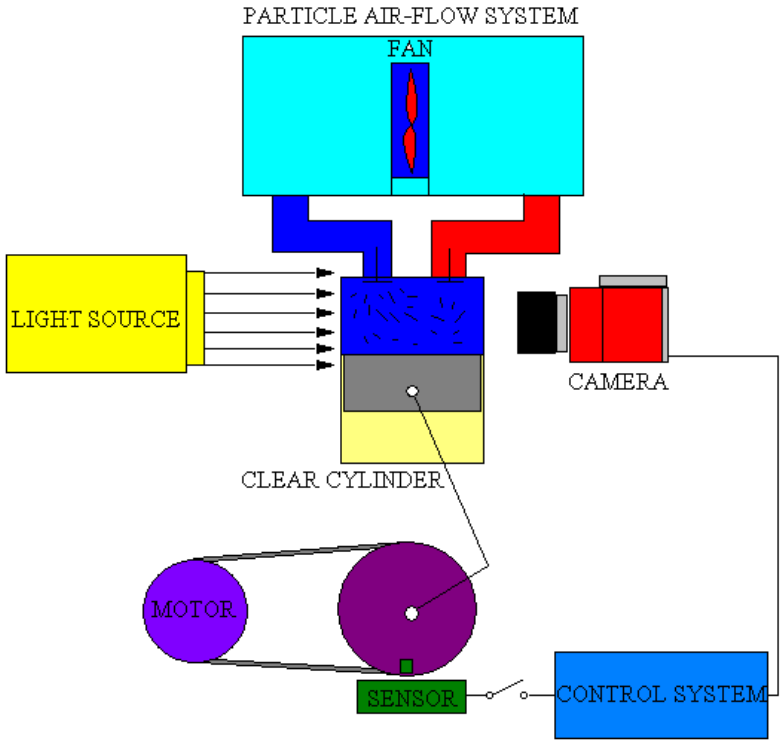
บทที่4
อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง

ในบทนี้อธิบายถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและขั้นตอนการทดลองโดยจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งเป็นส่วนของ การศึกษาพฤติกรรมการไหลในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ส่วนผสมบาง สำหรับการทดลองจะทำการทดลองด้วยเครื่องยนต์จำลองการไหล เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้ในลูกสูบแต่ละแบบ และท่อไอดีแบบต่าง ๆ และนำมาวิเคราะห์การไหลที่ดีที่สุด ส่วนที่สองจะเป็นส่วนของการพัฒนาห้องเผาไหม้เพื่อทดสอบกับเครื่องยนต์จริง การทดสอบโดยนำลักษณะของการไหลที่ดีที่สุดมาพัฒนาทดสอบกับเครื่องยนต์จริง

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและขั้นตอนการทดลองการศึกษาพฤติกรรมการไหลในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ ด้วยเครื่องยนต์จำลอง

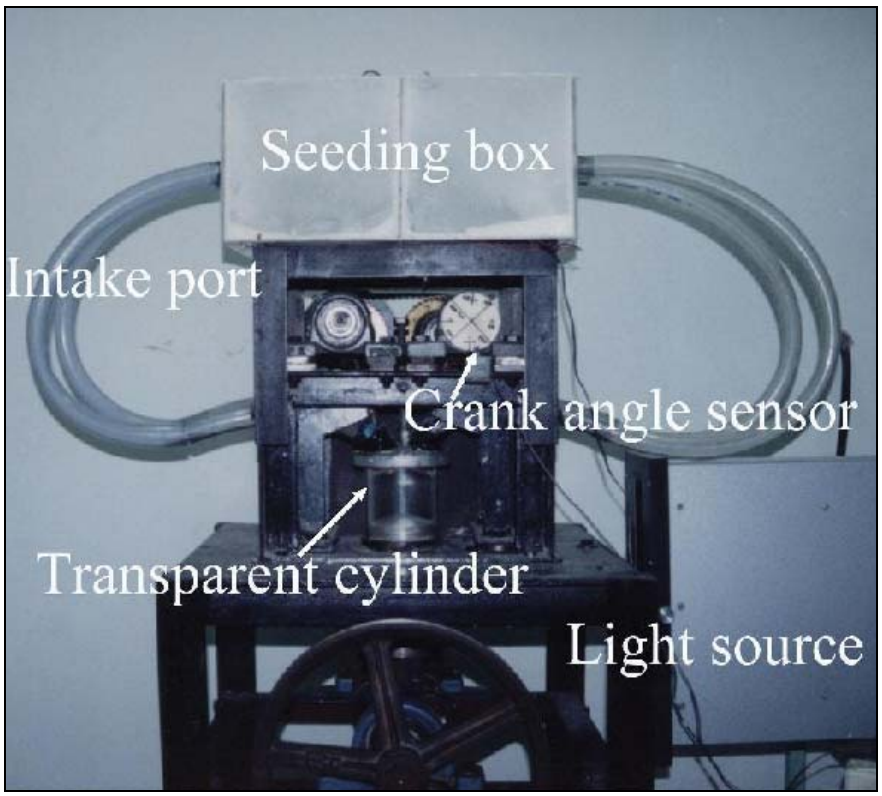
ลักษณะของเครื่องยนต์จำลองนั้นจะทำให้สามารถเห็นการไหลภายในได้โดยการใช้กระบอกสูบใสที่ทำจาก พลาสติกใสทรงกระบอกขนาดเท่ากระบอกสูบจริงและใช้ผงอนุภาคที่มีน้ำหนักเบาปะปนมากับอากาศเพื่อสามารถเห็นการเคลื่อนที่ของอากาศได้ ผงอนุภาคหายากโดยส่วนใหญ่ผงอนุภาคนี้จะถูกนำไปเก็บไว้ในกล่องเก็บอนุภาคและถูกนำกลับมาใช้ใหม่

4.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 4.1 เครื่องยนต์ที่ใช้ทดลองและระบบการมองภาพ

จากรูปที่ 4.1 เมื่อเครื่องยนต์จำลองทำงานจะดูดอนุภาคเข้ามาภายในกระบอกสูบ และแสงจาก Light sheet จะทำให้เกิดระนาบของอนุภาคที่ชัดเจน จากนั้นเมื่อเครื่องยนต์หมุนไปถึงตำแหน่งที่ต้องการชุดควบคุมการถ่ายภาพจะได้รับสัญญาณจากตัว Sensor และส่งต่อมาที่สวิชท์ซึ่งเราก็จะกดสวิชท์ค้างไว้ให้สัญญาณส่งต่อไปที่ชุดควบคุมกล้องถ่ายภาพให้ถ่ายภาพใน Speed Shutter ที่ต้องการได้ ส่วนอนุภาคจะถูก คายออกทางด้านวาล์วไอเสียไปเก็บที่กล่องพักอนุภาค ซึ่งจะมีพัดลมคอยพัดให้อนุภาคจะกระจายตัวและพร้อมที่จะถูกดูดเข้าในห้องเผาไหม้ในรอบต่อไป



รูปที่ 4.2 ภาพถ่ายเครื่องยนต์จำลองและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง

ชุดเครื่องมือที่ใช้ในการถ่ายภาพการไหลในห้องเผาไหม้แสดงอยู่ในรูปที่ 4.2 ชุดเครื่องมือการถ่ายภาพแบบ PIV นี้ จะใช้การจับเส้น particle partline เพื่อนำไปคำนวณหาเวคเตอร์ความเร็ว โดยมีหลักการคร่าวๆดังนี้

