บทที่ 2

เครื่องยนต์ดีเซล น้ำมันดีเซลและน้ำมันปาล์ม

2.1 บทนำ

ในการทดสอบน้ำมันปาล์มในเครื่องยนต์ดีเซลนั้น องค์ประกอบหลักที่จำเป็นต้องทำความรู้จัก ประกอบด้วยเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ทำการทดสอบน้ำมันดีเซลและน้ำมันปาล์ม ในบทนี้จะกล่าวถึงการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล รายละเอียดของเครื่องยนต์ดีเซลที่จะใช้ทดสอบในด้านอุปกรณ์และระบบที่สำคัญ ส่วนน้ำมันดีเซลจะกล่าวถึงข้อกำหนดของน้ำมันดีเซล รวมถึงผลของสมบัติของน้ำมันดีเซลมีต่อเครื่องยนต์และวิธีการทดสอบสมบัตินั้นๆ โดยสังเขป เพื่อที่จะใช้เป็นแนวทางในการศึกษาเปรียบเทียบกับสมบัติของน้ำมันปาล์ม สำหรับน้ำมันปาล์มจะเป็นการทำความเข้าใจกระบวนการแปรรูปของปาล์มน้ำมัน จากผลปาล์มไปเป็นน้ำมันปาล์มในขั้นตอนต่างๆ ของโรงงานน้ำมันปาล์ม ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองอันเนื่องจากพระราชดำริ โดยสังเขป

2.2 เครื่องยนต์ดีเซล

2.2.1 ประวัติโดยย่อของเครื่องยนต์ดีเซล (อัมพรและคณะ, 2524:10-11)

ในปี ค.ศ. 1892 ดร. รูดอล์ฟ ดีเซล วิศวกรชาวเยอรมัน มีความต้องการสร้างเครื่องยนต์ ที่มีการอัดอากาศเพียงอย่างเดียวภายในกระบอกสูบ ให้มีอุณหภูมิสูงพอที่จะทำให้เชื้อเพลิงลุกไหม้เองได้ โดยฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปกระทบอากาศร้อนนั้น เชื้อเพลิงก็จะเกิดการลุกไหม้ขึ้นและทำให้ก๊าซภายในกระบอกสูบเกิดการขยายตัวผลักดันลูกสูบให้เคลื่อนที่ ในครั้งแรกเขาสร้างเครื่องยนต์โดยใช้ผงถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง แต่ไม่ประสบความสำเร็จ เขาจึงหันมาใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงแทน โดยอัดอากาศให้มีความดันสูงถึง 1,500ปอนด์/ตารางนิ้ว การทดสอบในครั้งนี้ก็ประสบความล้มเหลวอีกเนื่องจากความร้อนจากการเผาไหม้สูงมากและเขาไม่ได้เตรียมการในเรื่องการระบายความร้อนของเครื่องยนต์เอาไว้

ในปี ค.ศ. 1895 ความพยายามของเขาประสบผลสำเร็จ โดยเครื่องยนต์ที่เขาสร้างขึ้นทำงานในหลักการของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ มีกำลังอัดประมาณ 450 ปอนด์/ตารางนิ้ว และเป็นเครื่องยนต์ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ในการทำงานเชื้อเพลิงถูกฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้ด้วยแรงดันของอากาศที่มีกำลังอัดสูง ปรากฏว่าเครื่องยนต์สามารถให้ประสิทธิภาพทางความร้อนได้ถึงประมาณ 24% และถือเป็นต้นแบบของเครื่องยนต์ดีเซลในปัจจุบัน

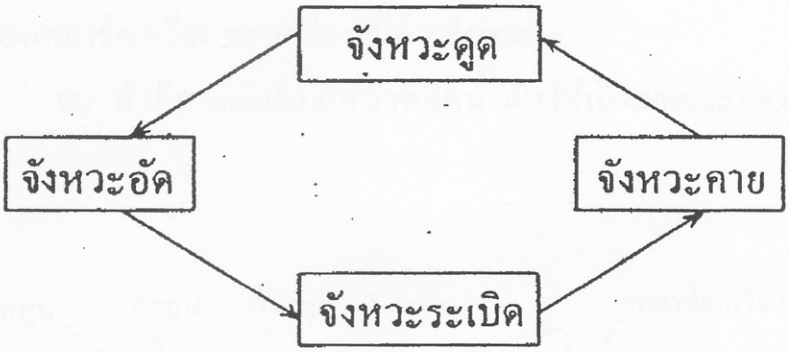
หลังจากนั้น เครื่องยนต์ดีเซลได้มีการพัฒนาแก้ไขปรับปรุงให้ดีขึ้นเรื่อยๆ ในทุกด้าน ไม่ว่าจะเป็นคุณภาพของวัสดุที่ใช้สร้างหรือระบบต่างๆ ภายในเครื่องยนต์ ทำให้เครื่องยนต์ดีเซลในปัจจุบันได้มีวิวัฒนาการขึ้น ในด้านประสิทธิภาพและสมรรถนะในการเป็นต้นกำลังให้กับงานในด้านต่างๆ และเข้าไปมีบทบาทสำคัญยิ่ง ต่องานทุกประเภทในชีวิตประจำวันไม่ว่าจะเป็นในด้านอุตสาหกรรม การขนส่ง การคมนาคม การเกษตร เป็นต้น

2.2.2 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล

เครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องยนต์ประเภทเผาไหม้ภายใน โดยอาศัยการเผาไหม้เชื้อเพลิงแล้วให้กำลังงานออกมา ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงนั้นต้องอาศัย อากาศ ความร้อนและน้ำมันเชื้อเพลิง จากกระบวนการเผาไหม้ภายในเครื่องยนต์เพื่อที่จะให้ได้พลังงานออกมาจำเป็นต้องอาศัยชิ้นส่วนที่สำคัญ เช่น ปลอกสูบ ลูกสูบ ก้านสูบและเพลาข้อเหวี่ยง เป็นต้น ลำดับในการทำงานของเครื่องยนต์เริ่มจากการที่ให้อากาศเข้าไปในกระบอกสูบซึ่งเรียกว่า จังหวะดูด จากนั้นอัดอากาศให้เกิดความร้อนเรียกว่า จังหวะอัด เมื่อฉีดเชื้อเพลิงเข้าไป เชื้อเพลิงเกิดการลุกไหม้เรียกว่า จังหวะระเบิด ให้กำลังออกมา จากนั้นก็จะปล่อยก๊าซไอเสียจากการเผาไหม้ออกไปเรียกว่า จังหวะคาย ในการทำงานของเครื่องที่มีจังหวะดูด อัด ระเบิด คาย จึงถือเป็นรอบการทำงานของเครื่องยนต์ 1 รอบ (รูปที่ 2.1)

สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่มีการใช้งานในปัจจุบันมีทั้งชนิดเครื่องยนต์ 2 จังหวะและ 4 จังหวะ ในการทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ ลูกสูบเลื่อนขึ้น 1 ครั้ง เลื่อนลง 1 ครั้ง เพลาข้อเหวี่ยงหมุน 1 รอบได้จังหวะ ดูด อัด ระเบิด คาย จะให้จังหวะงาน

ออกมา 1 ครั้ง คือ จังหวะระเบิด ส่วนเครื่องยนต์ 4 จังหวะ ลูกสูบเลื่อนขึ้น 2 ครั้ง เลื่อนลง 2 ครั้ง เพลาข้อเหวี่ยงหมุน 2 รอบ ได้จังหวะ ดูด อัด ระเบิด คาย และให้จังหวะงานออกมา 1 ครั้ง คือจังหวะระเบิด



รูปที่ 2.1 จังหวะการทำงานของเครื่องยนต์ 1 รอบ

2.2.2.1 คำจำกัดความที่สำคัญของเครื่องยนต์ (รูปที่ 2.2)

ก. ศูนย์ตายบน (top dead center : TDC) หมายถึงจุดที่ลูกสูบสามารถเลื่อนไปได้สูงสุดภายในกระบอกสูบ ถ้าหมุนเพลาข้อเหวี่ยงต่อไป ลูกสูบจะเลื่อนลง

ข. ศูนย์ตายล่าง (bottom dead center : BDC) หมายถึงจุดที่ลูกสูบสามารถเลื่อนลงได้ต่ำสุดภายในกระบอกสูบ ถ้าหมุนเพลาข้อเหวี่ยงต่อไป ลูกสูบจะเลื่อนขึ้น

ค. ระยะชัก (stroke) หมายถึงระยะระหว่างศูนย์ตายล่างกับศูนย์ตายบนหรือหมายถึงระยะที่ลูกสูบเลื่อนจากศูนย์ตายบนถึงศูนย์ตายล่างหรืออาจเรียกว่าช่วงชัก

ง. ลิ้นไอดี (inlet valve) หรือวาล์วไอดี หมายถึงลิ้นที่ทำหน้าที่เปิดให้อากาศหรือไอดีเข้าภายในกระบอกสูบ

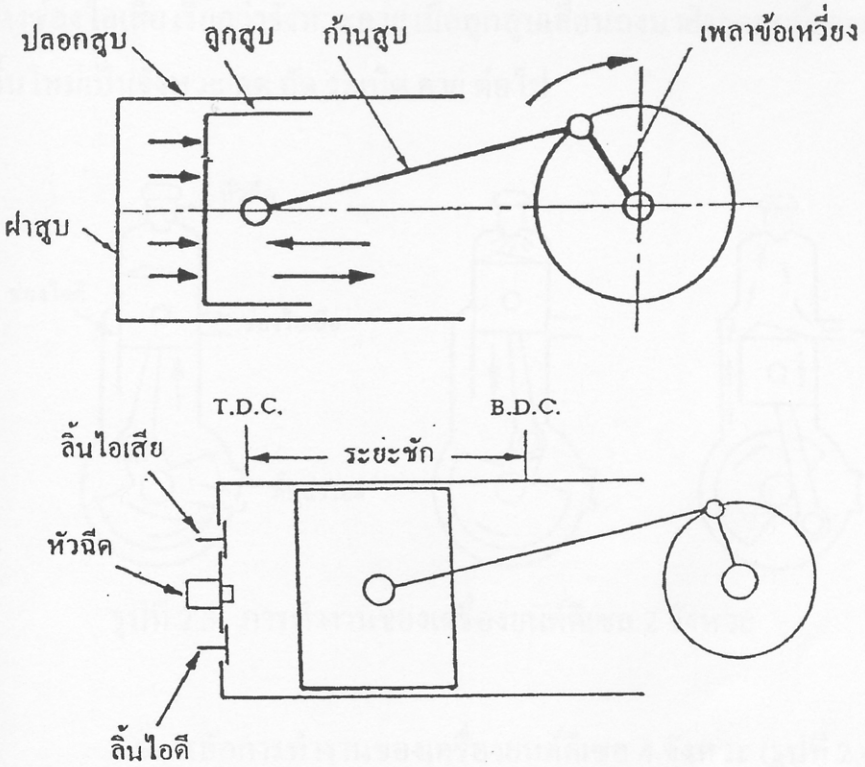
จ. ลิ้นไอเสีย (exhaust valve) หรือวาล์วไอเสีย หมายถึงลิ้นที่ทำหน้าที่ให้ไอเสียออกจากกระบอกสูบ

ฉ. ช่องไอดี (inlet port) หมายถึงช่องที่เจาะไว้ข้างกระบอกสูบของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ เพื่อให้ไอดีหรืออากาศเข้าสู่กระบอกสูบในจังหวะดูด

ช. ช่องไอเสีย (exhaust port) หมายถึงช่องที่เจาะไว้ข้างกระบอกสูบของเครื่องยนต์ 2 จังหวะเพื่อให้ไอเสียไหลออกจากกระบอกสูบในจังหวะคาย

ซ. ลิ้นส่งไอดี (intake valve) หมายถึงลิ้นสำหรับให้ไอดีหรืออากาศไหลเข้าไปในห้องเพลาข้อเหวี่ยง ของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ

ฌ. หัวฉีด (nozzle) มีหน้าที่ฉีดน้ำมันให้เป็นฝอยละอองเข้าไปในห้องเผาไหม้



รูปที่ 2.2 จำลองอุปกรณ์ที่สำคัญของเครื่องยนต์ดีเซล

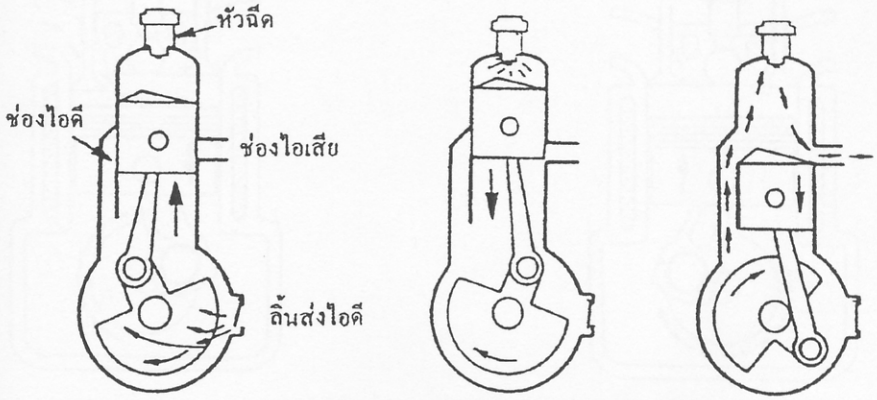
2.2.2.2 การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 2 จังหวะและ4 จังหวะ

ก. การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 2 จังหวะ (รูปที่ 2.3)

(1) จังหวะดูดและจังหวะอัด เมื่อลูกสูบเลื่อนขึ้นภายในห้องข้อเหวี่ยงก็จะเกิดความดันลดต่ำกว่าภายนอก ทำให้ดูดไอดีเข้ามาในห้องข้อเหวี่ยงโดยผ่านลิ้นส่งไอดีและช่องไอดีขึ้นสู่ด้านบนของลูกสูบ ในขณะที่ลูกสูบเลื่อนขึ้น ลูกสูบ

จะไปปิดช่องไอดีและช่องไอเสีย อากาศที่อยู่บนหัวลูกสูบจะถูกอัดให้มีความดันและความร้อนสูงขึ้น

(2) จังหวะระเบิดและจังหวะคาย เมื่อลูกสูบเลื่อนขึ้นก่อนจะถึงจุดศูนย์ตายบน หัวฉีดจะฉีดน้ำมันมาผสมกับอากาศที่ร้อน ทำให้เกิดการลุกไหม้ของน้ำมันกับอากาศและมีแรงดันเกิดขึ้นที่หัวสูบ ดันให้ลูกสูบเลื่อนลงเรียกว่าจังหวะระเบิดหรือจังหวะกำลัง เมื่อลูกสูบเลื่อนลงต่อไปก็จะเปิดช่องไอดีและช่องไอเสียทำให้ไอดีจากห้องข้อเหวี่ยงไหลผ่านช่องไอดีเข้าไปในกระบอกสูบ ทำให้ไอดีบางส่วนไปขับไล่ไอเสียออกไปทางช่องไอเสีย เรียกว่าจังหวะคาย เมื่อลูกสูบเลื่อนลงมายังจุดศูนย์ตายล่างแล้ว ก็จะเลื่อนขึ้นใหม่เป็นจังหวะ ดูด อัด ระเบิด คาย ต่อไป



รูปที่ 2.3 การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 2 จังหวะ

ข. หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ (รูปที่ 2.4)

