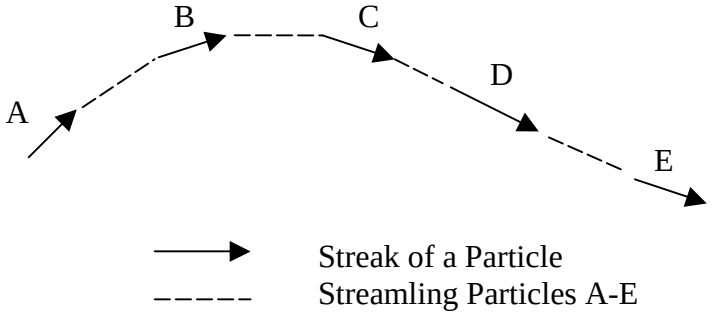
บทที่ 3
เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

3.1 เส้นพาธไลน์ (Path lines)

เส้นพาธไลน์เป็นเส้นทางการเคลื่อนที่ของของไหลเพียงอนุภาคเดียวในหนึ่งช่วงเวลา ถ้าหากนำกล้องถ่ายรูปมาเปิดหน้ากล้องทิ้งไว้เพื่อถ่ายภาพการเคลื่อนที่ของอนุภาคของของไหลแล้ว เส้นทางการเคลื่อนที่ของแต่ละอนุภาคที่ปรากฏขึ้นในในฟิล์มก็คือพาธไลน์นั้นเอง ดังนั้นพาธไลน์จึงเป็นทิศทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคของของไหลเพียงอนุภาคเดียวที่เวลาต่าง ๆกัน

3.2 เส้นสตรีมไลน์ (Streamlines)

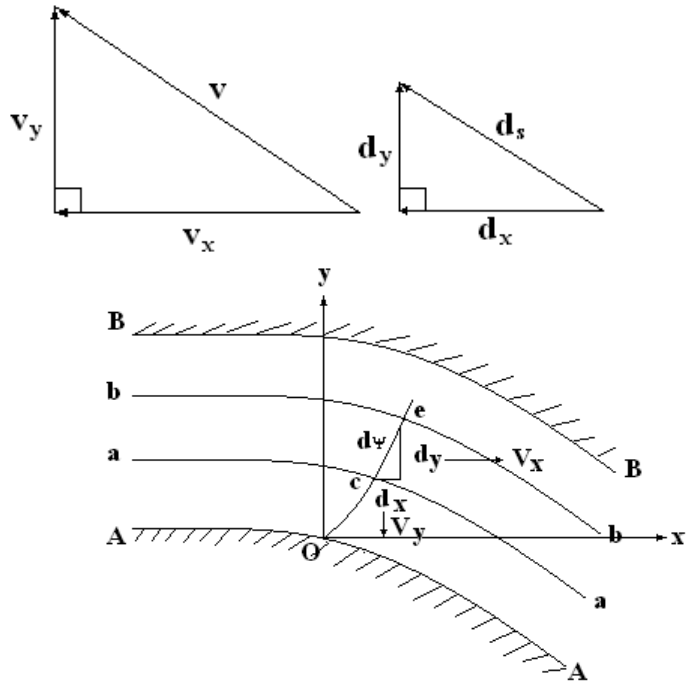
เส้นสตรีมไลน์เป็นเส้นทางการเคลื่อนที่เฉลี่ยที่ขณะใดขณะหนึ่งของกลุ่มอนุภาคของอของไหลที่เคลื่อนที่เรียงกันไปเป็นแถว ถ้าใช้กล้องถ่ายภาพที่มีความไวสูงในการเปิดปิดหน้ากล้องมาถ่ายภาพการเคลื่อนที่ของอนุภาคของของไหลกลุ่มหนึ่งแล้ว ก็จะเห็นเส้นทางสั้น ๆ ของแต่ละอนุภาค เส้นทางสั้น ๆเหล่านี้เป็นตัวบอกทิศทางการเคลื่อนที่ของแต่ละอนุภาคในขณะนั้น เส้นโค้งเฉลี่ยที่ลากสัมผัสกับเส้นทางเฉลี่ยของอนุภาคนั้นเรียกว่า เส้นสตรีมไลน์



