอากาศไหลมาจากส่วนบนของคาร์บูเรเตอร์ดังแสดงในรูป ส่วนวาล์วไอดีหลักนั้นจะยอมให้ไอดีไหลผ่าน โดยอากาศไหลมาจากส่วนบนของคาร์บูเรเตอร์ดังแสดงในรูป ส่วนวาล์วไอดีหลักนั้นจะยอมให้ไอดีไหลผ่านตามปกติ อากาศที่ไหลผ่านวาล์วไอดีเสริมนั้นไม่มีวาล์วควบคุมดังนั้นจึงไหลเข้ามาได้เต็มที่และความเร็วสูง ซึ่งมีผลทำให้ไอดีในกระบอกสูบไหลวนด้วยความเร็วสูงและเสริมให้การเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น

วิธีอื่น ๆ ที่จะช่วยเสริมให้เกิดความปั่นป่วนของไอดีคือ ใช้ห้องเผาไหม้ล่วงหน้า เครื่องยนต์ดังกล่าวเรียกว่า เครื่องยนต์ส่วนผสมแยกชั้น

2.3 เพลาค้อเหวี่ยง

เพลาค้อเหวี่ยงเป็นเหล็กกล้าผสมที่มีความแข็งแรงสูงเพลาค้อเหวี่ยงต้องมีความแข็งแรงเพียงพอต่อการรับแรงกระทำในช่วงจังหวะกำลังโดยปราศจากการบิดตัวมากเกินไป นอกจากนี้จะต้องมีความสมดุลในขณะหมุนด้วย

เพื่อเสริมให้เพลาค้อเหวี่ยงมีความสมดุลในขณะหมุน จึงมีน้ำหนักถ่วงที่ตำแหน่งตรงข้ามกับสลักข้อเหวี่ยง เพลาค้อเหวี่ยงมีรูปน้ำมันหล่อลื่นจากแบริ่งก้านสูบดังแสดงในรูป



รูปที่ 2-5 เพลาค้อเหวี่ยงมีรูปน้ำมันหล่อลื่นผ่านทะลุจากแบริ่งเพลาค้อเหวี่ยง(แบริ่งหลัก) ไปถึงแบริ่งก้านสูบ

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

ปลาด้านหลังของเพลาค้อเหวี่ยงจะมีล้อช่วยแรงหรือแผ่นขยับยึดติดอยู่ ส่วนปลาด้านหน้าของเพลาค้อเหวี่ยงจะมีชิ้นส่วน 3 ชิ้นส่วนยึดติดอยู่ ได้แก่ เฟืองหรือล้อเฟืองซึ่งขับเคลื่อนเพลาลูกเบี้ยวตัวลูกกลิ้งการันตะเทียน และพูลเลย์

เพื่อเป็นการลดน้ำหนักของเพลาค้อเหวี่ยง จึงออกแบบให้เพลาค้อเหวี่ยงมีรูกลวงภายในดังที่พบในเครื่องยนต์ 3 สูบ ข้อสังเกต เพลาค้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์สำหรับรถยนต์ทั่วไปมักจะผลิตขึ้นมาเป็นชิ้นเดียวกันตามที่ได้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวมาแล้ว แต่มีเพลาคือเหียงของเครื่องชนิดของรถจักรยานยนต์บางแบบสามารถแยกออกเป็นหลาย ๆ ชิ้นได้ ซึ่งทำให้สามารถใช้เหียงแบบลูกปืนที่ปลายทั้ง 2 ข้างของก้านสูบได้

2.4 จุดประสงค์ของลูกสูบ

ในเครื่องยนต์ ลูกสูบถ่ายทอดแรงและการเคลื่อนที่ซึ่งมีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงความดันที่กระทำต่อหัวลูกสูบ การเปลี่ยนแปลงความดันทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นและลงในกระบอกสูบการเคลื่อนที่ขึ้นลงของลูกสูบมีผลดังนี้

1. เกิดสูญญากาศในกระบอกสูบในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลง จึงทำให้ไอดีไหลเข้ากระบอกสูบ (จังหวะดูด)
2. ไอดีในกระบอกสูบถูกอัดเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้น (จังหวะอัด)
3. ถ่ายทอดความดันเนื่องจากการเผาไหม้ผ่านก้านสูบไปสู่สลักข้อเหียงในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลง(จังหวะกำลัง)
4. ไอดีไหลเสียออกจากกระบอกสูบเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้น(จังหวะคาย)

แม้ว่าลูกสูบจะดูคล้ายกับเป็นชิ้นส่วนง่าย ๆ แต่ในการออกแบบก็ได้มีการศึกษาและปรับปรุงกันอย่างกว้างขวาง ลูกสูบต้องมีน้ำหนักเบาเพื่อลดภาระความเฉื่อยที่เบรียงให้น้อยที่สุดแต่ต้องมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะรับความดันสูบและอุณหภูมิสูงในระหว่างการเผาไหม้ไอดี

2.5 ลูกสูบ

2.5.1 วัสดุที่ใช้ทำลูกสูบ

ในสมัยก่อนลูกสูบจะสร้างมาจากเหล็กหล่อแต่ในปัจจุบันลูกสูบจะทำมาจากอะลูมิเนียมหล่อหรือชุบอะลูมิเนียมนี้เป็นวัสดุที่เหมาะสมที่จะใช้ทำเป็นลูกสูบจะต้องสามารถรับความเค้นได้เป็นอย่างดีในทุก ๆ ครั้งที่เพลาคือเหียงหมุนไป 1 รอบ ลูกสูบ จะต้องสามารถรับความเค้นได้อย่างดี ในทุก ๆ ครั้งที่เพลาคือเหียงหมุนไป 1 รอบ ลูกสูบจะเริ่มทำงานและหยุดทำงานได้ 2 ครั้ง, อย่างเช่นความเร็ว 3000 รอบ ลูกสูบที่มีการเปลี่ยนแปลง 6000 ครั้งต่อนาที หรือ 100 ครั้งต่อวินาทีด้วยเหตุนี้ลูกสูบจึงควรมีน้ำหนักเบาเท่าที่จะทำได้ ที่หัวของลูกสูบจะสัมผัสความร้อนภายในห้องเผาไหม้โดยตรงและจะต้องกำจัดความร้อนให้ทัน ไมเช่นนั้นหัวลูกสูบจะละลาย

2.5.2 หัวลูกสูบ

โดยปกติหัวลูกสูบจะมีลักษณะแหลม และกระโปรงจะมีลักษณะเป็นเป็นวงรี , ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางส่วนหัวลูกสูบจะมีขนาดเล็กกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางกระโปรงลูกสูบโดยประมาณ 0.019"-0.048" นี้

2.5.3 ร่องแหวนลูกสูบ

แหวนลูกสูบอันบนสุดมักจะวางในตำแหน่งที่สูงที่สุดเท่าที่สามารถจะวางได้บนลูกสูบ ประมาณหนึ่งเพื่อเป็นการช่วยเพิ่มความทนทานของแหวนลูกสูบ

2.5.4 รูปร่างของหัวลูกสูบ

บรรดาผู้ผลิตทั้งหลายใช้รูปร่างลูกสูบแบบต่าง ๆ กันในเครื่องยนต์แต่ละประเภทสำหรับอัตราส่วนการอัดที่แตกต่างกัน

2.5.5 รูปทรงของลูกสูบ

รูปทรงของลูกสูบลูกสูบมีหลายแบบ เครื่องยนต์สมัยเก่ามีกระบอกสูบเล็กและระยะชักยาว มักใช้ลูกสูบแบบกระโปรงเต็ม (Full-skirt piston) ต่อมาเครื่องยนต์มีระยะชักสั้น จึงนิยมใช้ลูกสูบแบบกระโปรงตัด (slipper piston) นอกจากนี้จะช่วยลดน้ำหนักของลูกสูบแล้วยังเป็นช่องว่างสำหรับการติดตั้งน้ำหนักถ่วงดุลบนเพลาค้ำข้อเหวี่ยงอีกด้วย และลูกสูบแบบกระโปรงตัดยังช่วยให้การควบคุมการขยายตัวของลูกสูบง่ายขึ้น

2.5.6 ระยะช่องว่างลูกสูบ

ระยะช่องว่างลูกสูบเป็นระยะห่างระหว่างผนังกระบอกสูบกับกระโปรงลูกสูบหรือส่วนล่างของลูกสูบ บางครั้งเรียกว่า ระยะช่องว่างกระโปรงลูกสูบ ระยะช่องว่างลูกสูบลูกสูบมีขนาดไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับประเภทของเครื่องยนต์ เครื่องยนต์สำหรับรถแข่งมีระยะช่องว่างลูกสูบลูกสูบมากกว่าเครื่องยนต์ทั่วไป ทั้งนี้เพื่อให้ น้ำมันหล่อลื่นสามารถไหลเข้าถึงแหวนอัดตัวบนได้

สำหรับรถยนต์ทั่ว ๆ ไประยะช่องว่างของลูกสูบลูกสูบมักอยู่ระหว่าง 0.025 ถึง 0. mm ในขณะที่เครื่องยนต์กำลังทำงาน ระยะช่องว่างลูกสูบลูกสูบเต็มไปดด้วยน้ำมันหล่อลื่น ลูกสูบลูกสูบและแหวนลูกสูบลูกสูบเคลื่อนที่อยู่บนฟิล์มน้ำมันหล่อลื่น

ถ้าระยะช่องว่างลูกสูบลูกสูบเล็กเกินไป จะมีการสูญเสียกำลังเนื่องจากความฝืด มีการสึกหรอสูง และอาจทำให้ลูกสูบลูกสูบติดตายในกระบอกสูบซึ่งทำให้เครื่องยนต์ใช้งานต่อไปไม่ได้ ถ้าระยะช่องว่างลูกสูบลูกสูบใหญ่เกินไป ลูกสูบลูกสูบอาจกระทบกับผนังลูกสูบลูกสูบ ลูกสูบลูกสูบอาจกระทบกับผนังลูกสูบลูกสูบจนสามารถได้ยินเสียงได้ โดยปกติแล้วการกระทบของลูกสูบลูกสูบกับกระบอกสูบมักเกิดขึ้นกับเครื่องยนต์เก่าซึ่งผนังกระบอกสูบและกระโปรงลูกสูบลูกสูบสึกหรอมาก หรือกระโปรงลูกสูบลูกสูบชำรุด

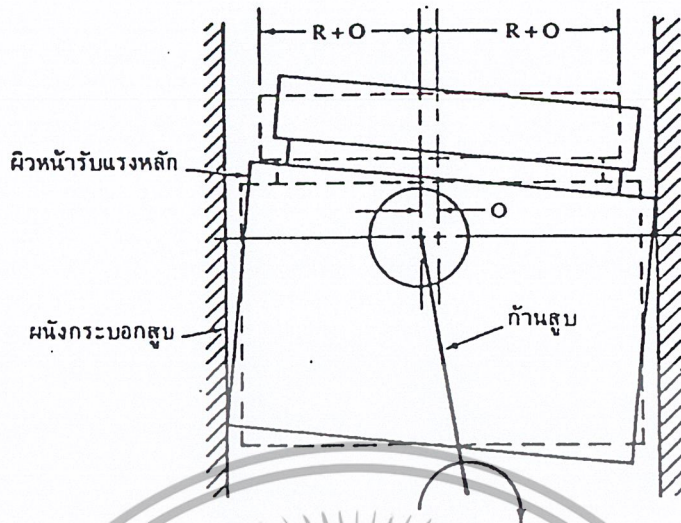
โดยทั่วไปแล้วลูกสูบลูกสูบทำงานร้อนกว่าผนังกระบอกสูบและขยายตัวมากกว่า การขยายตัวต้องควบคุมให้เหมาะสมเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้ระยะช่องว่างลูกสูบลูกสูบแคบเกินไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งลูกสูบลูกสูบที่ทำด้วยอะลูมิเนียมผสมซึ่งขยายตัวได้รวดเร็วกว่าเหล็กเมื่ออุณหภูมิเพิ่ม

2.5.7 รูปทรงของหัวลูกสูบ

รูปทรงของลูกสูบลูกสูบอย่างง่ายที่สุดคือ หัวแบน ในอดีตเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนการอัดมักใช้ลูกสูบลูกสูบหัวโดมรูปต่าง ๆ เพื่อลดปริมาตรห้องเผาไหม้และเพิ่มอัตราส่วนการอัด ข้อจำกัดของลูกสูบลูกสูบหัวโดมคือ ในขณะที่เปิดวาล์วต้องมีเนื้อที่ว่างเพียงพอ เพื่อไม่ให้ชนกับหัวลูกสูบลูกสูบ ดังนั้นหัวลูกสูบลูกสูบจึงต้องทำร่องบากเพื่อเป็นช่องว่างสำหรับวาล์ว

2.5.8 การเยื้องศูนย์กลางของสลักลูกสูบ

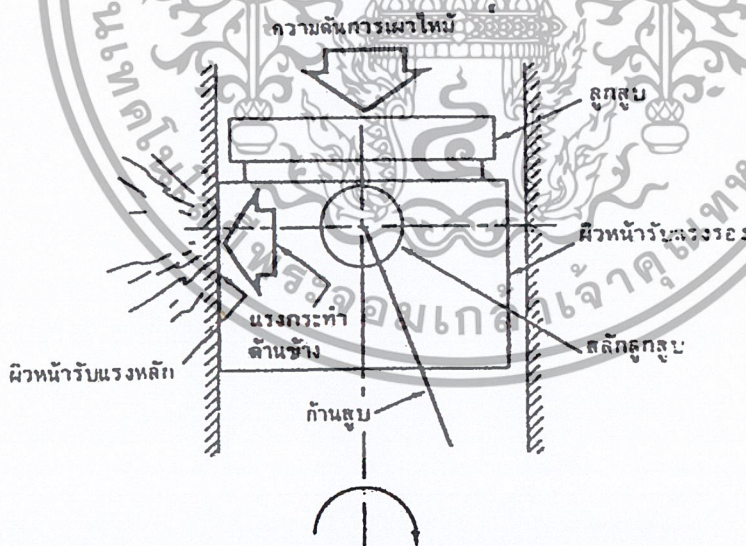
เครื่องยนต์ส่วนมาก สลักลูกสูบลูกสูบเยื้องศูนย์กลางจากเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบลูกสูบไปทางด้านผิวหน้ารับแรงหลัก ผิวหน้านี้ทำหน้าที่รับแรงกระทำระหว่างลูกสูบลูกสูบกับผนังกระบอกสูบในช่วงจังหวะกำลังดังแสดงในรูป



รูปที่ 2-6 การเยื้องศูนย์กลางของสลักลูกสูบทำให้ลูกสูบเอียง R คือรัศมีของลูกสูบและ O คือระยะ

เยื้องศูนย์กลางของสลักลูกสูบ

ถ้าสลักลูกสูบไม่เยื้องศูนย์กลาง ผิวหน้ารับแรงรองจะยังคงสัมผัสกับผนังกระบอกสูบจนกระทั่งสิ้นสุดจังหวะการอัด และเมื่อจังหวะกำลังเริ่มขึ้น มุมก้านสูบจะเปลี่ยนจากซ้ายไปขวา สิ่งนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนผิวหน้ารับแรงอย่างทันทีทันใดจากผิวหน้ารับแรงรองไปเป็นผิวหน้ารับแรงหลัก ถ้าระยะช่องว่างลูกสูบมีมากเพียงพอ จะทำให้เกิดเสียงดังเนื่องจากการกระทบกันของลูกสูบกับผนังกระบอกสูบ



รูปที่ 2-7 สลักลูกสูบไม่เยื้องศูนย์กลางทำให้เกิดกระทบกันระหว่างลูกสูบและผนังลูกสูบจนสามารถได้ยินเสียง

ถ้าสลักลูกสูบเยื้องศูนย์กลางความดันจะทำให้ลูกสูบเอียงเมื่อลูกสูบใกล้ศูนย์กลางตายบน ส่วนล่างของผิวหน้ารับแรงหลักจะสัมผัสกับผนังกระบอกสูบ หลังจากลูกสูบเคลื่อนที่ผ่านศูนย์กลางตายบนแล้ว ผิวหน้ารับแรงหลักจะเข้าสัมผัสกับผนังกระบอกสูบเต็มผิวหน้า สิ่งนี้จะช่วยให้ไม่เกิดเสียงดังและยืดอายุลูกสูบ

การเอียงของลูกสูบเกิดขึ้นเพราะการเยื้องศูนย์กลางของสลักลูกสูบ ทำให้ระยะข้างขวาเท่ากับ $R+O$ และระยะห่างข้างซ้ายเท่ากับ $R-O$ ดังนั้นเมื่อมีความดันบนลูกสูบจะทำให้ลูกสูบเอียง

2.6 จุดประสงค์ของวาล์วและกลไกวาล์ว

โดยทั่วไปกลไกวาล์วเครื่องยนต์มี 2 ชนิด ได้แก่ วาล์วไอดี (Intake valve) ซึ่งเปิดให้ไอดีไหลออกจากกระบอกสูบ

กลไกวาล์ว (Valve train) ทำหน้าที่ควบคุมการเปิดและปิดวาล์ว โดยถ่ายทอดการเคลื่อนที่ของเพลาลูกเบี้ยวไปยังวาล์ว การจัดวางกลไกวาล์วทำได้ 3 แบบคือ แบบหัวแอล (L) ซึ่งปัจจุบันไม่ใช่แล้วในเครื่องยนต์ แบบเพลาลูกเบี้ยวในเสื้อสูบหรือแบบก้านกระแทง (Pushrod) และแบบโอเวอร์เฮดแคมชาฟต์ (OHC) ซึ่งมีเพลาลูกเบี้ยวอยู่ในฝาสูบ

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

2.6.1 วาล์วไทมิ่ง

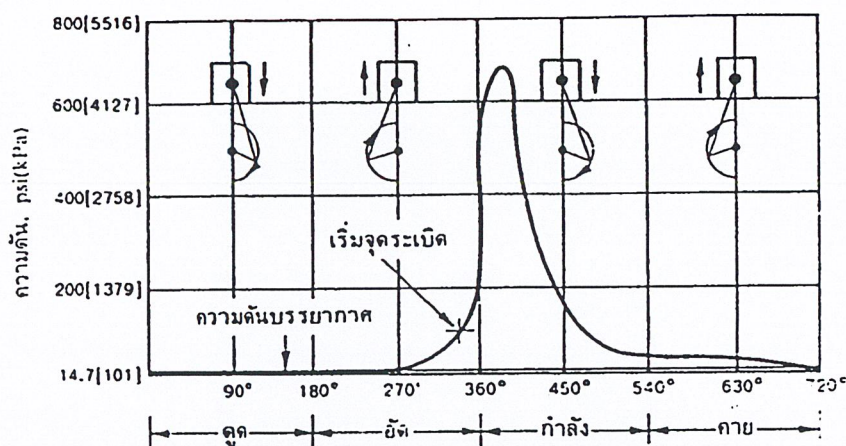
วาล์วไทมิ่ง (Timing valve) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานของวาล์วกับตำแหน่งของลูกสูบ ไทมิ่งกำหนดเป็นตัวเลขมุมของเพลาลูกเบี้ยวที่ตำแหน่งก่อนหรือหลังศูนย์กลางตายบน (TDC) หรือศูนย์กลางตายล่าง (BCD) ตัวเลขมุมแสดงตำแหน่งเปิดและปิดของวาล์วที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของลูกสูบ



รูปที่ 2-8 แผนภาพวาล์วไทมิ่ง

จากแผนภาพวาล์วไทมิ่งดังแสดงในรูปจะเห็นว่า วาล์วไอดีเริ่มเปิดที่ตำแหน่งที่ 47 องศา ก่อนศูนย์กลางตายล่างของจังหวะกำลัง และยังคงดำเนินต่อไปจนกระทั่งจบจังหวะกำลัง และเปิดต่อไปจนสิ้นสุดจังหวะดูดการที่วาล์วไอดีเปิดก่อนและปิดทีหลังดังกล่าว ก็เพื่อให้ไอดีมีเวลาพักเพียงพอในการไหลออกจากกระบอกสูบ

ที่ตำแหน่ง 47 องศา ก่อนศูนย์กลางตายล่าง ความดันในกระบอกสูบได้ลดลงอย่างมาก เพราะว่าพลังงานส่วนใหญ่ได้ถ่ายทอดผ่านลูกสูบไปยังเพลาลูกเบี้ยวแล้ว รูปแสดงความดันในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ ความดันสูงสุดของจังหวะกำลังคือประมาณ 700 psi (4826 kPa) และที่ตำแหน่ง 47 องศา ก่อนศูนย์กลางตายล่าง ความดันลดลงเหลือเพียงประมาณ 100 psi (690 kPa)



รูปที่ 2-9 ความดันในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

จากรูปวาล์วไอดีเริ่มเปิดที่ตำแหน่ง 12 องศา ก่อนศูนย์ตายบนของจังหวะคายเนื่องจากวาล์วไอดียังคงเปิดอยู่ และจะปิดเมื่อถึงตำแหน่ง 21 องศาหลังจากศูนย์ตายบน ดังนั้นวาล์วไอดีและวาล์วไอดีเปิดพร้อมกันด้วยมุม 33 องศา การเหลื่อมกันดังกล่าวเรียกว่า การเหลื่อมวาล์ว (valve overlap) วาล์วไอดียังคงเปิดต่อไปและจะปิดเมื่อถึงตำแหน่ง 56 องศาหลังศูนย์ตายล่างของจังหวะอัด สิ่งนี้ช่วยให้ไอดีมีเวลาไหลเข้ากระบอกสูบมากขึ้น

ข้อสังเกต เมื่อเรากล่าวถึงการเปิดและปิดวาล์วที่ตำแหน่งก่อนหรือหลังศูนย์ตายล่างหรือศูนย์ตายบน ที่จริงแล้วตำแหน่งนั้นวาล์วเริ่มเปิดออกหรือปิดสนิทเท่านั้น ก่อนที่วาล์วจะถึงจุดเปิดเต็มที่หรือปิดสนิท เพลาลูกเบี้ยวจะต้องหมุนไปหลายองศา

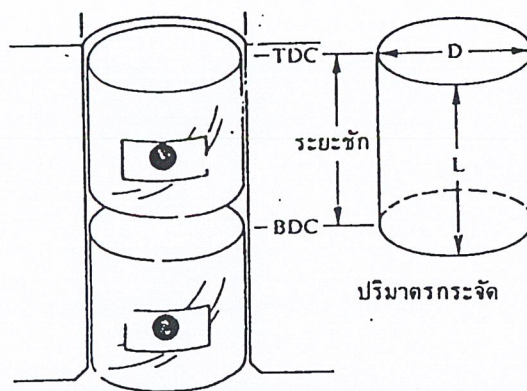
ไทมิ่งของวาล์วมีผลมาจากความสัมพันธ์ระหว่างเฟืองหรือล้อเฟืองบนเพลาลูกเบี้ยวกับเฟือง หรือ ล้อเฟืองของเพลาลูกเบี้ยว และรูปทรงของเพลาลูกเบี้ยว การเปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์ดังกล่าวทำให้ไทมิ่งของการเปิดและปิดวาล์วเปลี่ยนไป ในทำนองเดียวกันวาล์วไอดีจะเปิดก่อนและปิดก่อนเช่นกัน สิ่งนี้ทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์ลดลงอย่างมาก ดังนั้นก่อนประกอบเฟืองหรือล้อเฟืองเข้าด้วยกัน ควรตรวจสอบคู่มือเครื่องมาให้ตรงกันตามกำหนด

2.7 ขนาดกระบอกสูบและระยะชัก

ขนาดกระบอกสูบ (Bore) คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ ระยะชัก (stroke) คือ ระยะการเคลื่อนที่ของลูกสูบจากศูนย์ตายล่างถึงศูนย์ตายบน (จาก BDC ถึง TDC)

การกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับกระบอกสูบนิยมกำหนดด้วยขนาดกระบอกสูบด้วยระยะชัก เช่น เครื่องยนต์ 83x88 mm หมายถึงขนาดกระบอกสูบเท่ากับ 83mm และระยะชักเท่ากับ 88 mm

เครื่องยนต์ที่มีขนาดกระบอกสูบสั้นกว่าระยะชักเรียกว่าอันเดอร์สแควร์ (undersquare) ส่วนเครื่องยนต์ที่มีขนาดกระบอกสูบเท่ากับระยะชัก เช่นเครื่องยนต์ 88x88 mm เรียกว่า โอเวอร์สแควร์ (oversquare) ส่วนเครื่องยนต์ที่มีขนาดกระบอกสูบเท่ากับระยะชักเรียกว่า สแควร์ (square) เช่น เครื่องยนต์ 85x85mm