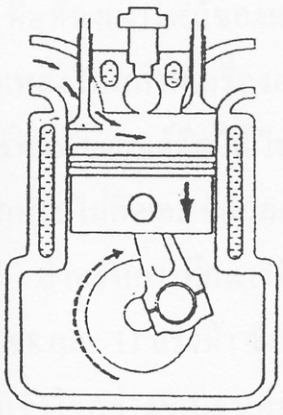
(1) จังหวะดูด ลูกสูบเลื่อนจากศูนย์ตายบนลงสู่ศูนย์ตายล่าง ลิ้นไอดีเปิด ลูกสูบดูดอากาศเข้ามาภายในกระบอกสูบ โดยผ่านหม้อกรองอากาศ ท่อไอดี และลิ้นไอดี เมื่อลูกสูบเลื่อนถึงจุดศูนย์ตายล่าง ลิ้นไอดีก็จะปิดตามเดิม

(2) จังหวะอัด ลูกสูบเลื่อนจากศูนย์ตายล่างขึ้นสู่ศูนย์ตายบน ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียปิดสนิท ขณะที่ลูกสูบเลื่อนที่ขึ้น จะอัดอากาศให้มีปริมาตรเล็กลง ทำให้เกิดความดันและความร้อนสูงขึ้น

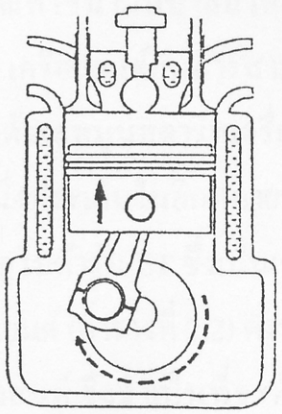
(3) จังหวะระเบิด ทำงานต่อเนื่องจากจังหวะอัด เมื่อลูกสูบอัดอากาศให้มีปริมาตรเล็กลงและมีความร้อนสูงขึ้น ในขณะเดียวกันหัวฉีดก็จะฉีดน้ำมัน

เชื้อเพลิงให้เป็นฝอยละอองเข้าผสมกับอากาศที่ร้อน ทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงเกิดการระเหยและลุกติดไฟเกิดการเผาไหม้ได้ด้วยตัวของมันเอง แล้วเกิดแรงดันหรือแรงระเบิดบนหัวลูกสูบอย่างรุนแรง ทำให้ลูกสูบถูกดันให้เลื่อนถอยลงสู่ศูนย์ตายล่าง ในจังหวะนี้ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียยังคงปิดอยู่

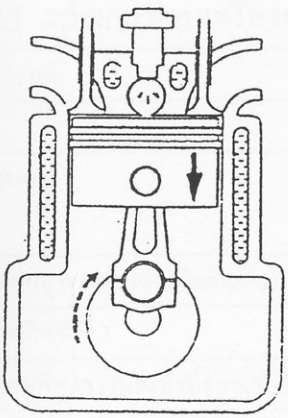
(4) จังหวะคาย ลูกสูบเลื่อนจากศูนย์ตายล่างขึ้นสู่ศูนย์ตายบน ลิ้นไอเสียเปิด ไอเสียภายในกระบอกสูบจะถูกลูกสูบไล่ผ่านลิ้นไอเสียออกไปทางท่อไอเสีย ต่อจากนั้นการทำงานของเครื่องยนต์ก็จะเริ่มจังหวะดูด อัด ระเบิดและคายใหม่ตามลำดับต่อไปเรื่อยๆ ตลอดเวลาที่เครื่องยนต์ทำงาน



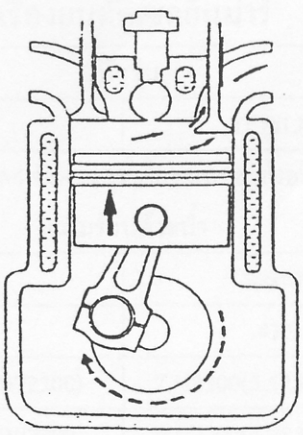
จังหวะดูด



จังหวะอัด



จังหวะระเบิด



จังหวะคาย

รูปที่ 2.4 การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ

2.2.3 เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก

เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายในภาคการเกษตรของประเทศไทย มีให้เห็นโดยทั่วไป คือ เครื่องยนต์ดีเซลคูโบต้าและเครื่องยนต์ดีเซลยันม่าร์ ซึ่งเครื่องยนต์ทั้ง 2 ชนิดนี้จะมีความเหมือนกันและต่างกันในบางประเด็น ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบเครื่องยนต์ที่มีขนาดกำลังม้าใกล้เคียงกันระหว่างเครื่องยนต์คูโบต้ารุ่น ET70 ขนาด 7 แรงม้า กับเครื่องยนต์ยันม่าร์ รุ่น TF75LM ขนาด 7.5 แรงม้า ความแตกต่างดังกล่าวอาจจะส่งผลต่อการทดสอบ ทำให้ผลที่ได้จากการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลคูโบต้าไม่สามารถใช้เป็นคำตอบให้กับเครื่องยนต์ดีเซลยันม่าร์ และในทางกลับกัน สำหรับตัวอย่างของความแตกต่างที่เสมือนว่าไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ส่งผลต่อการทดสอบอย่างมาก คือห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ พบว่าในกรณีที่ใช้น้ำมันปาล์มโอเลอินเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงในสภาพเครื่องยนต์เย็นยังไม่ได้ใช้งาน เครื่องยนต์ยันม่าร์สามารถที่จะหมุนสตาร์ทเครื่องยนต์ติดได้ ในขณะที่เครื่องยนต์คูโบต้าจะหมุนสตาร์ทเครื่องยนต์ติดได้ยากมากหรือไม่ติดเลย ข้อมูลดังกล่าวอาจเป็นเพียงหนึ่งประเด็นในอีกหลายๆ ประเด็น

สำหรับการศึกษาวิจัยนี้ใช้เครื่องยนต์ดีเซลคูโบต้ารุ่น ET ซึ่งเป็นเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 8 และ 11 แรงม้า ซึ่งมีรายละเอียดของเครื่องยนต์ (ตารางที่ 2.2) ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างชัดเจนต่อผลที่จะเกิดกับเครื่องยนต์ จึงจำเป็นที่จะต้องศึกษารายละเอียดของอุปกรณ์และระบบที่สำคัญ ๆ ของเครื่องยนต์ ดังที่จะกล่าวถึงต่อไป

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบเครื่องยนต์ดีเซลคูโบต้าและเครื่องยนต์ดีเซลยันม่าร์

ข้อมูลเครื่องยนต์	รหัสรุ่น	
	ET70	TF75LM
แบบ/จำนวนสูบ	เครื่องยนต์ดีเซล4 จังหวะสูบเดียว แบบสูบนอน ระบายความร้อนด้วยน้ำ	
ขนาดกระบอกสูบ x ช่วงชัก(มิลลิเมตร)	78x84	80x87
ปริมาตรช่วงชัก(ซี.ซี.)	401	437
กำลังเครื่องยนต์สูงสุด(แรงม้าที่รอบ/นาที)	7/2200(5.15 kW/2200)	7.5/2200(5.52 kW/2200)
กำลังเครื่องยนต์ต่อเนื่อง(แรงม้าที่รอบ/นาที)	6/2200(4.41 kW/2200)	6.5/2200(4.78 kW/2200)
อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ(กรัม/กิโลวัตต์/ชั่วโมง)	286(210 กรัม/แรงม้า/ชั่วโมง)	195 กรัม/แรงม้า/ชั่วโมง
อัตราส่วนการอัด	23.5:1	23:1

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบเครื่องยนต์ดีเซลคูโบต้าและเครื่องยนต์ดีเซลยันม่าร์ (ต่อ)

ข้อมูลเครื่องยนต์	รหัสรุ่น	
	ET70	TF75LM
ระยะตั้งลิ้น, มิลลิเมตร	0.16-0.20	-
แรงบิดสูงสุด, กิโลกรัมแรงเมตรที่รอบ/นาที	2.3/1800	2.7/1600
ความจุน้ำระบายความร้อน, ลูกบาศก์เดซิเมตร	1.6	1.6
ความจุน้ำมันเชื้อเพลิง, ลูกบาศก์เดซิเมตร (ลิตร)	8	10.5
ความจุน้ำมันหล่อลื่น, ลูกบาศก์เดซิเมตร (ลิตร)	1.9	2.2
ชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง	น้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ใช้กับรถยนต์ทั่วไป(SAE เบอร์ 2-D)	
ชนิดของน้ำมันหล่อลื่น	SAE เบอร์ 30,40 หรือ API (CB,CC)	API CC หรือCD
ชนิดของระบบการเผาไหม้	ห้องเผาไหม้ล่วงหน้า	มีห้องเผาไหม้ช่วย
แบบของระบบระบายความร้อน	หม้อน้ำรังผึ้ง	
ชนิดของระบบหล่อลื่น	ขับดันน้ำมันหล่อลื่นโดยปั๊มโทรคอยด์ (Trochoid Pump)	
ชนิดของหม้อกรองอากาศ	แบบเปียก	
ชนิดของระบบการเริ่มเดินเครื่องยนต์	แบบมือหมุนชนิดความเร็ว 2 เท่า	
ทิศทางการหมุน	หมุนตามเข็มนาฬิกา เมื่อมองทางด้านมือหมุน(หมุนขวา)	
น้ำหนักเครื่องยนต์, กิโลกรัม	91	92

ที่มา : บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 27-28; บริษัทยันม่าร์ เอส.พี.จำกัด, ม.ป.ป. : 5

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดของเครื่องยนต์ดีเซลคูโบต้า รุ่น ET80 และ ET110

ข้อมูลเครื่องยนต์	รหัสรุ่น	
	ET80	ET110
แบบ	เครื่องยนต์ดีเซลแบบสูบนอนระบบ 4 จังหวะ ระบายความร้อนด้วยน้ำ	
จำนวนสูบ	1	1
ขนาดกระบอกสูบx ช่วงชัก, มิลลิเมตรxมิลลิเมตร	84x84	92x90
ปริมาตรช่วงชัก, ลูกบาศก์เซนติเมตร	465	598
กำลังเครื่องยนต์สูงสุด, แรงม้าที่รอบต่อนาที	8/2200(5.88 kW/2200)	11/2400(8.09 kW/2400)
กำลังเครื่องยนต์ต่อเนื่อง, แรงม้าที่รอบต่อนาที	7/2200(5.15 kW/2200)	9.5/2400(6.99 kW/2400)
อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ, กรัมต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง	286(210 กรัมต่อแรงม้าต่อชั่วโมง)	

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดของเครื่องยนต์ดีเซลคูโบต้า รุ่นET80 และ ET110 (ต่อ)

ข้อมูลเครื่องยนต์	รหัสรุ่น	
	ET80	ET110
อัตราส่วนการอัด	23:1	21:1
ระยะตั้งลิ้น,มิลลิเมตร	0.16-0.20	0.195-0.235
แรงบิดสูงสุด, กิโลกรัมแรงเมตรที่รอบต่อนาที	2.7/1800	3.5/1600
ความจุน้ำระบายความร้อน, ลูกบาศก์เดซิเมตร	1.6	2.1
ความจุน้ำมันเชื้อเพลิง, ลูกบาศก์เดซิเมตร (ลิตร)	8	10
ความจุน้ำมันหล่อลื่น, ลูกบาศก์เดซิเมตร (ลิตร)	1.9	2.3
ชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง	น้ำมันดีเซลที่ใช้กับรถยนต์ทั่วไป (SAE เบอร์ 2-D)	
ชนิดของน้ำมันหล่อลื่น	SAE เบอร์ 30,40 หรือ API (CB,CC)	
ชนิดของระบบการเผาไหม้	แบบห้องเผาไหม้ล่วงหน้า Spherical System	
แบบของระบบระบายความร้อน	หม้อน้ำรังผึ้ง	
ชนิดของระบบหล่อลื่น	ขับดันน้ำมันหล่อลื่นโดยปั๊มโทรคอยด์ (Trochoid Pump)	
ชนิดของหม้อกรองอากาศ	แบบเปียก	
ชนิดของระบบการเริ่มเดินเครื่องยนต์	แบบมือหมุนชนิดความเร็ว 2 เท่า	
ทิศทางการหมุน	หมุนตามเข็มนาฬิกา เมื่อมองทางด้านมือหมุน(หมุนขวา)	
น้ำหนักเครื่องยนต์,กิโลกรัม	91	114

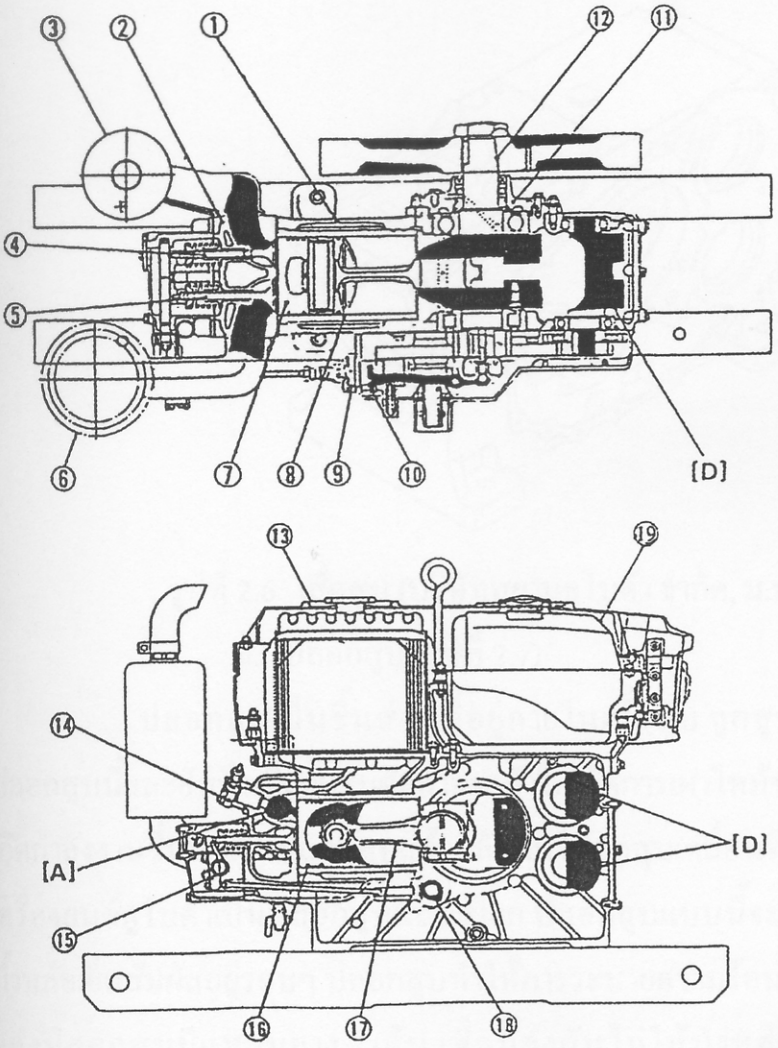
ที่มา : บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 27-28

2.2.3.1 ชิ้นส่วนที่สำคัญของเครื่องยนต์ดีเซลคูโบต้า

ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ (รูปที่ 2.5) แบ่งออกตามลักษณะการทำงานได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

ชิ้นส่วนที่อยู่กับที่ ได้แก่ เสื้อสูบ ปลอกสูบ ฝาสูบ เป็นต้น

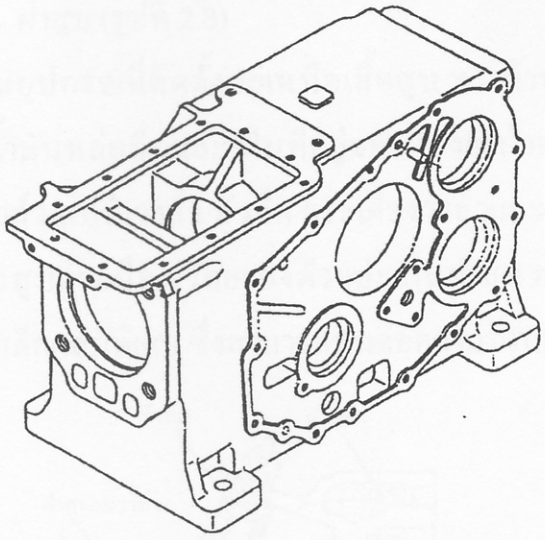
ชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ มีทั้งการเคลื่อนที่แบบกลับไปกลับมาและเคลื่อนที่ด้วยการหมุน ได้แก่ ลูกสูบ ก้านสูบ ลิ้น กลไกของลิ้น เพลาข้อเหวี่ยง เพลาลูกเบี้ยว ล้อช่วยแรง เป็นต้น