1. มอเตอร์ขับเครื่องยนต์จำลองการไหลเคลื่อนที่ ลูกสูบที่อยู่ภายในกระบอกสูบใสเคลื่อนที่ขึ้นลง
2. เครื่องกำเนิดแสงที่สามารถปรับตั้งระนาบการฉายแสงได้จัดให้ระนาบแสงส่องไปที่บริเวณกระบอกสูบ โดยระนาบของแสงที่กระทบกับกระบอกสูบจะทำการวางตั้งดังในรูปที่ 4.2
3. ผงอนุภาคที่สามารถถ่ายภาพได้ มีขนาดเล็กและเบา ถูกดูดมาจากกล่องเก็บอนุภาคไหลเข้าไปในห้องเผาไหม้4. ชุดเซนเซอร์มุมเพลาข้อเหวี่ยงหมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการถ่ายภาพและส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุมการถ่ายภาพ

5. กล้องถ่ายรูปดังรูปที่ 4.3 โฟกัสภาพที่ระนาบแสงและกล้องนี้จะต้องสามารถตั้งความเร็วในการปิดหน้ากล้องได้ ทำการบันทึกภาพที่ speed shutter 1/60, 1/90 และ1/125
6. ผงอนุภาคถูกอัดและคายออกไปเก็บยังกล่องเก็บอนุภาค
7. เปลี่ยนลูกสูบและท่อไอดีเป็นแบบที่ต้องการทดลองแล้วทำตามขั้นตอนที่ 1 อีกครั้ง

รูปที่ 4.3 กล้องดิจิตอลที่ใช้ในการถ่ายภาพ

ในการถ่ายภาพด้วยวิธี PIV จำเป็นที่จะต้องใช้กล้องที่สามารถปรับความเร็วในการปิดหน้ากล้องได้จึงใช้กล้องถ่ายภาพของ Cannon รุ่น EOS 300 D ดังรูปที่ 4.3 ซึ่งเป็นกล้องถ่ายภาพชนิดดิจิตอลปรับความไวแสงได้ 1600

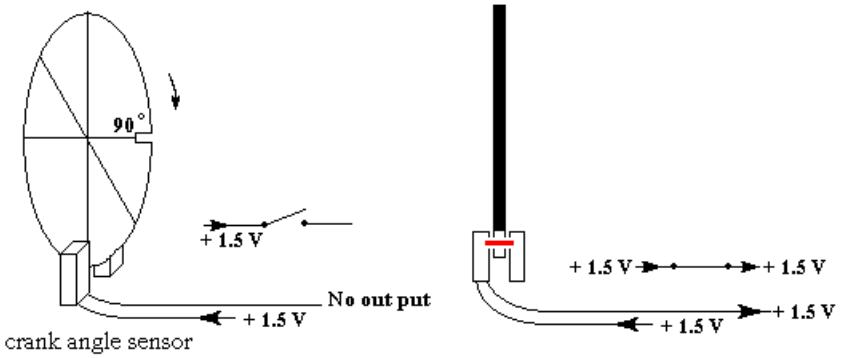
จากตารางที่ 4.1 จะใช้มอเตอร์ขับเครื่องยนต์ที่ความเร็ว 470 rpm คงที่ โดยลักษณะของลูกสูบจะใช้ลูกสูบแบบต่าง ๆ และท่อไอดีแบบขนาน แบบวี และแบบตั้งตรง จากตารางที่ 4.2 แสงที่ใช้ส่องเป็นระนาบตั้งมีขนาด 1500 Watt กว้าง 10 mm. ส่องไปที่กลางกระบอกสูบ อนุภาคมีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 70 μm. และความหนาแน่นที่ 0.025 โดยใช้กล้อง Cannon รุ่น EOS 300D ความเร็วสูงบันทึกภาพที่ Speed Shutter 1/60 , 1/90 และ 1/125 Sec โดยใช้ปรับให้มีความไวแสง 1600 เปิดรูรับแสงที่ 4.6

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติเฉพาะของเครื่องยนต์จำลองการไหล

Type of Engine	Single Cylinder 4-Stroke
Valve	Two Inlet / Two Outlet
Bore x Stroke	$\varnothing$81 x 81 mm.
Comp. Ratio	9
Side Clearance	1.0 mm.
Motoring	470 RPM
Valve inlet Diameter	32 mm.
Valve outlet Diameter	29 mm.

ตารางที่ 4.2 เงื่อนไขในการทดลอง

Light Source	HALOGEN LAMP 1500 W.
Light Sheet Thickness	10 mm.
Light Sheet Location	Center of Cylinder
Speed Shutter	1/60 , 1/90 , 1/125 Sec
Tracer Particle	Expancel 091 DE Mean Diameter 70 μm (Mean Density 0.025)



รูปที่ 4.4 ลักษณะการทำงานของ Crank angle sensor

การทำงานของ Crank angle sensor นี้จะแสดงในรูปที่ 4.4 โดยใช้หลักการของโฟโต้สวิช ท์คือเมื่อแผ่นจานองศาที่ถูกทำให้เกิดร่องในตำแหน่งที่ต้องการจับภาพหมุนผ่าน sensor จะทำให้การต่อติดของวงจรครบสมบูรณ์และมีสัญญาณไฟส่งต่อออกไปยังชุดควบคุมการถ่ายภาพ จากรูปที่ 4.5 ลูกสูบชนิดต่าง ๆ ที่นำมาทดสอบ ก.) เป็นลูกสูบแบบหัวเรียบที่ใช้ในเครื่องยนต์เบนซินทั่วไป ข.) เป็นลูกสูบของเครื่องยนต์เบนซินส่วนผสมบางที่ใช้ในรถยนต์ Mitsubishi โดยจะ สังเกตเห็นว่าลูกสูบมีลักษณะเป็นแบบหัวนูนสามเหลียม และมีหลุมลึกลงไปภายในด้านวาล์วไอดีเพียงด้านเดียว โดยหลุมนี้จะใช้ในการฉีดเชื้อเพลิงผ่านหลุมแล้วโค้งกลับขึ้นไปยังหัวเทียน ค) ลูกสูบแบบหลุมสควิช มักพบมากในเครื่องยนต์ดีเซล ลักษณะของหลุมลึกภายในหลุมจะนูนขึ้นมามีลักษณะเป็นรูปทรงกรวย ง) ลูกสูบแบบหลุมกรวย เป็นลูกสูบที่ทำขึ้นมาเพื่อทดสอบหาพฤติกรรมการไหล โดยจะมีลักษณะเป็นหลุมลึกลงไปเป็นทรงกรวย จ) ลูกสูบหลุมแบบตัด เป็นลูกสูบที่ทำขึ้นมาเพื่อทดสอบหาพฤติกรรมการไหล โดยจะมีลักษณะเป็นหลุมลึกลงไปตรง ๆ ฉ) ลูกสูบหลุมโค้งเป็นลูกสูบที่ทำขึ้นมาเพื่อทดสอบหาพฤติกรรมการไหล โดยจะมีลักษณะเป็นหลุมลึกลงไปโดยส่วนล่างสุดจะโค้งเว้าลงไป

ก) ลูกสูบแบบหัวเรียบ

ข) ลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยม

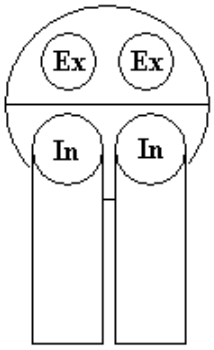
ค) ลูกสูบแบบหลุมสควิช

ง) ลูกสูบแบบหลุมกรวย

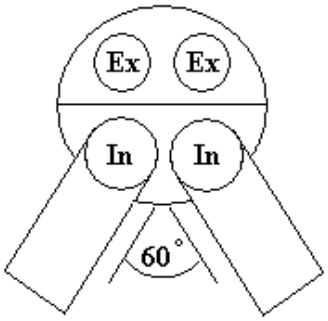
จ) ลูกสูบหลุมแบบหลุมตัด

ฉ) ลูกสูบแบบหลุมโค้ง

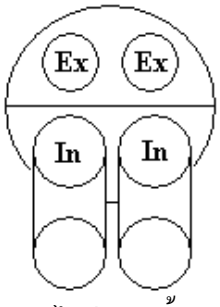
รูปที่ 4.5 ลูกสูบที่นำมาทำการศึกษาพฤติกรรมการไหล