รูปที่ 2-10 ขนาดกระบอกสูบ ระยะชัก และปริมาตรการกระจัด

เครื่องยนต์ไอเวอร์สควอร์มีข้อดีหลายประการ ระยะชักสั้นลงทำให้แหวนลูกสูบเคลื่อนที่สั้นลง การสูญเสียพลังงานเนื่องจากความฝืดลดลง ภาระแบ็งลดลง และความสูงของเครื่องยนต์ลดลง

อย่างไรก็ตามเครื่องยนต์ที่มีระยะชักสั้นเกินไปก็มีผลเสียเช่นกันคือ การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์เครื่องยนต์บางเครื่องต้องเพิ่มระยะชักให้ยาวขึ้นเพื่อลดมลพิษที่ปล่อยออกมาทางท่อไอเสีย

2.8 อัตราส่วนการอัด

อัตราส่วนการอัด (Compression ratio) ของเครื่องยนต์คือ การวัดปริมาตรที่ไอดี (อากาศ) ถูกอัดตัวในกระบอกสูบระหว่างจังหวะอัด การคำนวณทำได้โดยนำปริมาตรอากาศในหนึ่งกระบอกสูบเมื่ออยู่ในตำแหน่ง BDC หารด้วยปริมาตรอากาศเมื่อลูกสูบอยู่ที่ตำแหน่ง TDC

ปริมาตรอากาศในขณะที่ลูกสูบอยู่ที่ตำแหน่ง TDC เรียกว่า ปริมาตรช่องว่าง (clearance Volume) ซึ่งก็คือ ปริมาตรห้องเผาไหม้นั่นเอง

2.8.1 การเพิ่มอัตราส่วนการอัด

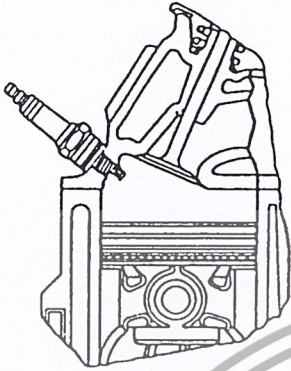
โดยเฉลี่ยแล้วอัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์ใหม่ ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในแต่ละปี ทั้งนี้เพราะว่าการเพิ่มอัตราส่วนการอัดจะช่วยทำให้กำลังเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นและประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้น โดยไม่ต้องเพิ่มขนาดหรือน้ำหนักเครื่องยนต์

เครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนการอัดสูงจะอัดไอดีมากขึ้น ทำให้ความดันในกระบอกสูบที่จัดเริ่มต้นของจังหวะกำลังสูงมากขึ้น เมื่อจุดระเบิดเผาไหม้ไอดีจะมีแรงกระทำกับลูกสูบมากขึ้น และเป็นผลทำให้ได้กำลังมากขึ้น

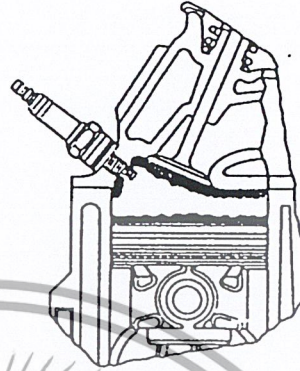
ในสมัยก่อนอัตราส่วนการอัดโดยเฉลี่ยประมาณ 8:1 ต่อมาเพิ่มขึ้นจนบางเครื่องสูงถึง 9:5:1 เมื่อไม่นานมานี้ ความก้าวหน้าของวิศวกรรมยานยนต์เกี่ยวกับการเผาไหม้ด้วยส่วนผสมบางการเผาไหม้เร็วของไอดี การใช้ห้องเผาไหม้แบบหมุนวน และการควบคุมไอเสีย ช่วยให้สามารถใช้เครื่องยนต์อัตราส่วนการอัดสูงได้โดยไม่เกิดผลเสียต่อเครื่องยนต์และการเกิดมลพิษ

เนื่องจากอัตราส่วนการอัดสูงทำให้ความดันของไอดีสูงในระหว่างจังหวะอัด และอุณหภูมิของไอดีสูงขึ้นด้วยเช่นกัน อัตราส่วนการอัดยิ่งสูงจะยิ่งทำให้อุณหภูมิของไอดีเพิ่มขึ้น และอาจทำให้ไอดีสามารถจุดระเบิด

เองได้ด้วยเช่นกัน ซึ่งก่อให้เกิดการเผาไหม้ผิดปกติหรือน็อก น้ำมันเชื้อเพลิงที่ผสมสารตะกั่ว (เตตราเอทิลเลด) สามารถควบคุมปัญหานี้ได้ แต่ถ้านำสารตะกั่วออกไปจะต้องลดอัตราส่วนการอัดเพื่อลดโอกาสการเกิดการเผาไหม้ผิดปกติตะกอนคาร์บอนที่สะสมภายในกระบอกสูบมีส่วนทำให้อัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น เพราะว่าตะกอนคาร์บอนเข้าแทนที่ปริมาตรช่องว่าง



อัตราส่วนการอัด 8:25:1



อัตราส่วนการอัด 10:1

รูปที่ 2-11 การสะสมของตะกอนคาร์บอนทำให้อัตราส่วนการอัดเพิ่มขึ้นจาก 8:25:1 เป็น 10:1

ซึ่งทำให้อัตราส่วนการอัดเพิ่มขึ้นจาก 8:25:1 เป็น 10:1 ตะกอนคาร์บอนภายในกระบอกสูบเกิดขึ้นจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์และการเผาไหม้น้ำมันหล่อลื่นภายในห้องเผาไหม้ นอกจากนี้ตะกอนคาร์บอนภายในกระบอกสูบยังมีส่วนทำให้เกิดมลพิษทางท่อไอเสียมากขึ้น ทั้งนี้เพราะว่าคาร์บอนดูดซับน้ำมันเชื้อเพลิงจากไอดีและจากก๊าซที่เผาไหม้ หลังจากที่มีความดันลดลงในจังหวะคาย คาร์บอนจะปล่อยไอระเหยของน้ำมันเชื้อเพลิงออกมาพร้อมกับก๊าซไอเสีย ทำให้ไอเสียมีไฮโดรคาร์บอน (HC) ซึ่งเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ยังไม่ได้เผาไหม้เพิ่มขึ้น

บทที่ 3

การทดลองและผลการทดลอง

3.1 วัตถุประสงค์ของการสร้างชุดทดลอง

ในการศึกษาลักษณะการไหลของอากาศภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์จำเป็นต้องสร้างชุดทดลองที่สามารถจำลองการทำงานของเครื่องยนต์และสามารถเห็นลักษณะการไหลของอากาศภายในกระบอกสูบได้จึงได้ทำการออกแบบและสร้างชุดทดลองที่มีลักษณะใกล้เคียงกับเครื่องยนต์จริงมากที่สุด โดยกระบอกสูบทำจากวัสดุโปร่งใส และใช้มอเตอร์เป็นตัวขับให้ชุดทดลองทำงาน

3.2 อุปกรณ์การทดลอง

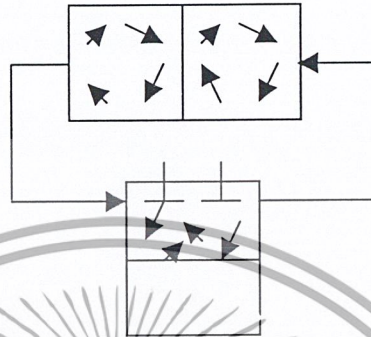
1. เพลาช้อเหวี่ยง มีช่วงชัก 70 mm
2. เพลาลูกเบี้ยว มีความสูงของลูกเบี้ยว 10 mm
3. วาล์ว แบ่งเป็น
 - วาล์วไอดี 2 ตัว เส้นผ่าศูนย์กลาง 32 mm
 - วาล์วไอเสีย 2 ตัว เส้นผ่าศูนย์กลาง 29 mm
4. กระบอกสูบนํ้า ทำจากท่อเหล็กมีขนาด
 - เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 90 mm
 - เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 84 mm
5. กระบอกสูบใสทำจากอะคริลิก
 - เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 90 mm สูง 100 mm
 - เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 84 mm
6. เพลาทดรอบและอนุภาคที่ใช้แทนองศา
7. มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 เฟส 220 V 2HP 1410 rpm
8. แหล่งกำเนิดแสง (Slit light source)
9. ลูกสูบพลาสติก

Type	D(mm)	H(mm)	มุม	หมายเหตุ
หลุมหนึ่งหลุม	80	70	-	หลุมกว้าง 60mm
หลุมสองหลุม	80	70	-	-
สันนูน	80	70	-	สันกว้าง 40 mm สูง 10 mm
หัวแหลม	80	70	30	-

ตารางที่ 3-1 แสดงลักษณะกระบอกสูบ

10. ระบบหมุนเวียนอนุภาคระบบปิด

- มอเตอร์ขนาด 12 V ติดใบพัด
- ท่อยาง
- แบตเตอรี่ 9 V



รูปที่ 3-1 ระบบหมุนเวียนอนุภาค

11. ความเร็วรอบมอเตอร์ของชุดทดลอง

ในการทดลองใช้ความเร็วรอบที่ 77 รอบต่อนาที

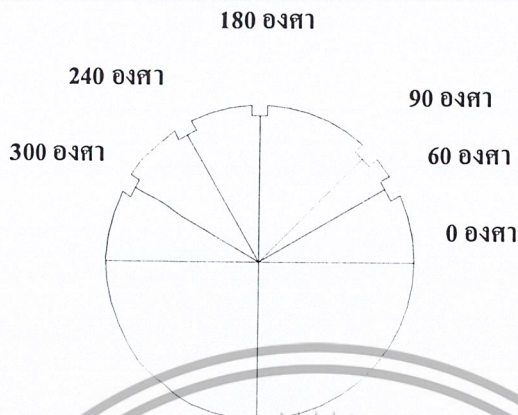
ตารางความเร็วรอบของเพลาลูกเบี้ยว

ตัวตาม(in)	2	3	4	5
ตัวขับ(in)	77	115.5	154	192.5

ตารางที่ 3-2 แสดงความเร็วของชุดทดลอง

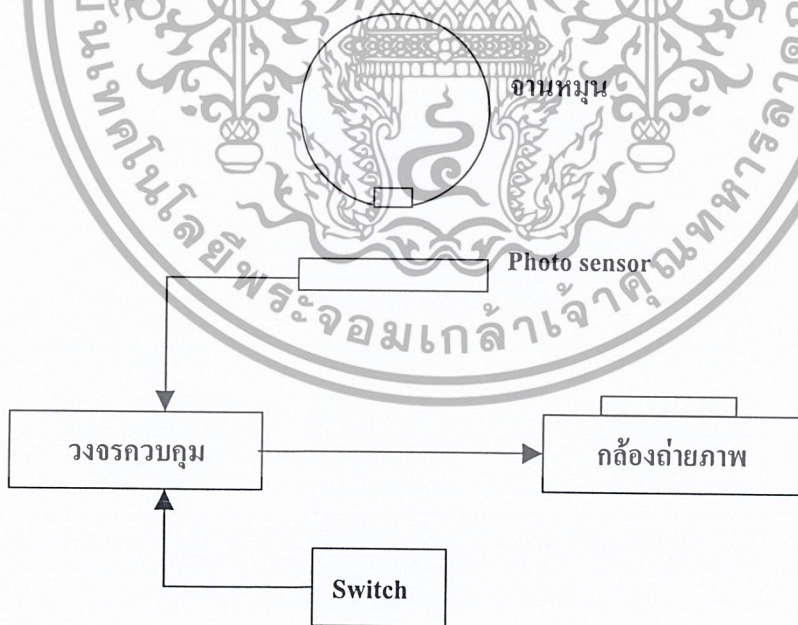
12. ชุดควบคุมการถ่ายภาพ

- วงจรควบคุม
- จานหมุน โดยจานหมุนจะติดตั้งที่เพลาลูกเบี้ยวและการกำหนดองศาของเพลาลูกเบี้ยวที่จานหมุนจะกำหนดองศาเป็นครึ่งหนึ่งขององศาที่เพลาลูกเบี้ยวเช่นที่ 60 องศาของเพลาลูกเบี้ยวที่จานหมุนจะกำหนดที่มุม 60 องศาเนื่องมาจากเพลาลูกเบี้ยวหมุนสองรอบเท่ากับเพลาลูกเบี้ยวหมุนหนึ่งรอบ

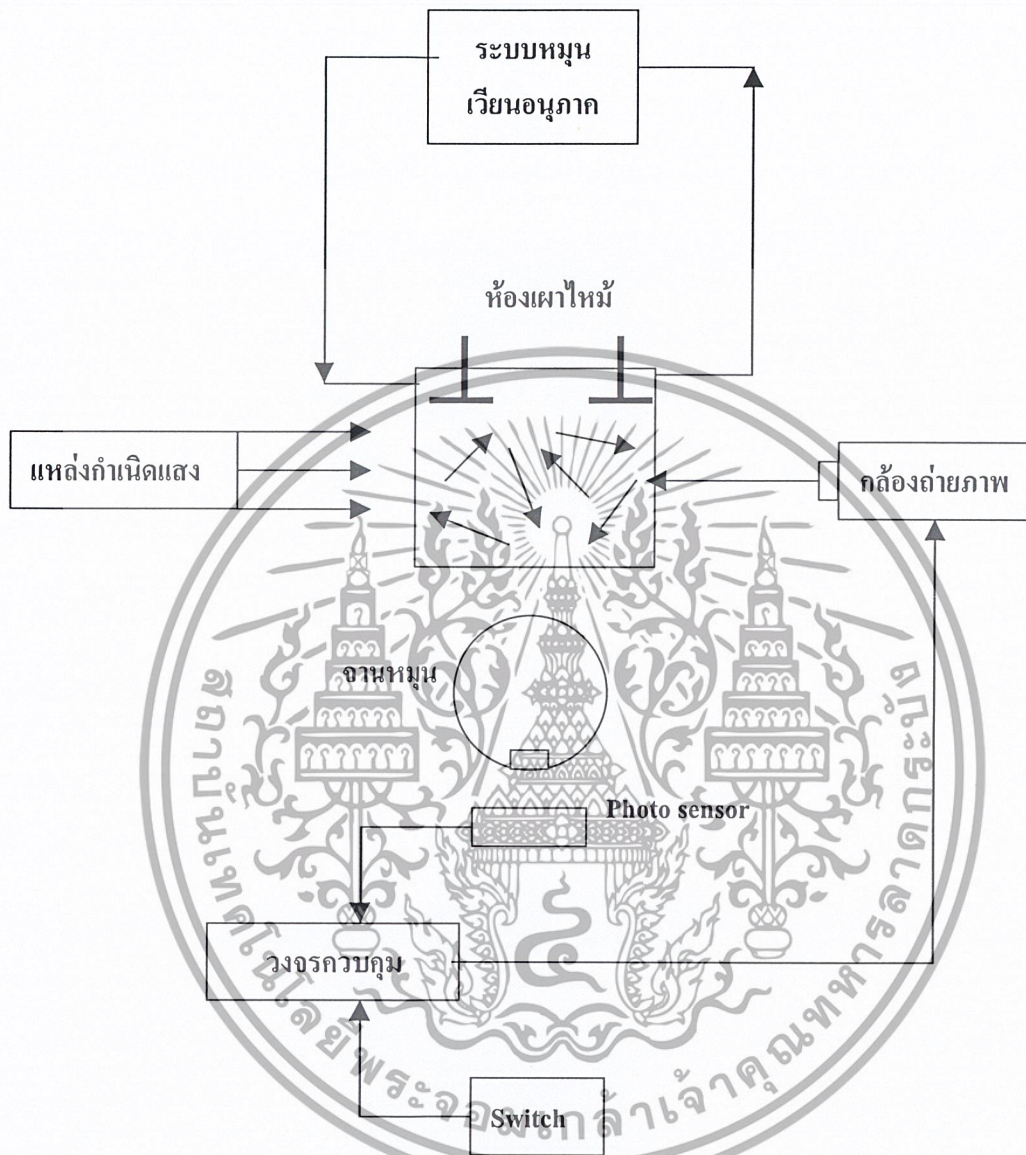


รูปที่3-2 แสดงจานหมุน

ในส่วนของวงจรควบคุมจะประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ ไฟโตเซนเซอร์ , ส่วนขยายสัญญาณและรีเลย์ และสวิตช์ โดยการทำงานคือเมื่อจานหมุนผ่านไฟโตเซนเซอร์แล้วที่ไฟโตเซนเซอร์จะส่งสัญญาณมายังตัวขยายสัญญาณ เพราะสัญญาณที่ส่งมาจากไฟโตเซนเซอร์มีกระแสไม่เพียงพอที่จะทำให้รีเลย์ทำงานได้ หลังจากนั้นรีเลย์จะทำหน้าที่แทนสวิตช์ในการควบคุมการถ่ายภาพ



รูปที่3-3 แสดงชุดควบคุมการถ่ายภาพ

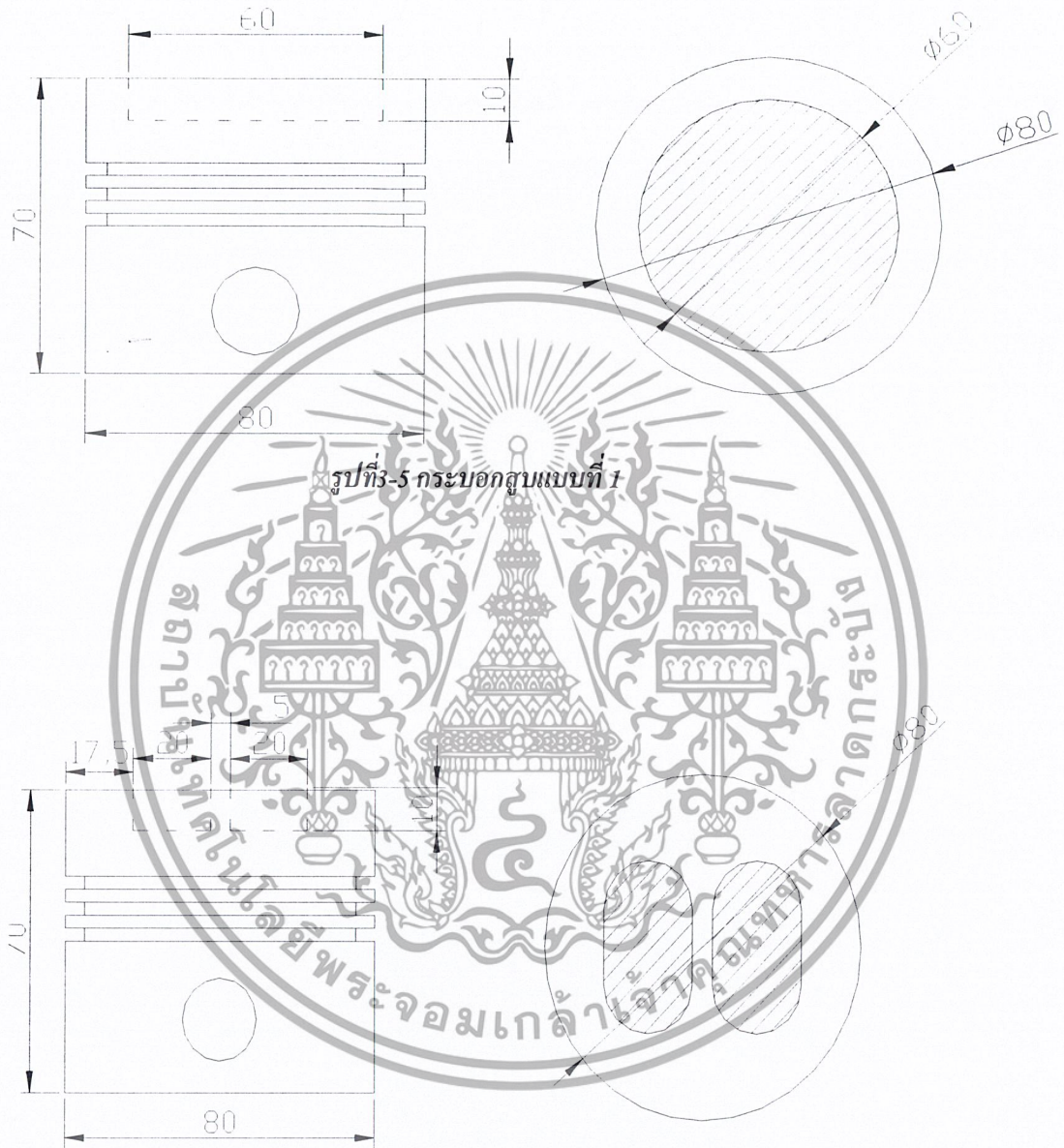


รูปที่ 3-4 แสดงชุดทดลอง

13. ชุดทดลอง

การทำงานของชุดทดลอง โดยเริ่มแรกจะทำการบรรจุอนุภาคลงในกล่องที่เก็บอนุภาคแล้วทำการเปิดพัดลมภายในกล่องเพื่อที่จะให้อนุภาคมีการกระจายตัว แล้วหลังจากนั้นเปิดแหล่งกำเนิดแสงให้มีความกว้าง 5 mm โดยให้แสงฉายมายังกึ่งกลางกระบอกสูบ แล้วเปิดมอเตอร์ให้ชุดทดลองทำงานแล้วหลังจากนั้นจะทำการถ่ายภาพการทดลอง

3.3 ลักษณะกระบอกสูบ



รูปที่ 3-6 กระบอกสูบแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-8 กระบอกสูบแบบที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการวัดผลการทดลอง

โดยขั้นตอนวิธีการวัดผลการทดลองแบ่งได้ 4 ส่วนซึ่งประกอบด้วย

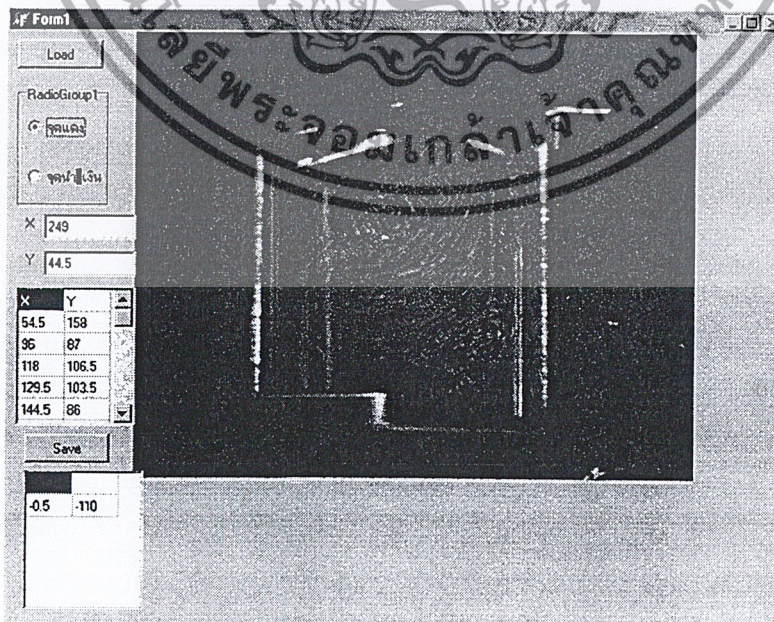
- ถ่ายภาพการทดลอง
- การวัดตำแหน่งของอนุภาค
- การคำนวณค่าความเร็วของอนุภาค
- การสร้าง VECTOR FIELD
- Interpolate

3.4.1 ถ่ายภาพการทดลอง

จากการทดลองที่ওয়াสกาใดๆ จะทำการทดลองที่ความเร็วซัตเตอร์ 3 ค่า ประกอบด้วยความเร็วซัตเตอร์ 1/6, 1/8, 1/10 โดยมีค่าระยะเวลาเท่ากับ 0.167, 0.125, 0.100 วินาที ซึ่งเหตุผลที่ทำการทดลองที่ความเร็วซัตเตอร์ทั้ง 3 ค่าเนื่องมาจากการไหลของอนุภาคในระบบท่อสุบแต่ละบริเวณภายในระบบท่อสุบมีการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่ความเร็วแตกต่างกันไปซึ่ง การทำการทดลองที่ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของอนุภาคต่างกันจะสามารถบันทึกค่าความเร็วที่แตกต่างกันได้โดยภายหลังจากผลการทดลองจะทำการรวมค่าข้อมูลของทั้ง 3 ค่าความเร็วซัตเตอร์ไว้ด้วยกัน