รูปที่ 2.5 เครื่องยนต์ดีเซลคูโบต้า (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 22)

ก. เสื้อสูบ (รูปที่ 2.6)

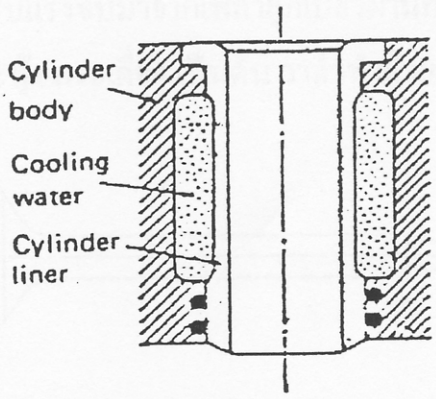
เสื้อสูบเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญ ซึ่งเป็นที่อยู่ของปลอกสูบ เพลาข้อเหวี่ยง ลูกสูบ ก้านสูบและระบบต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เสื้อสูบทำจากเหล็กหล่อทนต่อความร้อนและแรงดันสูงภายในเสื้อสูบทำเป็นช่องทางเดินของน้ำหล่อเย็นและรูทางเดินน้ำมันหล่อลื่น



รูปที่ 2.6 เสื้อสูบ (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 26)

ข. ปลอกสูบ (รูปที่ 2.7)

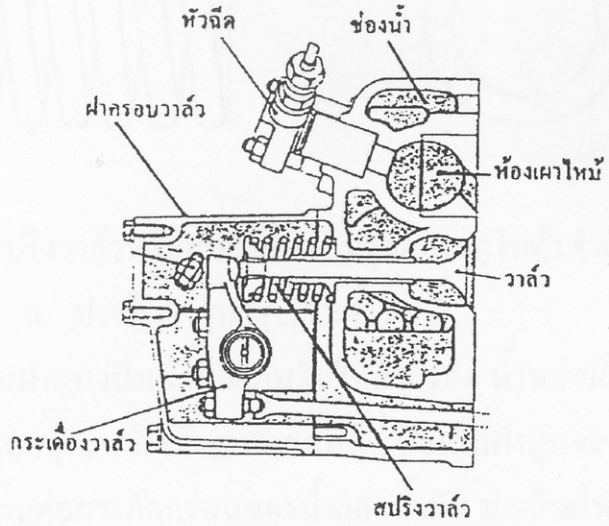
ปลอกสูบเป็นชิ้นส่วนที่อยู่ภายในเสื้อสูบ ลูกสูบจะเลื่อนขึ้นลงภายในปลอกสูบนี้และยังเป็นที่สำหรับอัดอากาศทำให้เกิดการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง ทำให้เกิดกำลังงานขึ้นภายในปลอกสูบแล้วผลักดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นลง ปลอกสูบที่ใช้ในเครื่องยนต์คูโบต้าเป็นปลอกสูบแบบเปียก ปลอกสูบแบบนี้จะสวมเข้ากับเสื้อสูบ ซึ่งมีน้ำหล่อเย็นสัมผัสอยู่รอบๆ ปลอกสูบทำให้การระบายความร้อนได้อย่างรวดเร็ว ด้านล่างของปลอกสูบมีแหวนยาง 2 เส้น เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำหล่อเย็นไหลลงไปยังอ่างน้ำมันหล่อลื่น ด้านบนของปลอกสูบ จะมีส่วนบางๆ ยื่นออกมา เพื่อที่จะให้ปะเก็นฝาสูบอัดแน่นกับปลอกสูบได้พอดี ปลอกสูบทำด้วยเหล็กหล่อชนิดพิเศษ แข็งและทนต่อการสึกหรอ



รูปที่ 2.7 ปลอกสูบ (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 19)

ค. ฝาสูบ (รูปที่ 2.8)

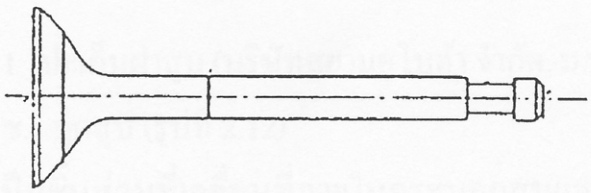
ฝาสูบเป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่เหนือเสื้อสูบ ทางด้านบนของกระบอกสูบ ฝาสูบมีช่องน้ำ ช่องน้ำมันหล่อลื่นและเป็นที่อยู่ของห้องเผาไหม้ บนฝาสูบมีอุปกรณ์ต่างๆ ติดตั้งอยู่ เช่น วาล์ว สปริงวาล์ว หัวฉีด กระเดื่องวาล์วและฝาครอบวาล์ว เป็นต้น ฝาสูบจะยึดติดกับเสื้อสูบด้วยน็อต โดยรองด้วยปะเก็นฝาสูบ เพื่อป้องกันการรั่วของแรงอัด ฝาสูบทำด้วยเหล็กผสมพิเศษ ซึ่งสามารถทนต่อความร้อนและแรงดันสูงๆ ได้



รูปที่ 2.8 ฝาสูบ (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 20)

ง. วาล์วหรือลิ้น (รูปที่ 2.9)

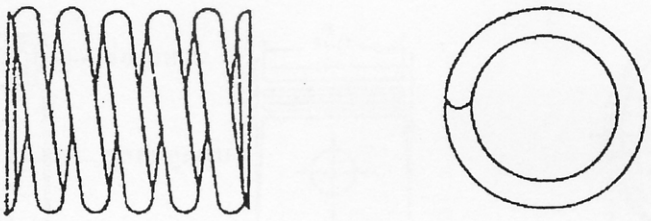
วาล์ว เป็นชิ้นส่วนที่ติดตั้งอยู่บนฝาสูบมี 2 ชนิด คือ วาล์วไอดีและวาล์วไอเสีย วาล์วไอดี ทำหน้าที่เปิดให้อากาศเข้าภายในกระบอกสูบ ส่วนวาล์วไอเสีย ทำหน้าที่ เปิดให้ไอเสียออกจากกระบอกสูบ เป็นไปตามจังหวะการทำงานของเครื่องยนต์ การปิดเปิดของวาล์ว ได้รับแรงขับมาจากเพลาลูกเบี้ยวผ่านกลไกของการปิดเปิดวาล์ว ซึ่งได้แก่ ลูกกระทุ้ง ก้านกระทุ้ง กระเดื่อง เป็นต้น วาล์วทำด้วยเหล็กเหนียวเคลือบผิวแข็ง



รูปที่ 2.9 วาล์วหรือลิ้น (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 20)

จ. สปริงวาล์วหรือสปริงลิ้น (รูปที่ 2.10)

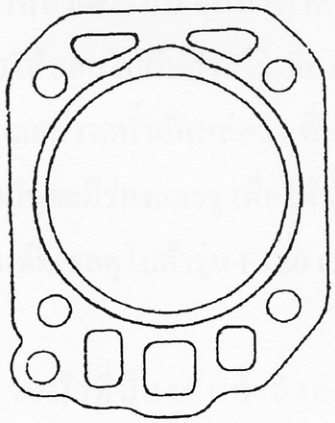
สปริงลิ้น ทำหน้าที่ดึงลิ้นให้ติดอยู่กับบ่าลิ้นตลอดเวลา เพื่อไม่ให้อากาศในกระบอกสูบรั่ว ลิ้นจะเปิดก็ต่อเมื่อมีกระเดื่องกดลิ้น มากดให้สปริงยุบตัว เมื่อกระเดื่องกดลิ้นไม่กด สปริงลิ้นก็จะดึงลิ้นให้ปิดไว้ตามเดิม



รูปที่ 2.10 สปริงวาล์วหรือสปริงลิ้น (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 20)

ฉ. ปะเก็นฝาสูบ (รูปที่ 2.11)

ปะเก็นฝาสูบ เป็นตัวป้องกันไม่ให้กำลังอัด น้ำหล่อเย็นและน้ำมันหล่อลื่นรั่วได้ ปะเก็นฝาสูบอยู่ระหว่างฝาสูบกับเสื้อสูบ ปะเก็นฝาสูบจะต้องมีสมบัติที่ทนต่อความร้อนสูงและทนต่อการกัดกร่อนของน้ำและน้ำมัน ปะเก็นฝาสูบที่ใช้ในเครื่องยนต์คูโบต้าเป็นแบบแผ่นเหล็กประกบกันตรงกลางสอดไส้ด้วยใยหิน

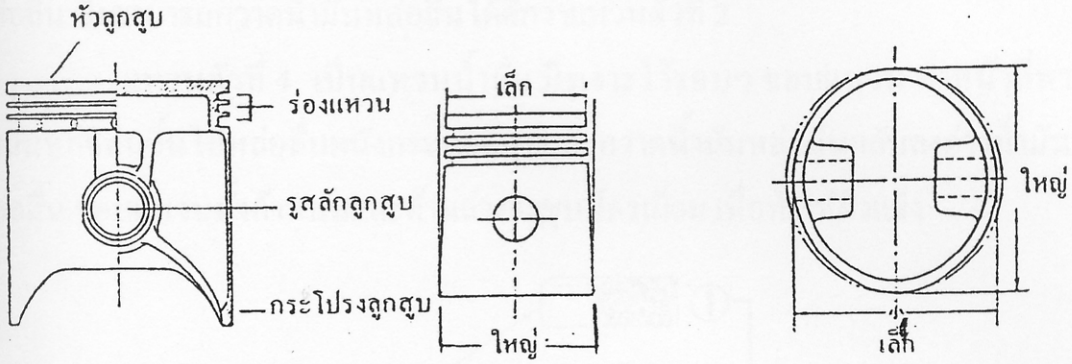


รูปที่ 2.11 ปะเก็นฝาสูบ (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 21)

ช. ลูกสูบ (รูปที่ 2.12)

ลูกสูบเป็นชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ภายในกระบอกสูบและทำหน้าที่อัดอากาศพร้อมทั้งป้องกันไม่ให้อากาศรั่วได้และยังเป็นตัวรับแรงดันที่เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศ ส่งกำลังต่อไปยังเพลาข้อเหวี่ยง โดยผ่านสลักลูกสูบและ

ก้านสูบ ลักษณะของลูกสูบ จะมีร่องสำหรับใส่แหวนและรูร้อยสลักลูกสูบ ส่วนด้านหัวสูบจะเล็กกว่าทางด้านกระโปรงลูกสูบและมีลักษณะเป็นวงรี เพื่อให้การขยายตัวของลูกสูบได้พอดีกับกระบอกสูบในขณะใช้งาน ลูกสูบทำด้วยอลูมิเนียมผสมเหล็กหล่อ ซึ่งจะมีการขยายตัวน้อย มีน้ำหนักเบา สามารถทนต่อความร้อนและแรงดันสูงได้



รูปที่ 2.12 ลูกสูบ (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 21)

ซ. แหวนลูกสูบ (รูปที่ 2.13 (ก), (ข))

แหวนลูกสูบแบ่งออกเป็น แหวนอัด (compression ring) และแหวนน้ำมัน (oil ring) แหวนอัดจะอยู่ด้านบนของลูกสูบ ส่วนแหวนน้ำมันจะอยู่ด้านกระโปรงลูกสูบ แหวนอัด มีหน้าที่ป้องกันแรงดันภายในกระบอกสูบไม่ให้รั่วไหลออกได้และยังป้องกันไม่ให้น้ำมันเครื่องรั่วเข้าไปยังห้องเผาไหม้ อีกทั้งทำหน้าที่กวาดเขม่าที่เกิดจากการเผาไหม้ ที่ติดอยู่บริเวณผนังสูบให้ออกไปกับก๊าซไอเสีย แหวนน้ำมัน มีหน้าที่พาน้ำมันหล่อลื่นขึ้นไปหล่อลื่นผนังสูบและกวาดน้ำมันหล่อลื่นที่หล่อลื่นผนังสูบกลับลงมาไม่ให้ขึ้นไปยังห้องเผาไหม้ แหวนน้ำมันจะมีร่องและรู เพื่อให้น้ำมันมีการไหลเข้าและออกไปยังผนังกระบอกสูบได้ เครื่องยนต์ดีเซลคูโบต้ารุ่น ET80 และ ET110 มีแหวนลูกสูบ 4 ตัว คือ

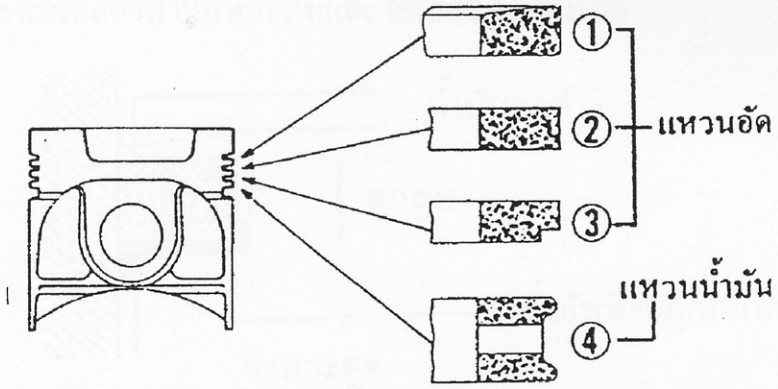
แหวนตัวที่ 1 ทำหน้าที่ป้องกันกำลังอัดรั่ว ผิวหน้าแหวนเป็นมัน ขอบแหวนจะชุบ โครเมี่ยมไว้ให้ผิวของแหวนแข็งเป็นพิเศษ เพื่อป้องกันการสึกหรออย่างรวดเร็วหรือการไหม้ละลายติดกับกระบอกสูบ

แหวนตัวที่ 2 ทำหน้าที่ป้องกันกำลังอัดรั่วและช่วยกวาดน้ำมันหล่อลื่น ลักษณะคล้ายแหวนตัวที่ 1 แต่เป็นสีดำ ขอบแหวนจะทำมุมเฉียงไว้เพื่อให้สัมผัสกับ

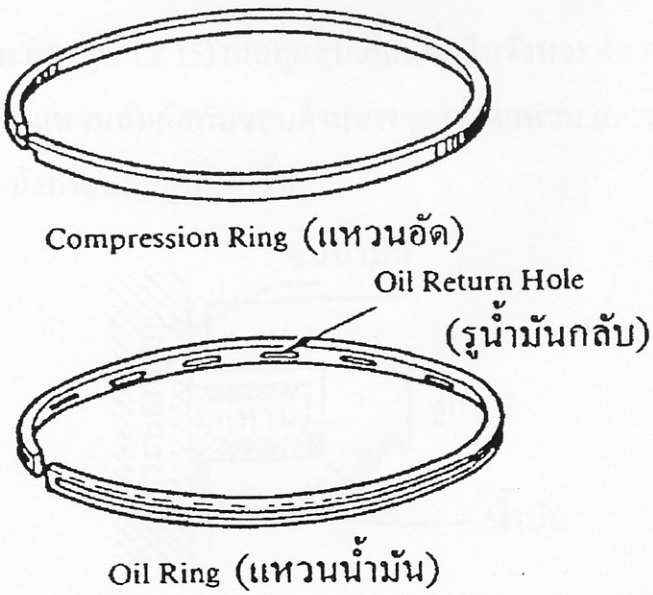
กระบอกสูบได้พอดี ในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนลงมุมของแหวนจะช่วยกวาดน้ำมันหล่อลื่นลงด้วย