รูปที่ 3.1 เส้นสตรีมไลน์ของกลุ่มอนุภาค

ในกรณีที่เป็นการไหลแบบ Steady flow นั้นเส้น path lines และเส้น streamlines จะมีลักษณะเหมือนกันเพราะไม่มีความเร็วย่อยตามแนวขวางที่เกิดขึ้น เนื่องจากอนุภาคต่าง ๆ จะเคลื่อนที่ไปตามเส้น streamline เสมอ ทั้งนี้เพราะเส้น streamline เป็นเส้นทางที่บอกทิศทางการเคลื่อนที่ของทุก ๆอนุภาค การไหลแบบ steady flow จริง ๆ นั้นเป็นได้ทั้งของไหลในจินตนาการที่ไม่มีความหนืดกับของไหลที่มีความหนืดมากจนกระทั้งเคลื่อนที่ช้า ๆ โดยไม่มีการไหลวน (eddy) ดังที่เรียกว่าการไหลแบบลามินาร์ที่ชั้นของของไหลเลื่อนตัวไปบนชั้นที่อยู่ถัดไป อย่างไรก็ตามในกรณีของการไหลแบบ Turbulence นั้นเส้น path lines และเส้น streamlines จะไม่เหมือนกัน เพราะ

เส้น path lines จะเปลี่ยนแปลงอย่างผิดปกติ ส่วนเส้น streamlines นั้นทุก ๆส่วนของมันจะสัมผัสกับความเร็วเฉลี่ยที่ขณะใดขณะหนึ่งของทุก ๆ อนุภาค



รูปที่ 3.2 เส้นแสดงความเร็วที่ใช้ในการคำนวณเส้นสตรีมไลน์

เมื่อ $\frac{dx}{v_x} = \frac{dy}{v_y}$

$\frac{d_x}{v_x} = \frac{d_y}{v_y}$

ฉะนั้นสมการสตรีมไลน์จะได้

$$d\psi = v_x d_y - v_y d_x$$

จะได้

$$\psi = \int v_x d_y - \int v_y d_x$$

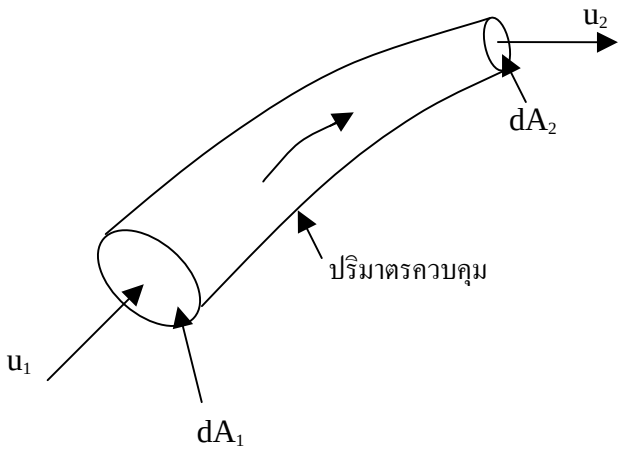
ดังนั้น

$$v_x = \frac{\partial \psi}{\partial y} \text{ and } v_y = \frac{\partial \psi}{\partial x}$$

3.3 สมการการไหลต่อเนื่อง (Equation of continuity)

จากรูปที่ 3.2 เป็นท่อที่เกิดจากการล้อมรอบของเส้นสตรีมไลน์กลุ่มหนึ่ง เราเรียกท่อดังกล่าวนี้ว่า stream tube เนื่องจากทุก ๆ ด้านของ stream tube นี้ถูกล้อมรอบด้วยเส้นสตรีมไลน์ และด้วยเหตุที่ไม่มีความเร็วสุทธิอยู่ในทิศทางที่ตั้งฉากกับเส้นสตรีมไลน์ ดังนั้นจึงไม่มีของไหลไหลเข้าออกจากผิวของ stream tube นี้ยกเว้นเฉพาะที่ปลายทั้งสองของ stream tube นี้เท่านั้น ปริมาตร

