

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำมันพืช (Vegetable oil)

น้ำมันพืช (ที่มา บริษัท ปตท.จำกัด มหาชน) คือน้ำมันที่ผลิตได้จากพืชต่างๆ เช่น ถั่วเหลือง ปาล์มน้ำมัน สบู่ดำ เมล็ดเรพ ฯลฯ โดยทั่วไปน้ำมันพืชเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งมีความหนืดสูงและมีโครงสร้างเป็น C_3H_5 เชื่อมต่อกับกรดไขมันซึ่งมีองค์ประกอบชนิดที่แตกต่างกัน และมีปริมาณไขมันอยู่ในโครงสร้างถึงร้อยละ 94-96 ของน้ำหนักโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ ทำให้น้ำมันพืชแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกัน เนื่องจากน้ำมันพืชมีสมบัติโดยรวมใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมากกว่าเครื่องยนต์เบนซินจึงเหมาะที่จะนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลมากกว่าเครื่องยนต์เบนซิน โดยมักใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลที่มีความเร็วรอบต่ำ เช่น เครื่องยนต์สำหรับเกษตรกรรม และการประมง น้ำมันพืชแต่ละชนิดให้ค่าความร้อนต่อน้ำหนักประมาณร้อยละ 83-85 ของน้ำมันดีเซล น้ำมันพืชเป็นสารประกอบเชิงอินทรีย์ เกิดจากการรวมตัวของกรดคาร์บอกซิลิก (Carboxylic acid) หรือกรดไขมันหลายโมเลกุล โดยมีกลีเซอรอล หรือ กลีเซอริน (Glycerol or Glycerin) เป็นตัวเชื่อมกรดไขมันแต่ละชนิดมีสูตรโครงสร้างของตัวเองโดยเฉพาะและแยกออกได้เป็นสองชนิด คือ

- กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acids) คือ ไขมันที่เป็นไขมันเต็มตัว คือ ธาตุคาร์บอนไฮโดรเจน และออกซิเจนจับกันเป็นลูกโซ่โดยสมบูรณ์ และไม่มีช่องว่างเหลือที่จะทำปฏิกิริยากับสารใดๆในร่างกาย ไขมันอิ่มตัวจะพบมากในพวกไขมันสัตว์ เช่น เนื้อหมู เนื้อวัว และไขมันจากกะทิ มะพร้าว เนย และไข่แดง กรดไขมันส่วนมากมีจำนวน C อะตอม $C_{12} - C_{18}$ ชนิดที่มีจำนวน C อะตอมน้อยกว่า 12 ได้แก่ กรดบิวทาโนอิก C_4H_7COOH ที่พบในเนย กรดไขมันไม่ละลายน้ำ กรดไขมันจะมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวที่สูงขึ้นตามจำนวนคาร์บอนอะตอมที่เพิ่มขึ้น และกรดไขมันอิ่มตัวมีจุดเดือดสูงกว่า กรดไขมันไม่อิ่มตัว ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน ถ้าเป็นกรดไขมันอิ่มตัวมาก จะเป็นไขมัน เช่น กรดลอริก (C_{12}) กรดไมริสติก (C_{14}) กรดปาล์มิติก (C_{16}) กรดสเตียริก (C_{18}) (ที่มา http://en.wikipedia.org/wiki/Fatty_acid)

รูปที่ 2.1 โครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์ที่มีกรดไขมันอิ่มตัว

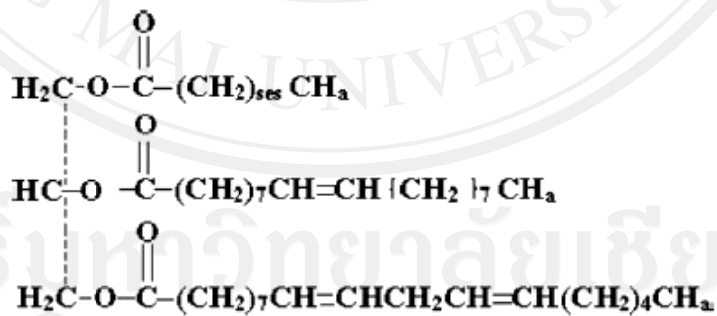
• **กรดไขมันไม่อิ่มตัว** (Unsaturated fatty acids) จะมีอะตอมของคาร์บอนที่เรียงตัวกันเกิดมีบางตำแหน่งที่จับไฮโดรเจนไม่เต็มกำลังเกิดมีแขนคู่ (Double bond) อยู่บางตำแหน่ง ทำให้มันมีความว่องไวในปฏิกิริยาทางเคมี ซึ่งพร้อมที่จะเปิดรับปฏิกิริยาต่างๆ ด้านหนึ่งจะเป็นประโยชน์แก่ร่างกาย การบริโภคไขมันชนิดนี้จะช่วยให้ คอเลสเตอรอลในเลือดลดลง แต่อีกด้านหนึ่งจะทำให้ปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิด ปฏิกิริยาออกซิเดชันกลายเป็นอนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นตัวก่อปัญหาทางด้านสุขภาพ (ที่มา http://en.wikipedia.org/wiki/Unsaturated_fatty_acid)

รูปที่ 2.2 โครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์ที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว

2.1.1 คุณสมบัติของน้ำมันพืช

น้ำมันพืชและน้ำมันดีเซลต่างก็เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน มีธาตุไฮโดรเจนกับคาร์บอนซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเชื้อเพลิง ดังรูปที่ 2.3 สมบัติทางกายภาพที่สำคัญคือค่าพลังงานของน้ำมันพืชที่ได้มีความใกล้เคียงหรือน้อยกว่าเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลอยู่ประมาณ 80 – 90 เปอร์เซ็นต์ สำหรับสมบัติอื่นๆของน้ำมันพืชต้องมีการนำมาพิจารณาเพื่อที่จะนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงสำหรับใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล ถึงพืชน้ำมันบางชนิดจะไม่สามารถนำมาใช้ผลิตเป็นเชื้อเพลิงได้ ซึ่งมีความแตกต่างของสมบัติทางเคมีและกายภาพ ตามสมบัติของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบอยู่ น้ำมันพืชเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ซึ่งมีส่วนประกอบของกลีเซอรินอยู่ 7 - 13 เปอร์เซ็นต์ โมเลกุลของน้ำมันพืชใหม่จะมีคาร์บอนเกาะกันอยู่ 18 ตัว แต่เมื่อนำไปประกอบอาหารจะมีจำนวนของคาร์บอนเพิ่มขึ้นเป็น 32 ตัว ในขณะที่น้ำมันดีเซลจะมีคาร์บอนเกาะกัน 12 - 13 ตัว เลขไอโอดีนของน้ำมันจะเป็นตัวบ่งบอกถึง Unsaturated ของน้ำมัน หรือเป็นตัวบ่งบอกอันดับของพันธะทางเคมีของน้ำมัน น้ำมันที่มีค่าไอโอดีนสูงๆ ไม่เหมาะกับการนำไปใช้ในเครื่องยนต์ ซึ่งจะส่งผลให้อายุการใช้งานของเครื่องยนต์สั้นลงได้

จากประกาศของกรมธุรกิจพลังงาน เรื่องการกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ ของกรดไขมัน เมื่อ พ.ศ.2548 ว่าน้ำมันไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันนั้นจะต้องมีค่าไอโอดีนไม่สูงกว่า 120 กรัมต่อ 100 กรัม ดังตาราง 2.1 ที่แสดงคุณสมบัติและค่าความร้อนของน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ



รูปที่ 2.3 โครงสร้างทางเคมีของน้ำมันพืช (Carraretto, 2002)

ตารางที่ 2.1 สมบัติของน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ (Bamwal, 2004)