แหวนตัวที่ 3 ทำหน้าที่ป้องกันกำลังอัดรั่วและช่วยกวาดน้ำมันหล่อลื่น มีสีดำและมีร่องบาก ขอบแหวนจะทำมุมเฉียงไว้ ด้านล่างจะทำเป็นร่องบากไว้กวาดน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งสามารถกวาดน้ำมันหล่อลื่นได้ดีกว่าแหวนตัวที่ 2

แหวนตัวที่ 4 เป็นแหวนน้ำมัน มีรูเจาะไว้รอบๆ ขอบแหวน ทำหน้าที่พาน้ำมันหล่อลื่นขึ้นไปหล่อลื่นผนังกระบอกสูบและกวาดน้ำมันหล่อลื่นกลับลงอ่างน้ำมันหล่อลื่น ขอบแหวนทั้งด้านบนและด้านล่างจะชุบ โครเมี่ยม เพื่อทำให้ผิวแข็ง



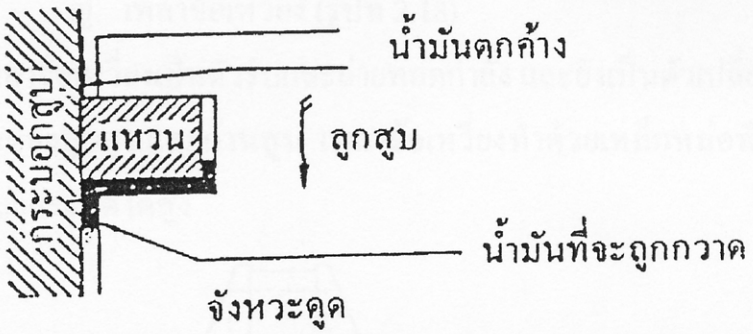
รูปที่ 2.13 (ก) แหวนลูกสูบ (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 23)



รูปที่ 2.13 (ข) แหวนอัดและแหวนน้ำมัน (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 23)

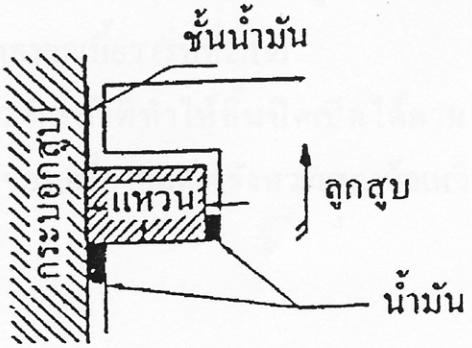
การทำงานของแหวนลูกสูบ

จังหวะดูด (รูปที่ 2.14) ลูกสูบเลื่อนลง ด้านบนของแหวนจะสัมผัสกับร่องแหวนด้านบน ขอบแหวนอัดที่สัมผัสกับผิวกระบอกสูบจะกวาดน้ำมันหล่อลื่นลง น้ำมันที่ถูกกวาดจะไหลเข้าไปทางด้านหลังของแหวน ผ่านช่องว่างแคบๆ และจะมีน้ำมันที่เหลือตกค้างอยู่ตามผิวกระบอกสูบเป็นฟิล์มบางๆ ช่วยในการหล่อลื่นในจังหวะอัดต่อไป ในขณะเดียวกันแหวนน้ำมันก็จะทำงานไปพร้อมกับแหวนอัด โดยทำการกวาดน้ำมันหล่อลื่นลงเกือบทั้งหมด ในกรณีที่แหวนมีการล้าไม่สามารถทำงานได้สมบูรณ์ ทำให้น้ำมันหล่อลื่นถูกกวาดลงไม่หมด จะหลงเหลือน้ำมันหล่อลื่นเข้าไปในห้องเผาไหม้ ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่นและไอเสียจะมีควันมาก

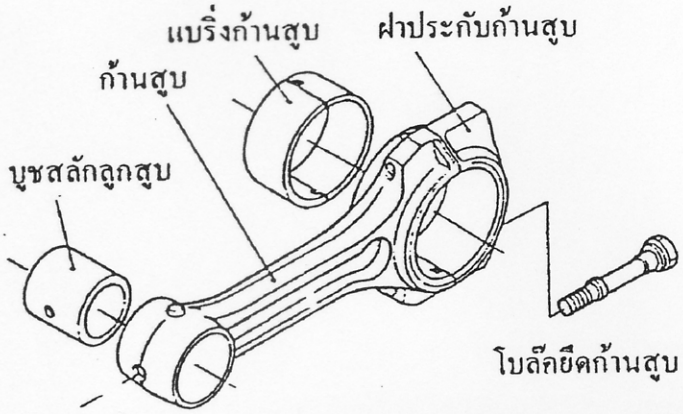


รูปที่ 2.14 การทำงานของแหวนในจังหวะดูด (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 24)

จังหวะอัด (รูปที่ 2.15) เมื่อลูกสูบเลื่อนขึ้นในจังหวะอัด ภายในกระบอกสูบจะเกิดแรงดัน ดันให้แหวนสัมผัสกับขอบด้านล่างของร่องแหวน และแรงดันจะไปดันให้แหวนกระชับกับผนังกระบอกสูบมากขึ้น



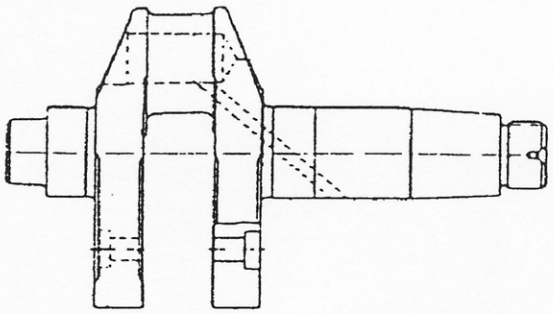
รูปที่ 2.15 การทำงานของแหวนในจังหวะอัดและระเบิด (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 24)



รูปที่ 2.17 ก้านสูบ บูชสลักลูกสูบและแบริงก้านสูบ (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 25)

ญ. เพลาข้อเหวี่ยง (รูปที่ 2.18)

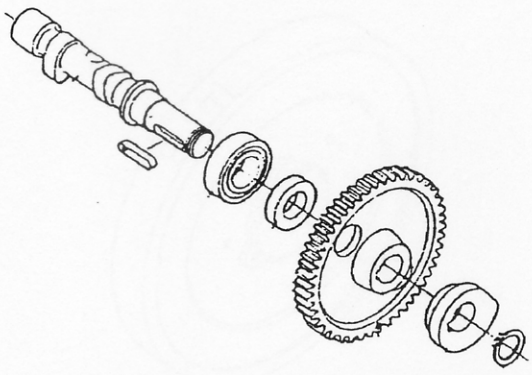
เพลาข้อเหวี่ยงเป็นตัวรับและถ่ายทอดกำลัง และยังเป็นตัวเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ขึ้นลงของลูกสูบและก้านสูบ เพลาข้อเหวี่ยงทำด้วยเหล็กหล่อพิเศษ ที่ทนต่อแรงกระแทกและแรงบิดได้สูง



รูปที่ 2.18 เพลาข้อเหวี่ยง (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 26)

ฎ. เพลาลูกเบี้ยว (รูปที่2.19)

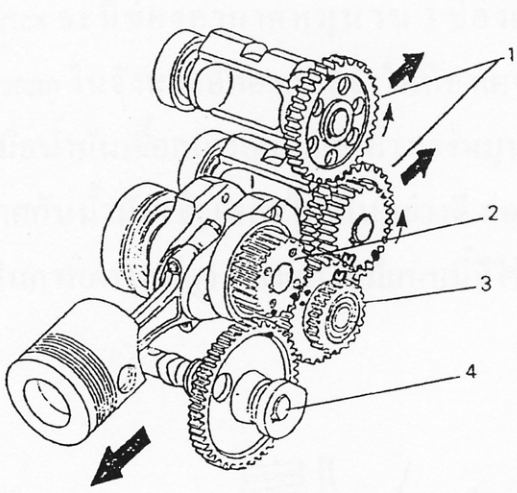
เพลาลูกเบี้ยว มีหน้าที่ทำให้ลิ้นปิดเปิดได้ตามจังหวะการทำงานของเครื่องยนต์ ในการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะเพลาข้อเหวี่ยงหมุน 2 รอบ เพลาลูก-เบี้ยวหมุน 1 รอบ



รูปที่ 2.19 เพลาลูกเบี้ยว (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 26)

ฎ. เพลาสมดุล (รูปที่ 2.20)

เพลาสมดุล เป็นตัวสะสมแรงเฉื่อยที่เกิดจากการเคลื่อนที่ขึ้นลงของลูกสูบเอาไว้ ทำให้ลดการสั่นสะเทือนและเสียงที่เกิดขึ้นของเครื่องยนต์ สำหรับเครื่องยนต์คูโบต้ารุ่น ETจะมีเพลาสมดุลในเครื่องยนต์ตั้งแต่ขนาด 9.5 แรงม้าขึ้นไป

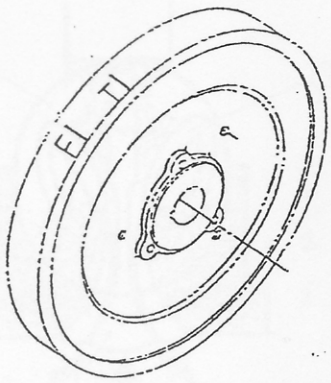


1. เพลาสมดุล
2. เพลาข้อเหวี่ยง
3. เฟืองสะพาน
4. เพลาลูกเบี้ยว

รูปที่ 2.20 เพลาสมดุล (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 27)

ฐ. ล้อช่วยแรง (รูปที่ 2.21)

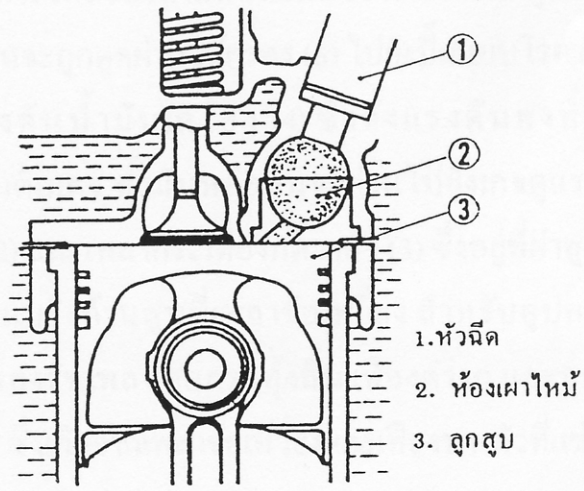
ล้อช่วยแรงทำหน้าที่เก็บสะสมแรงเฉื่อยของเครื่องยนต์ไว้ในจังหวะจุดระเบิด เพื่อนำกำลังที่สะสมไว้ไปหมุนเพลาข้อเหวี่ยงในจังหวะต่อไป ทำให้เครื่องยนต์เดินเรียบ ขอบล้อจะมีอักษร T หมายถึงตำแหน่งศูนย์ตายบนและ F หมายถึงตำแหน่งที่หัวฉีดเริ่มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง



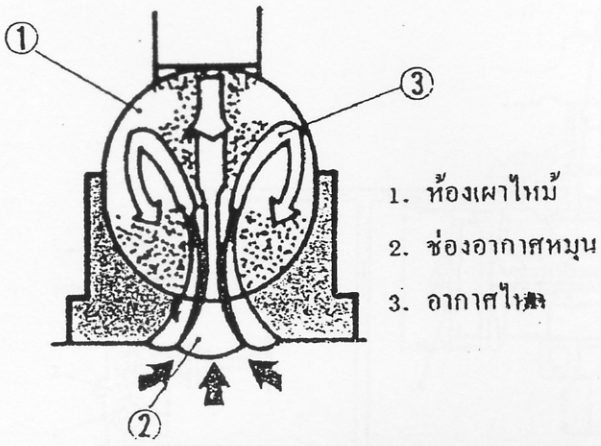
รูปที่ 2.21 ล้อช่วยแรง (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 27)

๗. ห้องเผาไหม้ (รูปที่ 2.22 (ก), (ข))

ห้องเผาไหม้ มีหน้าที่ทำให้ส่วนผสมระหว่างอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงคลุกเคล้ากันให้ดี ก่อนที่จะเกิดการเผาไหม้ ห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์คูโบต้าเป็นแบบ swirl chamber ห้องเผาไหม้แบบนี้มีห้องเผาไหม้ช่วยเป็นรูปทรงกลม เรียกว่าห้องเผาไหม้แบบ vortex จะมีช่องอากาศหมุนวน 3 ช่องเรียกว่าเป็น แบบ three vortex combustion system ในจังหวะอัดอากาศเข้าในห้องเผาไหม้ อากาศจะหมุนวนภายในห้องเผาไหม้ เมื่อน้ำมันเชื้อเพลิงถูกฉีดเข้ามา แรงหมุนวนของอากาศจะทำให้เกิดการผสมของอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงได้เป็นอย่างดี ก่อนที่จะเกิดการเผาไหม้ ทำให้มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้สูง ห้องเผาไหม้แบบนี้มีใช้ในเครื่องยนต์คูโบต้า รุ่น KND, ET และ ER



รูปที่ 2.22 (ก) ห้องเผาไหม้ (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 29)



รูปที่ 2.22 (ข) ห้องเผาไหม้ (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 29)

ฒ. ระบบหล่อลื่น

การหล่อลื่นเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมากสำหรับเครื่องยนต์ โดยมีสารหล่อลื่นเป็นตัวทำหน้าที่

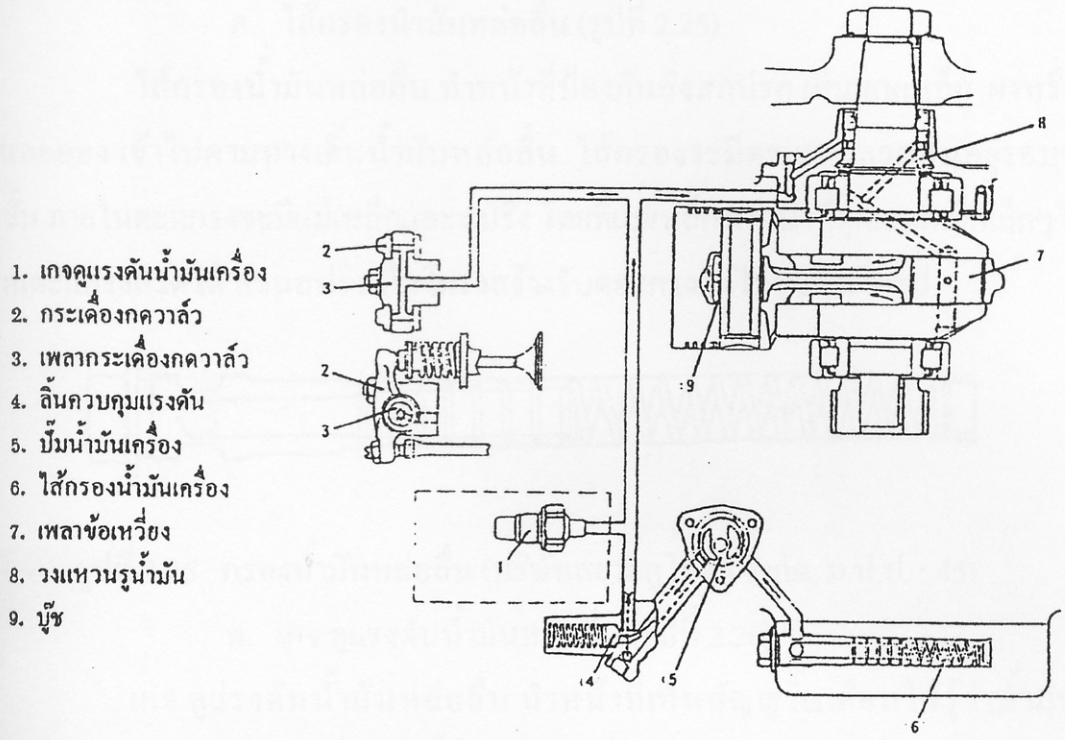
(1) เป็นฟิล์มกั้นระหว่างผิวหน้าที่สัมผัสกัน เพื่อลดความฝืดและการสึกหรอของอุปกรณ์