ภายใน stream tube ที่มีขนาดคงที่ซึ่งอยู่ในระหว่างหน้าตัดสองหน้าตัดนี้เรียกว่า ปริมาตรควบคุม และจะใช้ $\forall$ เป็นตัวแสดงถึงขนาดของปริมาตรควบคุมนี้ ตามหลักของ Newtonian physics นั้น (นั้นคือ ไม่คำนึงถึงความสามารถที่จะเปลี่ยนมวลเป็นพลังงาน) มวลภายในปริมาตรควบคุมก็จะต้องมีจำนวนเท่าเดิม ถ้าหากมวลของไหลที่อยู่ในปริมาตรควบคุมซึ่งมีขนาดเท่ากับ $\forall$ เมื่อเวลา t มีค่าเท่ากับ $(mass)_t$ แล้วมวลของของไหลที่อยู่ในปริมาตรควบคุม $\forall$ เมื่อเวลา (t + dt) ก็จะต้องมีค่าเป็น:



รูปที่ 3.3 การไหลภายใน stream tube

$$(mass)_{t+dt} = (mass)_t + (\rho_1 u_1 dA_1)dt - (\rho_2 u_2 dA_2)dt$$

แต่มวลที่อยู่ในปริมาตรควบคุม $\forall$ เมื่อเวลา (t+dt) นี้สามารถเขียนอีกลักษณะหนึ่งได้ว่า

$$(mass)_{t+dt} = (mass)_t + \frac{\partial \rho}{\partial t} \cdot dt \cdot \forall$$

เมื่อ $\partial\rho/\partial t$ เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของของไหล ฉะนั้นเมื่อนำเอาค่า $(mass)_{t+dt}$ ของสมการของสองสมการข้างต้นมาเท่ากันแล้วก็จะได้

$$(\rho_1 u_1 dA_1)dt - (\rho_2 u_2 dA_2)dt = \frac{\partial \rho}{\partial t} \cdot dt \cdot \forall$$

และ $\rho_1 \int_{A_1} u_1 dA - \rho_2 \int_{A_2} u_2 dA = \int_{\forall} \forall \cdot \frac{\partial \rho}{\partial t}$

สมการดังกล่าวนี้เป็นสมการการไหลต่อเนื่องสำหรับการไหลในขอบเขตที่มีนาดตายตัว ซึ่งมีใจความว่าอัตราสุทธิของมวลที่ไหลเข้าไปในปริมาตรควบคุม จะเท่ากับอัตราของมวลที่เพิ่มขึ้นในปริมาตรควบคุมนั้นสมการข้างต้นสามารถลดรูปลงให้เหมาะสมกับการใช้งานของแต่ละกรณีเช่น

ในกรณีที่เป็น Steady flow ซึ่งมีค่า $\partial\rho/\partial t = 0$ นั้นจะลดรูปเป็น

$$\rho_1 \int_{A_1} u_1 dA = \rho_2 \int_{A_2} u_2 dA$$

หรือ $\rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2 = \dot{m}$

หรือ $\gamma_1 A_1 V_1 = \gamma_2 A_2 V_2 = G$

ถ้าเป็น steady flow และของไหลนั้นอัดตัวไม่ได้ (incompressible) ซึ่งจะมีค่า ρ คงที่นั้นจะลดรูปเป็น

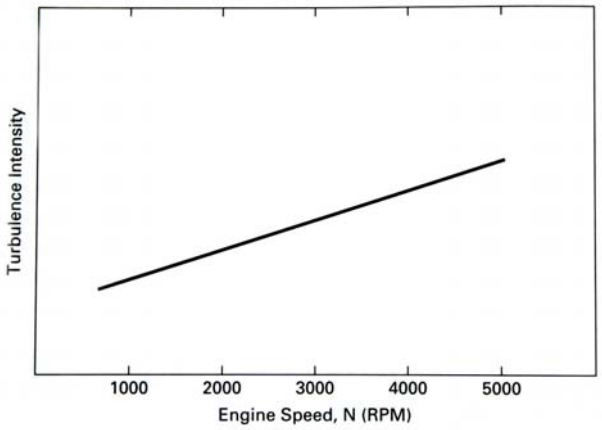
$$A_1 V_1 = A_2 V_2 = Q$$

สมการเหล่านั้นเป็นสมการการไหลต่อเนื่องสำหรับใช้กับของไหลที่อัดตัวไม่ได้ ทั้งการไหลแบบ steady flow และ unsteady flow ภายในขอบเขตที่ตายตัว