Vegetable oil	Kinematic viscosity at 38 °C (mm ² /s)	Cetane no. (°C)	Heating value (MJ/kg)	Cloud point (°C)	Pour point (°C)	Flash point (°C)	Density (kg/l)
Corn	34.9	37.6	39.5	-1.1	-40.0	277	0.9095
Cottonseed	33.5	41.8	39.5	1.7	-15.0	234	0.9148
Crambe	53.6	44.6	40.5	10.0	-12.2	274	0.9048
Linseed	27.2	34.6	39.3	1.7	-15.0	241	0.9236
Peanut	39.6	41.8	39.8	12.8	-6.7	271	0.9026
Rapeseed	37.0	37.6	39.7	-3.9	-31.7	246	0.9115
Safflower	31.3	41.3	39.5	18.3	-6.7	260	0.9144
Sesame	35.5	40.2	39.3	-3.9	-9.4	260	0.9133
Soya bean	32.6	37.9	39.6	-3.9	-12.2	254	0.9138
Sunflower	33.9	37.1	39.6	7.2	-15.0	274	0.9161
Palm	39.6	42.0	-	31.0	-	267	0.9180
Babassu	30.3	38.0	-	20.0	-	150	0.9460
Diesel	3.06	50	43.8	-	-16	76	0.855

ตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างคุณสมบัติของน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ เทียบกับน้ำมันดีเซล น้ำมันพืชประกอบไปด้วยกรดไขมันชนิดต่างๆ ที่มีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันไป ซึ่งน้ำมันพืชเป็นน้ำมันที่หนักกว่าน้ำมันดีเซล เนื่องจากมีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไฮโดรเจนสูง มีความหนืดสูงกว่าดีเซลมาก และบางชนิดเป็นไขในบรรยากาศ มีจุดวาบไฟสูงติดไฟได้ยากกว่าน้ำมันดีเซล แต่ข้อดีคือ มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบในน้ำมันประมาณ 5–15 เปอร์เซ็นต์ และข้อเสียของน้ำมันพืชคือ เนื่องจากน้ำมันพืชเป็นน้ำมันที่มีความหนืดสูงทำให้การไหลของน้ำมันไหลไปตามท่อทางเดินไม่สะดวก หรืออาจทำให้อุดตันได้เมื่อเป็นไข และเมื่อถูกฉีดเข้าห้องเผาไหม้แล้วละอองเชื้อเพลิงมีขนาดใหญ่ ระบายยาก มีการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ กากคาร์บอนตกค้างตามห้องเผาไหม้ เห็นได้ว่าข้อเสียดังกล่าวเกิดจากคุณสมบัติของเชื้อเพลิงทั้งสิ้น ดังนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าว จำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันพืชเพื่อนำไปใช้ในเครื่องยนต์ เช่น การผสม การอุ่นเชื้อเพลิง การทำ อิมัลชัน หรือการทำให้เป็นไบโอดีเซล และอื่น ๆ

2.2 สมบัติทางกายภาพของน้ำมัน (ประเสริฐ, 2546)

คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมัน มีประโยชน์ในการใช้จำแนกถึงลักษณะเฉพาะของชนิดน้ำมัน เป็นการกำหนดค่าคุณภาพน้ำมันและผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม การทดสอบจะมีวิธีการอยู่สองชนิด ชนิดแรกเป็นการทดสอบหาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น การหาปริมาณของกำมะถัน การหาค่าจุดวาบไฟ เป็นต้น วิธีที่สองเป็นการหาคุณสมบัติในการทำงาน เช่น การหาค่าละอองเชื้อเพลิง การหาความหนืดของน้ำมันเบนซินของรถยนต์ และการหาความทนทานของ

น้ำมันเครื่องขณะใช้งานในเครื่องยนต์ เป็นต้น คุณสมบัติของน้ำมันที่จะทดสอบ โดยส่วนใหญ่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมัน จะยึดหลักมาตรฐานที่วางไว้โดย American Society for Testing and Materials (ASTM) หรือ Institute of Petroleum (IP) สมบัติทางการกายภาพที่สำคัญของน้ำมัน ได้แก่

2.2.1 ความหนาแน่น (Density) สัญลักษณ์ที่ใช้แทนความหนาแน่นคือ ρ เป็นการวัดมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ยิ่งวัตถุมีความหนาแน่นมากขึ้น มวลต่อหน่วยปริมาตรก็ยิ่งมากขึ้น กล่าวอีกนัยหนึ่ง คือวัตถุที่มีความหนาแน่นสูง (เช่น เหล็ก) จะมีปริมาตรน้อยกว่าวัตถุความหนาแน่นต่ำ (เช่น น้ำ) ที่มีมวลเท่ากัน หน่วยเอสไอของความหนาแน่นคือ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m^3) ความหนาแน่นเฉลี่ย (Average density) หาได้จากผลหารระหว่างมวลรวมกับปริมาตรรวม ดังสมการ

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

โดย

ρ = ความหนาแน่นของวัตถุ (kg/m^3)

m = มวลรวมของวัตถุ (kg)

V = ปริมาตรรวมของวัตถุ (m^3)

2.2.2 ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) คือ อัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของสารหนึ่งๆ ต่อความหนาแน่นของน้ำ เมื่อทั้งสองอย่างมีอุณหภูมิเท่ากัน ความถ่วงจำเพาะจึงเป็นปริมาณที่ไร้มิติ (ไม่มีหน่วย) วัตถุที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่าหนึ่ง หมายความว่าวัตถุนั้นมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ ดังนั้นวัตถุนั้นจะจมน้ำ (โดยไม่นับผลจากแรงตึงผิวของน้ำ) ในทางตรงข้าม หากความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าหนึ่ง วัตถุนั้นจะลอยน้ำ ความถ่วงจำเพาะเป็นกรณีหนึ่งของความหนาแน่นสัมพัทธ์ ซึ่งเป็นอัตราส่วนของสารอย่างอื่นที่อาจไม่ใช่ น้ำ และมักใช้แทนความหมายของความถ่วงจำเพาะในงานเขียนทางวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ การใช้ความถ่วงจำเพาะไม่เป็นที่นิยมในสาขาวิทยาศาสตร์ที่ต้องการความละเอียดสูง แต่ใช้ความหนาแน่นที่แท้จริงของสารมากกว่า ความถ่วงจำเพาะ SG หรือ ถ.พ. สามารถแสดงได้ด้วยสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ดังนี้

$$SG = \frac{\rho_{\text{substance}}}{\rho_{H_2O}} \quad (2)$$

เมื่อ $\rho_{\text{substance}}$ = ความหนาแน่นของสาร

ρ_{H_2O} = ความหนาแน่นของน้ำ

2.2.3 ความหนืด (Viscosity) คือ ค่าที่บอกถึงสมบัติการต้านการไหลของน้ำมันหล่อลื่น ยิ่งมีค่ามากก็หมายถึงน้ำมันหล่อลื่นนั้นหนืดข้นมากหรือนืดมาก ยิ่งมีค่าน้อยก็หมายถึงความหนืดน้อย ค่าความหนืดมีมาตรฐานกำหนดอยู่หลายมาตรฐานด้วยกันตามแต่หน่วยงานหรือองค์กรที่เกี่ยวข้องเป็นผู้กำหนด ซึ่งทำให้ค่าความหนืดแต่ละมาตรฐานมีค่าที่แตกต่างกันออกไป สำหรับมาตรฐานที่นิยมใช้กันหรือพบเห็นกันมาก ได้แก่

2.2.3.1 ISO (International Organization for Standardization) เป็นมาตรฐานที่นิยมใช้กันมากเป็นสากล โดยใช้วิธีการวัดที่อุณหภูมิมาตรฐาน 40 °C มีหน่วยเป็น เซนติสโตก (Centistokes, cSt) แล้วกำหนดเป็นลำดับตัวเลขเรียกว่า ISO VG (ISO Viscosity Grade) ซึ่งพอจะลำดับได้ ดังนี้ ISO VG 2, 3, 5, 7, 10, 15, 22, 32, 46, 68, 100, 150, 220, 320, 460, 680, 1000 และ 1,500

2.2.3.2 SAE (The American Society of Automotive Engineers) เป็นมาตรฐานที่กำหนดขึ้นโดยสมาคมวิศวกรยานยนต์แห่งสหรัฐอเมริกา วัดที่อุณหภูมิ 100 °C โดยมีการกำหนดค่าความหนืดทั้งแบบเกรดเดียว (Mono grade) และเกรดรวม (Multi grade) แยกเป็นน้ำมันเครื่องและน้ำมันเกียร์ยานยนต์ ยกตัวอย่างเช่น น้ำมันเครื่องเกรดเดียว (Mono grade) : SAE 0W, 5W, 10W, 15W และ 20W