ก) ท่อไอดีแบบขนาน



ข) ท่อไอดีแบบ V



ค) ท่อไอดีแบบตั้งตรง

รูปที่ 4.6 แสดงลักษณะการต่อท่อไอดีที่ใช้ในการทดลอง

รูปที่ 4.6 ท่อไอดีแบบต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง ก) ท่อไอดีเป็นแบบขนานโดยท่อไอดีด้านซ้ายและขวาจะขนานกัน ข) ท่อไอดีเป็นแบบ V-Type ซึ่งในการทดลองนี้จะทำมุมท่อไอดีด้านซ้ายและขวา 60 องศา ค) ท่อไอดีแบบตั้งตรง ท่อไอดีแบบนี้จะถูกต่อตรงจากด้านบนลงไปยังห้องเผาไหม้โดยมีลักษณะเกือบจะตั้งฉากกับห้องเผาไหม้

4.1.2 วิธีการทดลองด้วยเครื่องยนต์จำลองและแสดงผล

ใช้มอเตอร์ขับเครื่องยนต์ที่ความเร็ว 470 rpm คงที่ โดยลักษณะของลูกสูบจะใช้ลูกสูบแบบต่าง ๆ ที่เตรียมมาทดสอบ แสงที่ใช้ส่อง (Light source) เป็นระนาบตั้งมีขนาด 1500 Watt กว้าง 10 mm. ส่องไปที่กลางกระบอกสูบ อนุภาคมีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 70 μm. และความหนาแน่นที่ 0.025 โดยใช้กล้อง Cannon รุ่น EOS 300D ความเร็วสูงบันทึกภาพที่ Speed Shutter 1/60 , 1/90 และ 1/125 Sec โดยตั้งความไวแสง 1600 เปิดรูรับแสง 4.6f

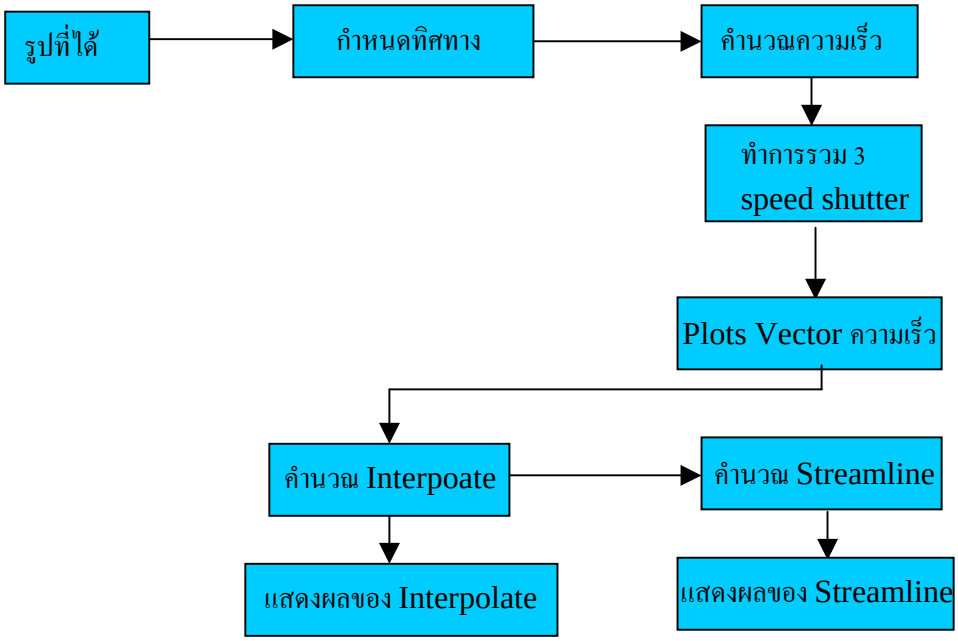
เครื่องยนต์ที่ใช้เป็นเครื่องยนต์จำลอง โดยกระบอกสูบทำมาจากวัสดุใสเพื่อสามารถมองและบันทึกภาพการไหลของอนุภาคได้ดี โดยอนุภาคจะถูกดูดเข้ามาทางด้านวาล์วไอดี จะสามารถมองการไหลในแนวตั้งหรือแบบ Tumble ได้ เมื่ออนุภาคไหลเข้ามาในกระบอกสูบ โดยชุด Crank angle sensor จะสั่งให้กล้องทำการถ่ายภาพเก็บไว้ โดยการถ่ายภาพนี้จะทำการถ่ายที่ตำแหน่งองศาการหมุนที่ตำแหน่งเดิม ตำแหน่งละ 3 ช่วงความเร็ว Speed Shutter เพื่อนำเส้นของการไหลและช่วงเวลาที่หน้ากล้องปิดไปคำนวณหาสนามการไหลที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบ

เมื่อเครื่องยนต์จำลองทำงานจะดูดอนุภาคเข้ามาภายในกระบอกสูบ และแสงจาก Light sheet จะทำให้เกิดระนาบของอนุภาคที่ชัดเจน จากนั้นเมื่อเครื่องยนต์หมุนไปถึงตำแหน่งที่ต้องการชุดควบคุมการถ่ายภาพจะได้รับสัญญาณจากตัว Crank angle sensor ดังแสดงในรูปที่ 2 และส่งต่อมาที่สวิชท์ให้สัญญาณส่งต่อไปที่ชุดควบคุมกล้องถ่ายภาพให้ถ่ายภาพใน Speed Shutter ที่ต้องการได้ ส่วนอนุภาคจะถูกคายออกทางด้านวาล์วไอเสียไปเก็บที่กล่องพักอนุภาค ซึ่งจะมีพัดลมคอยพัดให้อนุภาคกระจายตัวและพร้อมที่จะถูกดูดเข้าในห้องเผาไหม้ในรอบต่อไป

จากรูปที่ 4.7 แสดง Flow chart การแสดงผลด้วย Vector plot และ Streamline plot โดยเริ่มจากนำรูปที่ถ่ายได้มากำหนดทิศทางจุดเริ่มต้นและจุดปลายแล้วนำไปคำนวณความเร็วโดยหาจากระยะเวลาการปิดหน้ากล้องทั้ง 3 ความเร็วในการปิดหน้ากล้อง จากนั้นนำไป plot vector ความเร็วก็จะได้ velocity vector รวม แล้วก็ทำการ interpolate สนามการไหลผลที่ได้จากการ interpolate จะนำไปเขียนในโปรแกรม Matlab ก็จะได้ Vector Plot และ Streamline plot เพื่อนำไปเปรียบเทียบลักษณะการไหล

นำภาพที่ได้นำมาเปิดในโปรแกรมที่ 1 ทำการกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดปลาย โดยสังเกตจากเส้น Particle part line ที่ได้มาส่วนที่เป็นจุดเริ่มต้นจะมีลักษณะแหลม ส่วนที่เป็นจุดปลายจะมีลักษณะกลมใหญ่กว่าจุดเริ่มต้น ทำการกำหนดจุดเพื่อหาเวคเตอร์ความเร็วของอนุภาค ดังในรูปที่

4.8 แสดงการกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดปลาย โดยค่าต่าง ๆ ที่ได้ จะถูกบันทึกไว้เป็นค่า X,Y จากนั้นนำค่า X,Y ที่ได้ไปทำการ คำนวณ หาความเร็วที่แท้จริงของการเคลื่อนที่ โดยการนำไปคูณกับเวลาที่ใช้ในการเปิดหน้ากล้อง speed shutter ของรูปนั้น ๆ