3.4 การไหลของอากาศในห้องเผาไหม้

การไหลของอากาศในห้องเผาไหม้สำหรับเครื่องยนต์เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญยิ่งต่อกระบวนการเผาไหม้ที่สมบูรณ์และได้ประสิทธิภาพสูงสุดนั้น ส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับการไหลของเชื้อเพลิงด้วย ในการศึกษาลักษณะที่สำคัญของการไหลของอากาศในกระบอกสูบ ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่มีผลต่อกระบวนการเผาไหม้ การไหลแบบหมุนวนและการไหลแบบ Turbulence มีความสำคัญมากต่อการผสมกันของอากาศกับเชื้อเพลิงและจะมีผลต่อการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ การวิเคราะห์การไหลในกระบอกสูบจะพิจารณาตั้งแต่การไหลจากท่อไอดีผ่านลิ้นไอดีเข้ามาในกระบอกสูบ จนกระทั้งสิ้นสุดจังหวะการอัด กระบวนการดูดในจังหวะดูดของเครื่องยนต์จะมีผลต่อการไหลในกระบอกสูบ ในช่วงจังหวะดูดเริ่มตั้งแต่การไหลของไอดีช่วงที่ผ่านลิ้นไอดี พื้นที่หน้าตัดจะมีขนาดเล็กที่สุด ทำให้ความเร็วของอากาศที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดนี้มีค่าสูงสุด อากาศที่ไหลผ่านลิ้นเข้ามาในห้องเผาไหม้จึงมีลักษณะพุ่งเป็นกรวยและความเร็วของอากาศมีค่าเป็น 10 เท่าของความเร็วลูกสูบในขณะนั้น ซึ่งค่านี้ได้มาจากการวัดในจังหวะดูดของเครื่องยนต์

จำลองที่มีกระบอกสูบใส ลักษณะของอากาศที่พุ่งเข้ามาในกระบอกสูบนั้นจะเป็นรูปกรวย และจะไหลเข้ามากระทบกับผนังของห้องเผาไหม้ทำให้เกิดการไหลแบบหมุนวนเป็นวงขนาดใหญ่ ซึ่งจุดศูนย์กลางจะเคลื่อนที่ขึ้นลงตามการเคลื่อนที่ของลูกสูบและจะอยู่กึ่งกลางระหว่างลูกสูบกับ Cylinder Head ตลอด ส่วนบริเวณที่อยู่ตรงมุมของห้องเผาไหม้ จะเกิดการไหลแบบหมุนวนเช่นกันแต่มีขนาดเล็กกว่าและหมุนในทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งการไหลหมุนวนนี้เกิดขึ้นเนื่องจากการเกิด Shear Layer ในขณะที่ของไหลพุ่งเข้ามาในห้องเผาไหม้ด้วยความเร็วที่สูงมาก เครื่องยนต์โดยทั่วไปตำแหน่งของลิ้นไอดี จะไม่อยู่แกนกลางของกระบอกสูบ แต่จะอยู่ชิดกับผนังห้องเผาไหม้ด้านใดด้านหนึ่ง การไหลจึงมีความซับซ้อนขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการไหลหมุนวนเป็นวงขนาดใหญ่ก็ยังคงเกิดขึ้นอยู่ ลักษณะของ Turbulence ในกระบอกสูบเป็นผลมาจาก Fluctuation ในการไหล (การสั่นของโมเลกุลในการไหลทำให้ความเร็วมีลักษณะสูง ๆ ต่ำ ๆ และมีลักษณะการไหลแปรปรวน) ซึ่ง Fluctuation นี้จะทำให้การถ่ายเมโมเมนตัม การถ่ายเทความร้อน และการแพร่กระจายของโมเลกุลเชื้อเพลิงมีอัตราสูงขึ้น การไหลแบบ Turbulence จึงทำให้อัตราผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงดีขึ้นเป็นผลให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงขึ้นด้วยจากรูปที่ 3.3 การเปลี่ยนแปลงการไหลแบบ Turbulence จะแปรผันกับรอบเครื่องยนต์