การวัดค่าความหนืด สามารถวัดได้ด้วยเครื่องวัดค่าความหนืดแบบ Say bolt universal viscosity ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 เครื่องทดสอบความหนืด

2.2.4 จุดวาบไฟ (Flash point) คือ อุณหภูมิต่ำสุดของน้ำมันที่ทำให้เกิดไอน้ำมันเป็นปริมาณมากพอ และเมื่อสัมผัสเปลวไฟก็จะทำให้ลุกไหม้ทันที การหาจุดวาบไฟมักใช้วิธี ASTM D 93 ซึ่งใช้เครื่องมือพิเศษเรียกว่า Pensky Martin Closed Cup (PMCC) ซึ่งใช้สำหรับน้ำมันดีเซล และน้ำมันเตา สำหรับน้ำมันเบา เช่น น้ำมันก๊าด จะใช้เครื่อง Tag closed tester ASTM D 56 ส่วนน้ำมันที่หนัก เช่น น้ำมันหล่อลื่นจะต้องใช้เครื่อง Cleveland open cup (COC) ซึ่งจุดวาบไฟจะไม่มีผลต่อคุณภาพหรือการใช้งานโดยตรง แต่เป็นข้อกำหนดทางกฎหมายเพื่อความปลอดภัยจากการเกิดอัคคีภัยในการเก็บรักษาและการขนถ่าย เพราะถ้าเกินอุณหภูมิจุดนี้ไปแล้วจะเป็นจุดติดไฟ การทดสอบจุดวาบไฟของเชื้อเพลิงทำการทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D93 เครื่องทดสอบจุดวาบไฟ ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 เครื่องทดสอบจุดวาบไฟ

2.2.5 จุดไหลเท (Pour point) คือ อุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันยังเป็นของเหลวพอที่จะไหลได้ การทดสอบทำตามวิธี ASTM D 97 กล่าวคือนำน้ำมันใส่หลอดแก้ว แล้วแช่ให้เย็นลงเรื่อยๆ และคอยเอาน้ำมันมาตรวจดูจนถึงจุดที่น้ำมันเริ่มแข็งตัวและไม่ไหลเมื่อถือหลอดตามแนวนอนเป็นเวลา 5 วินาที จุดไหลเทหรือจุดเริ่มไหล จะเป็นอุณหภูมิสูงกว่านี้ 3°C จุดไหลเทที่วัดได้บอกให้ทราบว่า จะใช้น้ำมันในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำขนาดนั้นไม่ได้ เพราะน้ำมันจะไม่ไหล ไขที่มีอยู่ในน้ำมันจะแยกตัวออกมาอุดตันทางเดิน และหม้อกรอง ทำให้อุปกรณ์ทำงานไม่ได้ จุดไหลเทจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับปริมาณ และคุณลักษณะของไขที่มีอยู่ในน้ำมัน น้ำมันที่มีปริมาณไขสูงจะมีจุดไหลเทสูง



รูปที่ 2.6 การทดสอบจุดไหลเท

2.2.6 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (Heating value) คือ ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงนั้นๆ ใน 1 หน่วยมวล (สำหรับเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็งและของเหลว) หรือ 1 หน่วยปริมาตร (สำหรับเชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซ) เมื่อเผาไหม้หมดอย่างสมบูรณ์

$$H = \frac{Q}{M} \text{ (เชื้อเพลิงที่เป็นของแข็งและของเหลว)}$$

$$H = \frac{Q}{V} \text{ (เชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซ)}$$

เมื่อ H = ค่าความร้อนเชื้อเพลิง มีหน่วยเป็นปริมาณความร้อนต่อมวล หรือ ปริมาณความร้อนต่อปริมาตร

Q = ปริมาณความร้อนที่เชื้อเพลิงนั้นให้ออกมา มีหน่วยเป็นแคลอรี (cal)

กิโลแคลอรี (kcal) จูล (J) หรือ กิโลจูล (kJ)

M = มวลของเชื้อเพลิง มีหน่วยเป็นกรัม (g) หรือ กิโลกรัม (kg)

V = ปริมาตรของเชื้อเพลิง มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร หรือ ลูกบาศก์เมตร

สำหรับการเปรียบเทียบว่าเชื้อเพลิงชนิดใดจะให้พลังงานความร้อนได้มากกว่ากันสามารถทำได้โดยนำเชื้อเพลิงแต่ละชนิดมาต้มน้ำในปริมาตรเท่ากัน ให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นเท่ากัน เชื้อเพลิงชนิดใดใช้หมดไปน้อยที่สุด เชื้อเพลิงนั้นจะมีค่าความร้อนเชื้อเพลิงมากคือเป็นเชื้อเพลิงที่ให้พลังงานความร้อนได้ดี ในการเลือกใช้ประเภทของเชื้อเพลิง นอกจากจะต้องคำนึงถึงความสามารถในการให้พลังงานความร้อนสูงแล้ว ยังต้องพิจารณาความเหมาะสมอื่นๆ อีก เช่น ราคาเชื้อเพลิง ความปลอดภัยในการใช้ ปริมาณการผลิต ปริมาณเชื้อเพลิงที่มีในธรรมชาติ ตลอดจนประสิทธิภาพ

ของอุปกรณ์ที่ใช้กับเชื้อเพลิงนั้นๆ ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วอุปกรณ์หรือเครื่องยนต์ต่างๆจะมีประสิทธิภาพในการทำงานไม่ครบ 100 เปอร์เซ็นต์ จะมีพลังงานส่วนหนึ่งสูญเสียไปโดยไม่เกิดประโยชน์เสมอ เช่น สูญเสียให้กับสิ่งแวดล้อม และบางส่วนสูญเสียไปเพื่อเอาชนะความฝืดของเครื่องยนต์เพื่อให้ได้ค่าความร้อนเชื้อเพลิงที่ถูกต้องเชื่อถือได้ นักวิทยาศาสตร์จะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า บอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb calorimeter) ซึ่งเครื่องมือนี้จะป้องกันไม่ให้ปริมาณความร้อนบางส่วนต้องสูญเสียไปกับสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 2.7 เครื่องทดสอบค่าความร้อน (Bomb calorimeter)

การหาค่าความร้อนเชื้อเพลิง โดยส่วนใหญ่จะใช้ เครื่องทดสอบแบบ ออกซิเจนบอมบ์ แคลอริมิเตอร์ การคำนวณหาค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงจากการเผาไหม้

$$Q = \frac{T \times W - e_1 - e_2 - e_3}{m} \quad (3)$$

Q = ปริมาณความร้อนหรือค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงซึ่งเป็นค่าความร้อนรวม (Gross heat of combustion)

m = มวล ของตัวอย่างที่นำมาทดสอบ (g)

W = ค่าสมมูลย์ทางพลังงานของแคลอริมิเตอร์ (หาตามค่ามาตรฐาน) = 2,410 แคลอรีต่อ องศาเซลเซียส

e_1 = ความร้อนที่เกิดจากกรดไนตริก (Cal) $\text{NHO}_3 = e_1$

e_2 = ความร้อนที่เกิดจากกรดกำมะถัน (แคลอรี) $\text{H}_2\text{SO}_4 = 14 \text{ C}_2 (\text{m})$

e_3 = ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ลวดฟิวส์ (แคลอรี) = 2.3 (C3) for Parr 45C10 Nickel chromium fuse wire; 2.7 (C3) for gage iron fuse

2.3 อิมัลชัน (Emulsion)