3.4.2 การวัดตำแหน่งของอนุภาค

ขั้นตอนในการวัดตำแหน่งของอนุภาคเป็นขั้นตอนแรกในการวัดผลโดยการวัดตำแหน่งของอนุภาคทำได้โดยเมื่อได้ภาพถ่ายการไหลของของไหลภายในห้องเผาไหม้แล้วจะทำการกำหนดจุดอ้างอิงซึ่งจะแทนตำแหน่ง (0,0) ในแนวแกน XY ใดๆ หลังจากนั้นจะทำการวัดตำแหน่งของมวลไหลของอนุภาคโดยตำแหน่งที่วัดได้จะมีค่าอ้างอิงกับจุดอ้างอิง โดยในการเคลื่อนที่ของอนุภาคจะเริ่มจากจุดเริ่มต้น (X1,Y1) ไปยังจุดสุดท้าย (X2,Y2)



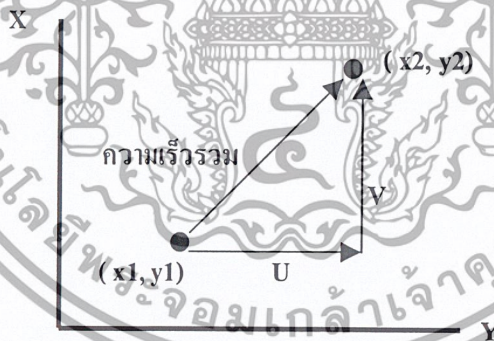
รูปที่3-9 โปรแกรมการวัดค่าตำแหน่งของอนุภาค

3.4.3 การคำนวณค่าความเร็วของอนุภาค

ขั้นตอนต่อมาหลังจากที่ได้ค่าตำแหน่งของอนุภาคแล้วจะนำค่าXและYไปมาคำนวณหาค่าต่างเพื่อที่จะใช้ในการเขียนเวกเตอร์ความเร็ว โดยในการคำนวณจะหาค่าต่างดังต่อไปนี้

- ค่าความเร็วในแนวแกน X (U)
- ค่าความเร็วในแนวแกน Y (V)
- ค่าระยะทางระหว่างจุด
- ค่าตำแหน่ง X เฉลี่ย
- ค่าตำแหน่ง Y เฉลี่ย
- ค่าความเร็วรวม
- Interpolate

โดยมีค่าที่จำเป็นต้องใช้คือค่าเวลา(T) โดยค่าเวลานี้ได้มาจากค่าความเร็วชัดเตอร์ของกล้องถ่ายภาพเช่น ความเร็วชัดเตอร์ 1/8 มีค่าเวลาเท่ากับ 0.125 วินาทีและค่าความเร็วที่วัดออกมาได้จะอยู่ในหน่วยมิลลิเมตรต่อวินาทีและระยะทางมีหน่วยมิลลิเมตร



รูปที่3-10 แสดงเวกเตอร์ความเร็ว

$$\text{ระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค} = [(X1-X2)^2 + (Y1-Y2)^2]^{1/2} \quad (3.1)$$

$$\text{ความเร็วรวม} = \text{ระยะทาง/เวลา} \quad (3.2)$$

$$U = |X1 - X2| / T \quad (3.3)$$

$$V = |Y1 - Y2| / T \quad (3.4)$$

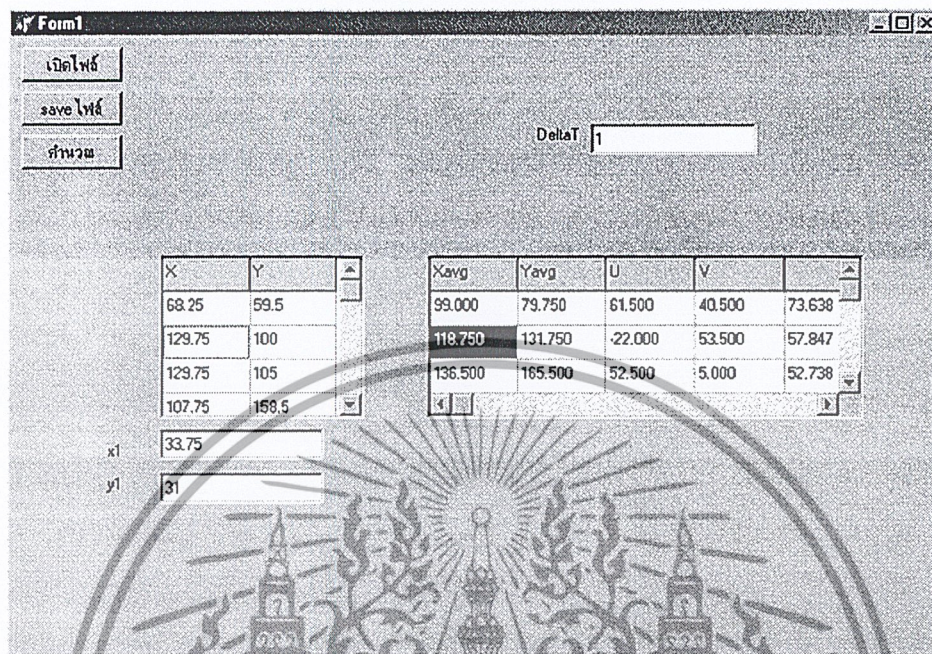
U คือ ค่าความเร็วในแนวแกน X

V คือ ค่าความเร็วในแนวแกน Y

T คือ ค่าความเร็วชัดเตอร์

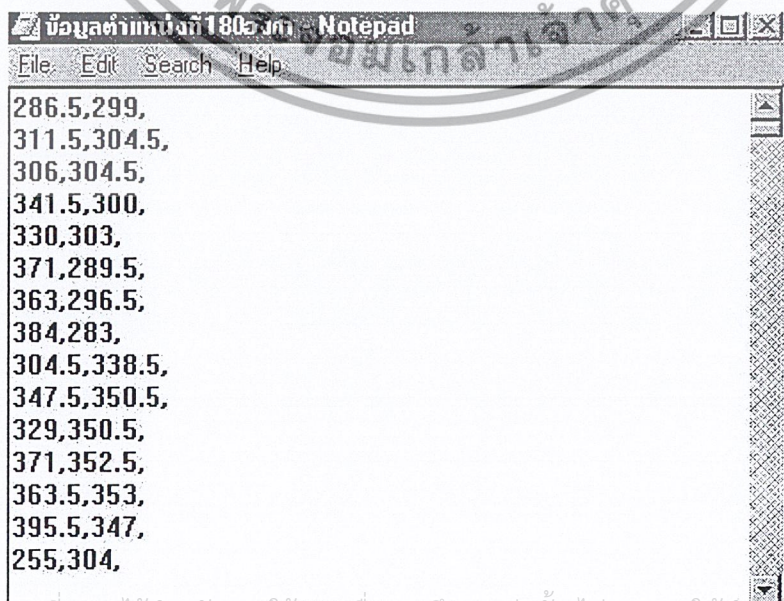
(X1,Y1) คือ ค่าตำแหน่งจุดเริ่มต้นการเคลื่อนที่ของอนุภาค

(X2,Y2) คือ ค่าตำแหน่งจุดสุดท้ายการเคลื่อนที่ของอนุภาค



รูปที่ 3-11 โปรแกรมคำนวณค่าความเร็ว

จากรูปซึ่งเป็นโปรแกรมคำนวณค่าต่างดังที่ได้กล่าวมา โดยเมื่อทำการกำหนดตำแหน่งของการเคลื่อนที่ของอนุภาคในภาพถ่ายแล้วข้อมูลของการกำหนดตำแหน่งจะเก็บไว้ในรูป Text Document โดยในช่องแรกของข้อมูลเป็นค่าตำแหน่งในแนวแกนนอน (X) และค่าในช่องที่สองเป็นค่าตำแหน่งในแนวแกนตั้ง (Y)



รูปที่ 3-12 ข้อมูลหลังจากทำการวัดตำแหน่งของอนุภาค

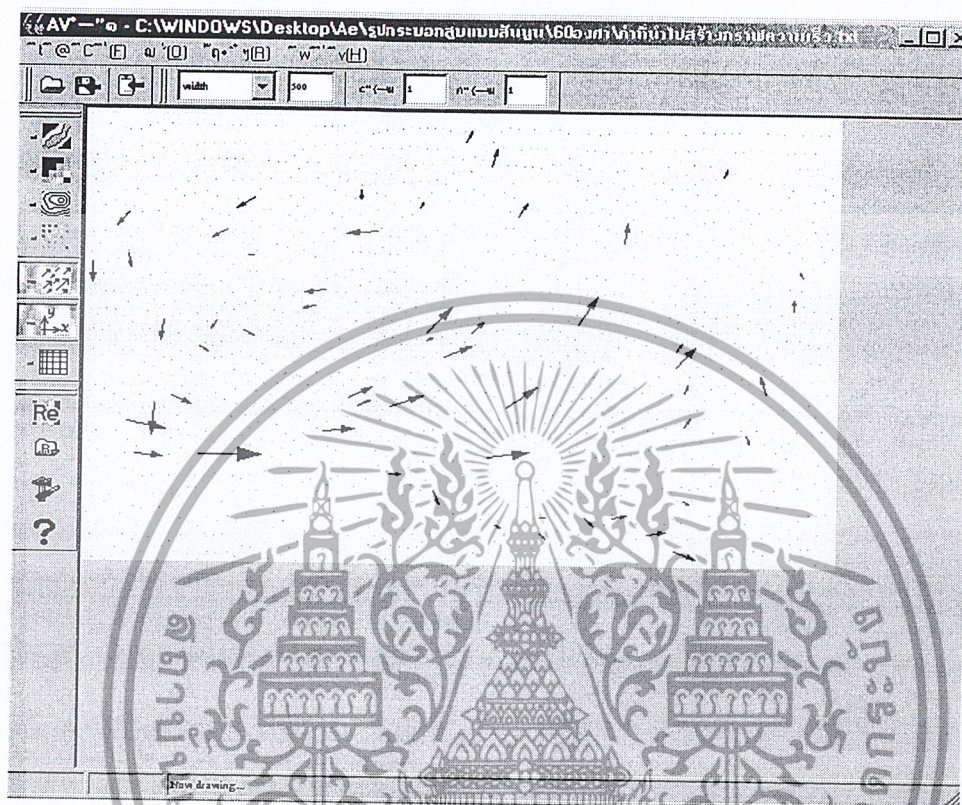
หลังจากที่ได้ค่าข้อมูลจากการกำหนดตำแหน่งแล้ว จะนำค่าข้อมูลที่ได้คือข้อมูลค่าตำแหน่ง (X,Y) มาทำการคำนวณค่าโดยใช้โปรแกรมดังรูปที่ 3-11 โดยค่าที่ต้อง Input เข้ามาคือค่าความเร็วซัตเตอร์ โดยหลังจากการคำนวณค่าที่ได้ออกมาจะประกอบไปด้วยค่า ตำแหน่งเฉลี่ย (X,Y) , ค่าความเร็วในแนวแกนนอน (X), ค่าความเร็วในแนวแกนตั้ง (Y) และค่าความเร็วรวมในการเคลื่อนที่ของอนุภาค

รูปที่ 3-13 ข้อมูลหลังจากทำการคำนวณค่า

หลังจากการคำนวณค่าแล้วข้อมูลที่ได้ออกมาจะมีด้วยกัน 5 ค่า ประกอบด้วยค่าตำแหน่งเฉลี่ยในแนวแกนนอน (X) ในช่องที่ 1 ช่องที่ 2 จะเป็นค่าตำแหน่งเฉลี่ยในแนวแกนตั้ง (Y) ช่องที่ 3 จะเป็นค่าความเร็วในแนวแกนนอน (U) ช่องที่ 4 คือค่าความเร็วในแนวแกนตั้ง (V) ช่องที่ 5 คือค่าความเร็วรวมของการเคลื่อนที่

3.4.4 การสร้าง VECTOR FIELD

ในการนำข้อมูลเพื่อที่ใช้ในการเขียน VECTOR FIELD นั้นจากการทดลองที่องศาต่างของเพลนข้อเหวี่ยงนั้น จะทำการนำข้อมูลการไหลที่ได้จากการทดลองมารวมกันหลายๆค่าเพื่อที่จะทำให้สังเกตเห็น VECTOR FIELD ได้ชัดเจน โดยในการนำข้อมูลที่ได้นั้นจะทำการนำข้อมูลที่เวลาต่างกันคือ จะนำข้อมูลภาพถ่ายที่ความเร็วซัตเตอร์ 1/6, 1/8, 1/10 ทั้ง 3 ข้อมูลมารวมกันแล้วนำค่าข้อมูลรวมที่ได้มาเขียน VECTOR FIELD โดยใช้โปรแกรม AVESE



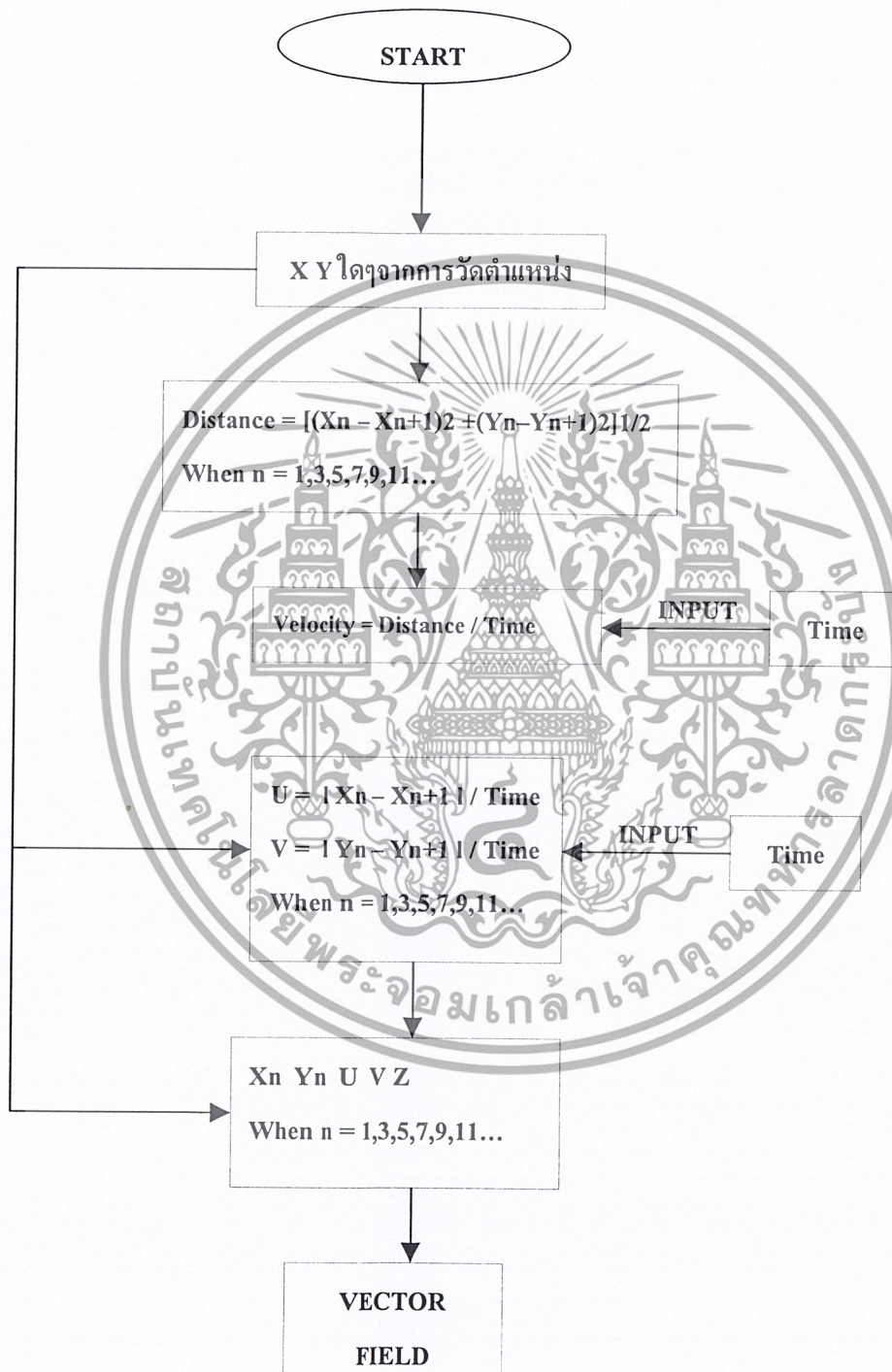
รูปที่ 3-14 VECTOR FIELD โดยใช้โปรแกรม AVESE

FLOW CHART

Flow chart แสดงวิธีการวิเคราะห์ผลจากภาพถ่าย

1. เมื่อทำการกำหนดค่าตำแหน่งของอนุภาคการไหลในภาพโดยค่าจะอยู่ในรูป $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), (X_3, Y_3), (X_4, Y_4), \dots, (X_n, Y_n)$
2. นำค่าข้อมูลตำแหน่งทั้งหมดมาคำนวณค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค
3. เมื่อได้ระยะทางการเคลื่อนที่แล้วจะทำการคำนวณความเร็วของอนุภาค โดยค่าที่ Input เข้ามาคือค่าความเร็วซัดเตอร์
4. นำค่าข้อมูลตำแหน่งจากข้อที่ 1 มาคำนวณค่าความเร็วในแนวแกนนอน (U) และแกนตั้ง (V) โดยค่าที่ Input เข้ามาคือค่าความเร็วซัดเตอร์
5. นำค่าข้อมูลทั้งหมด (X, Y, Z, U, V) มาเขียน VECTOR FIELD

FLOW CHART

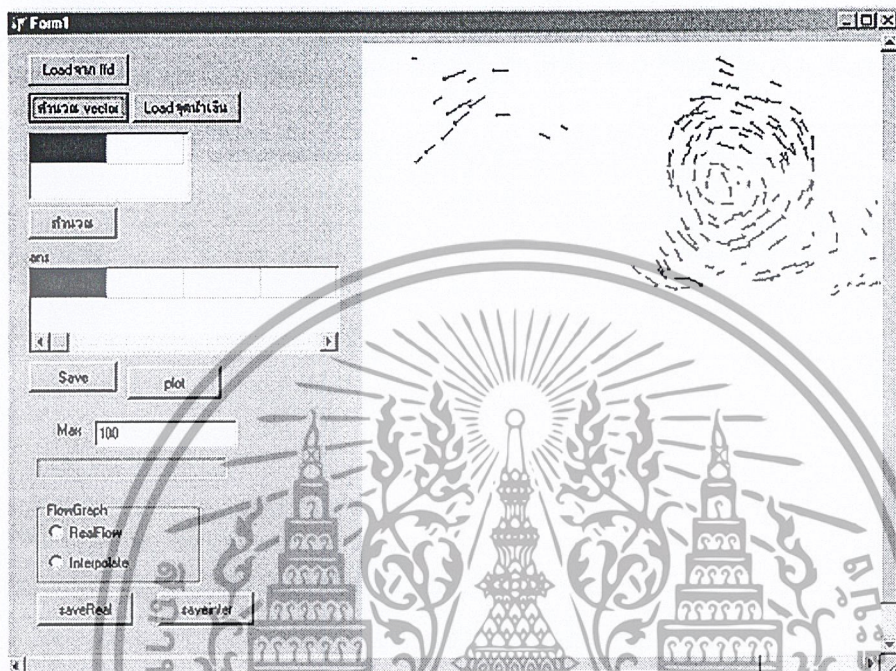


รูปที่ 3-15 FLOW CHART

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

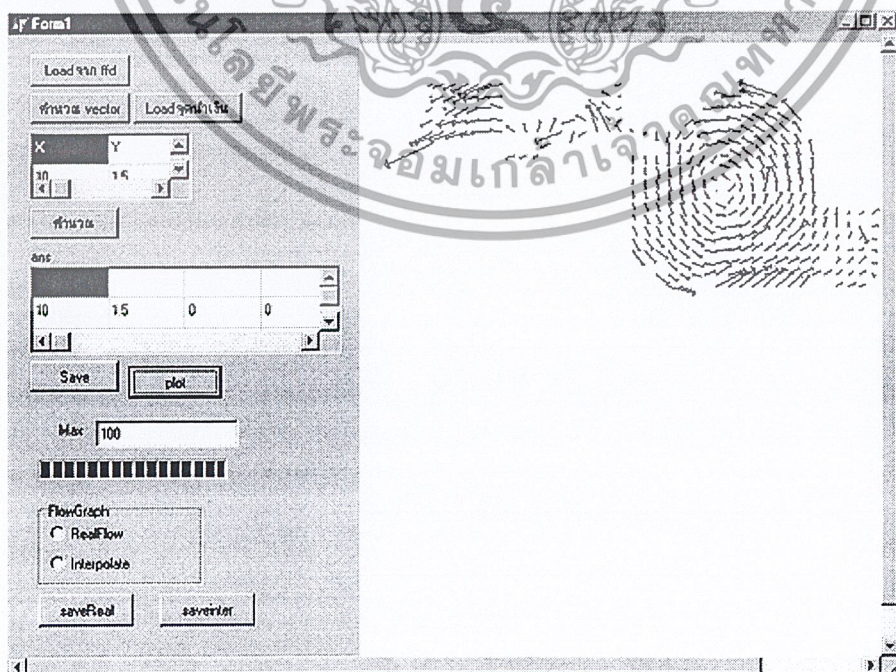
3.4.5 INTERPOLATE

หลังจากนั้นจะนำข้อมูลที่ได้ออกไปทำการ INTERPOLATE โดยนำข้อมูลเดียวกับที่นำไปสร้าง VECTOR FIELD



รูปที่3-16 โปรแกรมINTERPOLATE

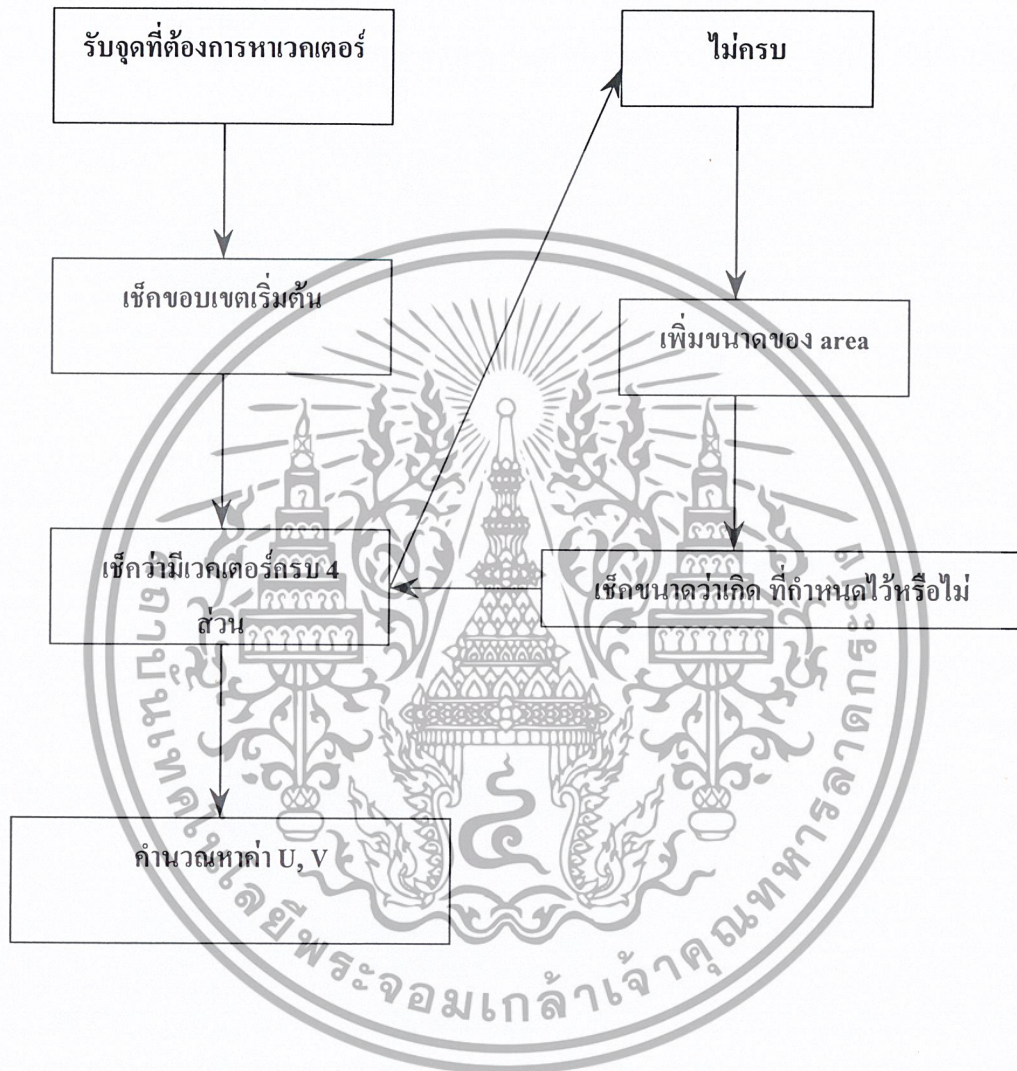
หลังจากนั้นจะทำการ โหลดจุดอ้างอิงเข้ามาและทำการคำนวณเพื่อที่จะสร้างเวกเตอร์ใหม่เป็นเวกเตอร์ที่ทำการ Interpolate แล้ว