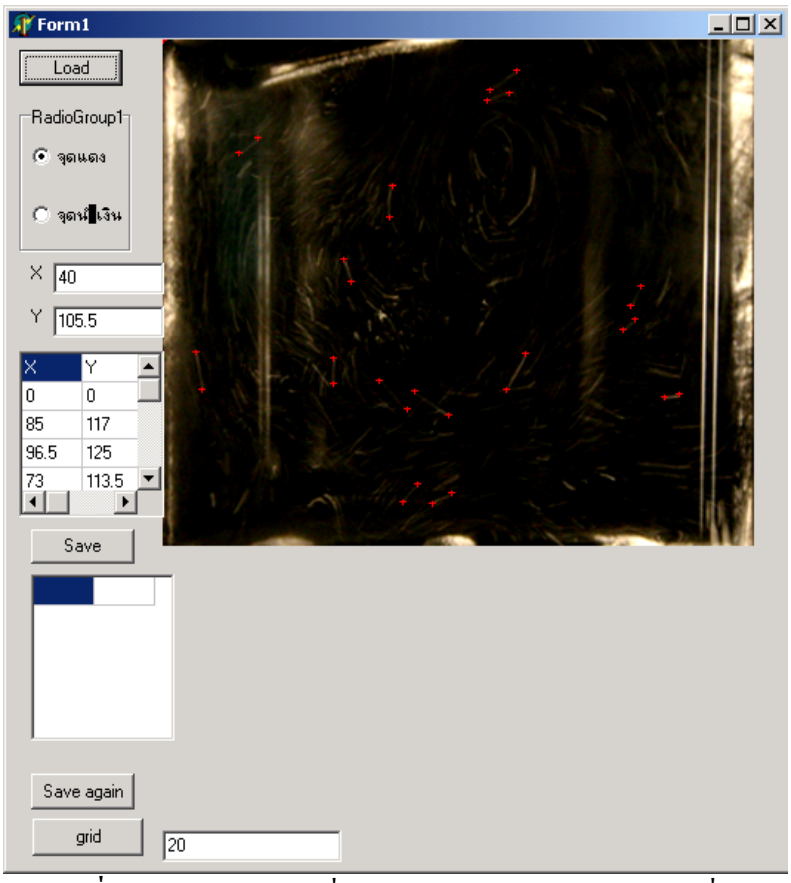


รูปที่ 4.7 ขั้นตอนการนำภาพถ่ายมาเป็นข้อมูลในการหาทิศทางการไหล

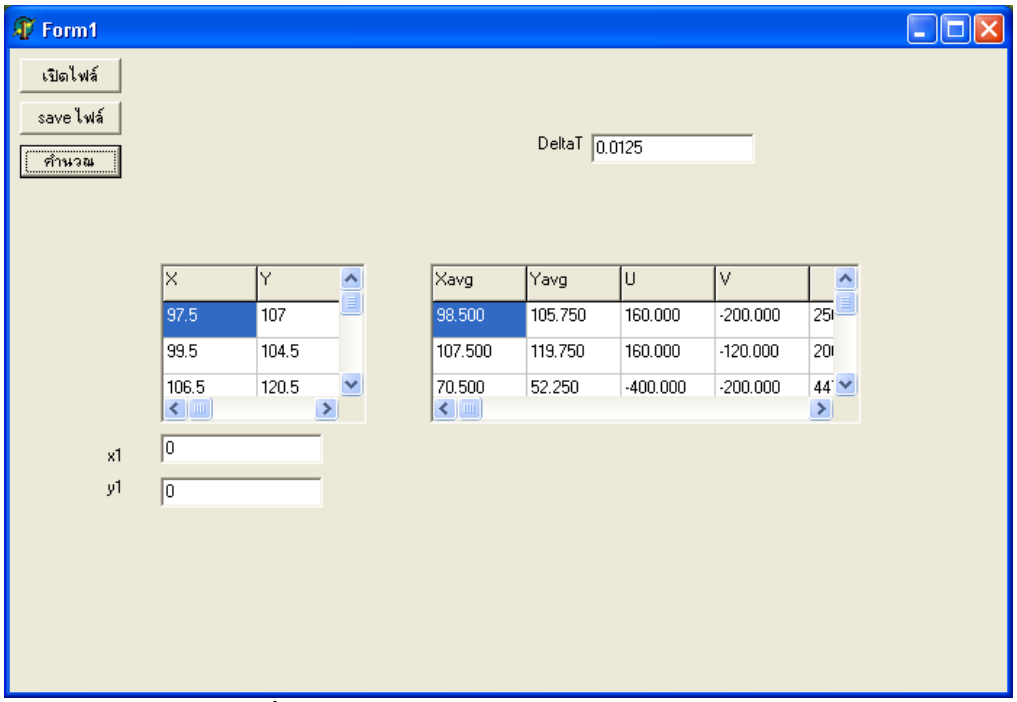
จากรูปที่ 4.8 นำค่า X และY ที่ได้จากการกำหนดจุดเริ่มและจุดสุดท้ายของแต่ละ Particle path line มาคำนวณรวมกับความเร็วของ speed shutter ก็จะได้ค่าความเร็วของอนุภาคที่แท้จริง โดยจะแสดงออกมาในรูป 4.9 ความเร็วในแกน X จะได้ค่าความเร็ว U และในแกน Y จะได้ค่าความเร็ว V กล่าวคือการนำเวลาในการเปิดหน้ากล้องมาเพิ่มระยะทางของ Particle path line ดังรูปที่ 4.10 จะสามรถหาค่าความเร็วที่เพิ่มเวลาในการเปิดหน้ากล้องจากสมการในรูปที่ 4.10

การนำค่าความเร็ว U และ V ไปคำนวณหาสนามการไหลโดยการ interpolate จำเป็นต้องมีการแบ่ง grid เพื่อใช้ในการคำนวณดังนั้นในรูปที่ 4.11 เป็นการแบ่ง grid ของรูปแต่จะใช้งานเฉพาะบริเวณที่เป็นจุดสีน้ำเงินซึ่งเป็นขอบเขตของกระบอกสูบที่เราสนใจในการทดลองนี้ เมื่อได้ค่าความเร็ว U และ V ของ speed shutter ทั้ง 3 แล้วนำค่า U, V มารวมกันเป็น vector ความเร็วรวมก็จะสามารถนำมา plot ลงไปในโปรแกรมตามรูปที่ 4.12 ได้จากนั้นก็ใส่ grid เพื่อคำนวณ interpolate สนามการไหลของรูปที่ถ่ายมาได้ตามรูปที่ 4.13 เป็น interpolated velocity fields เมื่อได้ interpolated velocity fields ก็จะได้ ค่าความเร็ว U, V ที่จุดต่าง ๆ บน grid ก็จะสามารถนำไปหา interpolate vector velocity fields และ Streamline ผ่านโปรแกรม Matlab ก็จะสามารถพล็อตเวคเตอร์สนามการไหลได้ดังรูปที่ 4.14 ซึ่งจะสามารถได้สนามการไหลในรูปแบบเวคเตอร์

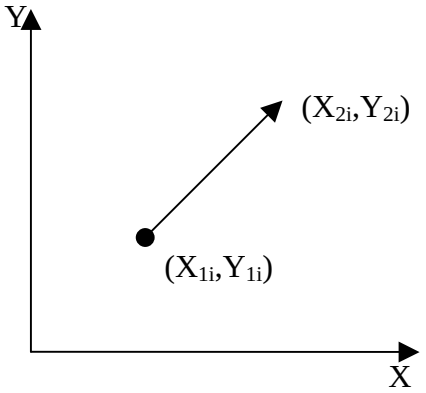
ความเร็วของลูกสูบแบบต่าง ๆ ได้โดยแกน x จะเป็นระยะเส้นผ่าศูนย์กลางของกระบอกสูบ ส่วนแกน y จะเป็นระยะจากฝาสูบจนถึงตำแหน่งศูนย์ตายล่าง



รูปที่ 4.8 การกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดปลายด้วยโปรแกรมที่ 1