อิมัลชัน (ที่มา <http://www.maproud.com/article/emulsion.html>) เกิดจากการผสมของเหลวสองชนิดที่ไม่ละลายซึ่งกันและกัน ทำให้สามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกันได้ หรือให้ของเหลวที่มีสถานะเป็นตัวกลางฟุ้งกระจายในของเหลวที่เป็นอนุภาค เช่น เมื่อเติมสารสเปน 80 (Span 80) ที่ทำหน้าที่ประสานลงไปจะเกิดการอยู่ตัว และของเหลวทั้งสองชนิดจะไม่แยกออกจากกัน โดยเรียกสารที่ทำหน้าที่ประสานนี้ว่า อิมัลซิฟายเออร์ (Emulsifier) อิมัลชันที่เกิดขึ้นถ้ามองด้วยตาเปล่าจะเห็นลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันแต่ถ้ามองด้วยกล้องจุลทรรศน์ก็จะเห็นเป็น 2 วัฏภาค คือ เห็นเป็นหยดเล็กๆ ของของเหลวชนิดหนึ่งเรียกว่า วัฏภาคภายใน (Internal or dispersed phase) กระจายตัวแทรกอยู่ในของเหลวอีกชนิดหนึ่งเรียกว่า วัฏภาคภายนอก (External or continuous phase) โดยทั่วไปไปหยดของวัฏภาคภายในอาจมีขนาดต่างกัน ตั้งแต่ขนาดที่เล็กกว่า 0.05 ไมครอน จนถึง 25 ไมครอน ซึ่งขนาดอนุภาคของวัฏภาคภายในมีผลต่อการกระจายแสงได้ต่างกัน จึงทำให้อิมัลชันมีลักษณะภายนอกที่มองเห็นได้แตกต่างกันขนาดหยดอนุภาควัฏภาคภายใน ลักษณะอิมัลชันที่มองเห็น ได้แก่

- เล็กกว่า 0.05 ไมครอน (Transparent)
- 0.05 – 0.10 ไมครอน โปร่งใส (Translucent)
- 0.10 – 1.00 ไมครอน สีขาวขุ่น
- ใหญ่กว่า 1.00 ไมครอน ขุ่นขาวทึบ

2.3.1 ชนิดของอิมัลชัน จะมีการแบ่งชนิดของอิมัลชัน

2.3.1.1 โดยแบ่งตามลักษณะภายนอกที่มองเห็น ได้เป็น 2 ชนิด คือ

• แมโครอิมัลชัน (Macro Emulsion) คือ อิมัลชันลักษณะขุ่นขาวที่พบโดยทั่วไปซึ่งอนุภาคของวัฏภาคภายในของอิมัลชันชนิดนี้ จะมีขนาดตั้งแต่ 0.25 – 10 ไมครอน (โดยทั่วไปจะใหญ่กว่า 1 ไมครอน) จึงทำให้เกิดความแตกต่างในค่าดัชนีการหักเหของแสงของวัฏภาคทั้งสอง และเกิดการกระจายแสงทำให้ดูมัวขุ่นขาว อิมัลชันลักษณะนี้อาจแบ่งย่อยได้เป็นอิมัลชันเนื้อหยาบ (Coarse Emulsion) ซึ่งมีอนุภาคค่อนข้างใหญ่ และอิมัลชันเนื้อละเอียด (Fine Emulsion) ซึ่งมีอนุภาคค่อนข้างเล็กหรือเล็กกว่า 5 ไมครอนลงไป แมโครอิมัลชัน เป็นอิมัลชันชนิดที่พบบ่อยที่สุดในอาหาร ยา และ เครื่องสำอาง (เช่น ไอศกรีม สลัดครีม ฯลฯ)

• ไมโครอิมัลชัน (Micro Emulsion) มีลักษณะโปร่งใสเนื่องจากอนุภาคของวัฏภาคภายในเล็กมาก ประมาณ 10 – 75 นาโนเมตร (0.01 - 0.075 ไมครอน) ซึ่งมีค่าน้อยกว่า หนึ่งในสี่ของความยาวคลื่นแสงที่มองเห็นได้ (Visible light) จึงไม่หักเหหรือกระจายแสง ดังนั้นแสงจึงสามารถทะลุผ่าน

ได้ทำให้คู่โปร่งใสหยดของวัฏภาคภายในมีลักษณะกลมถูกล้อมรอบด้วยฟิล์มของตัวทำอิมัลชันมีทั้งชนิดน้ำมันในน้ำ (O/W) และน้ำในน้ำมัน (W/O)

2.3.1.2 แบ่งตามชนิดของของเหลว ที่เป็นวัฏภาคภายในและวัฏภาคภายนอก แบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ

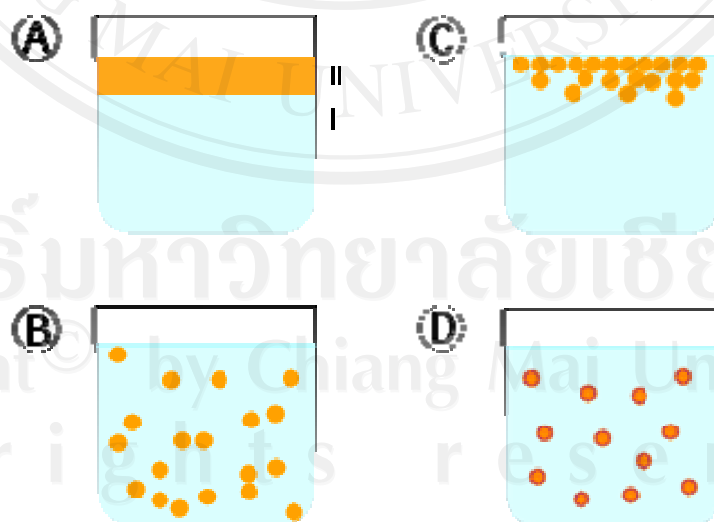
- อิมัลชัน ชนิดน้ำในน้ำมัน (W/O Emulsion) อิมัลชันชนิดนี้มีวัฏภาคภายในเป็นน้ำ วัฏภาคภายนอกเป็นน้ำมัน โดยอิมัลชันชนิดนี้จะพบในผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องสำอาง เช่น ครีมล้างหน้า (Cleansing Cream) เป็นต้น
- อิมัลชัน ชนิดน้ำมันในน้ำ (O/W Emulsion) อิมัลชันชนิดนี้กลับกันกลับชนิดแรก คือ มีวัฏภาคภายในเป็นน้ำมัน วัฏภาคภายนอกเป็นน้ำ ซึ่งพบในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เช่น ครีมและโลชั่นทาผิว (Body cream and lotion) ครีมกันแดด (Sun screen cream) เป็นต้น
- อิมัลชันเชิงซ้อน (Multiple Emulsion) เป็นอิมัลชันที่มีวัฏภาคภายในซ้อนกันอยู่ ซึ่งเป็นของเหลวต่างชนิดกัน เช่น น้ำในน้ำมันในน้ำ (W/O/W) หรือ น้ำมันในน้ำในน้ำมัน (O/W/O) อิมัลชันเชิงซ้อนเหล่านี้ สามารถกลับกลายเป็นอิมัลชันชนิดธรรมดาได้ เช่น น้ำในน้ำมันในน้ำ (W/O/W) ซึ่งมีน้ำเป็นวัฏภาคภายนอก แต่วัฏภาคภายในเป็นน้ำมัน จะมีหยดเล็กๆ ของหยดน้ำซ้อนอยู่ เมื่อกลับกลายเป็นอิมัลชันธรรมดาจะกลายเป็นชนิด น้ำมันในน้ำ (O/W)

2.3.2 กลไกการเกิดอิมัลชัน

โดยปกติของเหลวสองชนิดที่ไม่สามารถรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันได้ เมื่อถูกนำมารวมกันจะเกิดการแยกชั้นเป็น 2 ชั้น เนื่องจากเกิดแรงดึงดูดระหว่างผิวชั้น แต่เมื่อมีการเขย่า ซึ่งเป็นการเพิ่มพลังงานและเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างของเหลวทั้งสอง จะทำให้ของเหลวนั้นสามารถกระจายตัวเป็นหยดเล็กๆ ในกันและกันได้ และมีลักษณะของอิมัลชันเกิดขึ้น แต่จะเป็นเพียงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นชั่วคราว ซึ่งหลักการทางเทอร์โมไดนามิกส์อธิบายได้ว่า การเขย่าเป็นการเพิ่มพลังงานอิสระที่พื้นผิว (Surface free energy) ของเหลว จึงสามารถรวมตัวเข้ากันได้ชั่วขณะหนึ่ง สถานะนี้ถือว่าไม่คงสภาพ เพราะเมื่อมีการหยุดเขย่าหรือหยุดกววน ของเหลวเหล่านั้นก็จะพยายามกลับมารวมตัวกันและแยกชั้นดังเดิม เนื่องจากการปรับสถานะให้เข้าสู่จุดคงสภาพโดยลดพื้นที่ผิวการสัมผัสระหว่างกัน ดังนั้น หากต้องการให้ของเหลวทั้งสองชนิดที่ผสมกันอยู่ ยังคงสภาพอยู่ให้นานขึ้น และไม่เกิดการแยกชั้นดังเดิมได้ จะต้องมีการเติมตัวทำอิมัลชันลงไปก่อนทำการเขย่า ดังนั้นการเกิดอิมัลชันได้ต้องอาศัยกระบวนการ 2 ขั้นตอน คือ