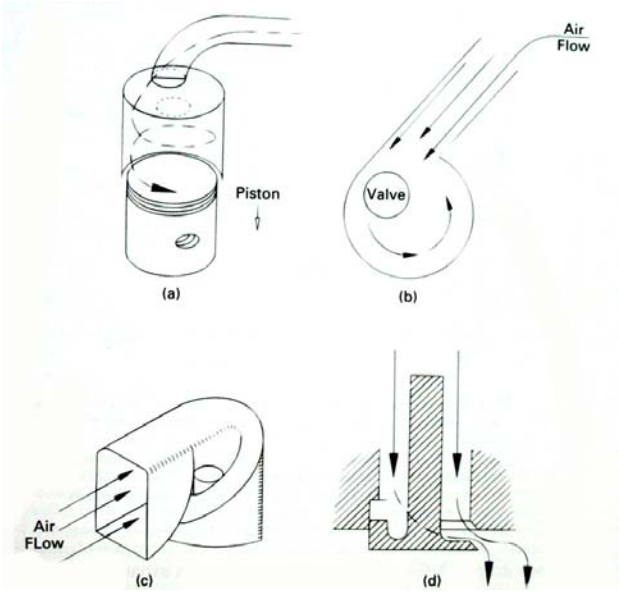
รูปที่ 3.4 ระดับการไหลปั่นป่วนของอากาศในเครื่องยนต์กับความเร็วรอบ

3.4.1 ลักษณะการ Swirl

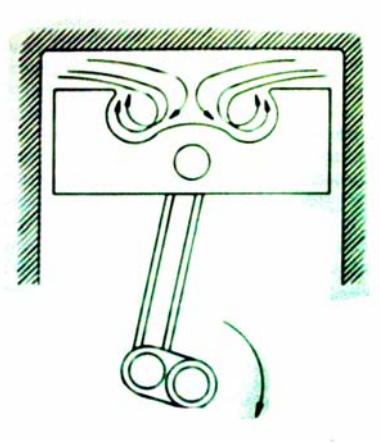
Swirl เป็นการหมุนของอากาศในกระบอกสูบ ซึ่งเกิดขึ้นโดยการไหลเข้าไปในกระบอกสูบด้วยโมเมนตัมเชิงมุมค่าหนึ่ง แต่การดูดอากาศเข้ามาในจังหวะดูดสามารถทำให้เกิด Swirl ที่คงอยู่ได้ตลอดช่วงกระบวนการอัด การเผาไหม้ และการขยายภายในเครื่องยนต์ที่มีการออกแบบห้องเผาไหม้เพื่อการไหลที่เหมาะสม การไหลแบบหมุนวนที่เกิดขึ้นภายในจังหวะดูดจะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากในช่วงการอัด Swirl จะถูกใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล และในเครื่องยนต์หัวฉีดบางประเภท เพื่อการผสมอากาศกับเชื้อเพลิงได้ดีขึ้น ทำให้ A/F มากขึ้น นอกจากนี้ Swirl ยังมีส่วนช่วยในการไล่ไอเสียออกจากตัวเครื่องยนต์ได้อีกด้วย ในการออกแบบเครื่องยนต์บางประเภท มีการ