รูปที่ 4.9 แสดงค่า U และ V ที่ได้จากโปรแกรมที่ 2



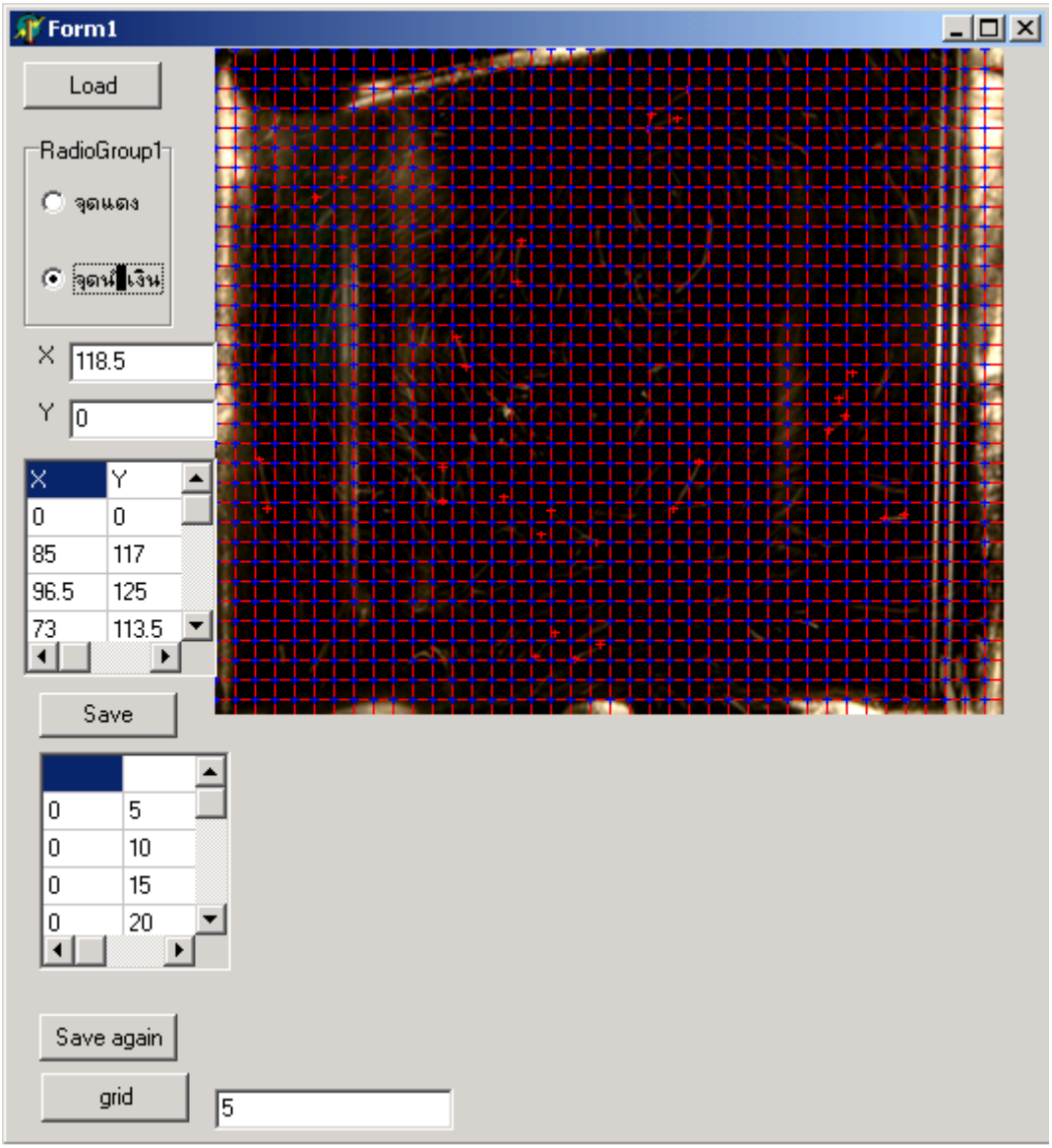
components: **displacement:**

$u_i = (x_{2i} - x_{1i}) / \Delta t$ $x_i = (x_{2i} + x_{1i})/2$

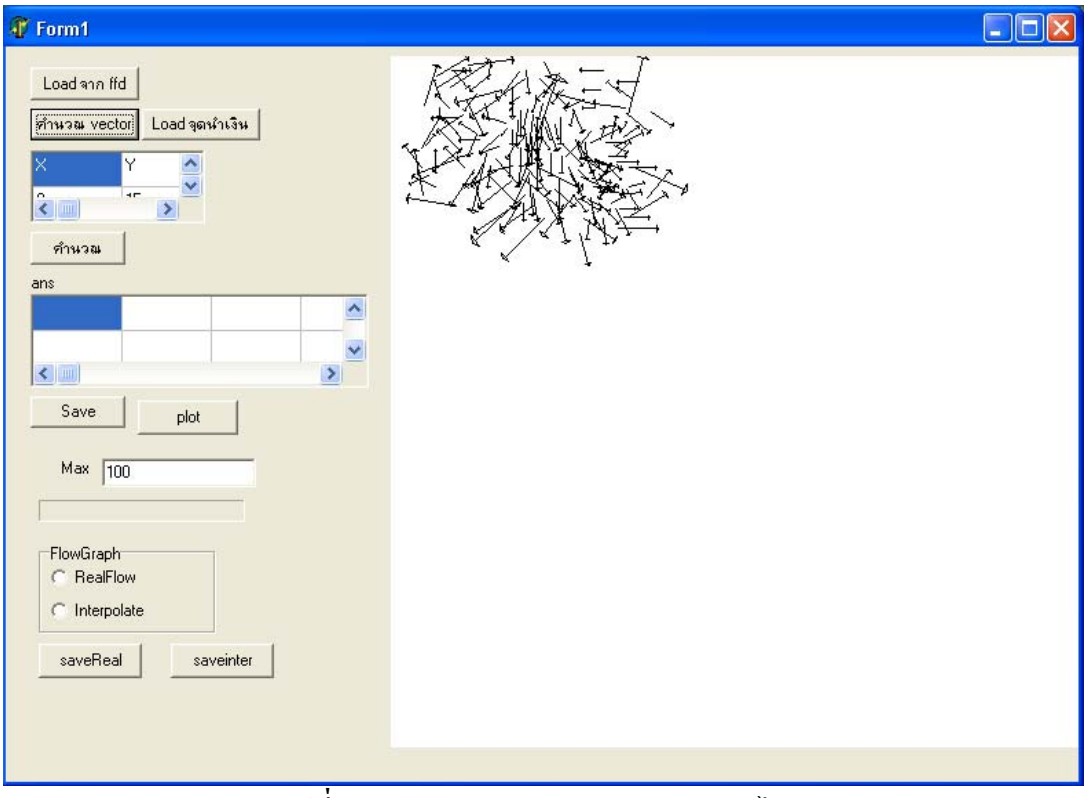
$v_i = (y_{2i} - y_{1i}) / \Delta t$ $y_i = (y_{2i} + y_{1i})/2$

[Δt= exposure time]