รูปที่3-17 โปรแกรม interpolate

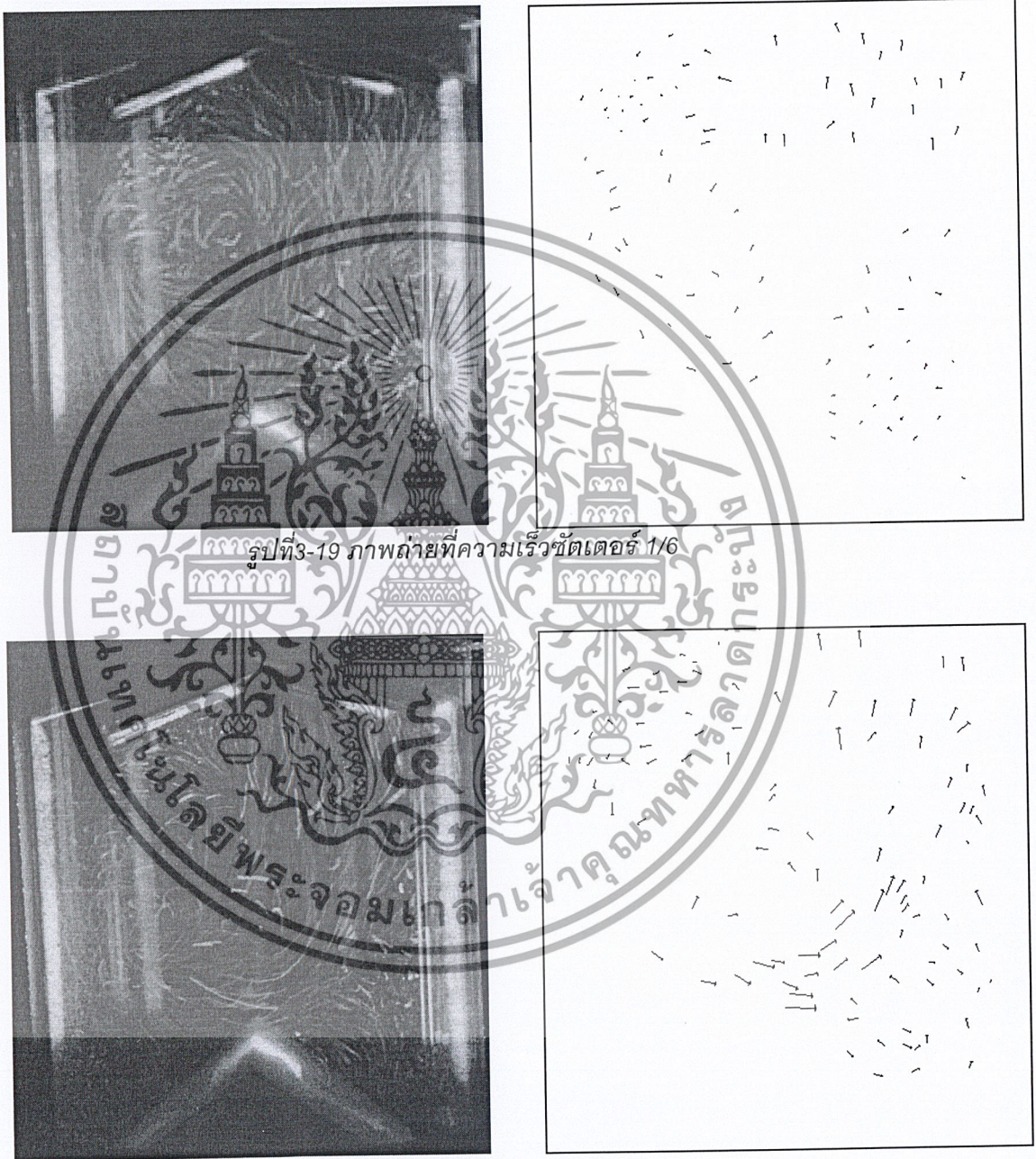
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FLOW CHART INTERPOLATE



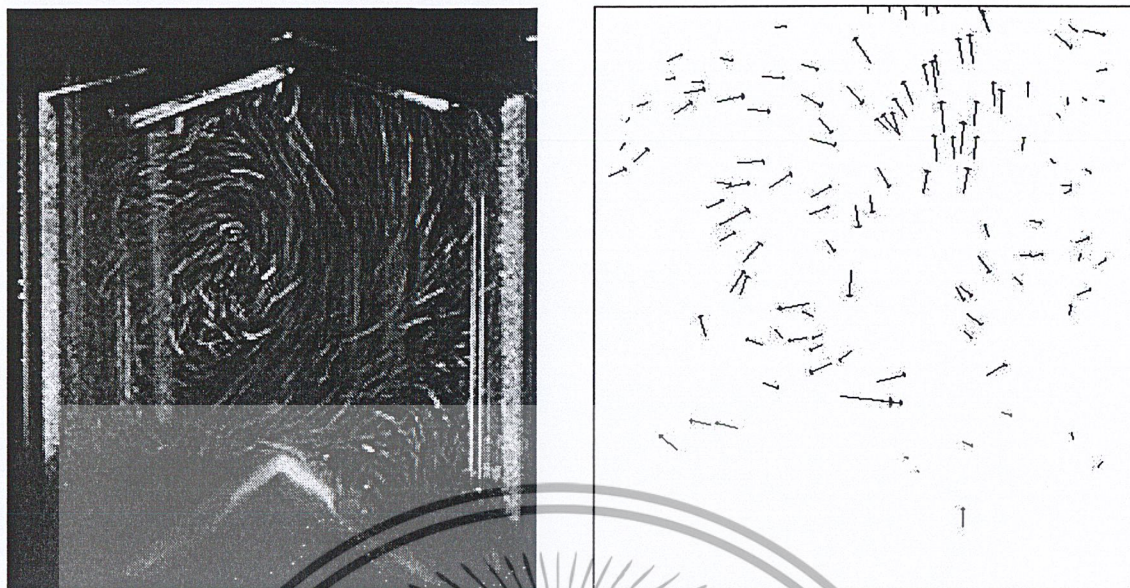
3.4 ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ทำการถ่ายภาพการไหลของอากาศภายในห้องเผาไหม้ที่ตำแหน่งองศาที่ต้องการศึกษาโดยในตัวอย่างจะเป็นภาพถ่ายที่ตำแหน่ง 180 องศาของเพลาช้อเหวียงของกระบอกสูบแบบที่ 4 โดยในการถ่ายภาพจะทำการถ่ายภาพที่ค่าความเร็วชัดเตอร์ของกล้องถ่ายภาพที่ 1/6, 1/8 และ 1/10



รูปที่3-19 ภาพถ่ายที่ความเร็วชัดเตอร์ 1/6

รูปที่3-20 ภาพถ่ายที่ความเร็วชัดเตอร์ 1/8



รูปที่3-21 ภาพถ่ายที่ความเร็วชัดเตอร์ 1/10

เมื่อได้ภาพถ่ายทั้งสามค่าความเร็วชัดเตอร์ หลังจากนั้นจะนำภาพทั้งสามมาวัดค่าตำแหน่ง



รูปที่3-22 การวัดค่าตำแหน่งของอนุภาค

โดยหลังจากที่ทำการวัดค่าตำแหน่งแล้วข้อมูลที่ได้จะอยู่ในรูป Text Document โดยข้อมูลที่ได้อะจะมี 3 ข้อมูลคือข้อมูลที่ความเร็วชัดเตอร์ 1/6, 1/8, 1/10 หลังจากนั้นจะทำการรวมข้อมูลทั้งสามเข้าด้วยกัน

เนื่องมาจากการไหลของอากาศภายในกระบอกสูบมีค่าความเร็วที่แตกต่างกันไป เพื่อที่จะสามารถบันทึกภาพการไหลได้อย่างทั่วถึงนั้นจึงต้องใช้ความเร็ววัดเตอร์ของกล้องที่ค่าต่างเพื่อที่จะบันทึกลักษณะการไหลได้อย่างทั่วทุกตำแหน่ง

X	Y	U	V	W
68.250, 4				
63.250, 6				
62.750, 8				
62.000, 10				
69.250, 12				
88.750, 14				
81.500, 16				
73.750, 18				
72.750, 20				
74.000, 22				
82.000, 24				
95.000, 26				
110.500, 28				
115.500, 30				
101.750, 32				
138.750, 34				
139.500, 36				
124.500, 38				
112.500, 40				
100.250, 42				
190.000, 44				
194.500, 46				
144.000, 43.500, 112.000, 24.000, 114.543,				
130.000, 37.250, 40.000, 52.000, 65.605,				
121.250, 64.000, 92.000, -32.000, 97.406,				
139.750, 66.750, 116.000, -4.000, 116.069,				
158.000, 77.000, -48.000, -32.000, 57.689,				
266.750, -1.250, -100.000, 68.000, 120.930,				
257.250, 5.500, -148.000, 88.000, 172.186,				
247.750, 14.750, -116.000, 100.000, 153.154,				
243.500, 28.250, -64.000, 172.000, 183.521,				
246.000, 39.250, -8.000, 100.000, 100.319,				
247.250, 54.750, 36.000, 220.000, 222.926,				
251.000, 69.500, 72.000, 120.000, 139.943,				
254.250, 82.500, 76.000, 144.000, 162.825,				
216.750, 96.000, 4.000, -64.000, 64.125,				
216.250, 89.250, -84.000, -140.000, 163.267,				
206.000, 92.000, -32.000, -64.000, 71.554,				
198.500, 96.750, -40.000, -84.000, 93.038,				
193.000, 89.750, 0.000, -124.000, 124.000,				
200.750, 73.250, 60.000, 92.000, 109.836,				
195.500, 71.250, -40.000, -52.000, 65.605,				

รูปที่ 3-23 ข้อมูลตำแหน่งที่ 3 ค่าความเร็ววัดเตอร์

หลังจากนั้นจะทำการคำนวณค่า โดยค่าที่ทำการคำนวณได้แก่ค่า ความเร็วตามแนวแกน X ค่าความเร็วตามแนวแกน Y โดยใช้โปรแกรมคำนวณค่าดังภาพที่ 3-23

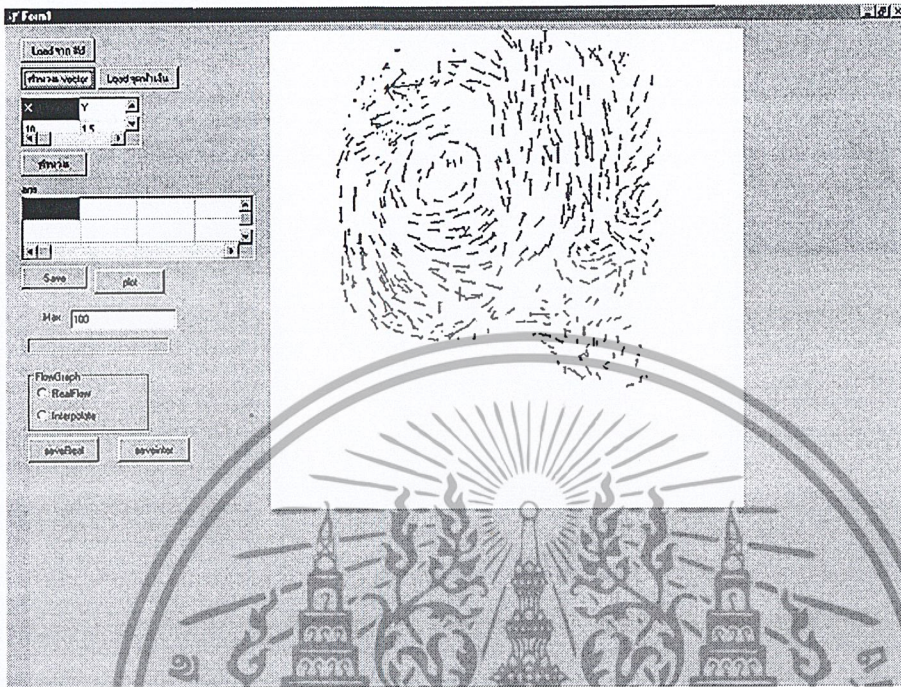
X	Y	Xavg	Yavg	U	V	W
-82.75	-145	-26.375	-125.875	112.750	38.250	119.061
30	-106.75	96.250	-85.250	-7.500	17.000	18.581
100	-93.75	86.750	-68.750	-21.500	27.000	34.514
92.5	-76.75					

x1: 159
y1: 215.25

รูปที่ 3-24 โปรแกรมคำนวณค่าความเร็ว

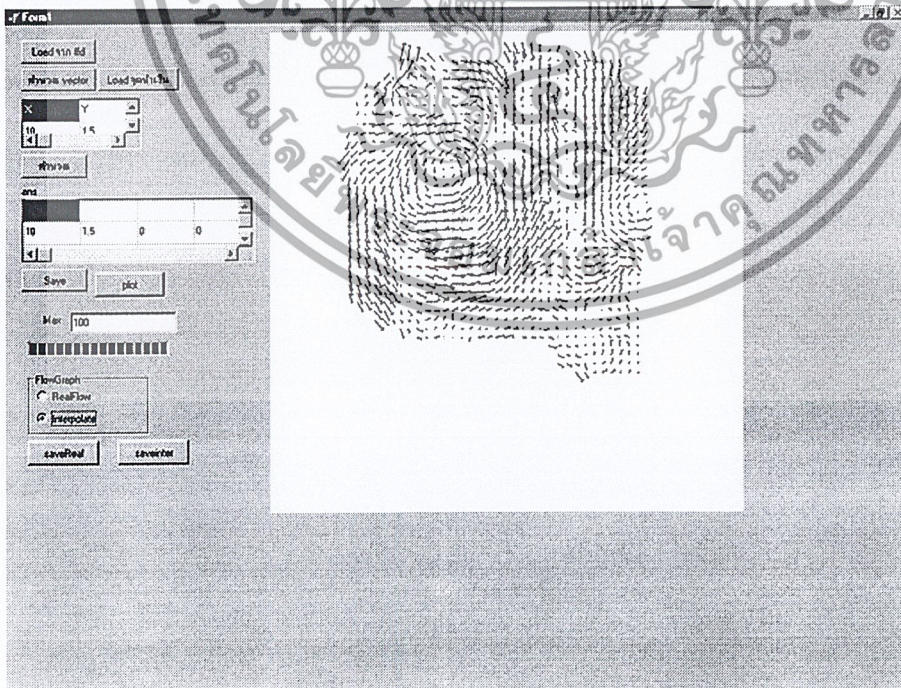
เมื่อได้ข้อมูลจากการคำนวณแล้วจะนำข้อมูลไปเขียน Measured velocity field โดยใช้โปรแกรมการสร้างเวกเตอร์จากข้อมูลที่ได้ทำการคำนวณแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3-25 โปรแกรมใช้สร้าง *Measured velocity field*

หลังจากนั้นจะทำการ Interpolate measured velocity field โดยใช้โปรแกรมดังภาพที่3-25



รูปที่3-26 *Interpolated velocity field*

หลังจากการผ่านโปรแกรม Interpolate

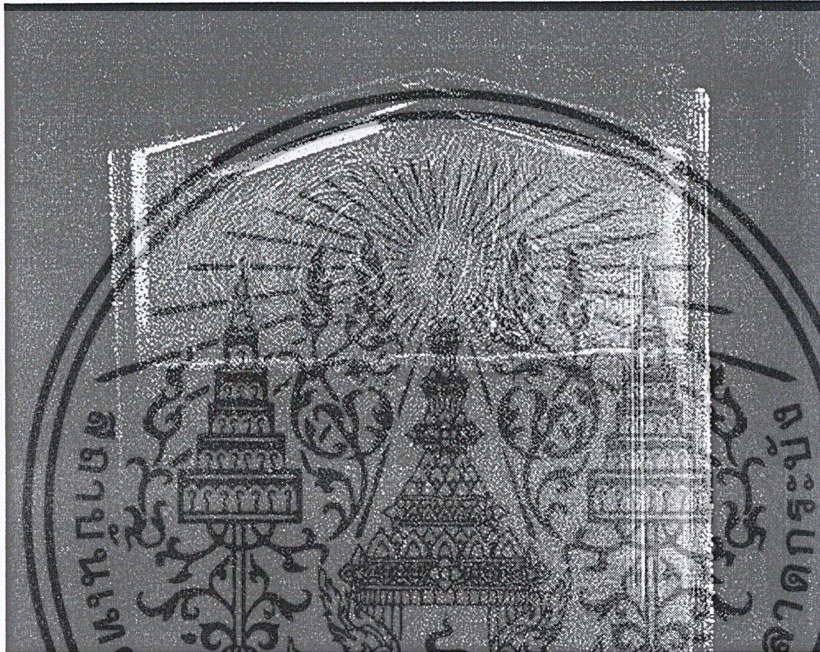
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1

วัตถุประสงค์การทดลอง

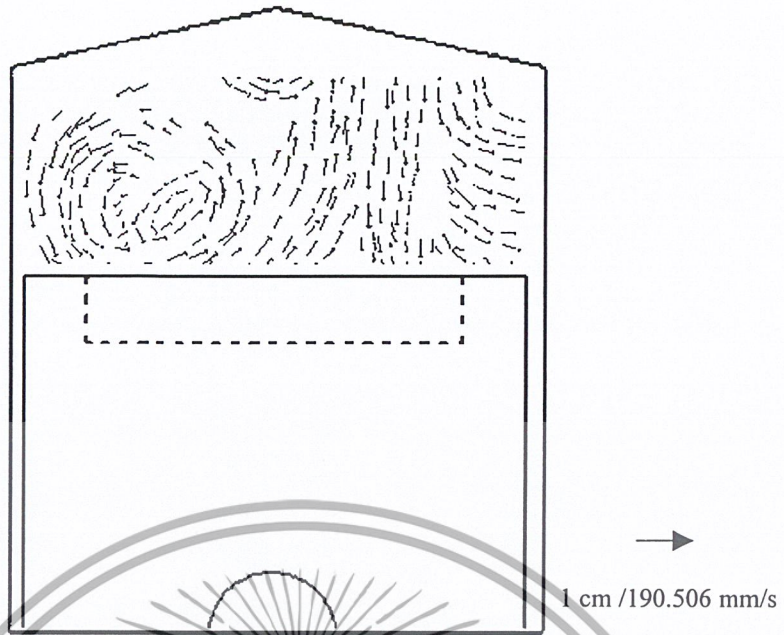
เพื่อถ่ายภาพและศึกษาลักษณะการไหลที่ตำแหน่ง 60 องศาของเพลาค้อเหวี่ยงของกระบอกสูบแบบที่ 1 ใช้กล้อง NIKON F3 และใช้ฟิล์มสีฟูจิค่าความไวแสง 200
ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 154 rpm
ทดลองที่ค่าความเร็วชัดเตอร์ 1/6, 1/8 และ 1/10



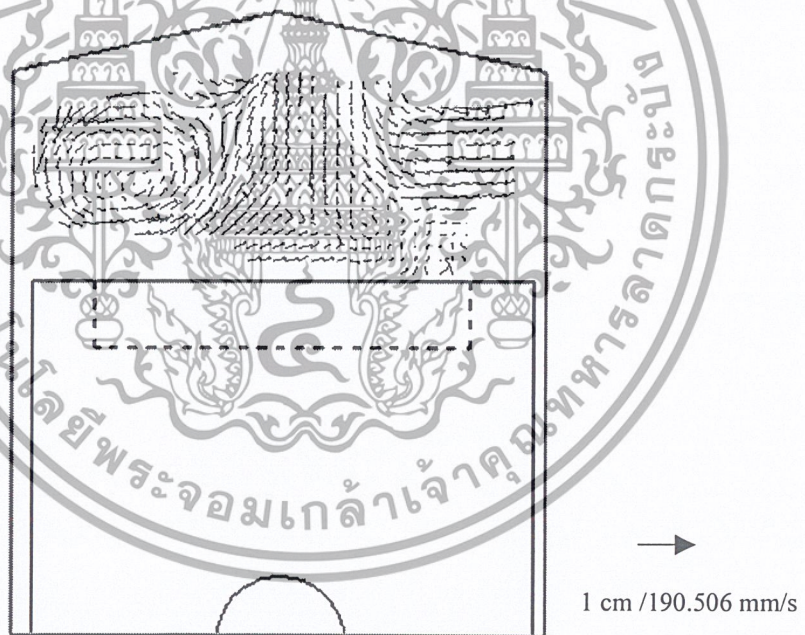
รูปที่ 3-27 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 60 องศาของเพลาค้อเหวี่ยง

ผลการทดลอง

ผลการทดลองลักษณะการไหลของอนุภาคสังเกตเห็นลักษณะการไหลวน (TUMBLE) ขึ้นบริเวณด้านซ้ายของห้องเผาไหม้ซึ่งการไหลวนที่เกิดขึ้นจะเห็นการเกิดการไหลวนขนาดเล็กขึ้นข้างในการหมุนวนอีกทีหนึ่ง ส่วนด้านขวาของห้องเผาไหม้ไม่เกิดการไหลวนแต่ลักษณะการไหลมีค่าความเร็วที่สม่ำเสมอ ด้านล่างขวาเกิดการไหลอย่างไม่มีทิศทางแน่นอนความเร็วค่อนข้างต่ำ ค่าความเร็วโดยเฉลี่ยของการไหลโดยรวมมีค่าเท่ากับ 190.506 มิลลิเมตรต่อวินาที



รูปที่3-28 Measured velocity field at 60 ATDC



รูปที่3-29 Interpolated velocity field at 60 ATDC

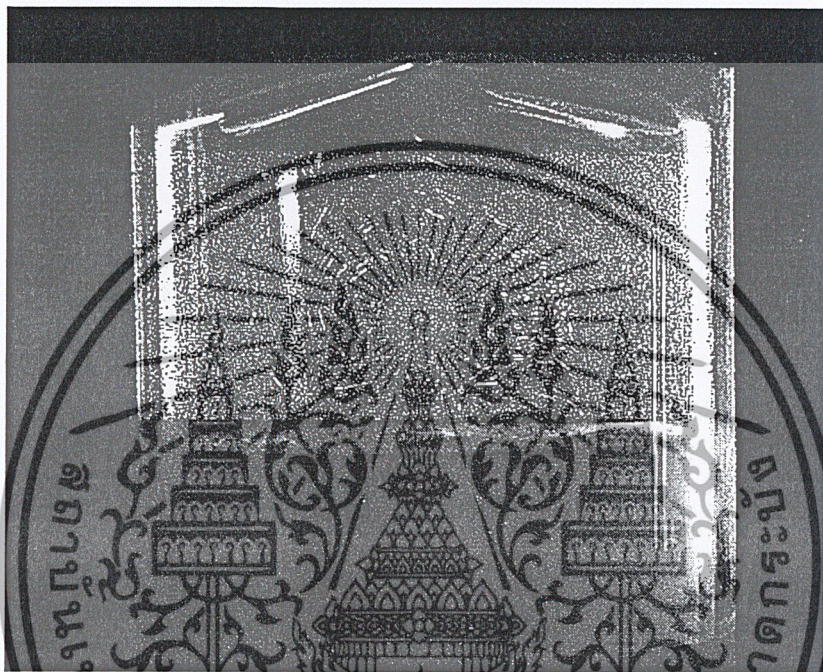
การทดลองที่ 2

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อถ่ายภาพและศึกษาลักษณะการไหลที่ตำแหน่ง 90 องศาของเพลาค้อเหวี่ยงของกระบอกสูบแบบที่ 1 ใช้กล้อง NIKON F3 และใช้ฟิล์มสีฟูจิค่าความไวแสง 200

ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 154 rpm

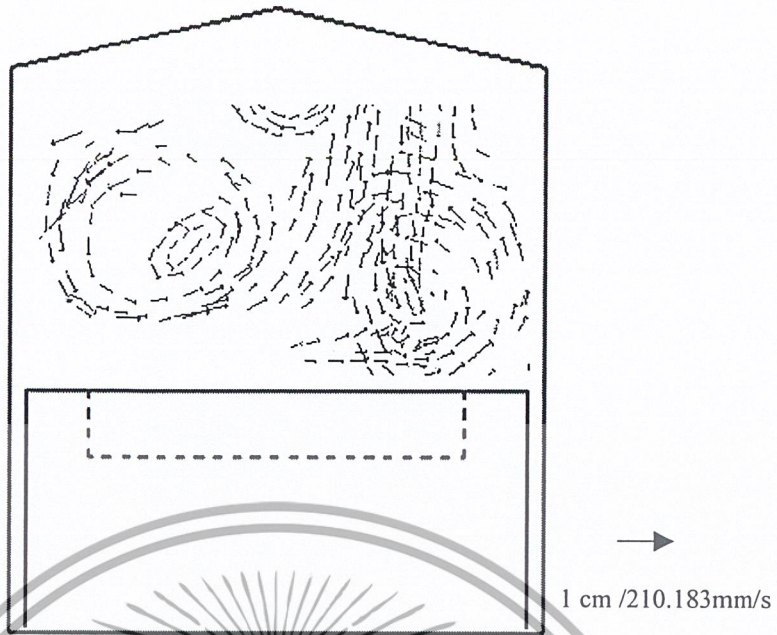
ทดลองที่ค่าความเร็วชัดเตอร์ 1/6, 1/8 และ 1/10



รูปที่ 3-30 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 90 องศาของเพลาค้อเหวี่ยง

ผลการทดลอง

ผลการทดลองในจังหวะที่ 90 องศาของเพลาค้อเหวี่ยงลักษณะการไหลจะเกิดการไหลวน (TUMBLE) ขนาดใหญ่ขึ้นบริเวณด้านขวาของห้องเผาไหม้และทางด้านซ้ายเกิดการไหลวนเช่นกันแต่มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก โดยลักษณะการไหลวนที่เกิดขึ้นทั้งสองด้านของห้องเผาไหม้มีทิศทางไหลวนในทิศทางตรงกันข้ามโดยด้านซ้ายมีทิศทางการไหลวนเข้มนาฬิกา ส่วนด้านขวามีทิศทางการไหลวนตามเข้มนาฬิกา ค่าความเร็วโดยเฉลี่ยของการไหลโดยรวมมีค่าเท่ากับ 210.183 มิลลิเมตรต่อวินาที



รูปที่ 3-31 Measured velocity field at 90 ATDC



รูปที่ 3-32 Interpolated velocity field at 90 ATDC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

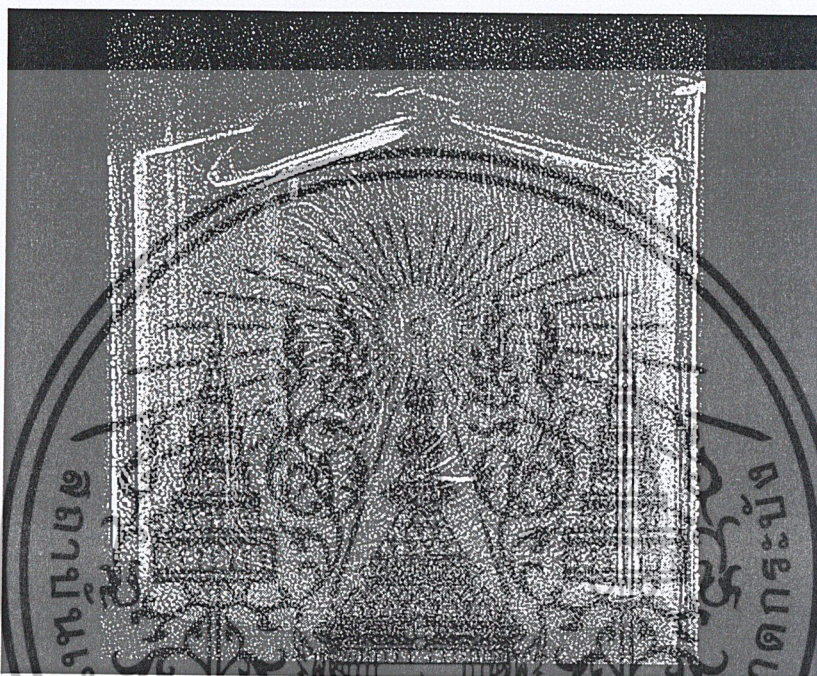
การทดลองที่ 3

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อถ่ายภาพและศึกษาลักษณะการไหลที่ตำแหน่ง 180 องศาของเพลาคือเหวี่ยงของกระบอสูบแบบที่ 1 ใช้กล้อง NIKON F3 และใช้ฟิล์มสีฟูจิค่าความไวแสง 200

ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 154 rpm

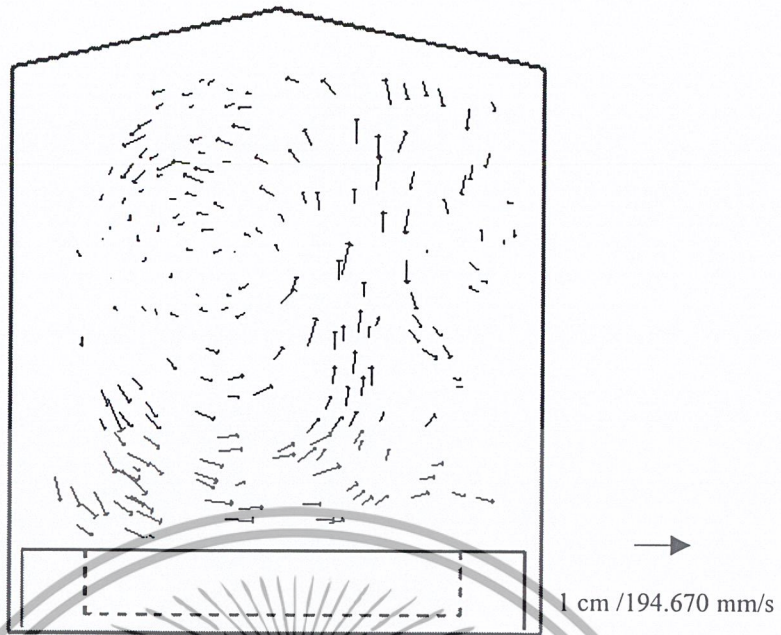
ทดลองที่ค่าความเร็วชัตเตอร์ 1/6, 1/8 และ 1/10



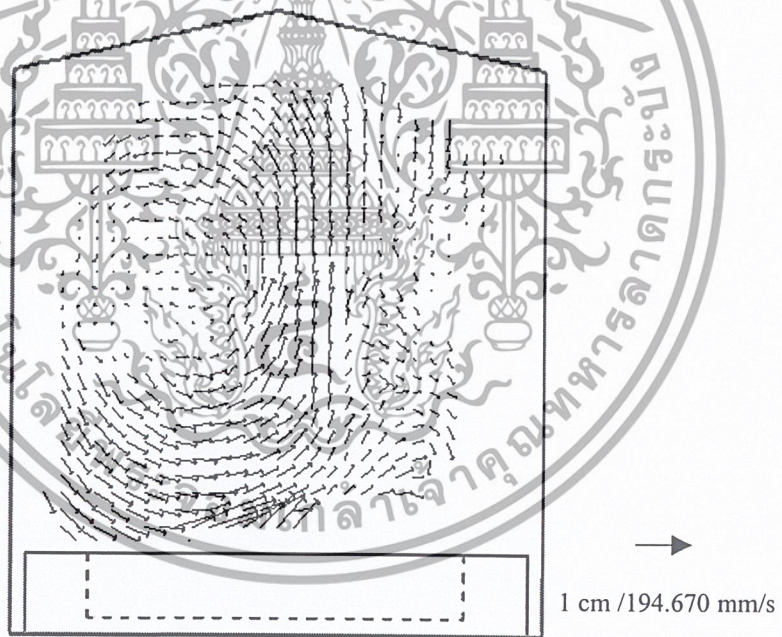
รูปที่ 3-33 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 180 องศาของเพลาคือเหวี่ยง

ผลการทดลอง

ผลการทดลองในจังหวะที่ 90 องศาของเพลาคือเหวี่ยงลักษณะการไหลจะเกิดการไหลวน (TUMBLE) ขนาดใหญ่ขึ้นบริเวณด้านขวาของห้องเผาไหม้และทางด้านซ้ายเกิดการไหลวนเช่นกันแต่มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก โดยลักษณะการไหลวนที่เกิดขึ้นทั้งสองด้านของห้องเผาไหม้มีทิศทางไหลวนในทิศทางตรงกันข้ามโดยด้านซ้ายมีทิศทางการไหลวนเข็มนาฬิกา ส่วนด้านขวามีทิศทางการไหลวนตามเข็มนาฬิกา ค่าความเร็วโดยเฉลี่ยของการไหลโดยรวมมีค่าเท่ากับ 210.183 มิลลิเมตรต่อวินาที



รูปที่3-34 Measured velocity field at 180 ATDC



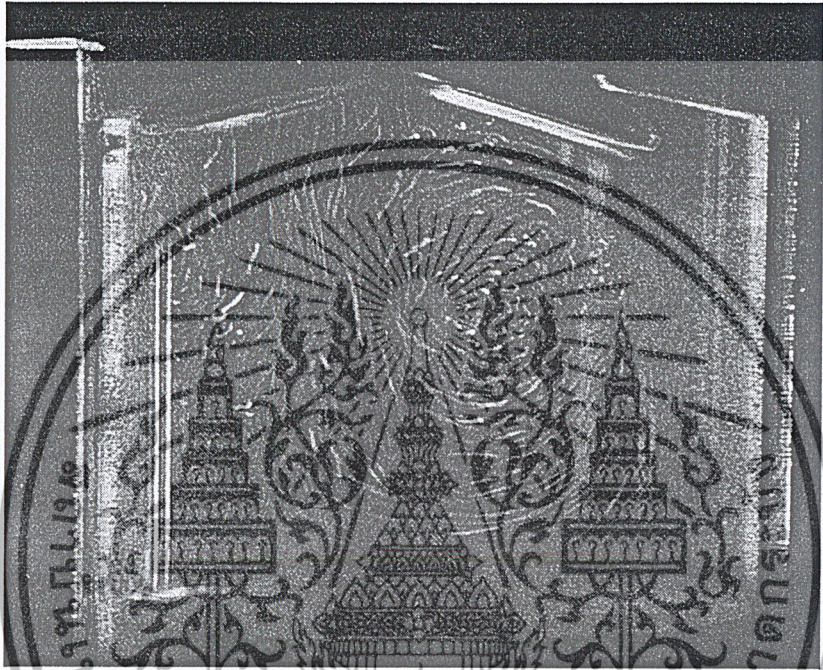
รูปที่3-35 Interpolated velocity field at 180 ATDC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 4

วัตถุประสงค์การทดลอง

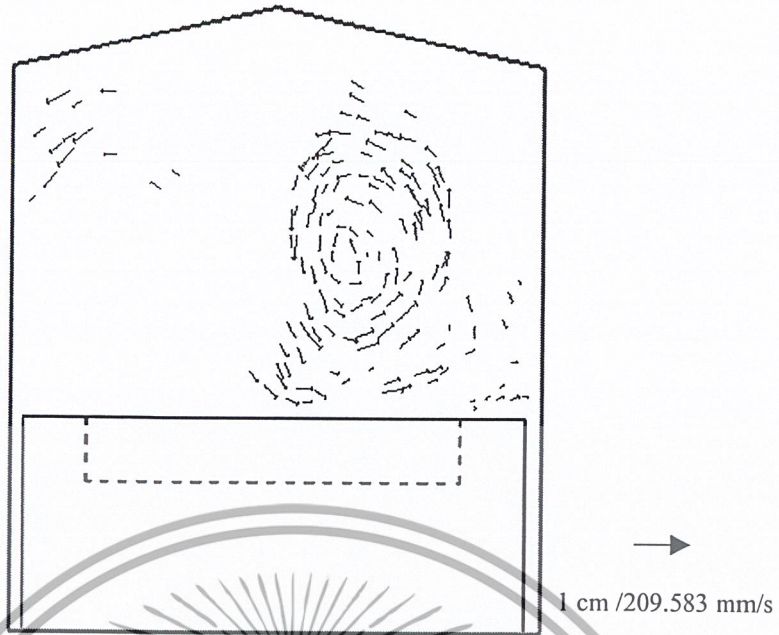
เพื่อถ่ายภาพและศึกษาลักษณะการไหลที่ตำแหน่ง 240 องศาของเพลาค้อเหวี่ยงของกระบอกสูบแบบที่ 1 ใช้กล้อง NIKON F3 และใช้ฟิล์มสีฟูจิค่าความไวแสง 200
ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 154 rpm
ทดลองที่ค่าความเร็วชัดเตอร์ 1/6, 1/8 และ 1/10



รูปที่ 3-36 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 240 องศาของเพลาค้อเหวี่ยง

ผลการทดลอง

ลักษณะการไหลจะเกิดการไหลวน (TUMBLE) ขึ้นบริเวณหัวไอเสียโดยมีความเร็วสูงและมีความเร็วสม่ำเสมอ โดยมีทิศทางหมุนวนเข็มนาฬิกาส่วนทางด้านซ้ายของห้องเผาไหม้ไม่สามารถสังเกตเห็นลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาค ความเร็วเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 209.583 มิลลิเมตรต่อวินาที



รูปที่ 3-37 Measured velocity field at 60 ABDC



รูปที่ 3-38 Interpolated velocity field at 60 ABDC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

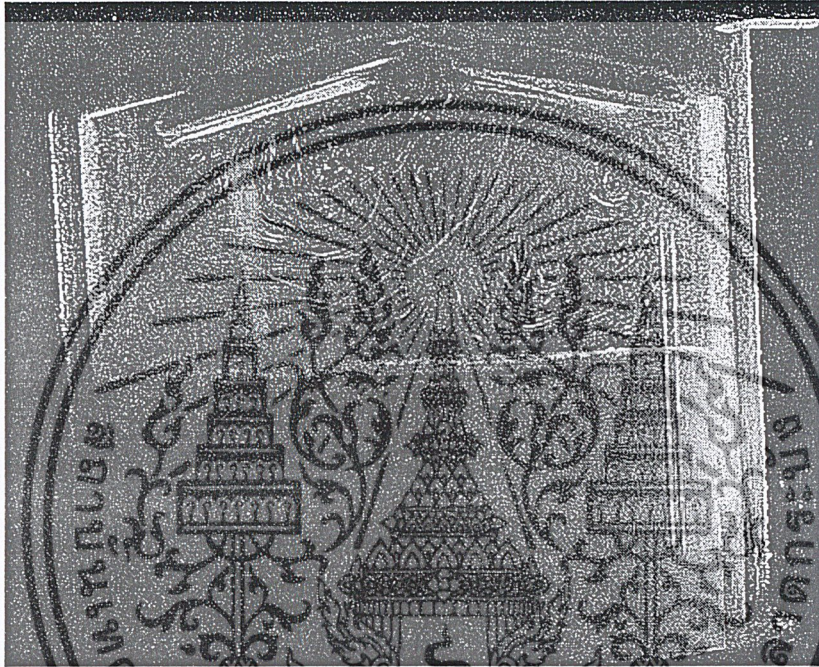
การทดลองที่ 5

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อถ่ายภาพและศึกษาลักษณะการไหลที่ตำแหน่ง 300 องศาของเพลาค้อเหวี่ยงของกระบอกสูบแบบที่ 1 ใช้กล้อง NIKON F3 และใช้ฟิล์มสีฟูจิก้าความไวแสง 200

ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 154 rpm

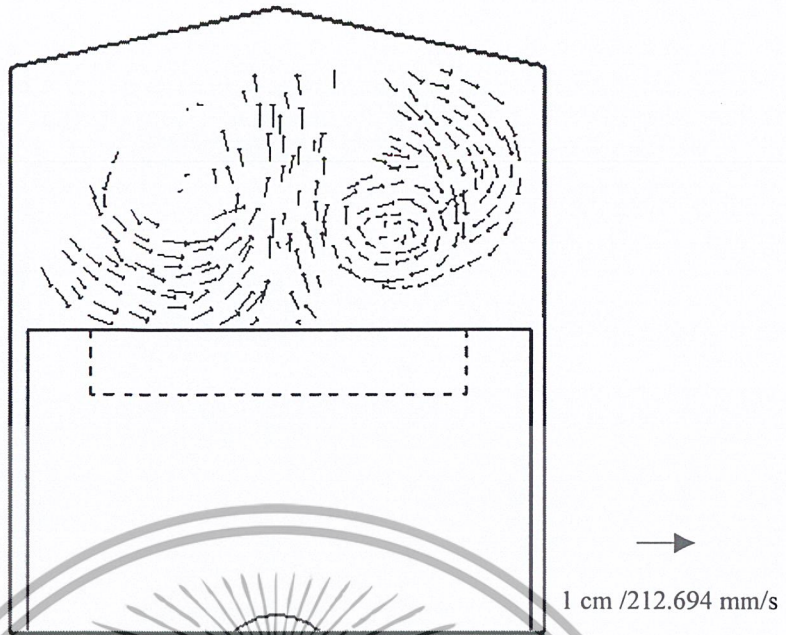
ทดลองที่ค่าความเร็วชัดเตอร์ 1/6, 1/8 และ 1/10



รูปที่ 3-39 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 300 องศาของเพลาค้อเหวี่ยง

ผลการทดลอง

ลักษณะการไหลที่เกิดขึ้นจะมีการไหลวน โดยมีการไหลจากบริเวณด้านบนของห้องเผาไหม้แล้วเกิดการไหลวนที่บริเวณกระบอกสูบด้านล่าง โดยเกิดที่บริเวณด้านล่างวาล์วไอดี ทิศทางการไหลมีทิศทางไหลตามเข็มนาฬิกา มีความเร็วสูง แต่ทิศทางการไหลไม่ดีเท่าที่ควรเนื่องมาจากมีทิศทางการไหลลงด้านล่างห้องเผาไหม้โดยการจุดระเบิดจะเกิดขึ้นด้านบนของห้องเผาไหม้ทำให้การจุดระเบิดได้ไม่ดีนัก ความเร็วเฉลี่ย 212.694 มิลลิเมตรต่อวินาที



รูปที่3-40 Measured velocity field at 120 ABDC



รูปที่3-41 Interpolated velocity field at 120 ABDC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

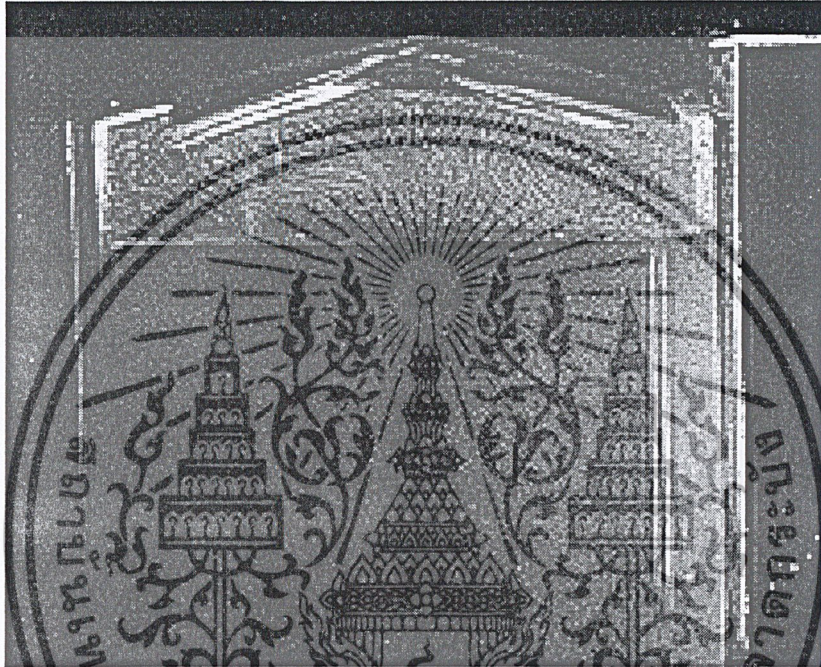
การทดลองที่ 6

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อถ่ายภาพและศึกษาลักษณะการไหลที่ตำแหน่ง 60 องศาของเพลาค้อเหวี่ยงของกระบอบสูบแบบที่ 2 ใช้กล้อง NIKON F3 และใช้ฟิล์มสีฟูจิค่าความไวแสง 200

ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 154 rpm

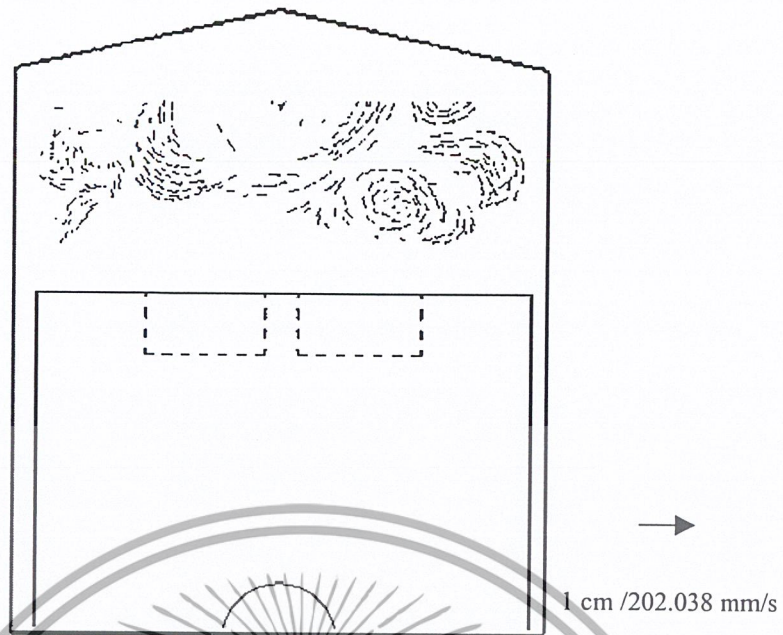
ทดลองที่ค่าความเร็วชัดเตอร์ 1/6, 1/8 และ 1/10



รูปที่ 3-42 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 60 องศาของเพลาค้อเหวี่ยง

ผลการทดลอง

ลักษณะการไหลที่เกิดขึ้นยังมีการไหลที่ยังไม่เป็นรูปแบบที่ชัดเจน แต่สังเกตเห็นการเกิดการไหลวนเกิดขึ้นที่บริเวณด้านล่างวาล์วไอเสียมีลักษณะการไหลวนที่ไม่ใหญ่มากนักมีทิศทางการไหลตามเข็มนาฬิกาและมีค่าความเร็วเฉลี่ย 212.038 มิลลิเมตรต่อวินาที



รูปที่3-43 Measured velocity field at 60 ATDC



รูปที่3-44 Interpolated velocity field at 60 ATDC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

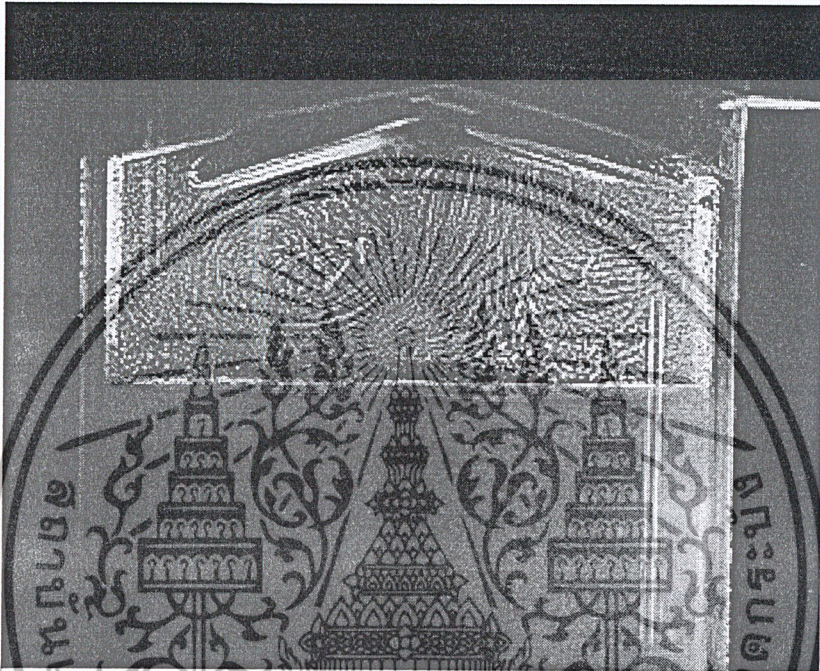
การทดลองที่ 7

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อถ่ายภาพและศึกษาลักษณะการไหลที่ตำแหน่ง 90 องศาของเพลาค้อเหวี่ยงของกระบอกลูกสูบแบบที่ 2 ใช้กล้อง NIKON F3 และใช้ฟิล์มสีฟูจิค่าความไวแสง 200

ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 154 rpm

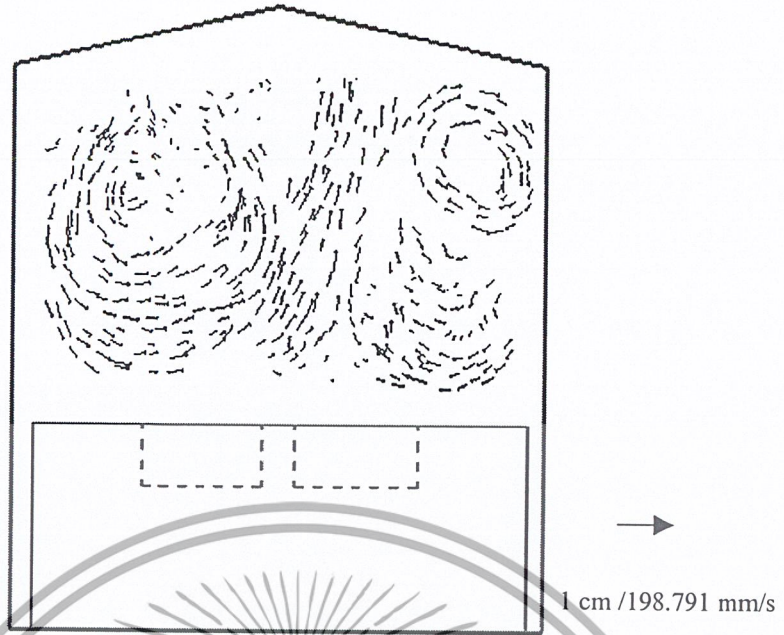
ทดลองที่ค่าความเร็วชัตเตอร์ 1/6, 1/8 และ 1/10



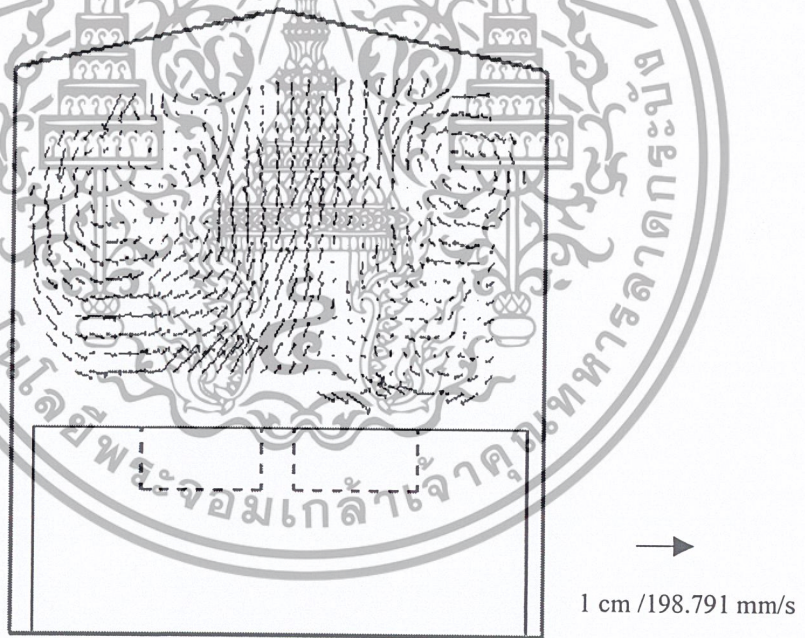
รูปที่ 3-45 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 90 องศาของเพลาค้อเหวี่ยง

ผลการทดลอง

ลักษณะการไหลเกิดการไหลแบบหมุนวน (TUMBLE) เกิดขึ้นทั้งสองด้านของห้องเผาไหม้คือด้านซ้ายของห้องเผาไหม้เกิดการไหลวนที่มีขนาดใหญ่เกิดขึ้นมีความเร็วสูงที่บริเวณด้านนอกของการไหลวนส่วนบริเวณด้านในของการเกิดการไหลวนมีความเร็วต่ำ ทิศทางการไหลมีทิศทางไหลทวนเข็มนาฬิกา ส่วนทางด้านขวามือของห้องเผาไหม้มีการเกิดการไหลวนขึ้น แต่มีขนาดเล็กไม่ใหญ่มีทิศทางการไหลตามเข็มนาฬิกา ส่วนตรงกลางห้องเผาไหม้เกิดการไหลในทิศทางขึ้น ไปด้านบนของห้องเผาไหม้



รูปที่3-46 Measured velocity field at 90 ATDC

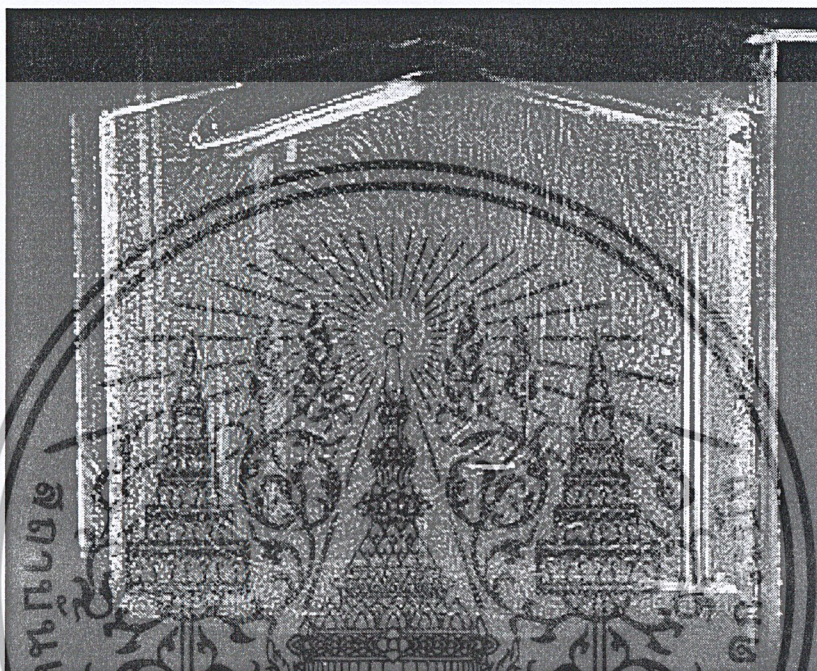


รูปที่3-47 Interpolated velocity field at 90 ATDC

การทดลองที่ 8

วัตถุประสงค์การทดลอง

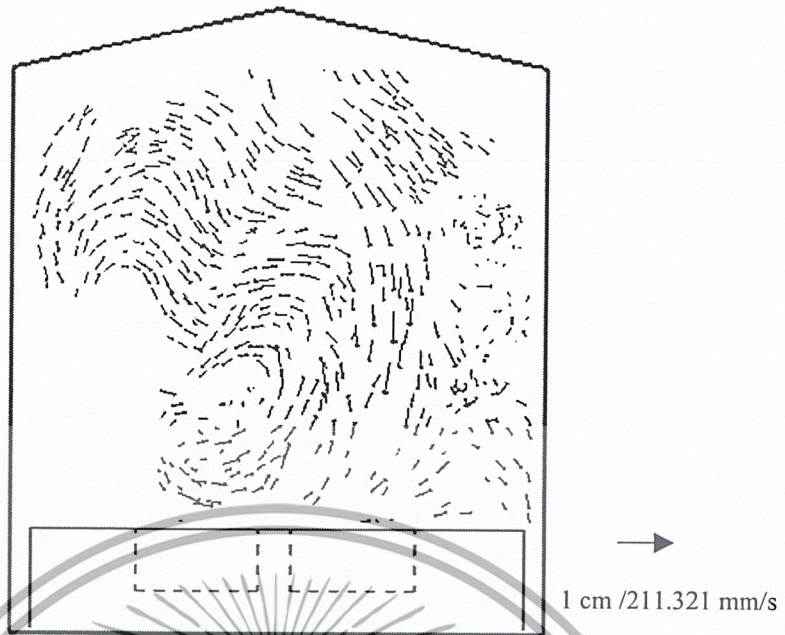
เพื่อถ่ายภาพและศึกษาลักษณะการไหลที่ตำแหน่ง 180 องศาของเพลาค้อเหวี่ยงของกระบอกสูบแบบที่ 2
ใช้กล้อง NIKON F3 และใช้ฟิล์มสีฟูจิค่าความไวแสง 200
ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 154 rpm
ทดลองที่ค่าความเร็วชัตเตอร์ 1/6, 1/8 และ 1/10



รูปที่ 3-48 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 180 องศาของเพลาค้อเหวี่ยง

ผลการทดลอง

ลักษณะการไหลมีทิศทางการไหลในทิศทางเดียวกัน โดยจะสังเกตเห็นการเกิดการไหลวนเกิดขึ้นที่บริเวณกลางห้องเผาไหม้ด้านล่าง ส่วนที่บริเวณอื่นๆของห้องเผาไหม้มีการไหลอย่างกระจายทั่วทั้งห้องเผาไหม้ ด้านขวามีการไหลที่มีความเร็วต่ำมากเมื่อเทียบกับการไหลด้านซ้ายและด้านซ้ายมีการไหลที่เป็นไปในทิศทางเดียวกันมากกว่า



รูปที่ 3-49 Measured velocity field at 180 ATDC



รูปที่ 3-50 Interpolated velocity field at 180 ATDC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

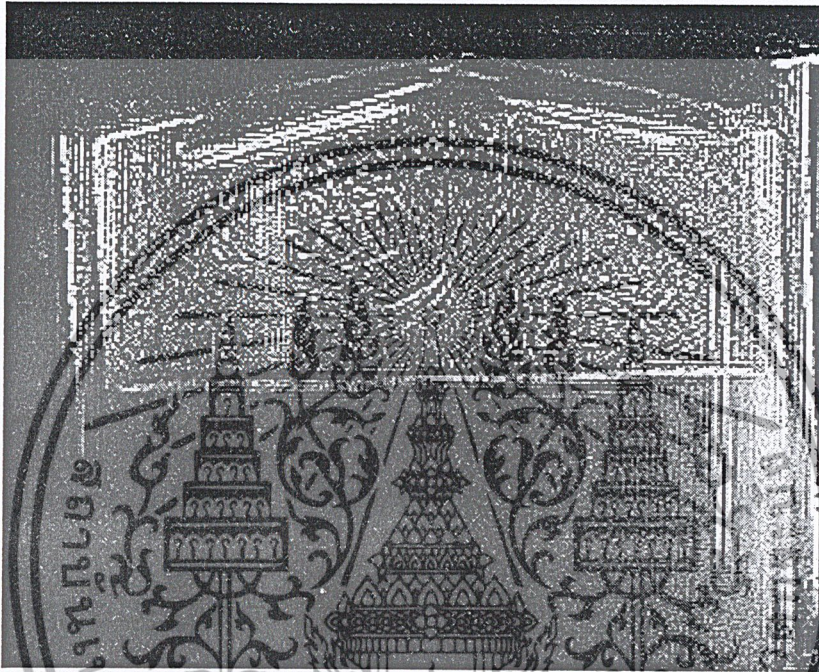
การทดลองที่ 9

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อถ่ายภาพและศึกษาลักษณะการไหลที่ตำแหน่ง 240 องศาของเพลาค้อเหวี่ยงของกระบอกสูบแบบที่ 2 ใช้กล้อง NIKON F3 และใช้ฟิล์มสีฟูจิค่าความไวแสง 200

ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 154 rpm

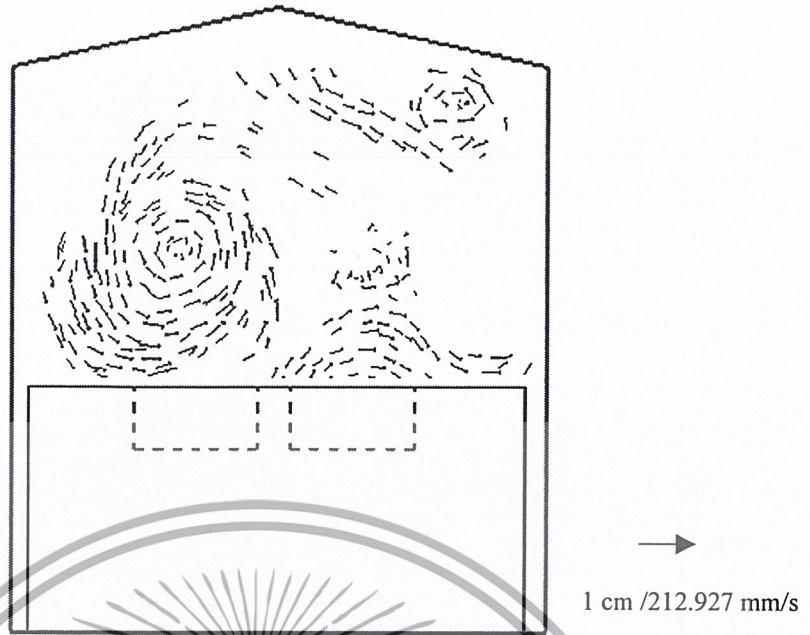
ทดลองที่ค่าความเร็วชัตเตอร์ 1/6, 1/8 และ 1/10



รูปที่ 3-51 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 240 องศาของเพลาค้อเหวี่ยง

ผลการทดลอง

ลักษณะการไหลเกิดการไหลวนขึ้นที่บริเวณด้านล่างของวาล์วไอดีมีลักษณะการไหลที่สังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน โดยมีความเร็วสูงมีทิศทางการไหลหมุนวนเข็มนาฬิกา ส่วนที่บริเวณอื่นๆของห้องเผาไหม้มีการกระจายตัวของอนุภาคไม่ค่อยดีเท่าที่ควรถือเป็นการกระจายตัวที่ไม่ทั่วทั้งห้องเผาไหม้ความเร็วโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 211.321 มิลลิเมตรต่อวินาที



รูปที่ 3-52 Measured velocity field at 60 ABDC



รูปที่ 3-53 Interpolated velocity field at 60 ABDC

การทดลองที่ 10

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อถ่ายภาพและศึกษาลักษณะการไหลที่ตำแหน่ง 300 องศาของเพลาคือเหวี่ยงของกระบอกสูบแบบที่ 2 ใช้กล้อง NIKON F3 และใช้ฟิล์มสีฟูจิก้าความไวแสง 200

ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 154 rpm

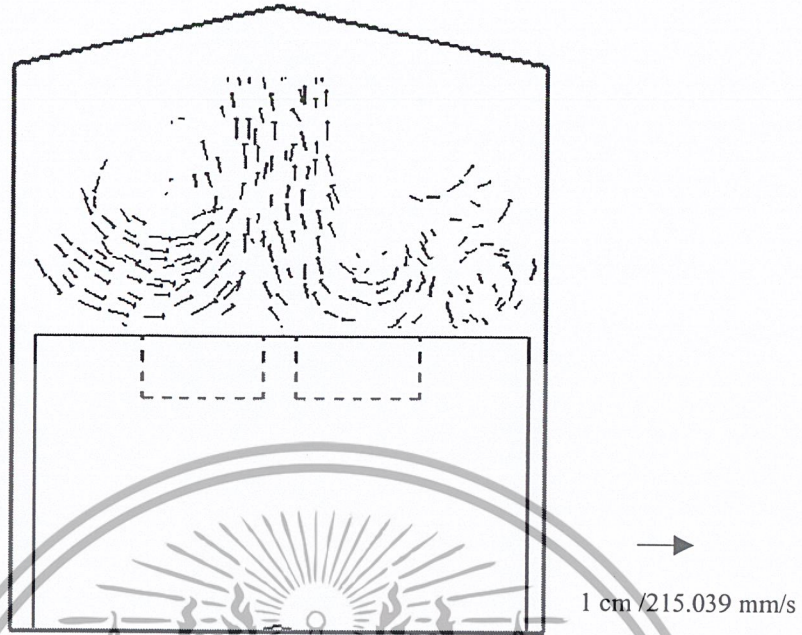
ทดลองที่ค่าความเร็วชัตเตอร์ 1/6, 1/8 และ 1/10



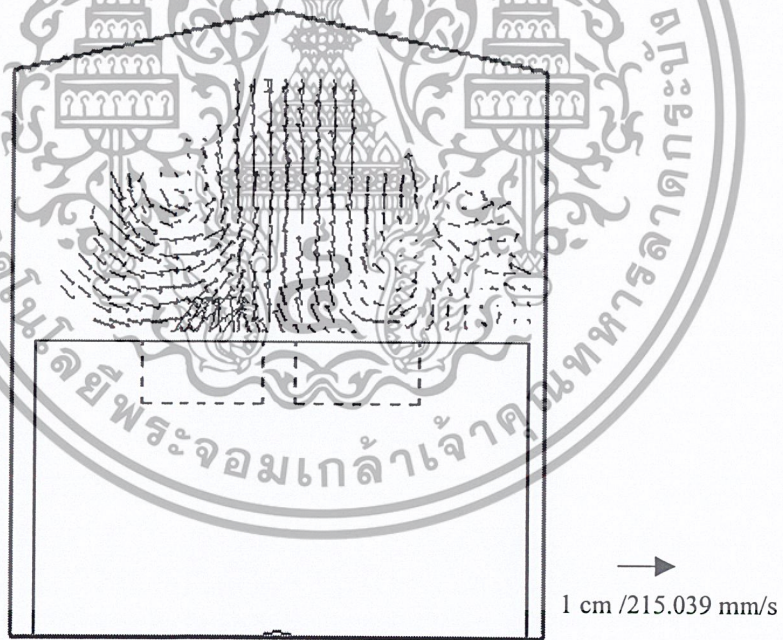
รูปที่ 3-54 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 300 องศาของเพลาคือเหวี่ยง

ผลการทดลอง

ลักษณะการไหลเกิดการไหลแบบหมุนวนขึ้นที่บริเวณด้านล่างวาล์ว ไอเสียแต่มีขนาดเล็กและความเร็วต่ำ ลักษณะการไหลโดยรวมอนุภาคเกิดการไหลทั้งทางด้านซ้ายและขวาของห้องเผาไหม้เกิดการไหลมีทิศทางพุ่งขึ้นไปยังด้านบนของห้องเผาไหม้และมีความเร็วสูง โดยลักษณะการไหลเช่นนี้มีผลดีคืออนุภาคเกิดการไหลซึ่งมีทิศทางไหลไปยังจุดที่เกิดการจุดระเบิดมีผลทำให้เกิดการจุดระเบิดได้ดีและง่ายขึ้น



รูปที่3-55 Measured velocity field at 120 ABDC



รูปที่3-56 Interpolated velocity field at 120 ABDC

การทดลองที่ 11

วัตถุประสงค์การทดลอง

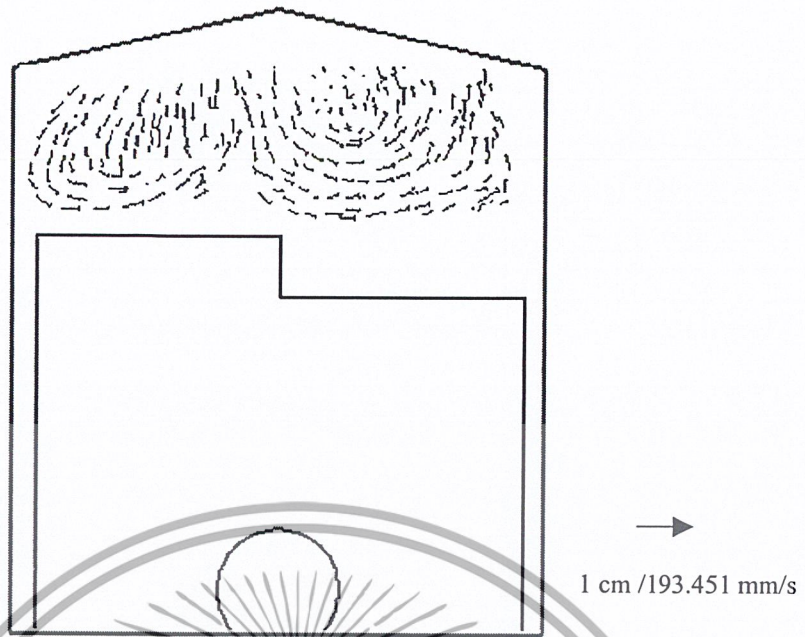
เพื่อถ่ายภาพและศึกษาลักษณะการไหลที่ตำแหน่ง 60 องศาของเพลาค้อเหวี่ยงของกระบอกสูบแบบที่ 3 ใช้กล้อง NIKON F3 และใช้ฟิล์มสีฟูจิค่าความไวแสง 200
ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 154 rpm
ทดลองที่ค่าความเร็วชัดเตอร์ 1/6, 1/8 และ 1/10



รูปที่ 3-57 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 60 องศาของเพลาค้อเหวี่ยง

ผลการทดลอง

ลักษณะการไหลมีทิศทางการไหลจากด้านบนลงมาด้านล่าง โดยยังสังเกตเห็นการเกิดการไหลวนโดยมีค่าความเร็วค่อนข้างสูงมีการไหลส่วนด้านขวาของห้องเผาไหม้มีการไหลโดยอนุภาคมีการชนกับกระบอกสูบ ทำให้มีทิศทางการไหลเปลี่ยน โดยมีทิศทางขึ้นด้านบนของห้องเผาไหม้โดยมีการกระจายตัวอย่างทั่วทั้งกระบอกสูบมีความเร็วเฉลี่ย 208.549 มิลลิเมตรต่อวินาที



รูปที่3-58 Measured velocity field at 60 ATDC



รูปที่3-59 Interpolated velocity field at 60 ATDC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

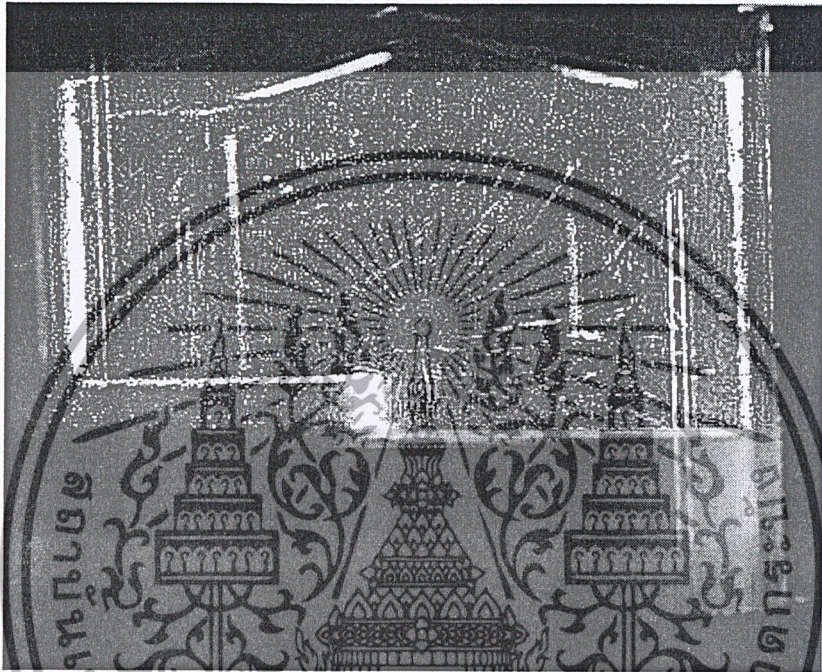
การทดลองที่ 12

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อถ่ายภาพและศึกษาลักษณะการไหลที่ตำแหน่ง 90 องศาของเพลาค้อเหวียงของกระบอกสูบแบบที่ 3 ใช้กล้อง NIKON F3 และใช้ฟิล์มสีฟูจิค่าความไวแสง 200

ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 154 rpm

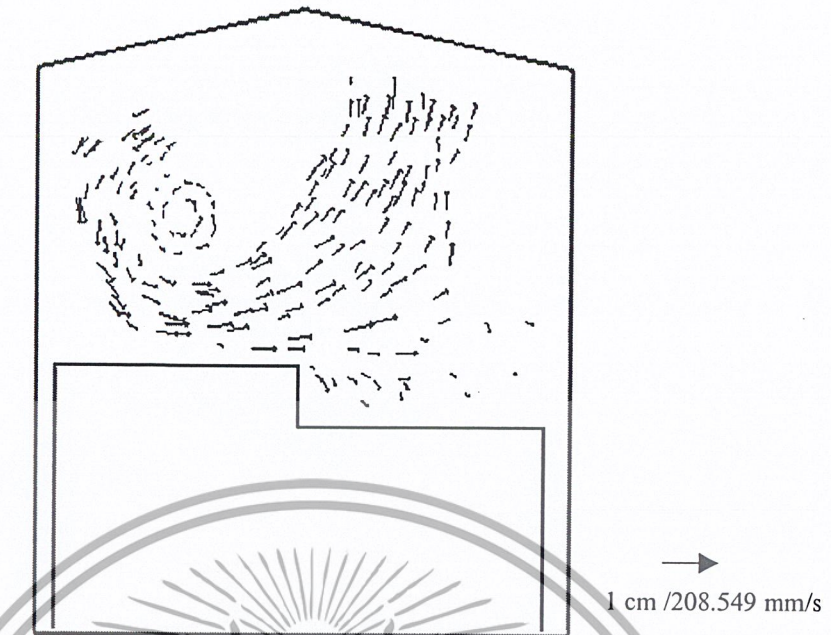
ทดลองที่ค่าความเร็วชัดเตอร์ 1/6, 1/8 และ 1/10