ออกแบบห้องเผาไหม้แบบ Prechamber ทั้งนี้เพื่อการเกิด Swirl ซึ่งในเครื่องยนต์แบบนี้ Swirl มีความสำคัญอย่างมากที่จะช่วยในการทำงานในจังหวะอัด ท่อทางเข้าแบบตรง และท่อทางเข้าแบบเบี่ยงเบน แบบที่ใช้แสดงผลต่าง ๆ โดยที่ท่อทางเข้าแบบตรงจะนำของไหลไหลผ่านวาล์วไอดีที่กำลังเปิด โดยไหลในทิศทางเดียวกับเส้นรอบวง ส่วนท่อทางเข้าแบบเบี่ยงเบนจะนำของไหลผ่านเข้าไปในขณะที่วาล์วเปิดในทิศทางสัมผัสกับเส้นรอบวง ซึ่งจะทำให้เกิดการ Swirl ดีกว่า อัตราส่วนการไหลวนแบบ Swirl เป็นค่าที่ไม่มีหน่วยเทียบการไหลวนภายในกระบอกสูบอาศัยความแตกต่างของรอบเครื่องยนต์กับรอบการหมุนวน

$$(SR)_1 = (angular\ speed)/(engine\ speed) = \varpi / N$$
$$(SR)_2 = (swirl\ \text{tan}\ gential\ speed)/(average\ piston\ speed) = U_t / \overline{U_p}$$



รูปที่ 3.5 a) การไหลวนแบบ Swirl กับกระบอกสูบ b) อากาศไหลเข้าในกระบอกสูบจากมุมตั้งฉากกับเส้นรอบวง c) การไหลเข้าในช่องไอดี d) การไหลเข้าผ่านวาล์ว



รูปที่ 3.6 การไหลแบบ Tumble เกิดขึ้นในลูกสูบแบบ squish จังหวะใกล้จุดศูนย์ตายบน

3.4.2 ลักษณะการเกิด Tumble

เมื่อลูกสูบเข้าไกลศูนย์ตายบนในปลายจังหวะอัด ปริมาตรภายในห้องเผาไหม้มีค่าน้อยลงมาก เครื่องยนต์สมัยใหม่ออกแบบให้มีช่องว่างอยู่ที่กลางกระบอกสูบดังรูปที่ 3.6 ลักษณะการไหลแบบ Tumble เป็นการเคลื่อนที่ของอากาศในกระบอกสูบที่มีทิศทางการหมุนรอบแนวรัศมีของกระบอกสูบ Tumble ที่เกิดขึ้นจะมีผลมาจากรูปร่างของห้องเผาไหม้ความเร็วของ Tumble ในทางทฤษฎีคำนวณได้จากระยะของอากาศที่เคลื่อนที่ผ่านขอบเขตของ Tumble และจากการใช้การอนุรักษ์เชิงมวลโดยตัดผลกระทบของ ความดัน แรงเสียดทาน การสูญเสียที่แหวนของลูกสูบ และการถ่ายเทความร้อน จะสามารถหาความเร็วของ Tumble ได้ ปัจจัยสองประการที่ทำให้เกิดการ Tumble ในจังหวะดูดคือ ของไหลที่ไหลเข้าสู่กระบอกสูบจะชนกับห้องเผาไหม้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาด และทิศทางของการเคลื่อนที่เป็นผลทำให้เกิดการไหลวนแบบ Tumble ขึ้น อีกประการหนึ่งคือ การไหลวนที่มีขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับการกระจายของของไหลภายในเส้นรอบวงของวาล์วไอดี ดังนั้น การไหลของของไหลในท่อไอดี จึงเป็นปัจจัยหลักการคิดโมเมนตัมเชิงมุมภายในแกนของกระบอกสูบ

3.5 การศึกษาการไหลภายในกระบอกสูบ

การไหลของอากาศภายในห้องเผาไหม้สำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในนับว่าเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญที่สุดของการควบคุมกระบวนการเผาไหม้ และยังเป็นตัวบ่งบอกถึงลักษณะการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ การผสมกันของเชื้อเพลิงและอากาศ การเคลื่อนที่ของเปลวไฟ และประสิทธิภาพที่จะได้รับ นอกจากนี้ยังครอบคลุมถึงการถ่ายเทความร้อนสู่ผนังกระบอกสูบ ในการศึกษารูปแบบการไหลของอากาศในกระบอกสูบจะเห็นได้ว่าลักษณะการไหลจะมีลักษณะ Turbulence, Swirl, Tumble, และ Compressible โดยปัจจุบันการศึกษารูปแบบการไหลสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ

3.5.1 การศึกษาโดยพิจารณาจากผลการทดลอง

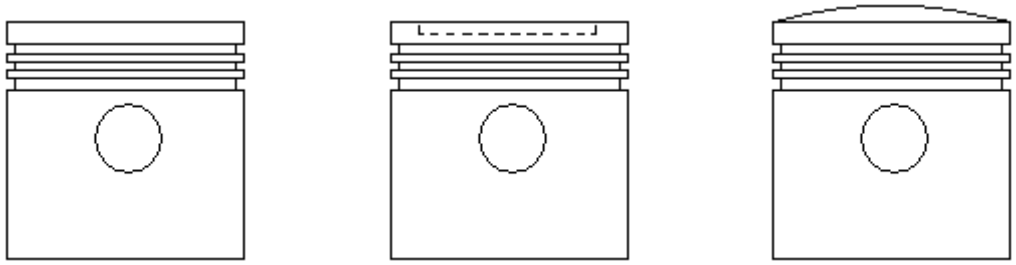
การทดลองลักษณะนี้ วิธีที่นิยมทำกันโดยทั่วไปคือ วิธี Hotwire หรือขดลวดความร้อนวิธีนี้จะใช้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของขดลวดเป็นตัวกำหนดความเร็วของของไหลแต่วิธีนี้ต้องนำขดลวดไปขวางทางเดินของไหลจึงไม่เม่นยำ อีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้คือวิธี LDV (Laser Droper Velocimetry) เป็นวิธีที่ใช้การถ่ายภาพการสะท้อนกลับของแสงสีเขียวและสีน้ำเงินวิธีนี้มีความเม่นยำสูงแต่ราคาแพงมาก ส่วนวิธีที่เลือกใช้คือวิธี Particle Image Velocimetry ซึ่งเป็นวิธีการวัด เวคเตอร์ความเร็วการไหลจากภาพถ่ายโดยใช้เทคนิคการปิดหน้ากล้องให้ช้าลง เป็นวิธีที่ใช้เครื่องมือราคาไม่แพงมากนักและให้ผลที่ถูกต้องมีประสิทธิภาพมาก

3.5.2 การศึกษาโดยใช้ Math Model

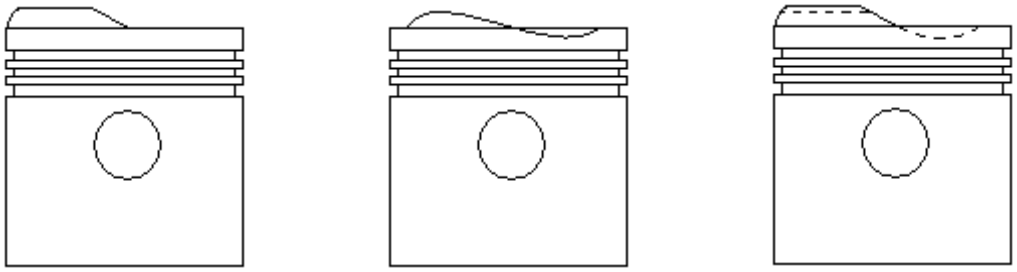
เป็นการศึกษาการไหลโดยใช้วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติชอง Fluid Dynamic ประกอบกับ Thermodynamic ส่วนวิธีการวิเคราะห์จะถูกต้องมากเพียงใดขึ้นอยู่กับเงื่อนไขและขอบเขตที่วิเคราะห์ ที่นิยมและสามารถควบคุม Boundary condition ได้ดีที่สุดคือ Finite Volume Method

3.6 การเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด [11]