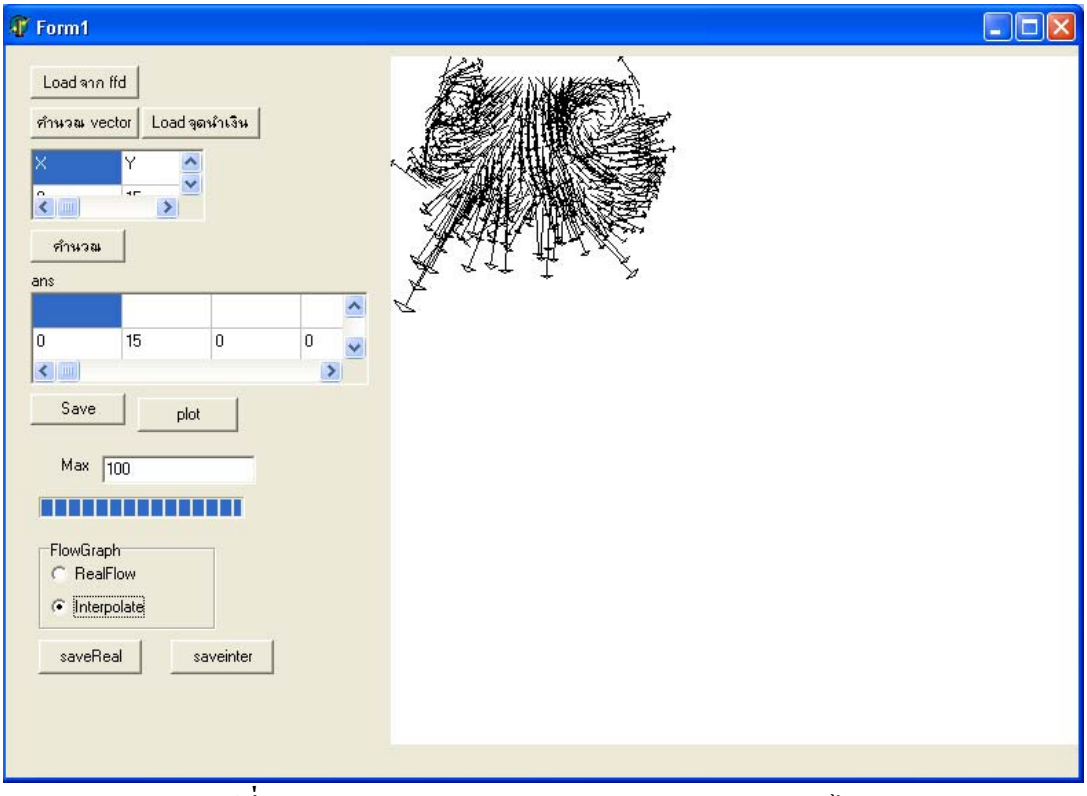
รูปที่ 4.10 การคำนวณหาเวคเตอร์ความเร็ว



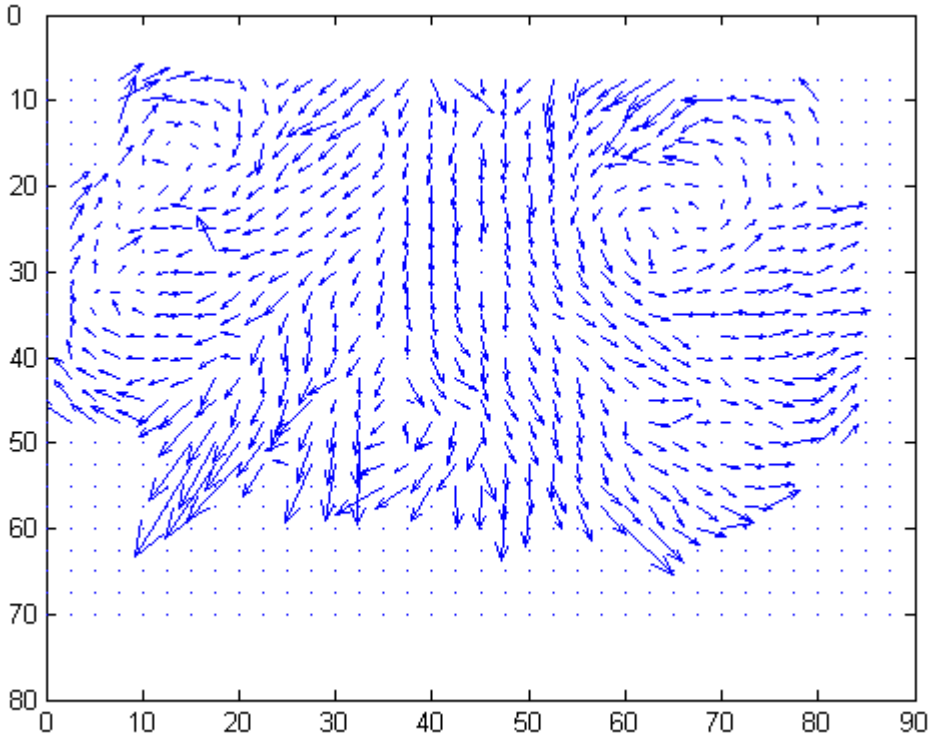
รูปที่ 4.11 โปรแกรมที่ 3 แสดงการแบ่งกริด



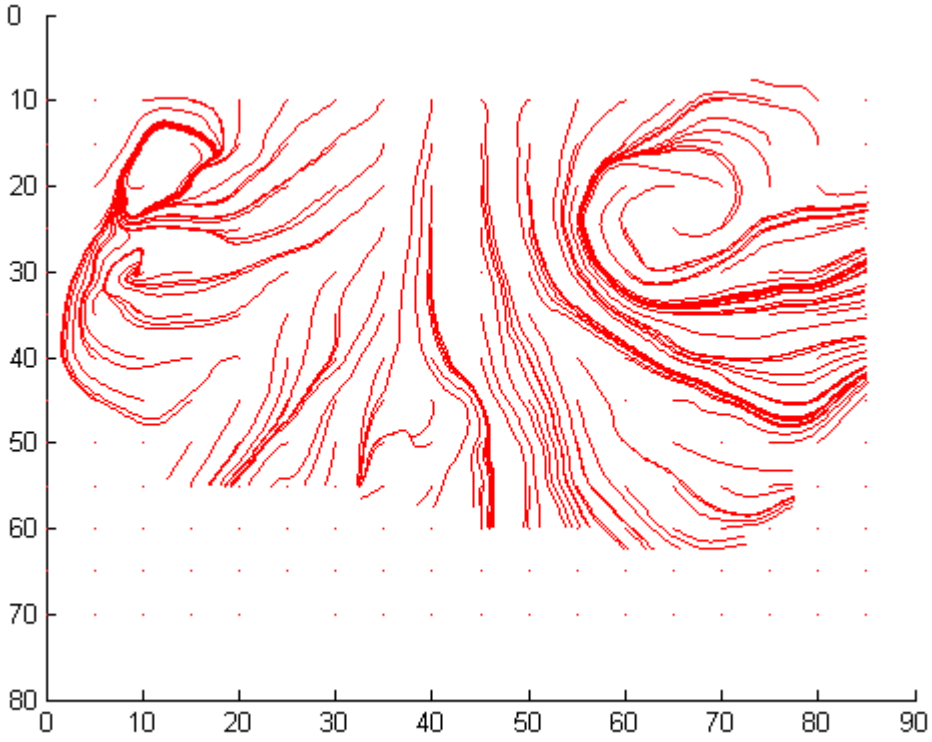
รูปที่ 4.12 การ Plot velocity fields ของการไหล



รูปที่ 4.13 การ Plot interpolated velocity fields ของการไหล



รูปที่ 4.14 รูป interpolated velocity fields ที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม Matlab



รูปที่ 4.15 เส้น Streamline ของการไหลที่ได้จากโปรแกรม Matlab

4.2 อุปกรณ์และวิธีการทดสอบโดยนำลักษณะของการไหลที่ดีที่สุดมาทดสอบกับเครื่องยนต์จริง ทำการปรับแต่งลูกสูบเพื่อทดลองในเครื่องยนต์จริง