(2) เป็นตัวระบายความร้อนที่เกิดขึ้นจากความฝืด

(3) เป็นตัวช่วยทำความสะอาดและพาเศษโลหะหรือสิ่งสกปรกที่เกิดจากการสึกหรอออกไป

(4) เป็นตัวช่วยกันการรั่ว เช่น ช่องว่างระหว่างลูกสูบกับผนังกระบอกสูบ

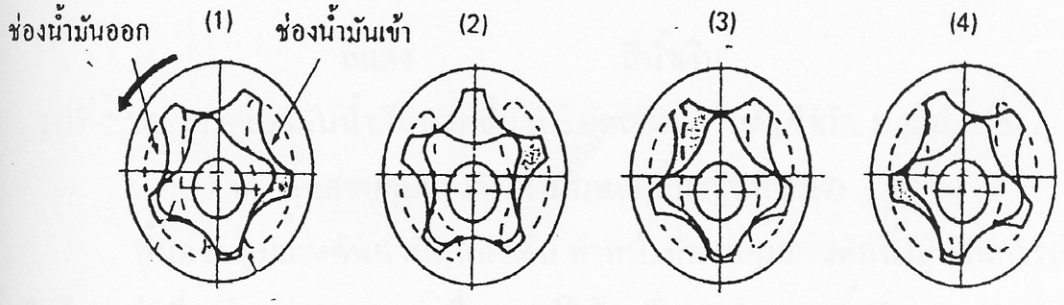
ทิศทางการไหลของน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์คูโบต้ารุ่น ET (รูปที่ 2.23) เริ่มจากน้ำมันหล่อลื่นจะถูกดูดผ่านไส้กรอง (6) ไปยังปั๊มแบบโรตารี่ (5) จากนั้นจะส่งไปยังลิ้นควบคุมแรงดันน้ำมันเครื่อง (4) ซึ่งตั้งแรงดันคงที่อยู่ในช่วง 2.0 - 2.5 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร น้ำมันหล่อลื่นจะผ่านไปยังเกจดูแรงดัน (1) เข้าหล่อลื่นกระเดื่องกดวาล์ว (2) และเพลากระเดื่องกดวาล์ว (3) ซึ่งอยู่ที่ฝาสูบ น้ำมันหล่อลื่นบางส่วนจะไปหล่อลื่นแบริงก้านสูบที่เพลาข้อเหวี่ยง สำหรับอุปกรณ์อื่นๆ เช่น ลูกสูบ ก้านสูบ บูชส่วนที่รองรับเพลา ลูกกระทุ้งลิ้น เฟืองต่างๆ และลูกปืน จะได้รับน้ำมันหล่อลื่นแบบวิดสาด ซึ่งเกิดจากเพลาข้อเหวี่ยงและเฟืองบางตัวที่แช่อยู่ในน้ำมันหล่อลื่น



รูปที่ 2.23 วงจรการทำงานของน้ำมันหล่อลื่น (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 44)

ณ. ปั๊มน้ำมันหล่อลื่น (รูปที่ 2.24)

ปั๊มน้ำมันหล่อลื่นเป็นแบบโรตารี่ ทำหน้าที่ดูดและส่งน้ำมันไปหล่อลื่นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ ปั๊มน้ำมันหล่อลื่นประกอบด้วยด้วยโรเตอร์ตัวในมี 4 ฟันและโรเตอร์ตัวนอกมี 5 ฟัน โรเตอร์ตัวในจะถูกขับด้วยเพลาลูกเบี้ยว เมื่อโรเตอร์ตัวในหมุนโรเตอร์ตัวนอกก็จะหมุนตาม ทำให้เกิดสุญญากาศทางช่องน้ำมันเข้า น้ำมันก็จะถูกดูดเข้ามาระหว่างโรเตอร์ทั้งสอง แล้วถูกส่งออกไปหล่อลื่นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์



รูปที่ 2.24 ปั๊มน้ำมันหล่อลื่น (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 44)

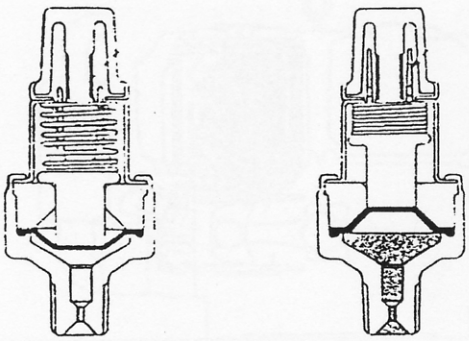
ค. ไส้กรองน้ำมันหล่อลื่น (รูปที่ 2.25)

ไส้กรองน้ำมันหล่อลื่น ทำหน้าที่ป้องกันสิ่งสกปรก เช่นเศษเหล็ก ผงหรือฝุ่นละออง เข้าไปตามทางเดินน้ำมันหล่อลื่น ไส้กรองจะมีตะแกรงลวดพันอยู่รอบๆ 2 ชั้น ภายในตะแกรงจะมีแม่เหล็กและสปริง โดยที่แม่เหล็กทำหน้าที่ดูดเศษเหล็กเล็กๆ ที่ผ่านตะแกรงลวดได้ ส่วนสปริงเป็นโครงสร้างรับตะแกรงไม่ให้ยุบตัวเสียรูป

รูปที่ 2.25 กรองน้ำมันหล่อลื่น (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 45)

ต. เกจ ดูแรงดันน้ำมันหล่อลื่น (รูปที่ 2.26)

เกจ ดูแรงดันน้ำมันหล่อลื่น ทำหน้าที่เป็นสัญญาณเตือนให้รู้ว่าน้ำมันหล่อลื่นมีแรงดันพอหรือไม่ที่จะส่งน้ำมันไปหล่อลื่นในจุดต่างๆ ของเครื่องยนต์ ถ้าแรงดันน้ำมันต่ำกว่า 0.5 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร จะเห็นสีแดง ถ้าแรงดันสูงกว่าจะเห็นเป็นสีน้ำเงิน กรณีที่เห็นสีแดงในขณะที่เครื่องยนต์กำลังทำงาน ให้รีบดับเครื่องยนต์ทันที

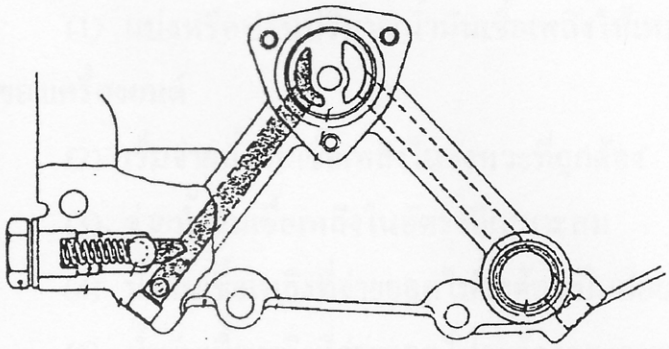


สีแดง สีน้ำเงิน

รูปที่ 2.26 เกจดูแรงดันน้ำมันหล่อลื่น (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 45)

ถ. ลิ้นควบคุมแรงดันน้ำมันหล่อลื่น (รูปที่ 2.27)

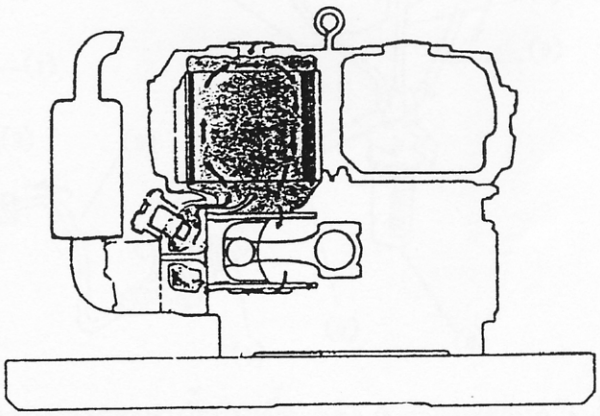
ลิ้นควบคุมแรงดันน้ำมันหล่อลื่น ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันน้ำมันในการส่งน้ำมันไปหล่อลื่นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ให้คงที่ แรงดันของน้ำมันจะอยู่ในช่วง 2.0-2.5 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร



รูปที่ 2.27 ลิ้นควบคุมแรงดันน้ำมันหล่อลื่น (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 45)

ท. ระบบระบายความร้อน (รูปที่ 2.28)

การระบายความร้อน เป็นอีกระบบหนึ่งที่สำคัญต่อการทำงานของเครื่องยนต์ เพื่อป้องกันความเสียหายของเครื่องยนต์จากความร้อน การระบายความร้อนของเครื่องยนต์ คูโบต้ารุ่น ET เป็นแบบหม้อน้ำรังผึ้ง โดยมีพัดลมเป็นตัวดูดอากาศผ่านหม้อน้ำรังผึ้งพาความร้อนออกไปทำให้น้ำ เย็นลง น้ำเย็นจะไหลลงสู่ทางด้านล่างโดยธรรมชาติ ส่วนความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ภายใน กระบอกสูบ ฝาสูบและการเสียดสีของชิ้นส่วนจะทำให้น้ำ ร้อนขึ้น น้ำร้อนก็จะเคลื่อนขึ้นด้านบน แล้วถูกทำให้เย็นลงอีกหมุนเวียนกันไป



รูปที่ 2.28 การทำงานของหม้อน้ำรังผึ้ง (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 33)

ธ. ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง

ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นหัวใจของเครื่องยนต์ในการที่จะทำให้เครื่องยนต์มีกำลังที่จะรับภาระในการทำงาน ระบบน้ำมันเชื้อเพลิงทำหน้าที่

(1) แบ่งหรือปรับปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับภาระและ/หรือความเร็วของเครื่องยนต์

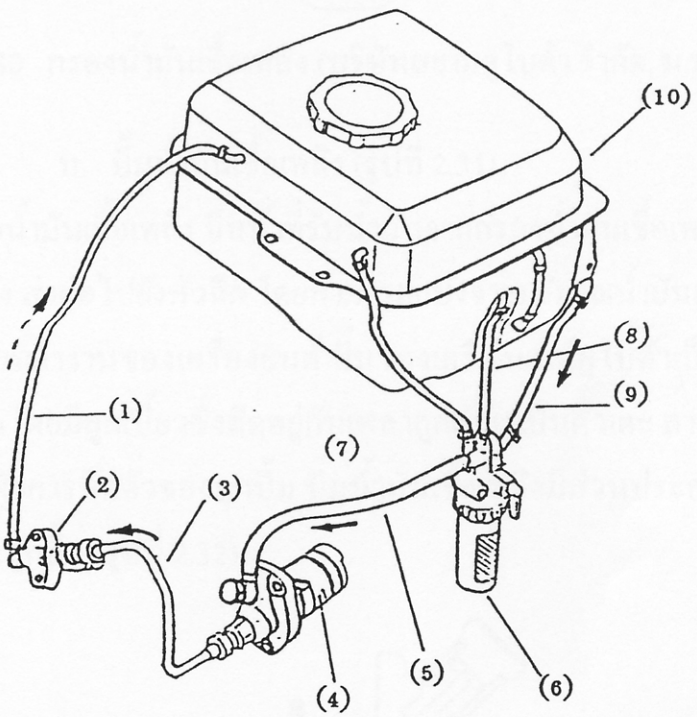
(2) เริ่มจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในจังหวะที่ถูกต้อง

(3) จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในอัตราที่เหมาะสม

(4) น้ำมันเชื้อเพลิงที่จ่ายออกไปจะต้องเป็นฝอยละออง

(5) น้ำมันเชื้อเพลิงที่จ่ายออกไปจะต้องกระจายทั่วห้องเผาไหม้

ทิศทางการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซลคูโบต้า (รูปที่ 2.29) น้ำมันเชื้อเพลิงจากถังน้ำมัน (10) ไหลผ่านกรองน้ำมันเชื้อเพลิง (6) เข้ายังปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง (4) ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงจะอัดน้ำมันให้มีแรงดันสูงแบ่งน้ำมันให้มากหรือน้อยส่งไปยังหัวฉีด (2) น้ำมันส่วนที่เหลือจากหัวฉีดจะไหลไปตามท่อ (1) ไหลกลับเข้าถังน้ำมันเชื้อเพลิง

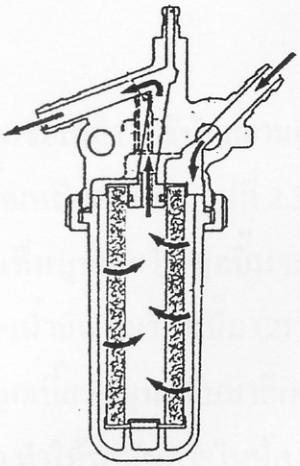


รูปที่ 2.29 วงจรการทำงานของระบบน้ำมันเชื้อเพลิง (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 48)

น. กรองน้ำมันเชื้อเพลิง (รูปที่ 2.30)

กรองน้ำมันเชื้อเพลิง ทำหน้าที่ดักสิ่งสกปรกและน้ำ ไม่ให้เข้าไปยังปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงและหัวฉีดเนื่องจากอุปกรณ์ดังกล่าวมีระยะระหว่างชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่น้อยมาก ชุดกรองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์คูโบต้ารุ่น ET จะมีท่อยางไล่ลมได้เอง

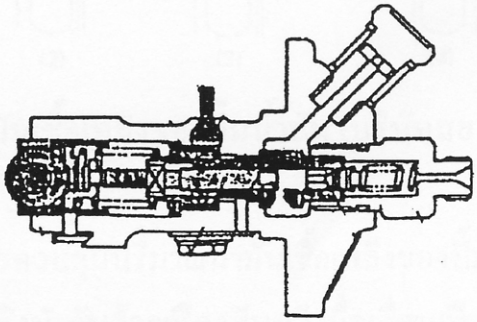
โดยอัตโนมัติ เมื่อใช้งานไปแล้วน้ำมันเชื้อเพลิงหมดถัง หลังจากเติมน้ำมันเข้าไปใหม่ สามารถติดเครื่องยนต์ได้โดยไม่ต้องไล่ลม



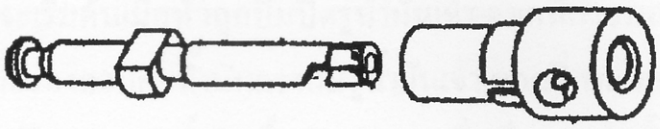
รูปที่ 2.30 กรองน้ำมันเชื้อเพลิง (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 50)

บ. ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง (รูปที่ 2.31)

ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง มีหน้าที่รับน้ำมันจากกรองน้ำมันเชื้อเพลิง แล้วอัดน้ำมันให้เกิดแรงดันสูง ส่งต่อไปยังหัวฉีด โดยสามารถแบ่งจ่ายปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง ให้มาก-น้อยตามภาระการทำงานของเครื่องยนต์ ปั๊มของเครื่องยนต์คูโบต้าเป็นปั๊มแบบบ๊อชขนาดเล็ก ทำงานโดยมีลูกเบี้ยวซึ่งติดอยู่กับเพลาลูกเบี้ยวเป็นตัวเตะ การแบ่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงโดยอาศัยการบิดตัวของลูกปั๊ม ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ กระบอกปั๊ม และลูกปั๊ม (รูปที่ 2.32)