2.3.2.1 การทำให้ของเหลวที่เป็นวัตถุกายในแตกกระจายเป็นหยดเล็กๆ โดยอาศัยการให้พลังงานซึ่งอาจใช้ในรูปแบบของความร้อน (Heat) การคนหรือเขย่า (Mechanical agitation) การสั่นสะเทือนโดยคลื่นเสียง (Ultrasonic vibration) หรือไฟฟ้า (Electricity) เป็นต้น

2.3.2.2 การทำให้หยดเล็กๆ ที่กระจายตัวอยู่นั้นสามารถคงสภาพอยู่ได้ โดยอาศัยสารที่ตัวกลางที่ทำหน้าที่เป็นตัวประสาน (Emulsifier) จากรูปที่ 2.8 จะแสดงกระบวนการทำอิมัลชัน (ที่มา <http://en.wikipedia.org/wiki/Emulsion>) รูปที่ 2.8A. เป็นการผสมระหว่างของเหลวชนิดที่ 1 และของเหลวชนิดที่ 2 โดยที่ของเหลวทั้งสองชนิดนี้ ไม่สามารถรวมตัวกันได้ตามธรรมชาติ เมื่อทำการกวนหรือให้ความสั่นสะเทือนแก่ของเหลวทั้งสอง ของเหลวชนิดที่ 2 จะเริ่มแพร่กระจายลงไปในของเหลวชนิดที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 2.8B. และเมื่อหยุดกวนหรือสั่น ของเหลวทั้งสองจะเริ่มแยกตัวและของเหลวชนิดที่ 2 จะลอยขึ้นไปด้านบนของของเหลวชนิดที่ 1 เช่นเดิม ดังรูปที่ 2.8C. หากทำการเติมสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวประสานลงไป ปริมาณที่ทำให้การฟุ้งกระจายของของเหลวชนิดที่ 1 คงที่ ดังรูปที่ 2.8D. ของเหลวชนิดที่ 2 จะกระจายอยู่ภายในของเหลวที่ 1 โดยที่ไม่แยกออกและลอยขึ้นด้านบนของเหลวชนิดที่ 1 อีก ตัวอย่างของอิมัลชันในชีวิตประจำวันที่สามารถพบเห็นได้ เช่น น้ำสลัด เป็นการผสมน้ำมันพืชและน้ำส้มสายชู เข้าด้วยกันโดยมีไข่ขาวทำหน้าที่เป็นตัวประสาน หรือ การผสมน้ำมันหอมระเหยที่สกัด



รูปที่ 2.8 กระบวนการทำอิมัลชัน

2.4 อัลตราโซนิก (Ultrasonic)

อัลตราโซนิก (ที่มา <http://www.acmekornultrasonic.com/index.php?mo=10&art=240831>) เป็นคลื่นที่มีความถี่สูงมากกว่า 20 - 106 kHz ซึ่งเป็นช่วงความถี่ที่หูของคนปกติไม่สามารถได้ยิน เพราะหูของคนปกติได้ยินเสียงในช่วงความถี่ 16 - 16,000 Hz คลื่นเสียง อัลตราโซนิกที่มีความถี่สูงจะทำให้เกิดฟองอากาศ เกิดความดันสูง และเกิดความร้อนเฉพาะที่ คลื่นอัลตราโซนิกสามารถที่จะแยกโมเลกุลของน้ำออกจากกัน ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างโมเลกุลน้ำ ช่องว่างนี้เรียกว่า Micro-air bubble (มีขนาดเล็กมาก มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า) Micro-air bubble ที่เกิดจะคงมีสภาพจากการที่แรงดันของน้ำที่อยู่รอบๆ กันในทุกทิศทาง เมื่อ Micro-air bubble ลอยไปกระทบวัตถุในน้ำ ด้านที่กระทบกับวัตถุจะไม่มีแรงดันของน้ำรองรับ โดยแรงดันน้ำโดยรอบจะอัด Micro-air bubble ให้แตก Micro-air bubble ที่แตกจะกลายเป็นลำพุ่งขึ้นสู่อากาศ พลังงานอัลตราโซนิกเกิดขึ้นภายในของเหลว โดยการเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานพลังเสียง หัวสั่นมีหน้าที่คล้ายกันกับลำโพงวิทยุ และถ่ายทอดเสียงไปสู่ของเหลวแทนที่ไปสู่อากาศ หัวสั่น (Transducers) ประกอบด้วยตัวสั่นสะเทือน (Piezo electric disc) สอดไว้ระหว่างแผ่นโลหะหนา หัวสั่นจะถูกติดไว้กันถึงบรรจุ หัวสั่นถูกกระตุ้นโดยตัวกำเนิด พลังงานอิเล็กทรอนิกส์ (Generator) ซึ่งจะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าสำหรับกระตุ้นหัวสั่น



รูปที่ 2.9 หัวสั่น (Transducers)

ระบบการทำงานของอัลตราโซนิกประกอบด้วย พื้นฐาน 4 ข้อ คือ ตัวกำเนิดพลังงาน (Generator) ขนาดของถังและ วัตถุ หัวสั่น (Transducers) ดังรูปที่ 2.9 และสารเคมีหรือสารละลาย เมื่อเริ่มการทำงาน จะเกิดการสั่นสะเทือนความถี่สูงถ่ายทอดผ่านถังไปยังสารละลาย จะทำให้โมเลกุลของสารละลายนั้นๆ แยกออกจากกัน สารละลายจะมีลักษณะคล้ายกับน้ำเดือดซึ่งเรียกว่า “การเดือดเย็น” หรือ “คาเวชัน” โมเลกุลของสารละลายจะเกิดการแตกตัวและวิ่งชนซึ่งกันและกันอย่างรุนแรง ทำให้เกิดฟองสุญญากาศขนาดเล็กจำนวนมาก

2.5 เครื่องยนต์ (Engine)