เนื่องจาก ลูกสูบชนิดหลุมโค้งที่ได้รับผลการทดสอบการไหลที่ดีได้พัฒนามาจากลูกสูบแบบที่มีห้องเผาไหม้แบบสควิช ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะมีในเครื่องยนต์ดีเซล ดังนั้นลูกสูบที่ออกแบบมาใหม่ นี้จึงนำเครื่องยนต์ดีเซลมาทดสอบ จึงเลือกเครื่องยนต์ดีเซลแบบที่มีการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้บนหัวลูกสูบ (DI engine) ดังนั้นจึงเลือกเครื่องยนต์ของ Mitsubishi DI-1200 มาทำการทดสอบ การทดสอบจะทดสอบด้วยท่อไอดีแบบโค้งและลูกสูบสควิชแบบเดิมที่มีมากับเครื่องยนต์เปรียบเทียบประสิทธิภาพกับ การทดสอบท่อไอดีแบบตรงและลูกสูบที่ทำการปรับแต่งให้ใกล้เคียงกับลูกสูบหลุมแบบโค้งที่ทดสอบผ่านเครื่องจำลองการไหล

4.2.1 เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องยนต์ที่นำมาใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของลูกสูบแบบต่าง ๆ และท่อไอดีแบบต่อตรง เป็นเครื่องยนต์ของ Mitshubishi รุ่น DI-1200 มีแรงม้าสูงสุด 11 แรงม้าที่ 2400 รอบ แรงบิดสูงสุด 3.6 kg.m เป็นเครื่องยนต์ระบบ direct injection แสดงในรูปที่ 4.16

รูปที่ 4.16 เครื่องยนต์ที่นำมาใช้ในการทดสอบ

ลูกสูบเดิมของเครื่องยนต์ Mitshubishi DI-1200 จะมีลักษณะเดียวกับลูกสูบแบบสควิชแสดงในรูปที่ 4.17 ส่วนลูกสูบในรูปที่ 4.18 เป็นลูกสูบแบบหลุมที่พัฒนาโดยคำนึงถึงลักษณะการไหลที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดลองด้วยการถ่ายภาพโดยไม่คำนึงถึงการสเปรย์ของหัวฉีดในจังหวะฉีด และลูกสูบในรูปที่ 4.19 เป็นลูกสูบที่พัฒนาโดยคำนึงถึงลักษณะการไหลที่ดีที่สุดที่ได้จากการ

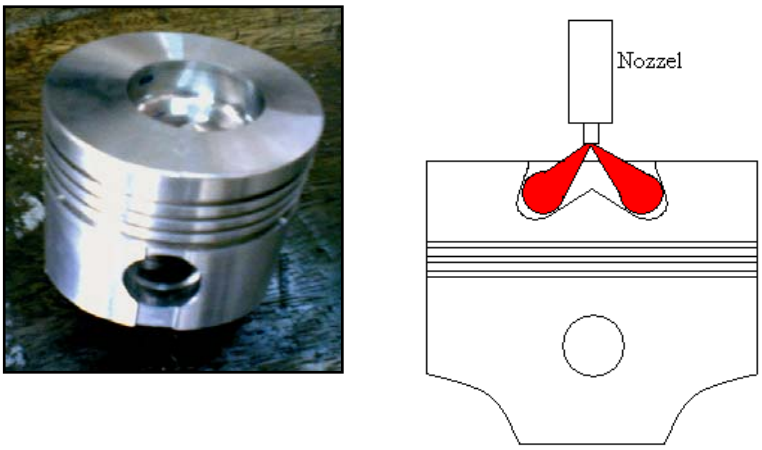
ทดลองด้วยการถ่ายภาพโดยคำนึงถึงการสเปรย์ของหัวฉีดในจังหวะฉีดจะสังเกตว่าจะมีหลุมลึกลงไปทางด้านข้างของหลุมเพื่อคงแนวการสเปรย์ของหัวฉีดไว้ดังเดิม

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดทั่วไปของเครื่องยนต์

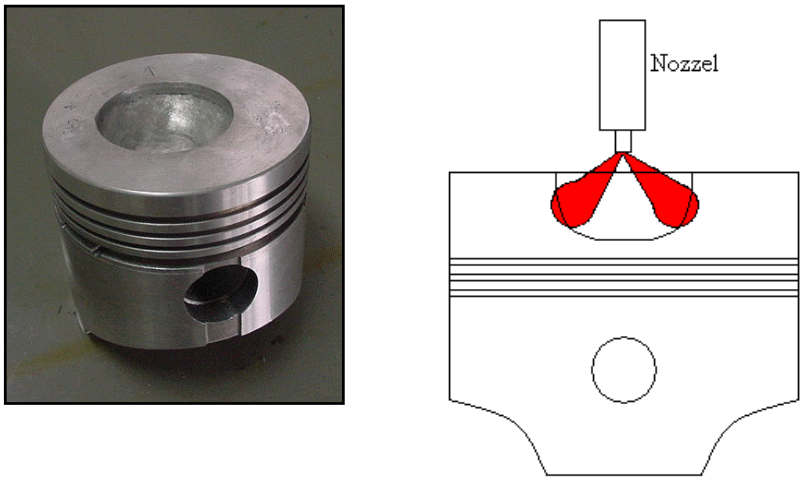
แบบ	เครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ ระบายความร้อนด้วยน้ำ
รหัสรุ่น	DI 1200
หมายเลขเครื่องยนต์	105 14140
กำลังที่กำหนดต่อเครื่อง	10Hp @ 2200 rpm
กำลังสูงสุด	11Hp @ 2400 rpm
จำนวนกระบอกสูบ	1
เส้นผ่าศูนย์กลางกระบอกสูบ	90 mm.
ช่วงชัก	86 mm.
อัตราส่วนกำลังอัด	18:01
ชนิดห้องเผาไหม้	แบบฉีดตรง
ระบบระบายความร้อน	หม้อน้ำหมุนวน
หัวฉีดชนิด	Hole Type
ความดันในการฉีด	225-235 Kg/Cm^2

4.2.2 ลักษณะของลูกสูบที่นำมาทดสอบกับเครื่องยนต์ Mitsubishi DI1200

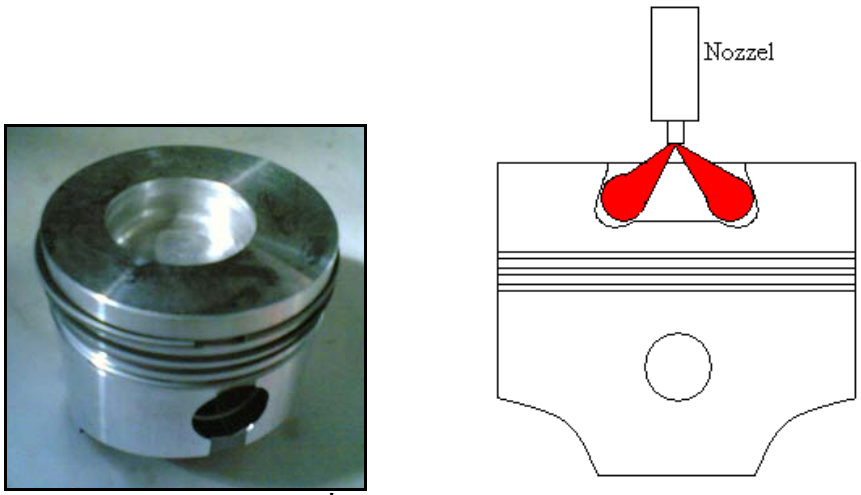
ลูกสูบที่มากับเครื่องยนต์ดังรูปที่ 4.17 จะมีลักษณะเป็นหลุมและโค้งบริเวณกลางหลุมมีลักษณะทรงกรวยยื่นขึ้นมา ซึ่งลูกสูบแบบนี้เป็นลักษณะของลูกสูบแบบสควิช เนื่องจากการศึกษาพฤติกรรมการไหลพบว่า ลูกสูบแบบหลุมโค้งให้การไหลแบบ Tumble ที่ดีที่สุดจึงทำการปรับปรุงลูกสูบที่ติดมากับเครื่องยนต์ให้มีลักษณะเป็นหลุมโค้งดังรูปที่ 4.18 แต่ถ้าจะคำนึงถึงลักษณะการฉีดเชื้อเพลิงร่วมด้วยก็จำเป็นต้องปรับปรุงลูกสูบเพิ่มร่องข้างที่ขอบด้านล่างของหลุมดังในรูปที่ 4.19 ซึ่งจะทำให้ลักษณะการฉีดเชื้อเพลิงยังคงรูปแบบได้เหมือนเดิม รูปที่ 4.20 เป็นลูกสูบที่มีหลุมโค้งขนาดใหญ่ซึ่งจะให้การไหลแบบ Tumble ที่ดี และขนาดของหลุมยังไม่ขัดขวางการฉีดเชื้อเพลิง