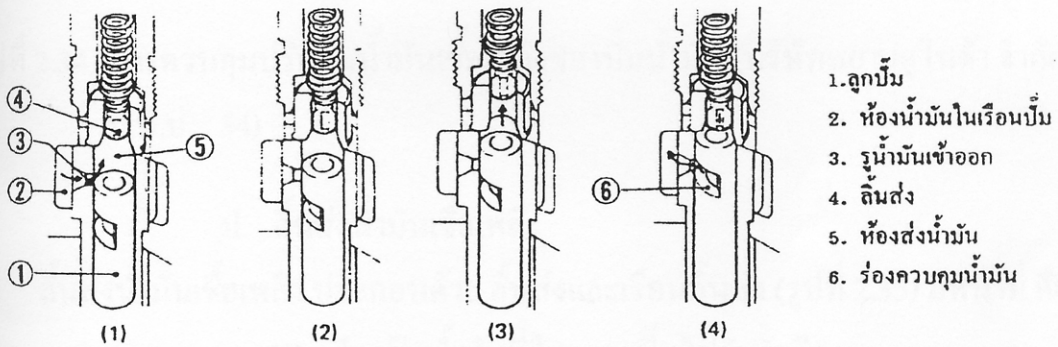


รูปที่ 2.31 ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 37)



รูปที่ 2.32 ชุดลูกปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 52)

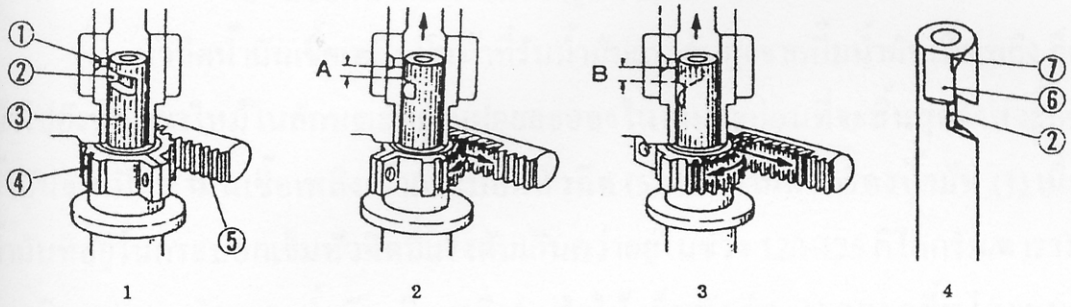
ในการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงของปั๊ม (รูปที่ 2.33) เริ่มจากเมื่อยอดของลูกเบี้ยว ซึ่งทำหน้าที่ขับให้ลูกปั๊มเคลื่อนที่หมุนเลยไป ลูกปั๊มจะเลื่อนลงมายังศูนย์ตายล่างด้วยแรงดันของสปริง น้ำมันจากห้องน้ำมันในเรือนปั๊ม (2) จะไหลผ่านรูน้ำมันเข้า-ออก (3) เข้าไปยังห้องส่งน้ำมัน (5) เมื่อลูกเบี้ยวหมุนกลับมาอีกครั้ง ลูกเบี้ยวจะไปดันให้ลูกปั๊มเลื่อนขึ้นไปปิดรูทางเข้า-ออก (3) ทำให้น้ำมันภายในห้องส่งน้ำมันมีแรงดัน ดันให้ลิ้นส่งน้ำมัน (4) เริ่มเปิด น้ำมันก็จะเริ่มถูกส่งไปยังหัวฉีดและเมื่อลูกปั๊มเลื่อนขึ้นไปอีก ลิ้นส่งน้ำมันก็จะเปิดมากขึ้นน้ำมันก็จะจ่ายไปยังหัวฉีดมากขึ้น แต่เมื่อลูกปั๊มเลื่อนขึ้นไปจนร่องบากที่ลูกปั๊ม ตรงกับรูน้ำมันเข้า-ออก น้ำมันภายในห้องส่งน้ำมันก็จะไหลออกกลับไปยังห้องน้ำมันในเรือนปั๊ม เป็นการจ่ายน้ำมันในหนึ่งรอบของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง



รูปที่ 2.33 การจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงของปั๊มน้ำมัน (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 54)

สำหรับการควบคุมปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงของปั๊ม (รูปที่ 2.34) การปรับเพิ่มลดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงบังคับด้วยเฟืองฟันหวี เมื่อเลื่อนเฟืองฟันหวีมายังตำแหน่งดับเครื่องยนต์ ร่องบากที่ลูกปั๊มจะตรงกับรูน้ำมันเข้า-ออก ลูกปั๊มจะไม่อัดน้ำมัน และน้ำมันก็จะไม่ถูกส่งออกไป เนื่องจากน้ำมันเชื้อเพลิงจากห้องส่งน้ำมันไหลผ่านกลับทาง

รอยบากได้ เมื่อเลื่อนเฟืองฟันหวีไปตามลูกศร ลูกปั๊มจะหมุนไปด้วย เมื่อลูกปั๊มเลื่อนที่ขึ้นการจ่ายน้ำมันจะเริ่มต้นเมื่อหัวลูกปั๊มปิดรูน้ำมันเข้า-ออกที่กระบอกปั๊มและการจ่ายน้ำมันจะสิ้นสุด เมื่อร่องควบคุมน้ำมันตรงกับรูน้ำมันเข้า-ออกที่กระบอกปั๊ม ทำให้น้ำมันไหลย้อนกลับได้ ปริมาตรของน้ำมันขึ้นกับระยะ A ซึ่งเป็นการส่งน้ำมันเชื้อเพลิงบางส่วนให้กับหัวฉีด เมื่อเลื่อนเฟืองฟันหวีไปจนสุดตามลูกศร เป็นผลให้ระยะ B มีมากขึ้น ส่งผลให้เพิ่มเวลาในการส่งน้ำมันเข้าไปยังหัวฉีดให้มากขึ้น เป็นการเพิ่มปริมาตรน้ำมันเชื้อเพลิงที่ส่งไปให้หัวฉีด



1. รูน้ำมันเข้า–ออก
2. ร่องควบคุมน้ำมัน
3. ลูกปั๊ม
4. เฟืองปลอกบังคับลูกปั๊ม
5. เฟืองฟันหวี
6. ร่องบากคับเครื่อง
7. จุดคัดน้ำมันในระยะแรก

รูปที่ 2.34 การควบคุมปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงของปั๊มน้ำมัน (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 54)

ป. ลิ้นส่งน้ำมันเชื้อเพลิง

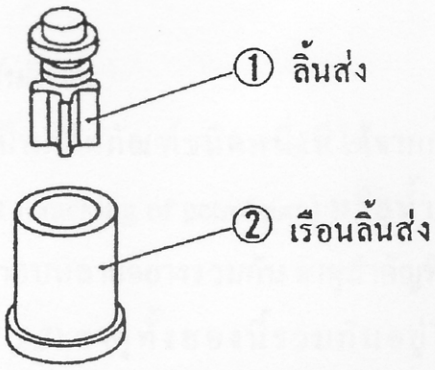
ลิ้นส่งน้ำมันเชื้อเพลิง ประกอบด้วย ลิ้นส่งและเรือนลิ้นส่ง (รูปที่ 2.35) มีหน้าที่ คือ

(1) ปิด-เปิดน้ำมันที่ไหลจากปั๊มไปยังหัวฉีด

(2) ไม่ให้น้ำมันจากหัวฉีดไหลกลับมาเข้าปั๊ม

(3) ป้องกันไม่ให้น้ำมันฉีดมากเกินกำหนด

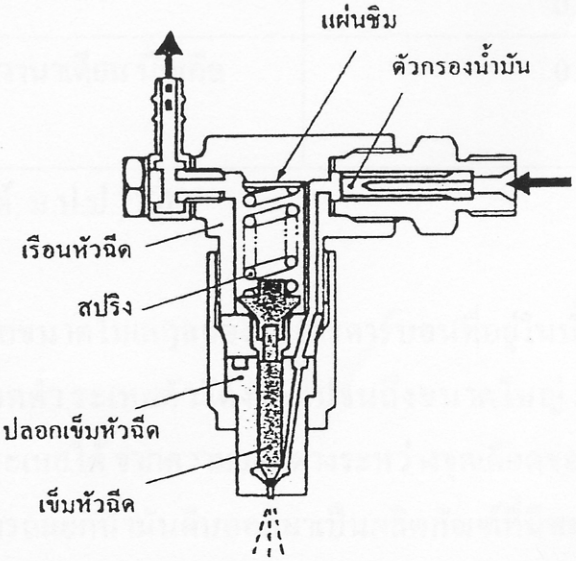
(4) ตัดการจ่ายน้ำมันเมื่อแรงดันน้ำมันในกระบอกปั๊มลดลง



รูปที่ 2.35 ลิ้นส่งน้ำมันเชื้อเพลิง (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 51)

ผ. หัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (รูปที่ 2.36)

หัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง มีหน้าที่รับน้ำมันแรงดันสูงจากปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง ฉีดเข้าไปยังห้องเผาไหม้ในลักษณะที่เป็นฝอยละอองในจังหวะก่อนที่จะสิ้นสุดจังหวะอัด น้ำมันจากปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงเข้ากระบอกหัวฉีด (5) โดยผ่านตัวกรองน้ำมัน (1) เมื่อน้ำมันที่อยู่ในกระบอกเข็มหัวฉีดมีแรงดันเกินกว่าอยู่ในช่วง 120-125 กิโลกรัม/ตาราง-เซนติเมตร แรงดันของน้ำมันเชื้อเพลิงจะทำให้ เข็มหัวฉีด (6) ถูกยกขึ้น โดยชนะแรงสปริง (4) น้ำมันก็จะฉีดออกจากปลายหัวฉีด น้ำมันเชื้อเพลิงบางส่วนจะทำหน้าที่หล่อลื่น เข็มหัวฉีดและกระบอกเข็มหัวฉีด แล้วไหลกลับถังโดยผ่านท่อน้ำมันไหลกลับถัง เข็มหัวฉีดของเครื่องยนต์ดีเซลคูโบต้าเป็นแบบ เข็มบานปลายหรือเดือยยาวซึ่งจะช่วยให้น้ำมันที่ถูกฉีดออกมาเป็นฝอยละอองและสม่ำเสมอดีกว่าแบบเข็มตรง



รูปที่ 2.36 หัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, ม.ป.ป. : 57)

2.3 น้ำมันดีเซล

2.3.1 ที่มาของน้ำมันดีเซล

น้ำมันดีเซลเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการกลั่น (distillation) หรือการสกัดจากปิโตรเลียม (cracking of petroleum) หรือน้ำมันดิบ (crude oil) ซึ่งเป็นสารผสมระหว่างสารประกอบหลายอย่างรวมกัน ธาตุสำคัญที่ประกอบอยู่คือ ไฮโดรเจนและคาร์บอน (ตารางที่ 2.3) ธาตุทั้งสองนี้รวมกันอยู่ในรูปของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีอยู่ในน้ำมันดิบมีตั้งแต่ขนาดของโมเลกุลที่เล็กที่สุดคือ มีเทน (methane) ซึ่งมีอะตอมคาร์บอนเพียง 1 ตัว ไปจนถึงขนาดโมเลกุลที่ใหญ่มีอะตอมคาร์บอนถึงราว 80 ตัว

ตารางที่ 2.3 การวิเคราะห์ธาตุน้ำมันดิบ

ธาตุส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
คาร์บอน	83.9-86.8
ไฮโดรเจน	11.4-14.0
คาร์บอน/ไฮโดรเจน	6-8
กำมะถัน	0.06-8.00
ไนโตรเจน	0.11-1.70
ออกซิเจน	0.5
โลหะต่างๆ เหล็ก วานาเดียม นิกเกิล ฯลฯ	0.3

ที่มา : ธำรงและสุจิตต์, ม.ป.ป. : 60

เนื่องจากขนาดโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนที่อยู่ในน้ำมันดิบมีตั้งแต่ขนาดเล็กมาก ซึ่งมีจุดเดือดต่ำ ระเหยตัวได้ง่าย ไปจนถึงขนาดใหญ่ มีจุดเดือดสูง ต้องให้ความร้อนมากจึงจะระเหยได้ จากความแตกต่างระหว่างจุดเดือดของไฮโดรคาร์บอนชนิดต่าง ๆ จึงทำให้สามารถแยกน้ำมันดิบออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติแตกต่างกันมาใช้ประโยชน์ได้ โดยการกลั่นลำดับส่วน (ตารางที่ 2.4)

ตารางที่ 2.4 สมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนของน้ำมันดิบ

ผลิตภัณฑ์	จุดเดือด(^{0}C)	สถานะ	จำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุล
ก๊าซปิโตรเลียม	ต่ำกว่า 30	ก๊าซ	1-4
น้ำมันเบนซิน	0-65	ของเหลว	5-6
แนพธา	65-170	ของเหลว	6-10
น้ำมันก๊าด	170-250	ของเหลว	10-14
น้ำมันดีเซล	250-340	ของเหลว	14-19
น้ำมันหล่อลื่น	340-500	ของเหลว	19-35
ไข	340-500	ของแข็ง	19-35
น้ำมันเตา	สูงกว่า 500	ของเหลว	มากกว่า 35
บิทูเมน	สูงกว่า 500	ของแข็ง	มากกว่า 35

ที่มา : ธำรงและสุจิตต์, ม.ป.ป. : 75

น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล แบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ

1. **น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว** หรือบางทีเรียกว่าโซล่าหรือดีซ่าหรือมารีนแก๊ส-ออย (marine gas oil) ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล ที่มีความเร็วรอบเครื่องยนต์เกิน 1,000 รอบต่อนาที เครื่องยนต์ดังกล่าวจะมีระยะเวลาการเผาไหม้ต่อรอบการทำงานของเครื่องยนต์สั้นมาก จึงต้องการน้ำมันเชื้อเพลิงที่ลุกติดไฟได้อย่างรวดเร็ว สมบัติของน้ำมันดีเซลหมุนเร็วตามประกาศกรมทะเบียนการค้า พ.ศ. 2545 ได้กำหนดคุณภาพของน้ำมันดีเซลใช้สำหรับเครื่องยนต์หมุนเร็ว (ตารางที่ 2.5)

2. **น้ำมันดีเซลหมุนช้า** หรือบางทีเรียกว่าน้ำมันขี้โล้ ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลที่มีความเร็วรอบเครื่องยนต์ ต่ำกว่า 1,000 รอบต่อนาที เครื่องยนต์ดังกล่าวจะมีระยะเวลาการเผาไหม้ต่อรอบการทำงานของเครื่องยนต์ที่ยาวกว่า จึงสามารถใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีสมบัติการลุกติดไฟที่ช้ากว่า ปัจจุบันพบว่า ในประเทศไทยมีเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลหมุนช้าอยู่ในจำนวนที่น้อยมาก

ตารางที่ 2.5 ข้อกำหนดน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว

ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ	วิธีทดสอบ
1. ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6°ซ (Specific Gravity at 15.6/15.6°C)	ไม่ต่ำกว่า0.81 ไม่สูงกว่า 0.87	ASTM D 1298
2. เลขซีเลข (Cetane Number) หรือ ดัชนีซีเทน (Calculated Cetane Index)	ไม่ต่ำกว่า 47 ไม่ต่ำกว่า 47	ASTM D 613 ASTM D 976
3. ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40°ซ เซนติสโตกส์ (Viscosity at 40°C, cSt.)	ไม่ต่ำกว่า 1.8 ไม่สูงกว่า 4.1	ASTM D 445
4. จุดไหลเท °ซ (Pour Point, °C)	ไม่สูงกว่า 10	ASTM D 97
5. ปริมาณกำมะถัน ร้อยละโดยน้ำหนัก (Sulphur Content, %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.05	ASTM D 2622
6. การกัดกร่อน (Corrosion)	ไม่สูงกว่า 1	ASTM D 130
7. ปริมาณกากถ่าน ร้อยละโดยน้ำหนัก (Carbon Residue, %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.05	ASTM D 189
8. น้ำและตะกอน ร้อยละโดยปริมาตร (Water and Sediment, %vol.)	ไม่สูงกว่า 0.05	ASTM D 2709
9. ปริมาณเถ้า ร้อยละโดยน้ำหนัก (Ash, %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.01	ASTM D 482
10. จุดวาบไฟ °ซ (Flash Point, °C)	ไม่ต่ำกว่า 52	ASTM D 93
11. การกลั่น (Distillation) อุณหภูมิของส่วนที่กลั่นได้โดยปริมาตรในอัตราร้อยละเก้าสิบ °ซ (90% recovered, °C)	ไม่สูงกว่า 357	ASTM D 86
12. สี (Color)	ไม่สูงกว่า 4.0	ASTM D 1500