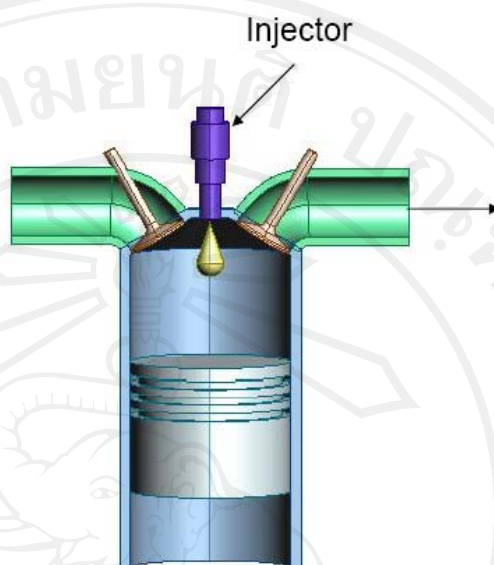
เครื่องยนต์เล็ก โดยทั่วไปจะมีจำนวนสูบไม่เกิน 2 สูบ ทั้งนี้เพื่อสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย และการใช้งานจะมีทั้งเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและเครื่องยนต์ดีเซลทั้งชนิด 4 จังหวะ และ 2 จังหวะ การจัดวางกระบอกสูบของเครื่องยนต์แบบสูบนอน จะมีวิธีการจัดวางหลายวิธี โดยจะจัดไปตามความเหมาะสมและวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้งานการจัดวางกระบอกสูบแบบนี้กระบอกสูบจะวางขนานไปกับพื้นนิยมใช้กับเครื่องยนต์ขนาดกลางและขนาดเล็กสูบเดียว ห้องเผาไหม้อากาศหมุนวนเป็นห้องเผาไหม้ที่มีห้องเผาไหม้ช่วย ห้องเผาไหม้ช่วยโดยทั่วไปจะออกแบบให้มีรูปร่างเป็นทรงกลม มีปริมาตรมากกว่าห้องเผาไหม้ช่วยแบบล่องหน้าปกติจะมีปริมาตรประมาณ 50 – 90 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาตรห้องเผาไหม้ทั้งหมด ช่วงจากห้องเผาไหม้ช่วยที่ต่อไปยังห้องเผาไหม้หลัก จะมีขนาดใหญ่กว่าแบบล่องหน้า ในจังหวะอัดอากาศจะเคลื่อนผ่านจากห้องเผาไหม้หลักเข้าสู่ห้องเผาไหม้ช่วยจะเกิดการหมุนวนขึ้น การหมุนวนเกิดจากการออกแบบช่องทางระหว่างห้องเผาไหม้หลักกับห้องเผาไหม้ช่วย ทำมุมเอียงกับกระบอกสูบและจะสัมพันธ์กับลักษณะของห้องเผาไหม้ช่วยที่ออกแบบให้มีลักษณะเป็นทรงกลม ทำให้อากาศที่เข้าเกิดการหมุนวน ยิ่งเครื่องยนต์มีความเร็วรอบสูงการหมุนวนของอากาศในห้องเผาไหม้ช่วยสูงขึ้นตาม และการหมุนวนของอากาศจะช่วยลดระยะเวลาความล่าช้าการเริ่มการเผาไหม้ลง การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงจะฉีดเข้าไปที่ห้องเผาไหม้ช่วย ปกติจะฉีดเข้าตรงกลางห้องเผาไหม้หรือฉีดเข้าไปกับทิศทางอากาศที่หมุนวนในห้องเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงบางส่วน อาจกระทบกับห้องเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงเป็นการเสริมให้น้ำมันเชื้อเพลิงกลายเป็นไอและทำให้การสันดาปดียิ่งขึ้น

2.5.1 ชนิดของการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซล

ระบบการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลแบ่งตามการออกแบบห้องเผาไหม้เป็น 2 ชนิด คือ ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง (Direct-injection, DI system) ซึ่งมีห้องเผาไหม้เปิดห้องเดียว และเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปโดยตรงในห้องเผาไหม้ อีกระบบหนึ่ง คือ ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม (Indirect-injection system, IDI system) ซึ่งมีห้องเผาไหม้ที่ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน และเชื้อเพลิงถูกฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้ก่อน ซึ่งต่อกับห้องเผาไหม้หลัก (Main chamber ที่อยู่บนหัวลูกสูบ) โดยผ่านทางรูเดียวหรือหลายรู

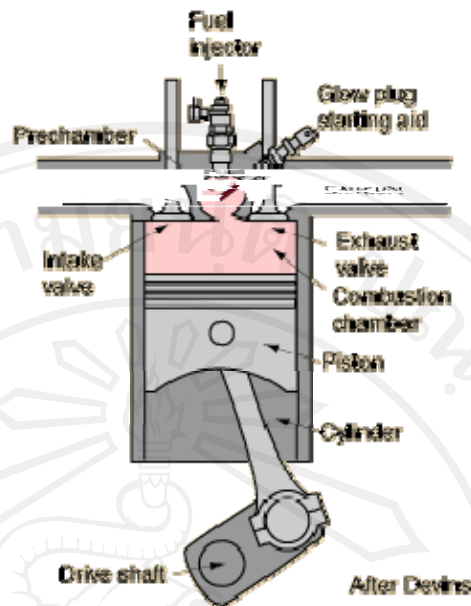
2.5.1.1 ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง (Direct injection) ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงที่นิยมใช้กันยังแบ่งออกเป็นหลายแบบ (ตามรูปร่างของห้องเผาไหม้ จำนวนรูหัวฉีดและ ตำแหน่งหัวฉีด) ดังรูป 2.10 แสดงห้องเผาไหม้แบบหนึ่งใช้หัวฉีดแบบหลายรูที่ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ที่สุด ระบบนี้ไม่ต้องการการเคลื่อนที่ของอากาศในกระบอกสูบ เนื่องจากโมเมนตัมและ

พลังงานของเชื้อเพลิงที่ฉีดพุ่งเข้าไปในห้องเผาไหม้เพียงพอที่จะกระจายและผสมกับอากาศได้ดี รูปร่างของห้องเผาไหม้มักจะเป็นหลุมตื้นๆ บนลูกสูบและใช้หัวฉีดแบบหลายรูติดตั้งไว้ตรงกลาง



รูป 2.10 ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงของเครื่องยนต์ดีเซล

2.5.5.2 ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม (Indirect injection) ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม มักถูกนำไปใช้ในกรณีที่การไหลวนของระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงไม่สามารถให้อัตราการผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศที่พอเพียงแก่เครื่องยนต์ดีเซลอัตราเร็วสูงขนาดเล็ก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้กับรถยนต์ ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมมีห้องเผาไหม้แบ่งออกเป็น ห้องเผาไหม้ช่วยหรือห้องเผาไหม้ก่อน (Prechamber) และห้องเผาไหม้หลัก (Main chamber) โดยห้องเผาไหม้ก่อนสามารถทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของแก๊สอย่างรุนแรงได้ระหว่างจังหวะอัดในช่วงการฉีดเชื้อเพลิง สำหรับห้องเผาไหม้ก่อนไหลวน ช่องที่ต่อกับห้องเผาไหม้ก่อนจะทำให้มีรูปทรงเพื่อที่การไหลของแก๊สภายในห้องเผาไหม้ก่อนจะไหลวนได้อย่างรวดเร็ว แล้วเชื้อเพลิงตามปกติจะถูกฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้ก่อนที่ความดันในการฉีดต่ำกว่าในระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง และการเผาไหม้จะเริ่มต้นในห้องเผาไหม้ก่อน ทำให้ความดันในห้องเผาไหม้ก่อนเพิ่มขึ้นดันให้แก๊สไหลกลับเข้าไปในห้องเผาไหม้หลัก โดยแก๊สจะพุ่งผ่าน Passage Way เข้าไปผสมกับอากาศในห้องเผาไหม้หลัก และมีการเผาไหม้ต่อไปอีก



รูป 2.11 ระบบฉีดเชื้อเพลิงเพลิงโดยอ้อมของเครื่องยนต์ดีเซล

2.5.6 การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเหลว (Edward, J.B., 1977)

การกลายเป็นไอของเชื้อเพลิงมีความสำคัญต่อการเผาไหม้ของเพลิงเหลว การกลายเป็นไอของเชื้อเพลิง มีผลต่อการควบคุมอัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง โดยองค์ประกอบที่มีผลกระทบต่อ การกลายเป็นไอของเชื้อเพลิง มีหลายประการดังต่อไปนี้

2.5.6.1 ประการที่หนึ่ง การแพร่กระจายของเชื้อเพลิงเหลวทำให้อัตราการกลายเป็นไอของเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นเมื่อพื้นที่ผิวของเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น โดยการแพร่กระจาย ทำให้เกิดอัตราการเผาไหม้ที่เพิ่มมากขึ้น โดยทำให้เชื้อเพลิงเป็นฝอยละออง