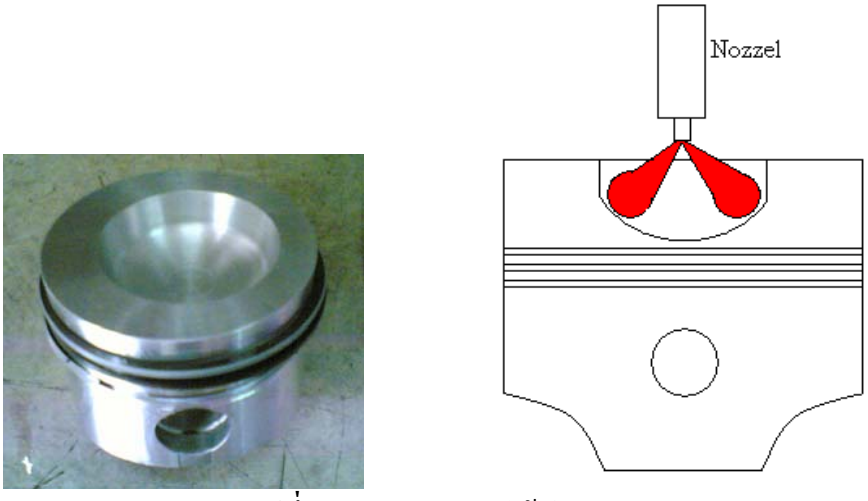
รูปที่ 4.17 ลูกสูบเดิมของเครื่องยนต์



รูปที่ 4.18 ลูกสูบหลุมโค้ง



รูปที่ 4.19 ลูกสูบหลุมเรียบ



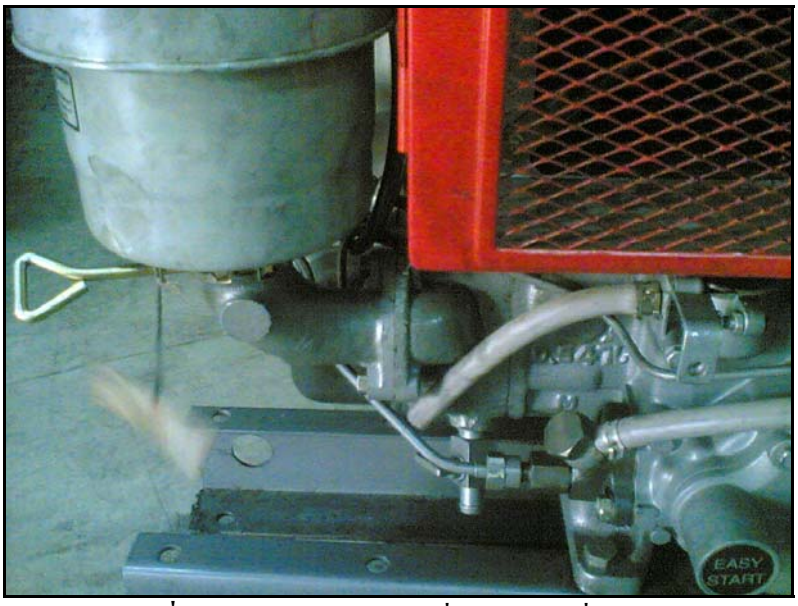
รูปที่ 4.20 ลูกสูบหลุมโค้งใหญ่

4.2.3 ท่อไอดีที่ใช้ในการทดสอบ

ท่อไอดีเดิมที่มากับเครื่องยนต์มีลักษณะโค้งดังรูปที่ 4.21 ก) ท่อไอดีเดิมที่ติดมากับเครื่องยนต์มีลักษณะโค้งและ 4.21 ข) เป็นท่อไอดีทรงตรงซึ่งสร้างขึ้นมาจากผลการทดลองถ่ายภาพว่าให้ลักษณะการไหลแบบ Tumble ดีขึ้นรูปที่ 4.22 ท่อไอดีแบบโค้งที่ติดมากับเครื่องยนต์จะสังเกตเห็นว่ามีลักษณะโค้งงอซึ่งไม่เป็นผลดีกับการไหลแบบ Tumble ส่วนรูปที่ 4.23 ท่อไอดีแบบตรงที่ใช้กับเครื่องยนต์ทดสอบมีลักษณะเป็นท่อตรงเข้าไปยังห้องเผาไหม้ซึ่งให้การเกิด Tumble ที่ดี

ก) ท่อไอดีที่มากับเครื่อง DI1200 ข) ท่อไอดีทรงตรง

รูปที่ 4.21 ด้านซ้ายเป็นท่อไอดีของเดิม ด้านขวาเป็นท่อไอดีแบบท่อ



รูปที่ 4.22 ท่อไอดีแบบโค้งที่ติดมากับเครื่องยนต์

รูปที่ 4.23 ท่อไอดีแบบตรงที่ใช้กับเครื่องยนต์ทดสอบ

4.2.4 วิธีการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์

การทดสอบเครื่องยนต์โดยใช้เครื่องวัดแรงบิดแบบ Eddy current dynamometer ลักษณะการทำงานแบบที่ใช้กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำทำให้สะดวกและรวดเร็วต่อการใช้งาน เป็นที่นิยมในโรงงานอุตสาหกรรม และงานตรวจสอบคุณภาพที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในงานวิจัย โดยจะต่อเพลาหมุนมาจากล้อช่วยแรงของเครื่องยนต์ที่จะใช้ทำการทดสอบ จานหลุมจะหมุนตัดสนามแม่เหล็กซึ่งความคุมความเข้มโดยการปรับกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าขดลวด เมื่อโรเตอร์หมุนตัดสนามแม่เหล็กก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่สเตเตอร์ กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นนี้จะมีความร้อนสูงจึงต้องมีน้ำหล่อเย็น ขณะที่โรเตอร์หมุนไปอำนาจแม่เหล็ก

ระหว่างโรเตอร์กับสเตเตอร์จะมีผลให้สเตเตอร์พยายามหมุนไปในทางเดียวกับโรเตอร์ ซึ่งเราสามารถวัดแรงบิดเนื่องจากการหมุนนี้ได้ด้วยโหลดเซลที่แสดงผลเป็นตัวเลข แล้วนำมาคำนวณหาแรงม้าของเครื่องยนต์

ขั้นตอนการทดลอง

1. สตาร์ทเครื่องยนต์ทิ้งไว้ให้อุณหภูมิน้ำมันเครื่องอยู่ที่ 90 องศาเซลเซียส จึงทำการทดลองเก็บผล
2. ปรับความเร็วรอบเครื่องยนต์ไปที่ 2550 รอบต่อนาที (ตามที่ทางโรงงานผู้ผลิตทดสอบไว้)
3. ปรับค่าแรงเหนี่ยวนำของไดนาโมมิเตอร์ เพื่อเบรกเครื่องยนต์ให้รอบลดลงจนถึงรอบที่เราต้องการทดสอบเปรียบเทียบ โดยการทดลองนี้จะกำหนดที่ 2400,2200,2000,1800,1600,1400 และ1200 รอบต่อนาที
4. บันทึกค่าแรงบิดที่ใส่เข้าไปเพื่อลดรอบเครื่องยนต์
5. บันทึกค่าอุณหภูมิไอเสีย
6. บันทึกค่าการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง
7. วัดค่าควันดำ