ที่มา : กรมทะเบียนการค้า, 2545

2.3.2 สมบัติของน้ำมันดีเซล

การพัฒนาของเครื่องยนต์ดีเซลได้ใช้น้ำมันดีเซลเป็นตัวอ้างอิง ดังนั้นหากต้องการที่จะนำน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดอื่นมาใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล จำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาถึงข้อกำหนดของสมบัติน้ำมันดีเซล โดยทราบถึงความหมายและผลกระทบของสมบัติดังกล่าวต่อเครื่องยนต์ รวมถึงการทำความรู้จักกับเครื่องมือที่ใช้ทดสอบ และทำความเข้าใจในกรรมวิธีการทดสอบ สมบัติน้ำมันดีเซลโดยสังเขปด้วย

2.3.2.1 ความถ่วงจำเพาะ

ความถ่วงจำเพาะ คืออัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของวัตถุกับน้ำหนักของน้ำที่ปริมาตรเท่ากัน โดยทั่วไปกำหนดให้น้ำมันเชื้อเพลิงมีความถ่วงจำเพาะที่ $15.6^{0}C$ นั่นคือที่อุณหภูมิ $15.6^{0}C$ ทั้งน้ำมันและน้ำจะมีปริมาตรเท่ากัน นอกจากนี้ยังมีวิธีการวัดความหนาแน่นของน้ำมันเชื้อเพลิงอีกหน่วยหนึ่งที่สถาบันการปิโตรเลียมของสถาบันอเมริกา (American Petroleum Institute: API) ใช้กันอยู่ ความสัมพันธ์ระหว่างองศา เอ.พี.ไอ (Degree API) กับความถ่วงจำเพาะจะหาได้ดังนี้

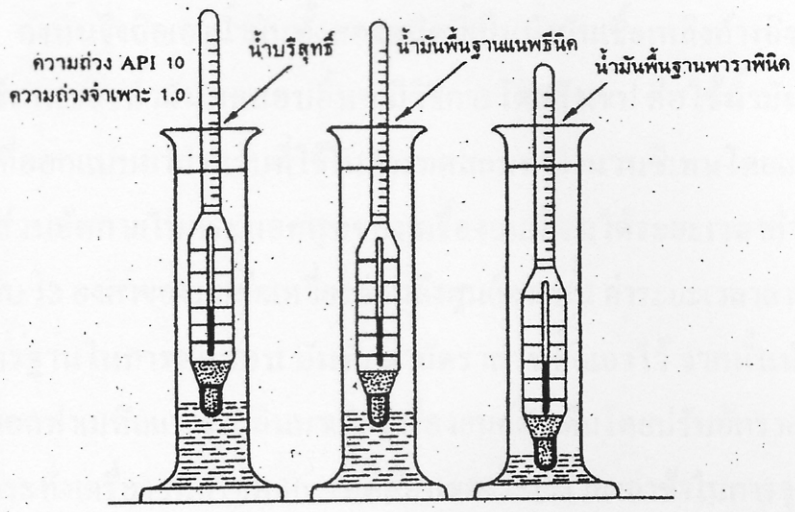
องศา เอ. พี. ไอ. (Degree API) = (141.5/ความถ่วงจำเพาะ) – 131.5

หรือ

ความถ่วงจำเพาะ = 141.5/องศา เอ. พี. ไอ. + 131.5

ความถ่วงจำเพาะของน้ำมันเชื้อเพลิงไม่มีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง แต่เป็นการชี้ให้เห็นถึง ความหนืดของน้ำมัน คุณลักษณะในการกลั่นและค่าความร้อนในเชื้อเพลิง และยังเป็นการบอกให้ทราบถึงเกรดของน้ำมันเชื้อเพลิงได้โดยประมาณ

ในการวัดค่าความถ่วงจำเพาะอาจจะวัดได้โดยใช้ density specific gravity meter ตามวิธีทดสอบ ASTM D4052 หรือ โดยใช้ hydrometer ตามวิธีทดสอบ ASTM D1298 (รูปที่ 2.37)



รูปที่ 2.37 การหาค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช้ hydrometer (ธำรง และสุจิตต์, ม.ป.ป. : 435)

2.3.2.2 จำนวนซีเทน หรือดัชนีซีเทน

จำนวนซีเทนหรือดัชนีซีเทน แสดงคุณภาพในการจุดระเบิดของน้ำมันเชื้อเพลิง หมายถึงความสามารถของน้ำมันเชื้อเพลิงที่จะติดไฟ เมื่อน้ำมันถูกฉีดเข้าไปในกระบอกสูบที่มีอากาศอัดตัวบรรจุอยู่ น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติดีจะติดไฟได้ง่ายในทันที โดยมีความล่าช้าในการจุดระเบิดน้อยมาก ส่วนน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพในการจุดระเบิดต่ำจะใช้เวลาในการจุดระเบิดที่ยาวกว่า เป็นผลทำให้เกิดดีเซลน็อค (diesel knock) เพิ่มขึ้น การน็อคของเครื่องยนต์ดีเซลเป็นแบบ detonation knock เกิดจากการสะสมของน้ำมันเชื้อเพลิงไว้มากๆ แล้วลุกไหม้ขึ้นพร้อมๆกันทีเดียว ทำให้แรงดันภายในกระบอกสูบเพิ่มขึ้นสูงมากจึงเกิดเสียงดัง และมีแรงกระแทกลงบนหัวสูบอย่างรุนแรง ทำให้กำลังของเครื่องยนต์ตกลง

ในการทดสอบหาค่าของจำนวนซีเทน จะใช้สารซีเทน (cetane : $C_{16}H_{34}$) ซึ่งถือว่าเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพการจุดระเบิดดีที่สุด จึงถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 100 กับสารแอลฟาเมทิลแนฟทาลีน (alpha-methyl-napthalane : $C_{11}H_{10}$) ซึ่งถือว่าเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพการจุดระเบิดเลวที่สุด จึงถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0 ถ้านำสารทั้งสองชนิดมาผสมกันโดยปริมาตร เช่น

$C_{16}H_{34}$ 1 ลิตร + $C_{11}H_{10}$ 1 ลิตร, จะได้ Cetane Number = 50

ดังนั้นจึงถือเอาน้ำมันทั้งสองชนิดนี้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงอ้างอิง ใช้ในการหาค่าจำนวนซีเทนของน้ำมันทดสอบอื่นๆ มีวิธีการโดยสังเขป คือใช้น้ำมันตัวอย่างเดินเครื่องยนต์ที่ออกแบบมาสำหรับที่ใช้ในการทดสอบหาจำนวนซีเทนโดยเฉพาะ จากนั้นปรับอัตราส่วนอัดภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ จนได้ระยะเวลาล่าช้าในการจุดระเบิดเท่ากับ 13 องศาของมุมข้อเหวี่ยงก่อนถึงศูนย์ตายบน ค่าระยะเวลาล่าช้า 13 องศานี้ถือเป็นมาตรฐานในการทดสอบ บันทึกค่าอัตราส่วนอัดเอาไว้ จากนั้นนำน้ำมันผสมซีเทนและแอลฟาเมทิลแนฟทาลีนมาเดินเครื่องยนต์ตัวเดิมโดยปรับอัตราส่วนผสมของน้ำมัน จนกระทั่งเครื่องยนต์ให้ผลการทดสอบของระยะเวลาล่าช้าในการจุดระเบิด และอัตราส่วนอัดในกระบอกสูบ เช่นเดียวกับน้ำมันตัวอย่าง ปริมาณซีเทนในน้ำมันผสม คือ จำนวนซีเทน ของน้ำมันตัวอย่าง ในการทดสอบหาค่า cetane number โดยใช้ เครื่องมือ CFR F5 ตามวิธีการทดสอบ ASTM D 613

เนื่องจากการหาค่าจำนวนซีเทน ข้างต้นต้องใช้เครื่องมือพิเศษ สิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายมาก จึงได้มีการพัฒนาวิธีการประมาณค่าซีเทนจากคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว ซึ่งวิธีการดังกล่าวโรงกลั่นน้ำมันใช้ในการควบคุมคุณภาพน้ำมัน วิธีการหนึ่งซึ่งใช้กันแพร่หลาย คือสูตรคำนวณดัชนีซีเทน (calculated cetane index : CI) สูตรนี้ใช้ประมาณค่าซีเทนของน้ำมันดีเซล จากความหนาแน่น และจุดกลางการเดือดของน้ำมัน (mid-boiling point) ตาม ASTM D 976

$$CI_{976} = 454.74 - 1641.416D + 774.74D^2 - 0.554B + 97.803(\log B)^2$$

D = ความหนาแน่นที่ 15.6^0C ทดสอบด้วยวิธีการ ASTM D 1298

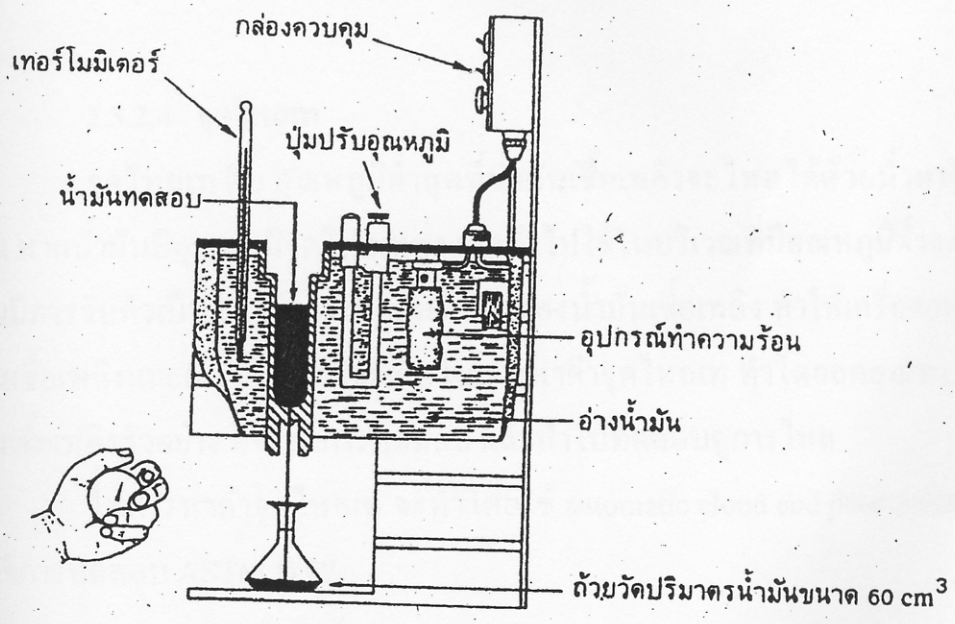
B = จุดกลางการเดือด ทดสอบด้วยวิธีการ ASTM D 86 และมีการชดเชยค่าความดันตามค่ามาตรฐาน

2.3.2.3 ความหนืด

ความหนืดของของเหลว คือ อัตราการต้านทานต่อการไหลหรือความเสียดสีภายในเนื้อของๆ เหลว น้ำมันที่มีความหนืดต่ำจะไหลได้ง่าย ส่วนน้ำมันที่มีความหนืดสูง

จะไหลได้ช้า ดังนั้นความหนืดต้องมีค่าที่เหมาะสม เพื่อให้ระบบการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงมีประสิทธิภาพ ฉีดเป็นฝอยละเอียด ในขณะเดียวกันน้ำมันเชื้อเพลิงยังทำหน้าที่หล่อลื่นอุปกรณ์ภายในปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงด้วย ดังนั้นหากน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใสเกินไป ถึงแม้ว่าจะทำให้การกระจายตัวเป็นฝอยดี แต่ก็จะทำให้การหล่อลื่นปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงได้ไม่ดีพอ ทำให้เกิดการสึกหรอที่ผิดปกติได้ ในทางกลับกันหากน้ำมันเชื้อเพลิงข้นเกินไปก็จะทำให้การกระจายตัวเป็นฝอยของน้ำมันไม่ดีพอ การคลุกเคล้ากับอากาศไม่ดี ส่งผลให้ประสิทธิภาพของการเผาไหม้ลดลง

ในการหาค่าความหนืดโดยใช้ Saybolt viscosimeter โดยนำน้ำมันที่ต้องการทดสอบใส่ในถ้วยจำเพาะ แล้วทำการเพิ่มอุณหภูมิให้กับน้ำมัน จนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ จากนั้นปล่อยน้ำมันไหลผ่านรูขนาดจำเพาะจนหมด จับเวลาเริ่มตั้งแต่น้ำมันเริ่มไหลจนกระทั่งถึงปริมาตรที่กำหนด เวลาที่ได้มีหน่วยเป็นวินาที ดังนั้นค่าความหนืดที่วัดได้จึงเรียกเป็น SUS (Saybolt Universal Second) เมื่อต้องการทำให้เป็นหน่วยของเซนติสโตก ทำการแปลงค่าดังแสดงในตารางที่ 2.6 ในการทดสอบหาค่าความหนืด (รูปที่ 2.38) จะทำโดยใช้ viscousimeter ตามวิธีทดสอบ ASTM D 445



รูปที่ 2.38 การทดสอบหาค่าความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิง (ธำรงและสุจิตต์, ม.ป.ป. : 440)

ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบความหนืดโดยประมาณ

Kinematics Centistokes	Saybolt Universal Seconds	Kinematics Centistokes	Saybolt Universal Seconds	Kinematics Centistokes	Saybolt Universal Seconds
2.0	32.6	14.0	73.6	34.0	159.7
3.0	36.0	16.0	81.3	36.0	168.8
4.0	39.1	18.0	89.4	38.0	178.0
5.0	42.5	20.0	97.8	39.0	182.4
6.0	45.6	22.0	106.4	40.0	187.0
7.0	48.8	24.0	115.0	41.0	191.5
8.0	52.1	26.0	124.0	42.0	196.0
9.0	55.5	28.0	133.0	43.0	200.5
10.0	58.9	30.0	141.7	44.0	205.0
12.0	66.0	32.0	150.7	45.0	209.8

ที่มา : ธำรงและสุจิตต์, ม.ป.ป. : 258

2.3.2.4 จุดไหลเท

จุดไหลเท คือ อุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันเชื้อเพลิงจะไหลได้ด้วยน้ำหนักของตัวเอง หากน้ำมันมีอุณหภูมิจุดไหลเทสูง เมื่อนำไปใช้ในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำจะทำให้น้ำมันมีการจับตัวเป็นไข เกิดการอุดตันที่ไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิง ทำให้เครื่องยนต์ขาดน้ำมันเชื้อเพลิงและเครื่องยนต์ก็จะดับ ในการหาค่าจุดไหลเท ทำโดยลดอุณหภูมิของน้ำมันเชื้อเพลิงตัวอย่าง ที่จะทำการทดสอบ แล้วนำไปทดสอบดูการไหล

ในการหาค่าจุดไหลเท จะทำโดยใช้ automatic cloud and pour point tester ตามวิธีการทดสอบ ASTM D 97

2.3.2.5 ธาตุกำมะถัน

ธาตุกำมะถันจะมีปนอยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่อน้ำมันเชื้อเพลิงมีการเผาไหม้กำมะถันก็จะกลายเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) เมื่อ