รูปที่ 3-60 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 90 องศาของเพลาค้อเหวียง

ผลการทดลอง

ลักษณะการไหลคืออนุภาคซึ่งอยู่ในจังหวะจะถูกดูดเข้ามาทางวาล์วไอดีซึ่งเมื่ออนุภาคเข้ามาสู่ห้องเผาไหม้แล้วจะเกิดการชนกับสันนูนของกระบอกสูบทำให้ทิศทางการเปลี่ยนแปลง โดยจะมีทิศทางหมุนวนขึ้นไปด้วย ด้านบนของห้องเผาไหม้ ซึ่งอีกส่วนหนึ่งจะมีการไหลลงมาด้านล่างของสันนูน ความเร็วหลังจากที่อนุภาคไหลมาชนสันนูนจะมีความเร็วเพิ่มสูงขึ้น



รูปที่ 3-61 Measured velocity field at 90 ATDC



รูปที่ 3-62 Interpolated velocity field at 90 ATDC

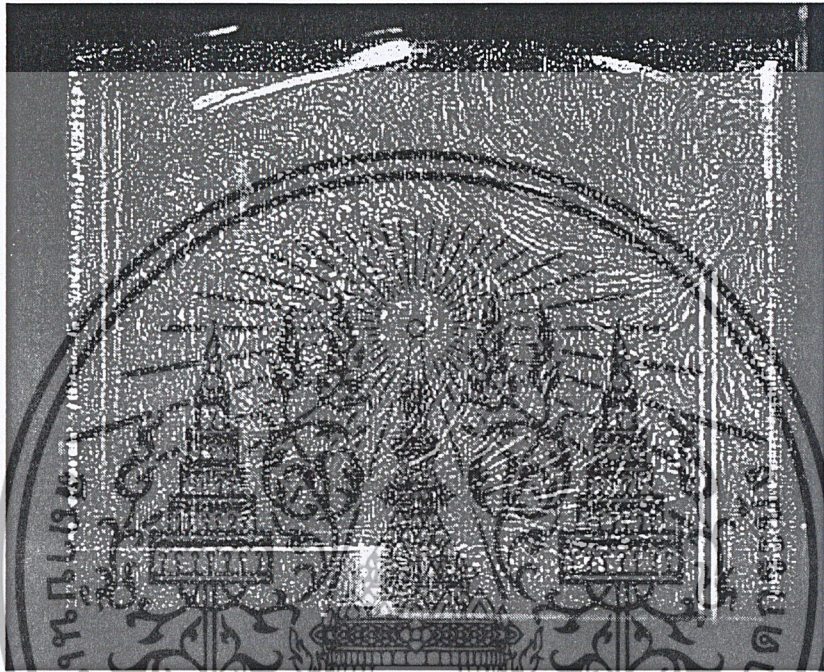
การทดลองที่ 13

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อถ่ายภาพและศึกษาลักษณะการไหลที่ตำแหน่ง 180 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยงของกระบอกสูบแบบที่ 3 ใช้กล้อง NIKON F3 และใช้ฟิล์มสีฟูจิค่าความไวแสง 200

ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 154 rpm

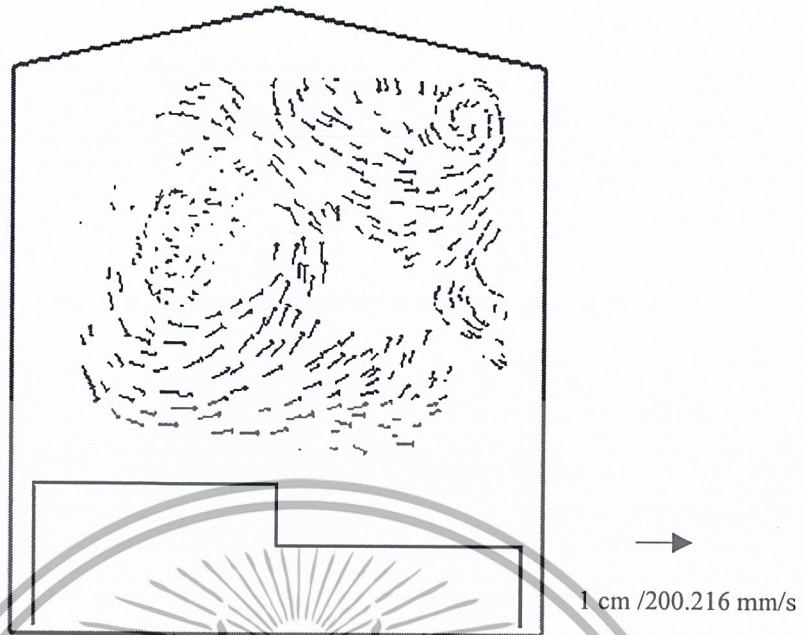
ทดลองที่ค่าความเร็วชัดเตอร์ 1/6, 1/8 และ 1/10



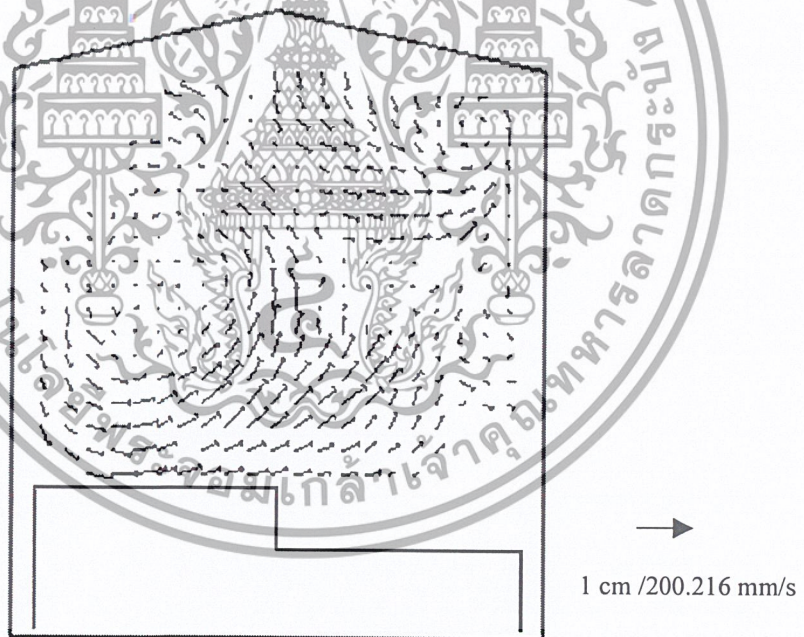
รูปที่ 3-63 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 180 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยง

ผลการทดลอง

ลักษณะการไหลเกิดการไหลวนขนาดใหญ่เกิดขึ้นสองที่คือที่ด้านล่างวาล์วไอดีและด้านบนวาล์วไอเสีย โดยมีทิศทางการไหลวนทิศเดียวกันคือหมุนทวนเข็มนาฬิกา โดยการไหลวนด้านวาล์วไอดีภายในจะมีการไหลวนซ้อนกันอยู่มีความเร็วต่ำส่วนด้านนอกมีความเร็วสูงมาก



รูปที่ 3-64 Measured velocity field at 180 ATDC



รูปที่ 3-65 Interpolated velocity field at 180 ATDC

การทดลองที่ 14

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อถ่ายภาพและศึกษาลักษณะการไหลที่ตำแหน่ง 240 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยงของกระบอกสูบแบบที่ 3 ใช้กล้อง NIKON F3 และใช้ฟิล์มสีฟูจิค่าความไวแสง 200

ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 154 rpm

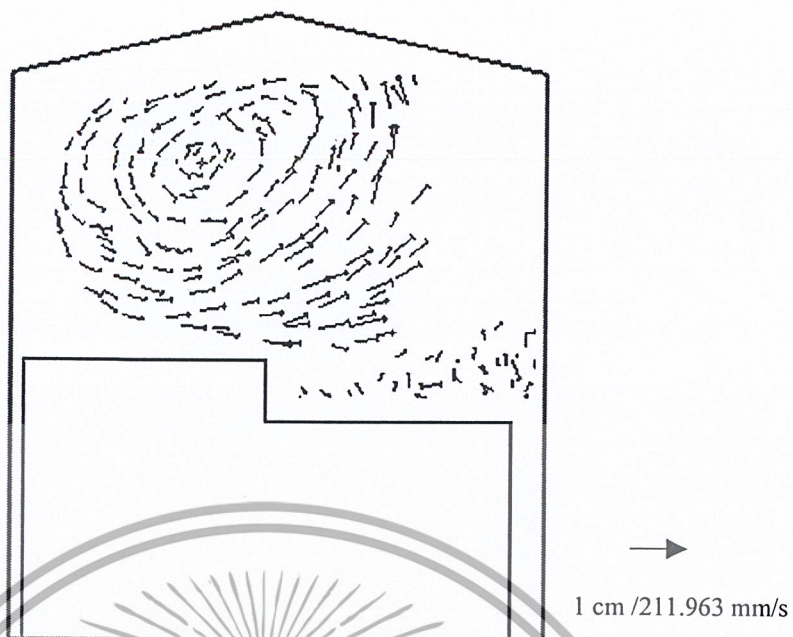
ทดลองที่ค่าความเร็วชัดเตอร์ 1/6, 1/8 และ 1/10



รูปที่ 3-66 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 240 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยง

ผลการทดลอง

ลักษณะการไหลเกิดการไหลวนขนาดใหญ่ขึ้นที่บริเวณวาล์วไอดีโดยที่มีทิศทางการไหลทวนเข็มนาฬิกา และมีความเร็วสูง โดยบริเวณสันนูนของกระบอกสูบมีความเร็วสูง ส่วนที่บริเวณด้านล่างของกระบอกสูบมีการไหลอย่างไม่เป็นระเบียบและมีความเร็วต่ำมาก



รูปที่ 3-67 Measured velocity field at 60 ABDC



รูปที่ 3-68 Interpolated velocity field at 60 ABDC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่15

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อถ่ายภาพและศึกษาลักษณะการไหลที่ตำแหน่ง 300 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยงของกระบอกสูบแบบที่ 3 ใช้กล้อง NIKON F3 และใช้ฟิล์มสีฟูจิค่าความไวแสง 200

ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 154 rpm

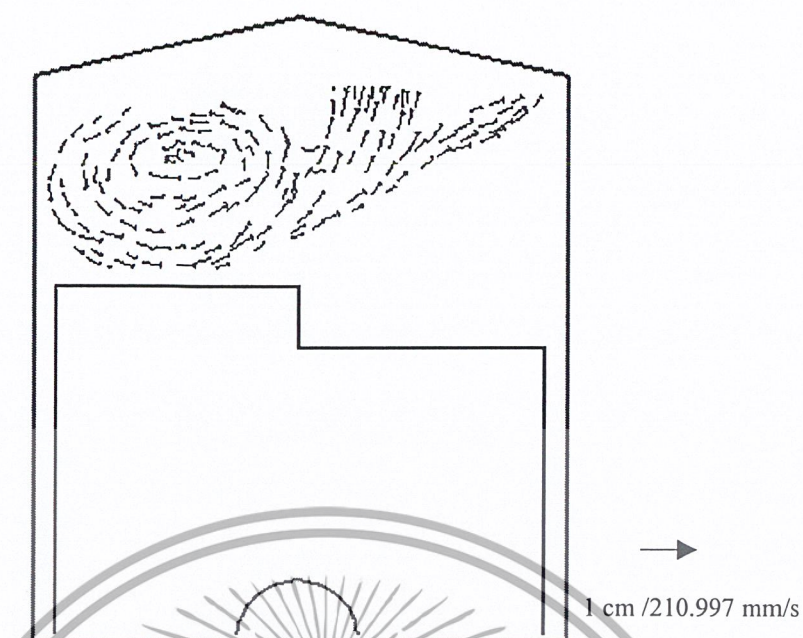
ทดลองที่ค่าความเร็วชัตเตอร์ 1/6, 1/8 และ 1/10



รูปที่ 3-69 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 300 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยง

ผลการทดลอง

ลักษณะการไหลเกิดการไหลวน (TUMBLE) เกิดขึ้นบริเวณด้านล่างของวาล์วไอดีโดยมีการทิศทางการไหลไหลทวนเข็มนาฬิกา โดยในการเกิดการไหลวนอนุภาคจะไหลพุ่งขึ้นไปในทิศทางด้านบนของห้องเผาไหม้ อนุภาคมีความเร็วสูง



รูปที่ 3-70 Measured velocity field at 120 ABDC



รูปที่ 3-71 Interpolated velocity field at 120 ABDC

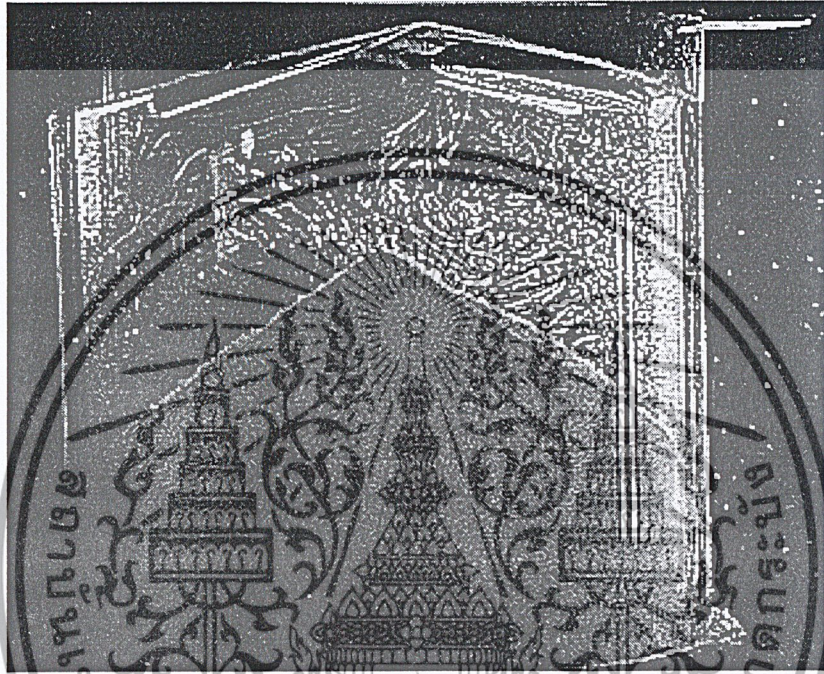
การทดลองที่ 16

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อถ่ายภาพและศึกษาลักษณะการไหลที่ตำแหน่ง 60 องศาของเพลาค้อเหวี่ยงของกระบอกสูบแบบที่ 4 ใช้กล้อง NIKON F3 และใช้ฟิล์มสีฟูจิค่าความไวแสง 200

ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 154 rpm

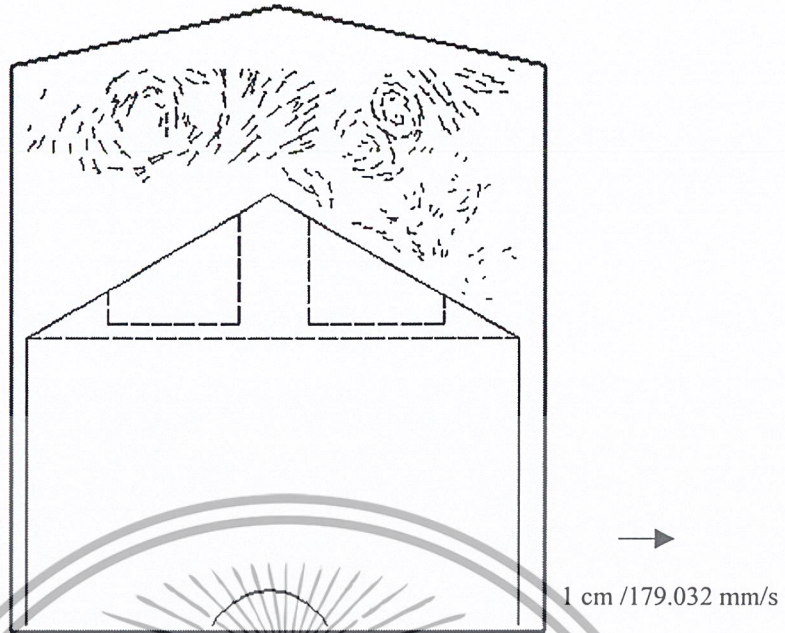
ทดลองที่ค่าความเร็วชัดเตอร์ 1/6, 1/8 และ 1/10



รูปที่ 3-72 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 60 องศาของเพลาค้อเหวี่ยง

ผลการทดลอง

ลักษณะการไหลเกิดการไหลวนขึ้นขนาดเล็กๆ หลายบริเวณทั่วทั้งกระบอกสูบ โดยลักษณะการไหลวนที่เกิดขึ้นนั้นมีคสวามเร็วต่ำ นอกจากนั้นแล้วการกระจายตัวของอนุภาคยังเกิดการกระจายตัวได้ทั่วทั้งกระบอกสูบ ความเร็วของอนุภาคทั้งสองด้านมีความเร็วแตกต่างกันมาก โดยความเร็วของอนุภาคทางด้านซ้ายของห้องเผาไหม้มีค่าสูงกว่าด้านขวาของห้องเผาไหม้



รูปที่ 3-73 Measured velocity field at 60 ATDC



รูปที่ 3-74 Interpolated velocity field at 60 ATDC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 17

วัตถุประสงค์การทดลอง

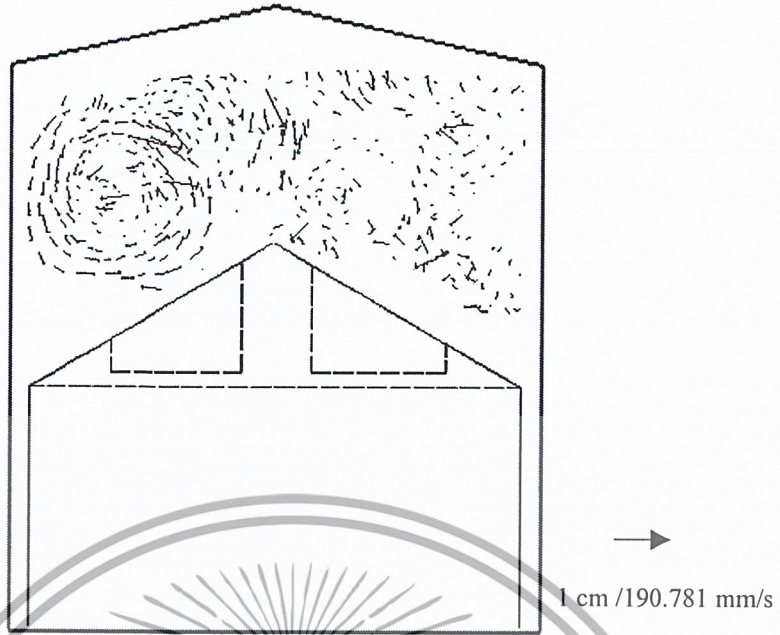
เพื่อถ่ายภาพและศึกษาลักษณะการไหลที่ตำแหน่ง 90 องศาของเพลาช้อเหวี่ยงของกระบอกสูบแบบที่ 4
ใช้กล้อง NIKON F3 และใช้ฟิล์มสีฟูจิค่าความไวแสง 200
ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 154 rpm
ทดลองที่ค่าความเร็วชัดเตอร์ 1/6, 1/8 และ 1/10



รูปที่ 3-75 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 90 องศาของเพลาช้อเหวี่ยง

ผลการทดลอง

ลักษณะการไหลจะมีค่าความเร็วแตกต่างกันมากระหว่างด้านซ้ายและด้านขวา โดยด้านซ้ายมีค่าความเร็วสูง และที่ด้านขวามีความเร็วต่ำ และด้านซ้ายมีลักษณะการไหลวนเกิดขึ้น ส่วนด้านซ้ายมีทิศทางการไหลที่ไม่มีทิศทางแน่นอน



รูปที่ 3-76 Measured velocity field at 90 ATDC



รูปที่ 3-77 Interpolated velocity field at 90 ATDC

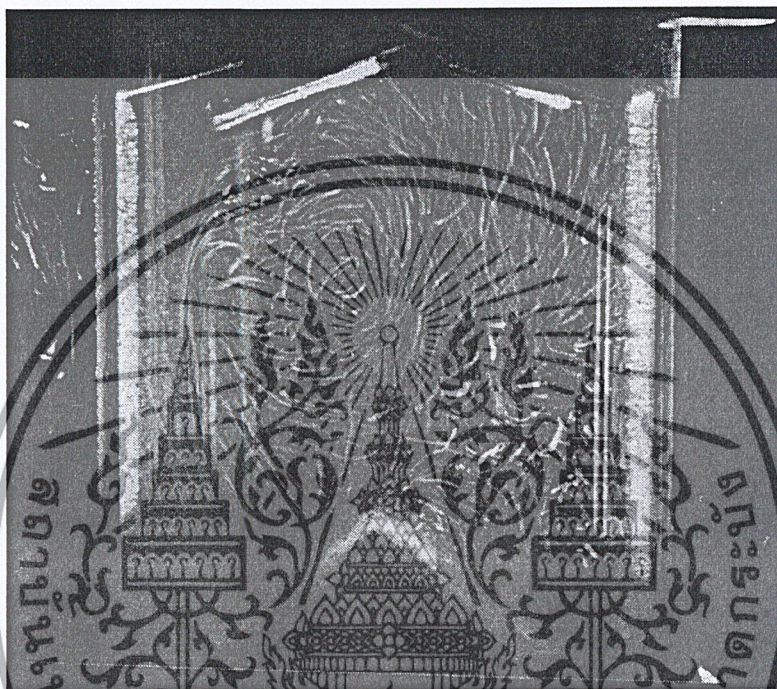
การทดลองที่ 18

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อถ่ายภาพและศึกษาลักษณะการไหลที่ตำแหน่ง 180 องศาของเพลาค้อเหวี่ยงของกระบอกสูบแบบที่ 4
ใช้กล้อง NIKON F3 และใช้ฟิล์มสีฟูจิค่าความไวแสง 200

ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 154 rpm

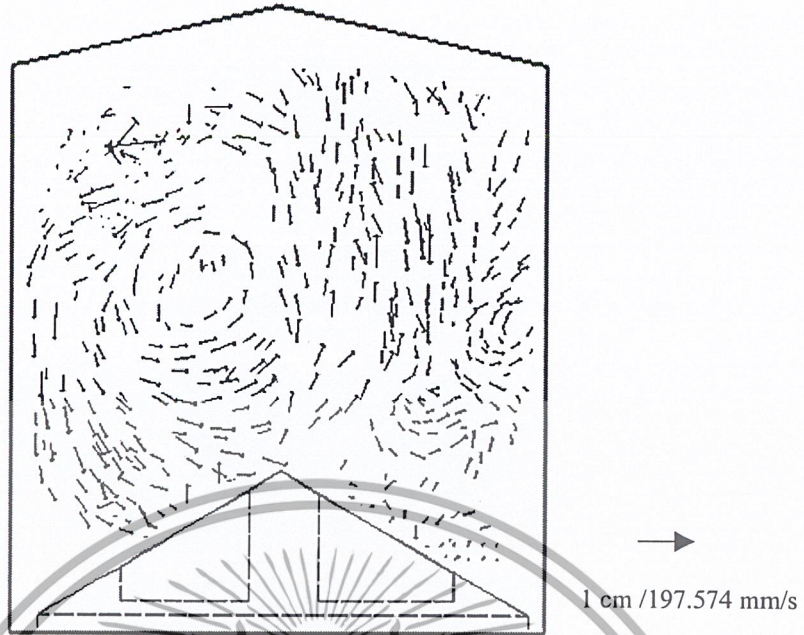
ทดลองที่ค่าความเร็วชัตเตอร์ 1/6, 1/8 และ 1/10