ลักษณะที่สำคัญของกระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดหรือเครื่องยนต์ดีเซล คือ เชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปในกระบอกสูบโดยระบบฉีดเชื้อเพลิงที่ปลายของจังหวะอัดก่อนการเริ่มต้นการเผาไหม้ที่ต้องการเล็กน้อย ตามปกติแล้วเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปด้วยความเร็วสูงโดยผ่านรูหัวฉีดรูเดียวหรือหลายรู เมื่อเชื้อเพลิงผ่านพ้นปลายของหัวฉีดก็จะแตกเป็นฝอยละอองและพุ่งไปในห้องเผาไหม้และจะระเหยผสมกับอากาศที่มีอุณหภูมิและความดันสูงที่อยู่ในกระบอกสูบ เนื่องจากอุณหภูมิและความดันของอากาศสูงกว่าจุดการจุดระเบิดของเชื้อเพลิง ทำให้การจุดระเบิดเองของส่วนที่เป็นสารผสมเชื้อเพลิงกับอากาศก็จะเกิดขึ้นหลังช่วงล่าช้าไม่กี่องศาของมุมเพลาข้อเหวี่ยง เมื่อการเผาไหม้ของสารผสมเชื้อเพลิงกับอากาศเกิดขึ้น ความดันในกระบอกสูบก็จะเพิ่มขึ้นเป็นผลให้เกิดการอัดส่วนที่ยังไม่เผาไหม้ ซึ่งทำให้ช่วงล่าช้าก่อนการจุดระเบิดของสารผสมเชื้อเพลิงกับอากาศที่ได้ผสมกันโดยมีสัดส่วนอยู่ในขีดจำกัดที่สามารถเผาไหม้ได้นั้นสั้นลง การเผาไหม้ก็จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ เมื่อเกิดการเผาไหม้แล้วเวลาในการระเหยของเชื้อเพลิงที่เหลือก็จะลดลงด้วย สำหรับการฉีดเชื้อเพลิงก็จะมีต่อเนื่องไปจนกระทั่งปริมาณเชื้อเพลิงที่ต้องการได้เข้าไปในกระบอกสูบแล้ว ส่วนกระบวนการแตกเป็นฝอยละออง การระเหย การผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศและการเผาไหม้ก็จะมีต่อเนื่องไปจนกระทั่งเชื้อเพลิงทั้งหมดได้ผ่านแต่ละกระบวนการดังกล่าว นอกจากนี้ การผสมของอากาศที่เหลือในกระบอกสูบกับแก๊สที่กำลังเผาไหม้แล้วก็จะเกิดขึ้นต่อไปตลอดกระบวนการเผาไหม้และกระบานการขยายตัว



(ก) หัวแบน (ข) หัวถ้วย (ค)หัวโดม



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

รูปที่ 3.7 ทรงต่าง ๆ ของลูกสูบสำหรับเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน

3.6.1 รูปทรงของหัวลูกสูบ

ทั้งเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและเครื่องยนต์ดีเซลคุณสมบัติของอากาศและน้ำมันมีส่วนสำคัญมากแก่ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ ในเครื่องยนต์เบนซินนั้นส่วนผสมจะเกิดขึ้นนอกกระบอกสูบ ส่วนเครื่องยนต์ดีเซลนั้นน้ำมันจะถูกฉีดเข้าสู่กระบอกสูบในรูปของสเปรย์เพื่อให้การเผาไหม้สมบูรณ์ น้ำมันจะต้องถูกอากาศล้อมไว้ด้วยอากาศในอัตราส่วนที่เหมาะสม เงื่อนไขที่จะช่วยให้อากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงผสมกันได้ดีคือการไหลแบบ Turbulence ในห้องเผาไหม้ เราสามารถทำให้เกิดการผสมกันแบบ Turbulence ได้โดยการออกแบบลักษณะของช่องว่างในห้องเผาไหม้ที่ทำให้เกิด Turbulence มากขึ้นรูปทรงของหัวลูกสูบอย่างง่ายที่สุดคือ หัวแบน ในอดีตเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนการอัดมักใช้ลูกสูบหัวโดมรูปต่าง ๆ เพื่อลดปริมาตรห้องเผาไหม้และเพิ่มอัตราส่วนการอัด ข้อจำกัดของลูกสูบหัวโดมคือ ในขณะเปิดวาล์วต้องมีเนื้อที่ว่างเพียงพอ เพื่อไม่ให้ชนกับหัวลูกสูบ ดังนั้นหัวลูกสูบจึงต้องทำร่องบากเพื่อเป็นช่องว่างสำหรับวาล์ว