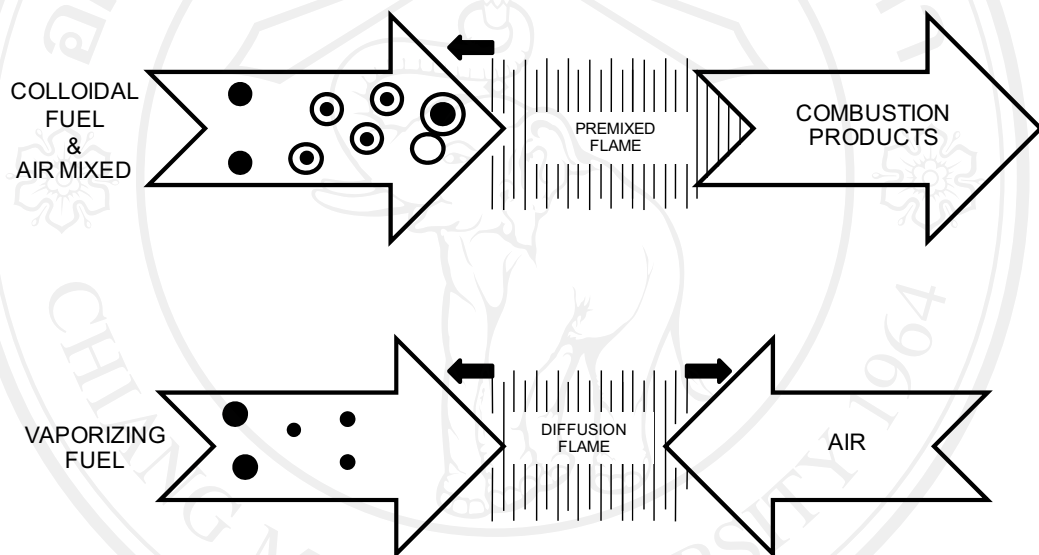
2.5.6.2 ประการที่สอง เชื้อเพลิงเหลวจะกลายเป็นไอได้โดยต้องใส่พลังงานเข้าไป เพื่อเปลี่ยนจากเชื้อเพลิงเหลวให้กลายเป็นไอ พลังงานนี้คือความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอในกระบวนการเผาไหม้ การเปลี่ยนจากเชื้อเพลิงเหลวให้เป็นไอจะต้องอาศัยพลังงานที่มาจากกระบวนการเผาไหม้ ซึ่งพลังงานที่แพร่กระจายมาจากเปลวไฟจะส่งมายังไอของเชื้อเพลิง และเชื้อเพลิงเหลวจะรับต่ออีกทอดหนึ่ง ทำให้อุณหภูมิของเชื้อเพลิงสูงขึ้นจนถึงจุดเดือด

2.5.6.3 ประการที่สาม ความดันขณะที่เชื้อเพลิงเหลวกลายเป็นไอ จะมีความสำคัญ คือ ขณะที่ความดันเพิ่มขึ้น จะทำให้อุณหภูมิในห้องเผาไหม้เพิ่มขึ้นทำให้เชื้อเพลิงเหลวสามารถกลายเป็นไอมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเชื้อเพลิงเหลวที่มีน้ำหนักโมเลกุลมาก เมื่ออุณหภูมิสูงจะทำให้สารประกอบเกิดการแตกตัว การแพร่กระจายของเชื้อเพลิงเหลว เกิดจากการให้ความดันสถิตแก่เชื้อเพลิงเหลวที่ผ่านหัวฉีด ทำให้เชื้อเพลิงแตกตัวเป็นละออง หยดของเชื้อเพลิงที่ออกจากหัวฉีดจะ

มีความดันไม่คงที่ขณะที่อุณหภูมิที่คงที่ ส่วนที่ระเหยง่ายจะลุกติดไฟ ผลจากไอเชื้อเพลิงผสมกับอากาศทำให้เกิดปฏิกิริยาก่อนการเผาไหม้

2.5.7 การผสมของไอเชื้อเพลิงเหลวกับอากาศ

หลังจากเชื้อเพลิงเหลวกลายเป็นไอ และผสมกับอากาศก่อนเกิดการเผาไหม้ ลักษณะกระบวนการการผสมของไอเชื้อเพลิงและอากาศมีความสำคัญ คือการเผาไหม้จะแตกต่างกันระหว่างเชื้อเพลิงเหลวเป็นไอหมดก่อนการเผาไหม้ หรือเชื้อเพลิงเหลวถูกล้อมรอบด้วยเปลวไฟและเกิดการเผาไหม้



รูปที่ 2.12 Model of fuel droplet combustion (Edward, 1977)

รูปที่ 2.12 แสดงกระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเหลวที่เป็นไอก่อนการเผาไหม้ ซึ่งมีสองแบบ คือแบบ Premixed flame โดยเชื้อเพลิงจะระเหยผสมกับอากาศไหลผ่านจากด้านซ้ายไปด้านขวา และเชื้อเพลิงจะระเหยเป็นไอหมดก่อนเข้าโซนการเผาไหม้ของเปลวไฟ ความร้อนจะแผ่รังสีจากโซนการเผาไหม้ เพื่อเร่งการกลายเป็นไอของเชื้อเพลิงขณะที่เข้าใกล้กับเปลวไฟ เช่นเชื้อเพลิงแก๊สใน Burner แบบที่สองคือแบบ Diffusion flame จะเป็นลักษณะของเชื้อเพลิงที่ระเหยเป็นไอหมดก่อนแล้วจึงผสมกับอากาศ ที่โซนการเผาไหม้ มักใช้กับเชื้อเพลิงเหลวเช่นในเครื่องยนต์สันดาปภายใน

2.5.8 ก๊าซไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้

ก๊าซไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้และการส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมี 4 ชนิด ดังนี้

2.5.8.1 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้สมบูรณ์ หลีกเลียงไม่ได้ ก๊าซนี้จะทำให้โลกร้อนขึ้น หรือที่เรียกว่าก๊าซเรือนกระจก การเผาไหม้แต่ละครั้ง จะได้ CO_2 (คาร์บอนไดออกไซด์) ออกมาหมายความว่า น้ำมันรวมตัวกับอากาศจะได้ความร้อน เกิดขึ้น และได้ H_2O (ไอน้ำ) กับ CO_2 ออกมา ซึ่ง ปัจจัยสำคัญคือ O_2 (ออกซิเจน) ในอากาศที่เข้าไป เผาไหม้ต้องเพียงพอ ถ้า O_2 เข้าไปไม่พอ การเกิดปฏิกิริยาของน้ำมันกับอากาศก็ไม่สมบูรณ์ คือมี O_2 ไม่เพียงพอ ก็จะได้ CO ออกมาแทน CO_2 นั่นคือสาเหตุของการเกิดควันดำ

2.5.8.2 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เป็นก๊าซที่เกิดเฉพาะการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้สูดดม

2.5.8.3 ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) เกิดจากการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูง หรือมี ก๊าซออกซิเจนเข้าไปเผาไหม้มาก สำหรับ NO_x ประกอบด้วย NO และ NO_2 ซึ่ง NO_2 ย่อมาจาก Nitrogen dioxide เกิดขึ้นได้จากผลพวงจากการเผาไหม้ ไม่มีประโยชน์ใดๆกับเครื่องยนต์ หรือการ ให้พลังงาน ซึ่งแตกต่างจาก CO และ CO_2 ที่เกิดการเผาไหม้น้ำมันให้พลังงานออกมา สาเหตุการเกิด NO_x เกิดจาก ในอากาศจะมีก๊าซ ไนโตรเจน (Nitrogen) อยู่มากกว่าร้อยละ 70 ที่เหลือเป็น ออกซิเจน และก๊าซอื่นๆ อีก 30 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าเมื่อเครื่องยนต์ดูดอากาศผ่านหม้อกรองเข้าเครื่อง ไนโตรเจนจะถูกดูดเข้าไปเพื่อทำการเผาไหม้ด้วย ไนโตรเจนเมื่อมีอุณหภูมิสูงมากๆ ในห้องเผาไหม้ ก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงตัวเองไปรวมกับออกซิเจน ได้เป็นไนโตรเจนไดออกไซด์ออกมา ซึ่งเป็น ก๊าซที่มีพิษมาก แต่ถ้าอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ไม่สูงเกินไปจะไม่เกิด ดังนั้นมักจะพบก๊าซพิษชนิดนี้ กับเครื่องยนต์ดีเซลมากกว่าเบนซิน เพราะอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลมีอุณหภูมิที่ สูงกว่า

2.5.8.4 ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มีไฟ ที่ระดับความ เข้มข้นสูงจะมีกลิ่นฉุนแสบจมูกเมื่อทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจน ในอากาศจะเป็นซัลเฟอร์ได ออกไซด์และจะรวมตัวเป็นกรดกำมะถัน เมื่อมีความชื้นเพียงพอหากอยู่ร่วมกับอนุภาคมวลสารที่มี ตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น มังกานีส เหล็ก และวานาเดียม จะเกิดมีปฏิกิริยาเติมออกซิเจนเกิดเป็นซัลเฟอร์ ไตรออกไซด์ และเป็นกรดกำมะถันเช่นกัน การสันดาปเชื้อเพลิงเพื่อใช้พลังงานในการดำรงชีพของ มวลมนุษย์ ซึ่งรวมถึงอุตสาหกรรมทำให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และอนุภาคมวลสาร กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมต่างๆ ก็เป็นแหล่งกำเนิดของมลพิษทั้งสองเช่นกัน ก๊าซซัลเฟอร์ ไตรออกไซด์ และละอองกรด กำมะถัน ก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ เช่น โรค หลอดลมอักเสบเรื้อรัง นอกจากนี้ก๊าซนี้ยังทำให้น้ำฝนที่ตกลงมามีสภาพ ความเป็นกรดมากขึ้น ซึ่ง