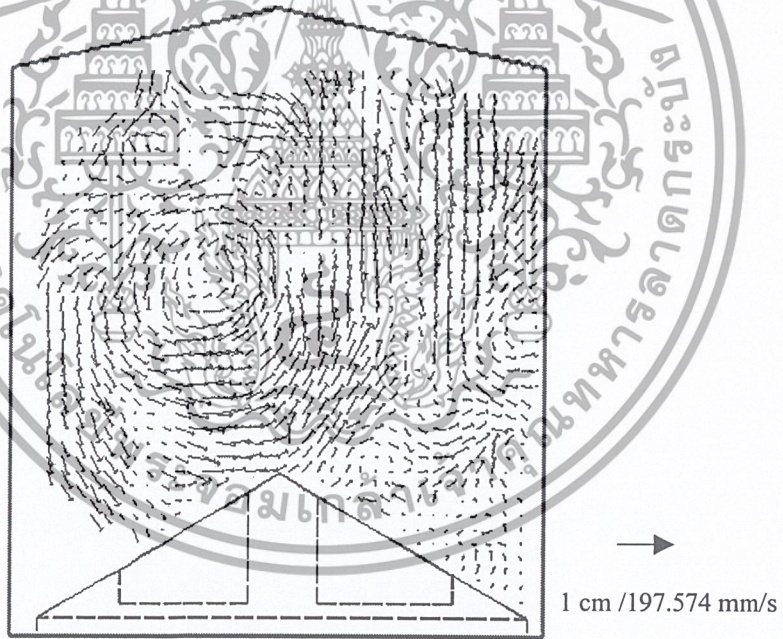
รูปที่ 3-78 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 180 องศาของเพลาค้อเหวี่ยง

ผลการทดลอง

ลักษณะการไหลด้านซ้ายมีลักษณะการไหลวนเกิดขึ้น ส่วนด้านขวามีลักษณะการไหลที่ไม่มีทิศทางแน่นอน ความเร็วด้านซ้ายมีค่าความเร็วสูง



รูปที่ 3-79 Measured velocity field at 180 ATDC



รูปที่ 3-80 Interpolated velocity field at 180 ATDC

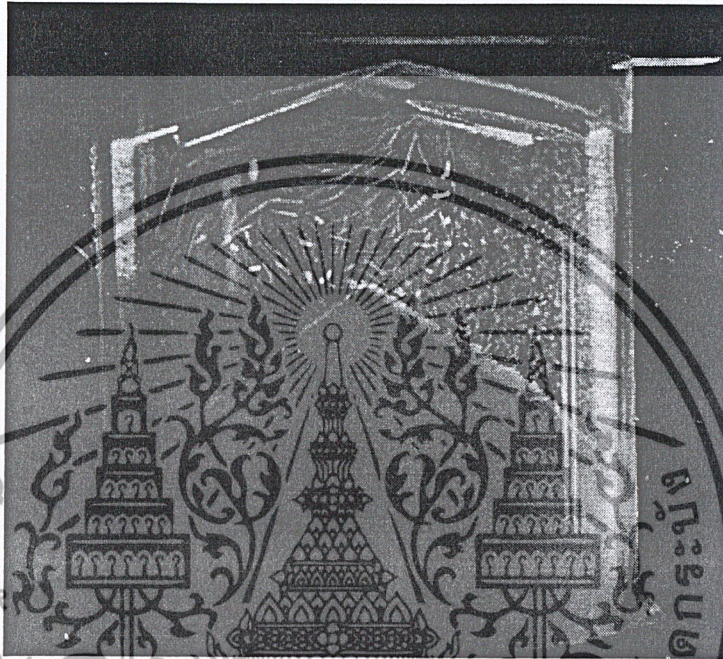
การทดลองที่ 19

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อถ่ายภาพและศึกษาลักษณะการไหลที่ตำแหน่ง 240 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยงของกระบอกสูบแบบที่ 4 ใช้กล้อง NIKON F3 และใช้ฟิล์มสีฟูจิค่าความไวแสง 200

ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 154 rpm

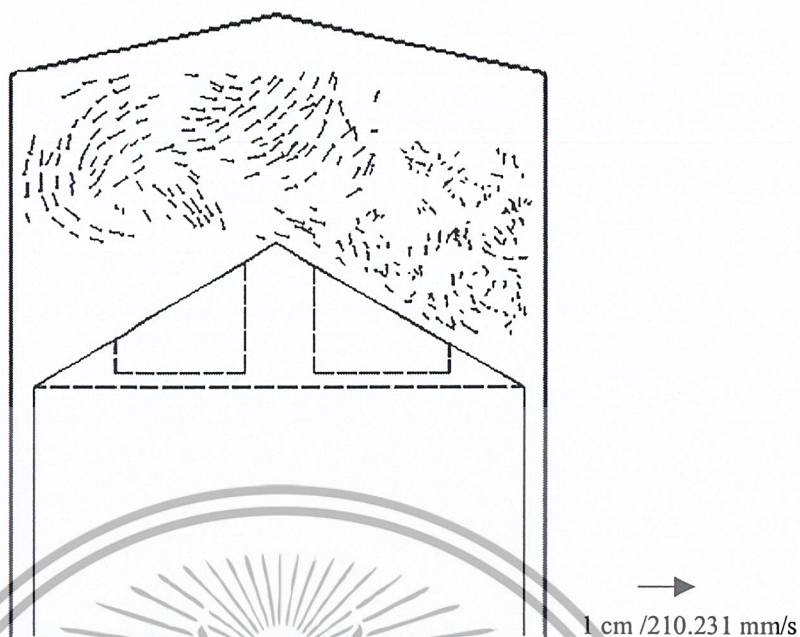
ทดลองที่ค่าความเร็วชัดเตอร์ 1/6, 1/8 และ 1/10



รูปที่ 3-81 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 240 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยง

ผลการทดลอง

ลักษณะการไหลสังเกตได้ไม่ชัดเจน



รูปที่ 3-82 Measured velocity field at 60 ABDC



รูปที่ 3-83 Interpolated velocity field at 60 ATDC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

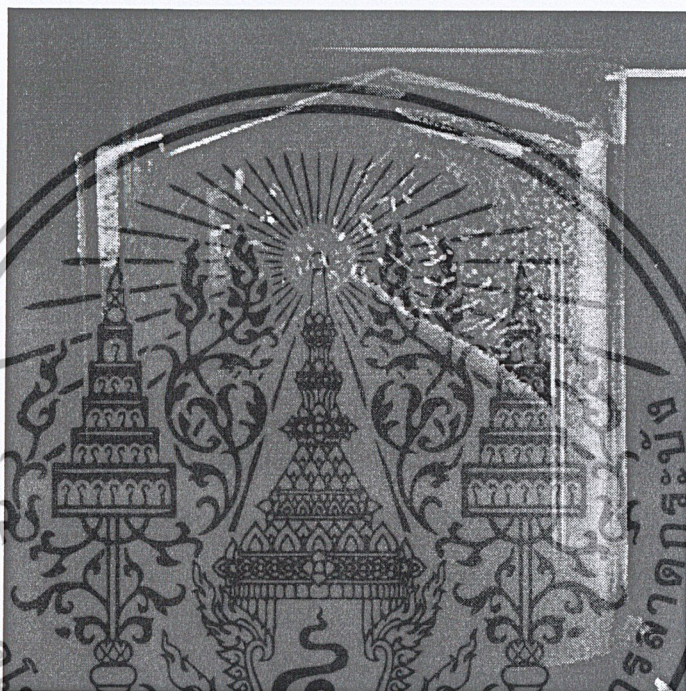
การทดลองที่ 20

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อถ่ายภาพและศึกษาลักษณะการไหลที่ตำแหน่ง 300 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยงของกระบอกสูบแบบที่ 4
ใช้กล้อง NIKON F3 และใช้ฟิล์มสีฟูจิค่าความไวแสง 200

ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 154 rpm

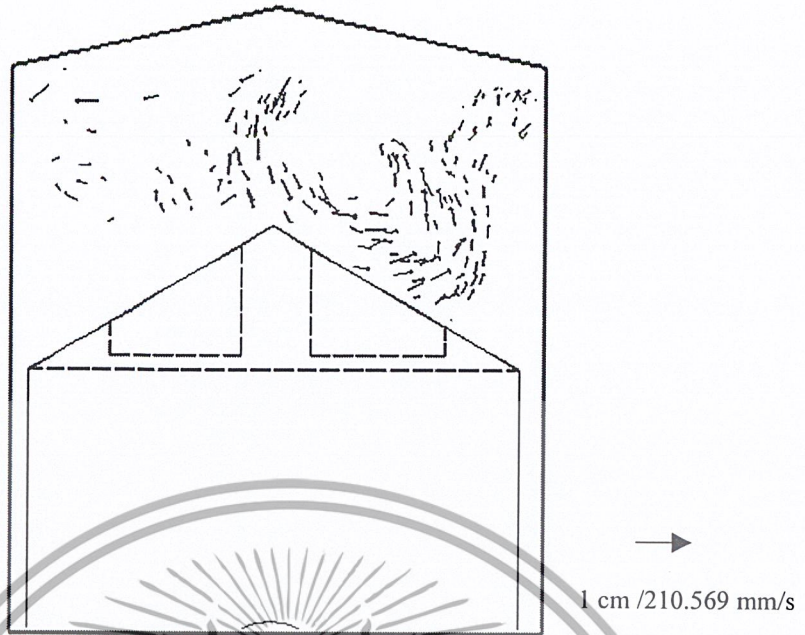
ทดลองที่ค่าความเร็วชัตเตอร์ 1/6, 1/8 และ 1/10



รูปที่ 3-84 ลักษณะการไหลของอนุภาคที่ตำแหน่งที่ 300 องศาของเพลลาข้อเหวี่ยง

ผลการทดลอง

ลักษณะการไหลไม่เกิดการไหลวนเกิดขึ้น



รูปที่ 3-85 Measured velocity field at 120 ABDC



รูปที่ 3-86 Interpolated velocity field at 120 ATDC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

สรุปผลการทดลองและแนวทางการพัฒนาการทดลอง

4.1 สรุปผลการทดลอง

1. ระบุบอกสูบแบบที่ 1 จะเกิดการไถวนได้วนได้ตามต้องการในการออกแบบคือแบบมีหลุมเดียวจะทำให้ของไหลไหลวนบริเวณหลุมได้และทำให้เกิด TUMBLE ขนาดใหญ่ได้ซึ่งทำให้การกระจายตัวของของไหลได้ดีโดยมีการไหลอย่างสม่ำเสมอและมีทิศทางเดียวกัน

2. ระบุบอกสูบแบบที่ 2 การไหลของของไหลจะเกิดการไหลวนขึ้นภายในห้องเผาไหม้หลายบริเวณซึ่งมีการกระจายตัวของของไหลได้ดีและการไหลวนที่เกิดขึ้นมีขนาดไม่ใหญ่ โดยในจังหวะอัดที่ 300 องศาของไหลจะไหลด้วยความเร็วสม่ำเสมอและมีทิศทางเดียวกันคือมีทิศทางไปยังด้านบนของห้องเผาไหม้ ซึ่งเป็นผลดีให้เกิดการจุดระเบิดง่าย

3. ระบุบอกสูบแบบที่ 3 ทำการออกแบบมาเพื่อต้องการให้เกิดการไหลวนที่บริเวณหลุมทั้งสองด้านแต่จากการทดลองเกิดการไหลที่ไม่มีทิศทางที่แน่นอนและความเร็วของของไหลมีค่าต่ำมากในจังหวะดูด สาเหตุหลุมทั้งสองด้านมีขนาดเล็กเกินไปและความชันของกระบอกสูบมีค่ามากเกินไป

4. ระบุบอกสูบแบบที่ 4 จะเกิดการไหลวนได้ดีมากมีความเร็วสม่ำเสมอและมีการกระจายตัวได้ทั่วบริเวณห้องเผาไหม้

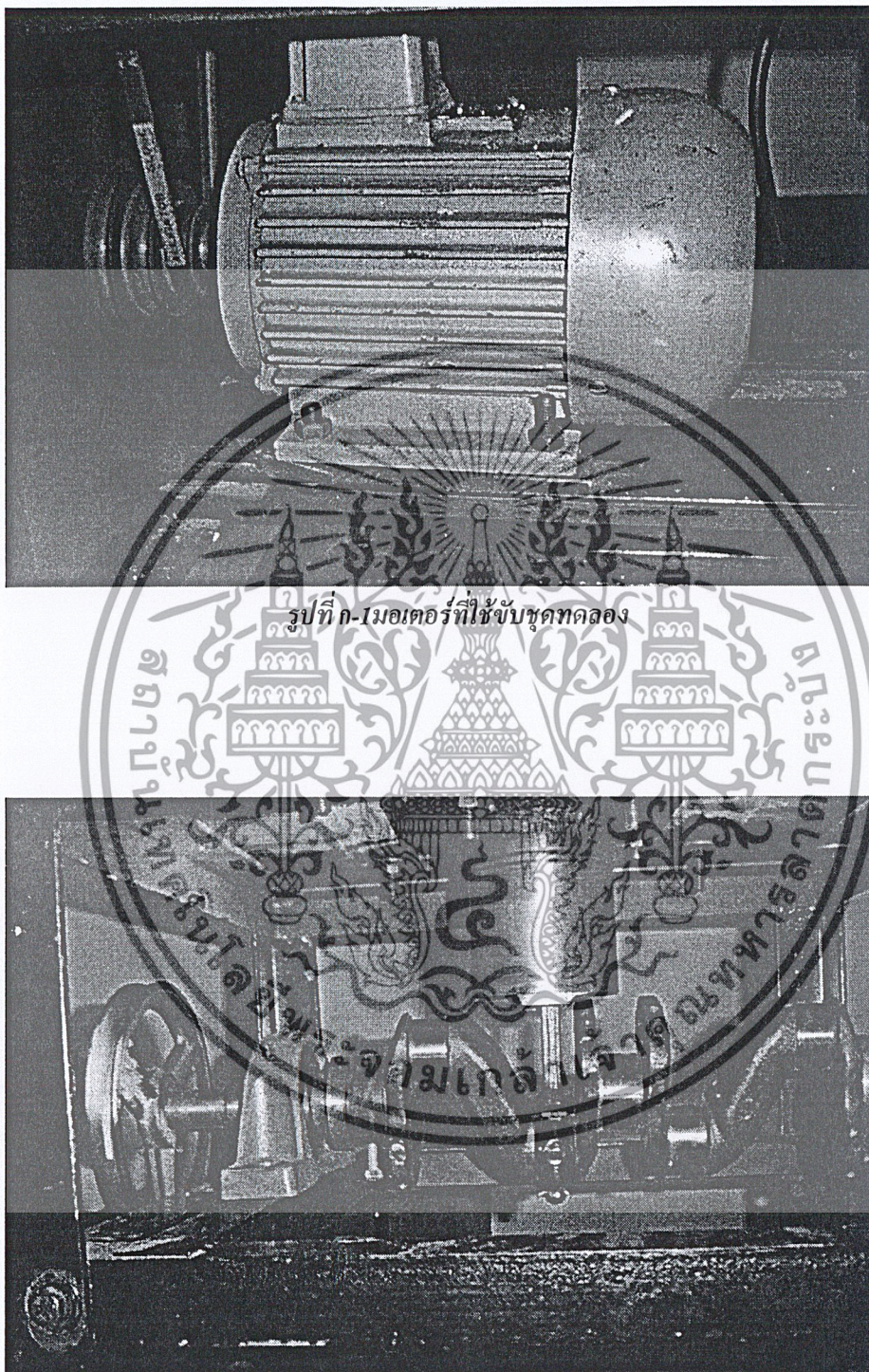
5. เปรียบเทียบกระบอกสูบทั้งสี่แบบ ระบุบอกสูบแบบที่ 2 และ 4 มีการกระจายตัวของของไหลได้ทั่วถึงทุกบริเวณภายในกระบอกสูบมีความเร็วสม่ำเสมอและทิศทางการไหลเดียวกัน

6. ระบุบอกสูบแบบที่ 2 และแบบที่ 4 มีลักษณะการไหลในจังหวะอัดเกิดการไหลวนและการเคลื่อนที่ขึ้นไปด้านบนของห้องเผาไหม้ซึ่งมีผลทำให้เกิดการจุดระเบิดที่ดี

4.2 แนวทางการพัฒนาการทดลอง

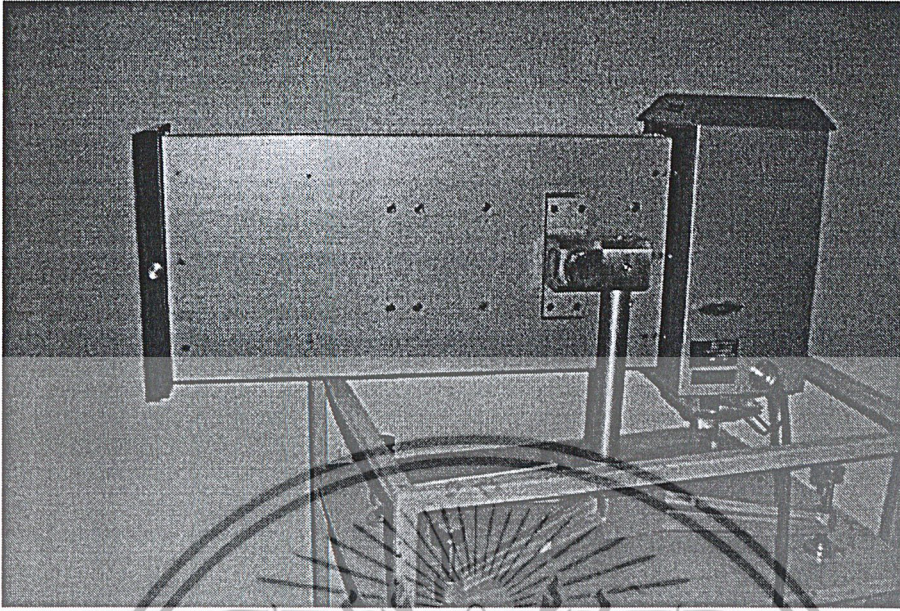
จากการทดลองที่ผ่านมาควรมีการคำนึงถึงผลของตัวแปรต่างที่จะทำให้ชุดทดลองสมจริงมากยิ่งขึ้น โดยต้องคำนึงถึง อัตราส่วนการอัดภายในห้องเผาไหม้, ความเร็วรอบของการทดลอง โดยในการเพิ่มความเร็วรอบที่สูง ต้องมีอุปกรณ์ที่มีความสามารถสูงในการถ่ายภาพ และแหล่งกำเนิดแสงที่มีความเข้มสูง

ภาคผนวก

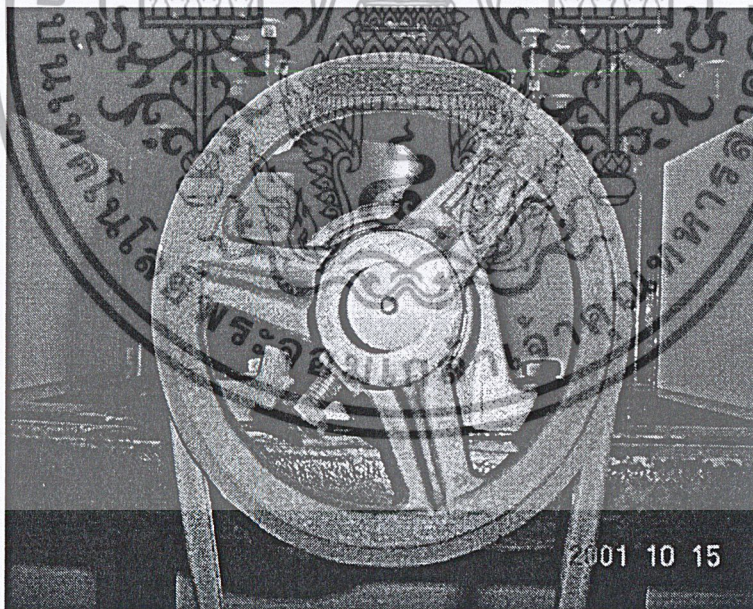


รูปที่ ก-2 เพลาช้อเหวี่ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

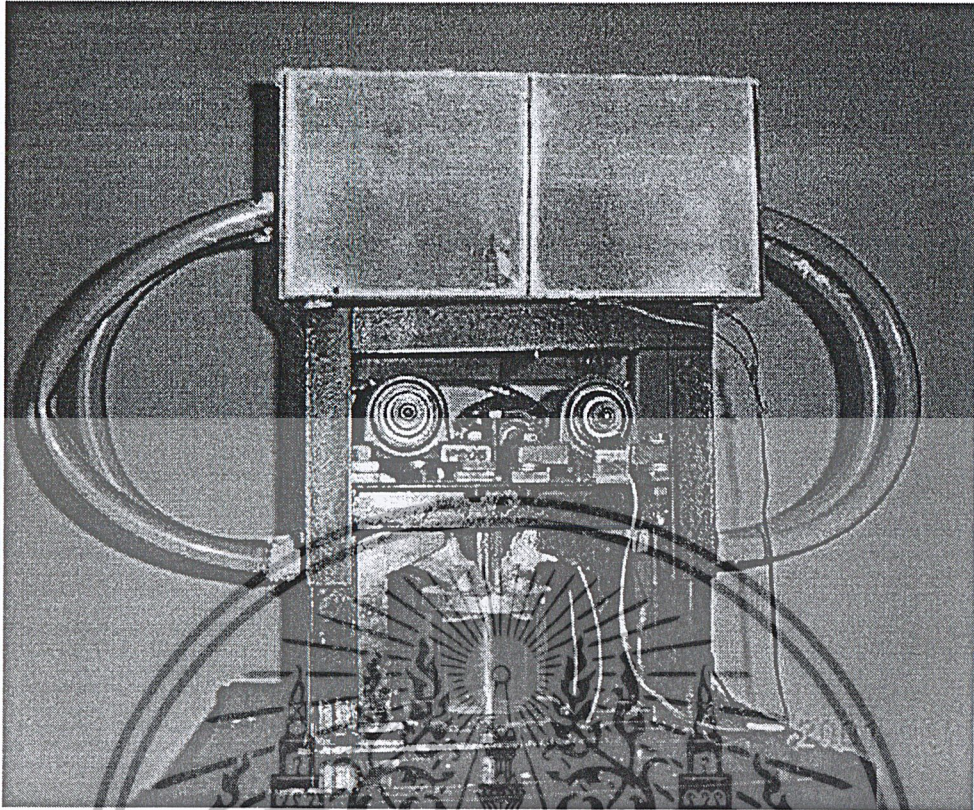


รูปที่ ก-3 แหล่งกำเนิดแสง

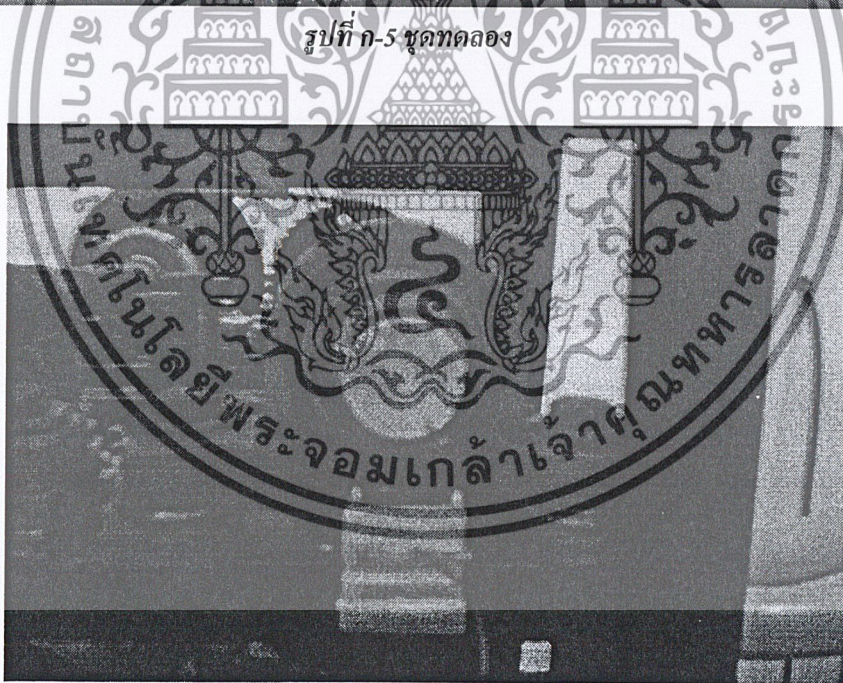


รูปที่ ก-4 เพลลาครอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-5 ชุดทดลอง



รูปที่ ก-6 ชุด Sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. John B.Heywood”Internal Combustion Engines Fundamentales”,McGraw-Hill,1988
2. ชีรยุทธ สุวรรณประทีป ”หลักการทํางานและซ่อมบํารุงรักษาเครื่องยนต์”,สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น
3. Nieuwstadt,Kluwer”Flow Visuali and Analysis”,F.T.M.Academic Publishers,1994
- 4.”Study of Induction Swirl in a Spark Ignition”,SAEpaper810496,1981
5. M.J.Nunney”Engine Technology 1 and
6. “In-Cylinder Fluid Motion and Mixing of a Dual Intake Valve Spark Engine”,SAE paper962066,1996
7. “Concept of Lean Combustion by Barrel-Stratification”, SAE paper92678,1992
8. “ Effect of Intake port Flow pattern in Cylinder Tumbling Air Flow in Engine”910477,1994