จะทำลายระบบนิเวศน์ ป่าไม้ แหล่งน้ำ สิ่งมีชีวิตต่างๆ รวมถึงการกัดกร่อนอาคารและโบราณสถาน อีกด้วย

2.5.9 สมรรถนะของเครื่องยนต์

2.5.9.1 แรง คือ การกระทำในการผลักหรือการดัน ที่ทำให้หรือพยายามให้วัตถุเคลื่อนที่ หยุดเคลื่อนที่ หรือเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ แรงจะมีหน่วยวัดเป็นปอนด์ (lb_f) กิโลกรัม (kg) หรือนิวตัน (N)

2.5.9.2 โมเมนต์ คือ ผลของแรงที่เกิดขึ้นจากที่แรงกระทำห่างจากจุดหมุน เป็นผลให้วัตถุหมุนหรือพยายามหมุนรอบแกนใดแกนหนึ่ง ซึ่งโมเมนต์หรือแรงบิดนี้จะมีค่าเท่ากับผลคูณของแรงและระยะตั้งฉากจากแนวของแรงไปยังแกนหมุน และจะมีหน่วยวัดเป็นปอนด์ - ฟุต (lb_f - ft), กิโลกรัม - เมตร (kg_f - m) หรือนิวตัน - เมตร (Nm)

$$T = F \times R \quad (4)$$

2.5.9.3 งาน คือ ผลซึ่งเกิดจากแรงและการเคลื่อนที่ ซึ่งงานในที่นี้จะมีค่าเท่ากับผลคูณของแรงและระยะของการเคลื่อนที่ในแนวเส้น หรือมีค่าเท่ากับผลคูณของแรงบิดหรือ ทอร์ค และระยะของการเคลื่อนที่เชิงมุม งานจะมีหน่วยเป็น ฟุต - ปอนด์ (ft - lb_f), กิโลกรัม- เมตร (kg_f - m) หรือจูล (Joule = Nm)

2.5.9.4 กำลังงาน คือ อัตราของการทำงาน หรือปริมาณงานที่ทำต่อหน่วยเวลา ซึ่งนิยมใช้หน่วยวัดเป็นแรงม้า (Horse power) และกิโลวัตต์ (kW)

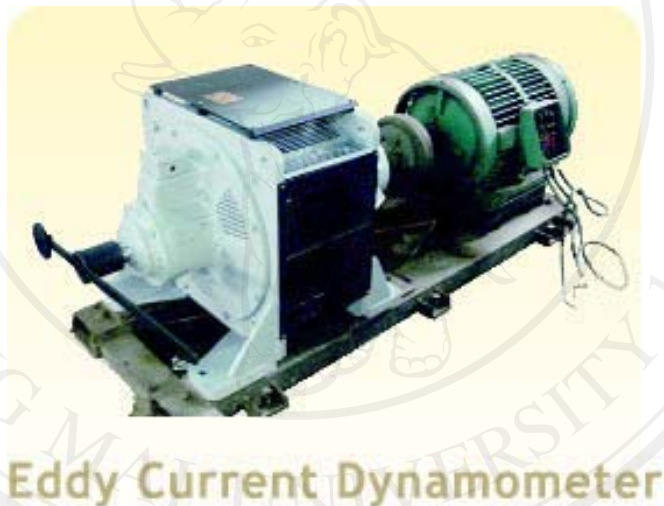
2.5.9.5 พลังงาน คือ ความสามารถในการทำงาน พลังงานจะอยู่ในหลายรูปแบบ เช่น พลังงานกล พลังงานความร้อน และพลังงานเคมี ซึ่งพลังงานนี้สามารถเปลี่ยนจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้ สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล พลังงานเคมีที่สะสมไว้ในน้ำมันดีเซลจะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ และพลังงานความร้อนนี้จะเปลี่ยนเป็นพลังงานกล และเป็นกำลังงานในที่สุด

2.5.9.6 กำลัง ของเครื่องยนต์ เป็นกำลังที่เครื่องยนต์ผลิตได้ จากการเปลี่ยนรูปของพลังงานทางเคมีในรูปของน้ำมันเชื้อเพลิง มาอยู่ในรูปของพลังงานทางความร้อน (Heat energy) ที่ได้จากการเผาไหม้ระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศและเปลี่ยนมาเป็นพลังงานกลที่ใช้ในการขับเคลื่อนต่างๆ กำลังม้า (Horse power) เป็นหน่วยที่ใช้วัดกำลัง ซึ่งเป็นอัตราที่ม้า 1 ตัวสามารถที่จะทำงานได้ในเวลาอันจำกัด กำลังม้า 1 กำลังม้าในระบบอังกฤษ คือกำลังที่สามารถยกน้ำหนัก 550 ปอนด์

สูงขึ้นจากพื้นดิน 1 ฟุตในเวลา 1 วินาที ($1 \text{ Hp} = 746 \text{ watts}$) กำลังและกำลังม้าของเครื่องยนต์จำแนกออกได้ดังต่อไปนี้

ก. กำลังอินดิเคตและกำลังม้าอินดิเคต (Indicated power and indicated horsepower) คือกำลังและกำลังม้าที่ได้จากการคำนวณซึ่งใช้ในห้องทดลองเท่านั้น กำลังและกำลังม้าประเภทนี้ได้มาจากความดันซึ่งเกิดจากกระบวนการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศที่เกิดขึ้นภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ เครื่องมือที่ใช้วัดกำลังประเภทนี้คือ ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) โดยจะแสดงถึงความดันที่ต่อเนื่องกันตามจังหวะการทำงานของเครื่องยนต์

ข. กำลังเบรกและกำลังม้าเบรก (Brake power and brake horsepower) คือกำลังและกำลังม้าที่ได้จากเครื่องยนต์จริงๆ เป็นกำลังและกำลังม้าที่ได้จากเครื่องวัดที่เรียกว่า ไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer)



รูปที่ 2.13 ไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer)

2.5.10 การประเมินสมรรถนะเครื่องยนต์

2.5.10.1 กำลังของเครื่องยนต์ (Power) การทดสอบเครื่องยนต์นิยมใช้ไดนาโมมิเตอร์ โดยกำลังของเครื่องยนต์จะได้จาก

$$BP = \frac{2\pi nT}{(60)(1000)} \quad (5)$$

เมื่อ

BP = กำลังเพลเบรกของเครื่องยนต์ (kW)

n = ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (rpm)

T = แรงบิด (Nm)

2.5.10.2 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel consumption) คือปริมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ต่อเวลาหนึ่งชั่วโมง

$$\text{Fuel Consumption} = \frac{\text{Fuel (l)}}{\text{time (hr)}} \quad (6)$$

เมื่อ Fuel = ปริมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (L)
 time = เวลา (hr)

2.5.10.3 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific fuel consumption, SFC) อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ คือการปริมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ต่องานที่ได้จากเครื่องยนต์

$$\text{SFC} = \frac{m_f}{BP} \text{ (kg/kWh)} \quad (7)$$

เมื่อ m_f = การปริมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง
 BP = กำลังเพลابرกของเครื่องยนต์ (kW)
 (kg/h)

2.5.10.4 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency) ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ คือความสัมพันธ์ระหว่างกำลังที่เครื่องยนต์ส่งออกกับพลังงานที่เกิดจากการสันดาปน้ำมันเชื้อเพลิง

$$\eta_{bth} = \frac{3600}{\text{SFC} \times \text{HHV}} \times 100 \quad (8)$$

เมื่อ SFC = Specific Fuel Consumption (kg/kW.hr)

HHV = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (kJ/kg)