ทำปฏิกิริยากับน้ำ หรือความชื้น จะกลายเป็นกรดกำมะถัน ซึ่งจะกัดกร่อนชิ้นส่วนต่างๆ ภายในเครื่องยนต์ ในการเดินเครื่องยนต์ที่ภาระเบาหรือรอบต่ำ หรือมีการหยุดและติดเครื่องยนต์บ่อย เครื่องยนต์จะมีอุณหภูมิระหว่างการใช้งานที่ต่ำ ทำให้ไอน้ำที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้กลั่นตัวเป็นหยดน้ำทำปฏิกิริยากับซัลเฟอร์ไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ เกิดเป็นกรดกำมะถัน ดังนั้น การใช้เครื่องยนต์ที่ภาระสูง และเดินต่อเนื่องจะมีการสึกหรอของอุปกรณ์จากสาเหตุดังกล่าวที่น้อยกว่า

ในการหาค่าธาตุกำมะถัน จะทำโดยใช้ x-ray fluorescence ตามวิธีทดสอบ ASTM D 4294

2.3.2.6 การกัดกร่อนแผ่นทองแดง

การกัดกร่อนแผ่นทองแดง เป็นการดูผลจากการที่น้ำมันเชื้อเพลิงกระทำต่อโลหะชนิดอื่นที่ไม่ใช่เหล็ก เช่น ทองแดง ทองเหลือง ทำการทดสอบโดยจุ่มแผ่นทองแดงซึ่งขัดเงาลงไปในน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีอุณหภูมิ 100^0C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำผลที่ได้มาแปลความหมายได้เป็น 4 เลขหมาย คือ

No. 1 มัวเล็กน้อย

No. 2 มัวปานกลาง

No. 3 มัวมาก

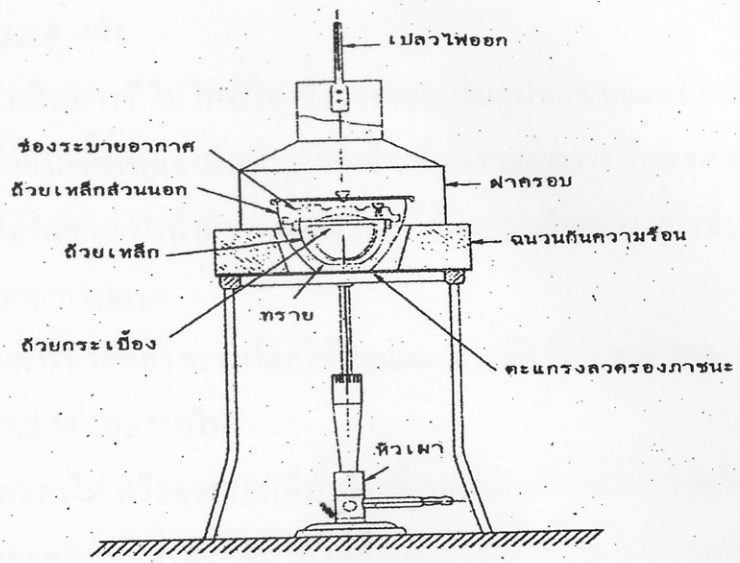
No. 4 กร่อน

ในการทดสอบการกัดกร่อนแผ่นทองแดง จะทำโดยใช้เครื่องมือ paraffin oil bath ตามวิธีทดสอบ ASTM D 130

2.3.2.7 กากถ่าน

กากถ่าน คือกากคาร์บอนหรือเขม่าที่เหลือตกค้างในน้ำมันเชื้อเพลิงตัวอย่างจากการระเหยตัวของน้ำมัน และการเผาไหม้ของสารที่ระเหยตัวได้เสร็จสิ้นไปแล้ว กากคาร์บอนนี้เป็นเครื่องชี้แสดงสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงนั้นๆ ว่า ถ้านำไปใช้กับเครื่องยนต์แล้วจะเกิดเขม่าจับตามชิ้นส่วนของเครื่องยนต์มากน้อยเพียงใด

ในการหาค่ากากคาร์บอน จะทำโดยใช้ micro carbon residue tester ตามวิธีทดสอบ ASTM D 4530 (รูปที่ 2.39)

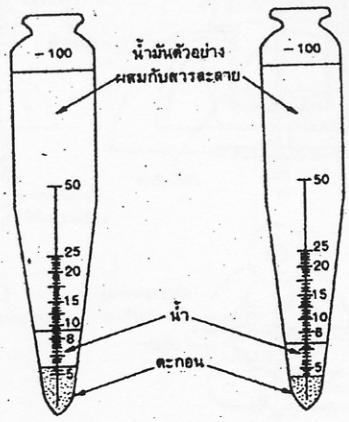


รูปที่ 2.39 การหาค่ากากถ่านของน้ำมันเชื้อเพลิง (ธำรงและสุจิตต์, ม.ป.ป. : 431)

2.3.2.8 น้ำและตะกอน

น้ำและตะกอน เป็นอุปสรรคตัวหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับอายุการใช้งานของไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิง เนื่องจากทำให้เกิดไขและการอุดตันของกรองน้ำมันเชื้อเพลิง ในการหาปริมาณน้ำและตะกอนที่ปนอยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิง โดยนำน้ำมันตัวอย่างผสมกับสารละลายโทลูอีนในหลอดแก้วทดลอง จากนั้นนำไปเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยง ความเร็วรอบประมาณ 1,500 รอบ/นาที น้ำและตะกอนก็จะแยกตัว ออกมาให้เห็นโดยตกอยู่ที่ก้นของหลอดแก้ว

ในการหาค่าปริมาณน้ำและตะกอน จะทำโดยใช้หลอดแก้วและเครื่องเหวี่ยงตามวิธีทดสอบ ASTM D 2709 (รูปที่ 2.40)



รูปที่ 2.40 การหาค่าปริมาณน้ำและตะกอนของน้ำมันเชื้อเพลิง (ธำรงและสุจิตต์, ม.ป.ป. : 442)

2.3.2.9 เถ้า

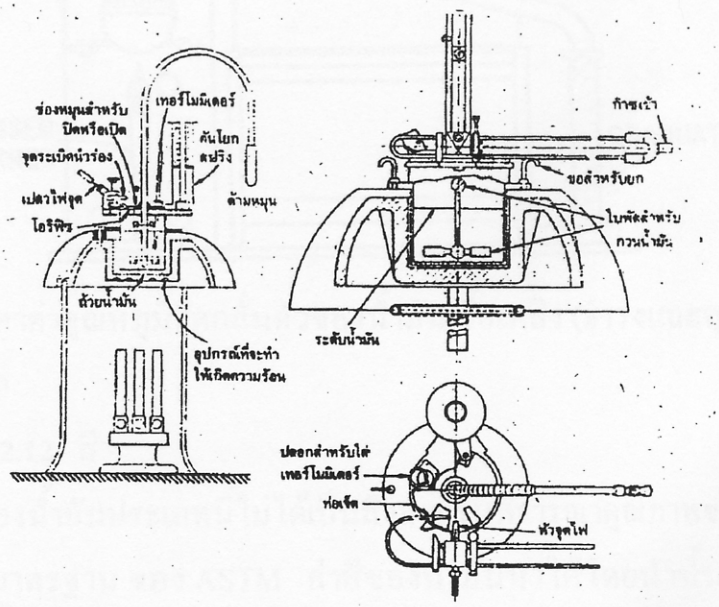
เถ้าเป็นสารที่ไม่ไหม้ไฟ ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของ ของแข็ง หรือสบู่โลหะที่ละลายได้ในน้ำมันเชื้อเพลิง เถ้าเป็นตัวที่เป็นอันตรายต่อการสึกหรอของเครื่องยนต์ ปริมาณเถ้าหาได้โดยการนำน้ำมันตัวอย่างไปเผาที่อุณหภูมิ 800^{0}C แล้วชั่งน้ำหนักเปรียบเทียบก่อนและหลังการเผา

ในการหาค่าเถ้า จะทำโดยใช้ furnace ตามวิธี ASTM D 482

2.3.2.10 จุดวาบไฟ

จุดวาบไฟ หรืออุณหภูมิที่น้ำมันเชื้อเพลิงถูกทำให้ร้อน เพื่อให้เกิดส่วนผสมของไอน้ำมันและอากาศ ที่จุดให้ติดไฟได้ด้วยเปลวไฟเหนือผิวหน้าของน้ำมันเชื้อเพลิง ในทางปฏิบัติจุดวาบไฟมีความสำคัญในด้านอันตรายจากอัคคีภัยของการขนส่ง เก็บรักษาและใช้งานของน้ำมันเชื้อเพลิงเท่านั้น แต่ไม่มีความสำคัญโดยตรงกับการสันดาปและประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ การหาค่าอุณหภูมิจุดวาบไฟ ทำโดยอุ่นน้ำมันให้ร้อนจนกระทั่งเกิดไอ แล้วเอาเปลวไฟเข้าไปแหย่หากลุกติดไฟขึ้น อุณหภูมิของน้ำมันจุดนั้นถือเป็นอุณหภูมิจุดวาบไฟ

ในการหาค่าจุดวาบไฟ จะทำโดยใช้ pensky-martens closed cup ตามวิธี ASTM D 56 (รูปที่ 2.41)

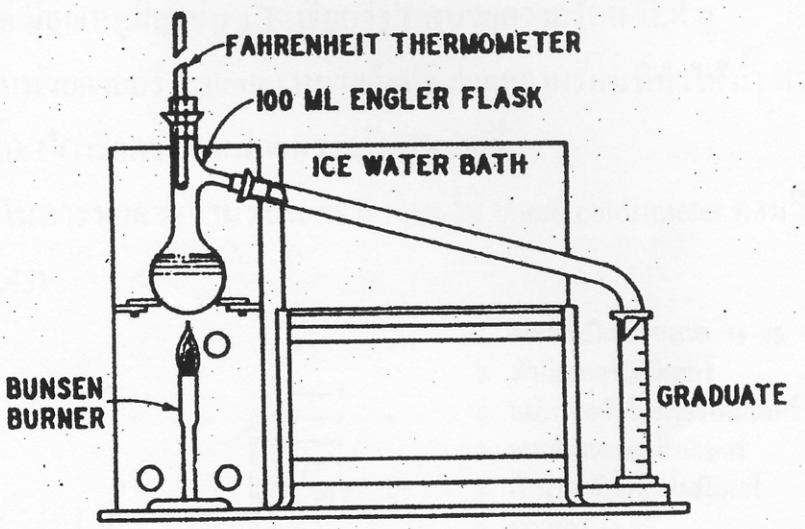


รูปที่ 2.41 การหาค่าอุณหภูมิจุดวาบไฟของน้ำมันเชื้อเพลิง (ธำรงและสุจิตต์, ม.ป.ป. : 433)

2.3.2.11 การกลั่น

อุณหภูมิการกลั่นตัวที่ 90% เป็นอุณหภูมิที่น้ำมันตัวอย่างถูกอุ่นด้วยความร้อนจนระเหยกลายเป็นไอไป 90% เหลือกากน้ำมันที่ยังไม่ระเหย 10% สมบัติข้อนี้มีความสำคัญมากต่อการทำงานของเครื่องยนต์ เนื่องจากก่อนที่น้ำมันเชื้อเพลิงจะเกิดการลุกไหม้ได้ น้ำมันเชื้อเพลิงต้องมีการระเหยเป็นไอก่อน ถ้าอุณหภูมิการกลั่นสูง จะทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงระเหยตัวได้ยาก ทำให้เกิดความล่าช้าในการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง ส่งผลต่อทำให้เกิดการน็อค เครื่องยนต์สูญเสียกำลัง สำหรับอุณหภูมิการกลั่นตัวของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ 10% หากมีค่าสูงเกินไป จะทำให้เครื่องยนต์สตาร์ทติดยาก อุณหภูมิการกลั่นของน้ำมันที่ 90% และจุดสุดท้ายที่ต่ำ จะช่วยลดการเกิดกากคาร์บอน และความสกปรกของน้ำมันหล่อลื่นอีกด้วย

ในการหาค่าการกลั่นตัวของน้ำมันดีเซลจะทำโดยใช้เครื่องมือ automatic distillation ตามวิธี ASTM D 86 (รูปที่ 2.42)



รูปที่ 2.42 การหาค่าอุณหภูมิจุดกลั่นตัวของน้ำมันเชื้อเพลิง (ธำรงและสุจิตต์, ม.ป.ป. : 403)

2.3.2.12 สี

สีของน้ำมันประเภทนี้ไม่ได้เป็นสิ่งสำหรับพิจารณาคุณภาพของน้ำมันแต่ได้กำหนดไว้ตามมาตรฐาน ของ ASTM ค่าสีของน้ำมันหาได้โดยนำน้ำมันตัวอย่างมาเทียบกับสีมาตรฐาน

การหาค่าสีน้ำมันจะทำโดยใช้เครื่องมือ colorimeter ตามวิธี ASTM D 1500

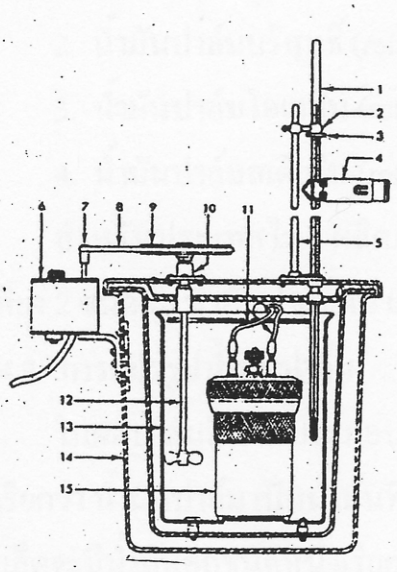
2.3.2.13 ค่าความร้อน

ค่าความร้อน คือ ความร้อนที่ได้จากการลุกไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงกับออกซิเจน ค่าความร้อนที่ได้มี 2 กรณี ในกรณีแรกเป็นความร้อนที่ได้หลังจากการลุกไหม้และมีการ กลั่นตัวของไอน้ำเป็นหยดน้ำ เรียกว่าค่าความร้อนสูง (high heating value : HHV) ในกรณีที่สองเป็นความร้อนที่ได้ในกรณีที่ไอน้ำไม่มีการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ เรียกว่าค่าความร้อนต่ำ (low heating value : LHV) ในการคำนวณหาประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเหลว ตามหลักการของสมาคม ASME จะใช้ค่าความร้อนสูง เนื่องจากค่าดังกล่าวสามารถหาได้ง่าย ค่าความร้อนสูงหาได้ โดยการนำน้ำมันเชื้อเพลิงตัวอย่างเผาไหม้กับออกซิเจนใน bomb calorimeter แล้วจดอุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้นเพื่อนำมาทำการคำนวณ สำหรับหน่วยของค่าความร้อนที่ใช้ทั่วไปมี 2 หน่วย คือ

หน่วย บี.ที.ยู (british thermal unite) หมายถึงปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำหนัก 1 ปอนด์ มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1^0F เรียกว่า 1 หน่วยความร้อน บี.ที.ยู

หน่วยคาลอรี (calorie) หมายถึงปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำ หนัก 1 กรัม มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1^0C เรียกว่า 1 หน่วยความร้อนคาลอรี่

ในการหาค่าความร้อน จะทำโดยใช้ bomb colorimeter ตามวิธี ASTM D 240 (รูปที่ 2.43)



1. เทอร์โมมิเตอร์ขนาด 19-35 C
2. ตัวยึดเทอร์โมมิเตอร์
3. แผ่นรองตัวยึดเทอร์โมมิเตอร์
4. เลนส์อ่านเทอร์โมมิเตอร์
5. ก้านรองรับเทอร์โมมิเตอร์
6. มอเตอร์
7. มู่เล่ของมอเตอร์
8. สายพานขับใบพัดสำหรับกวนน้ำ
9. มู่เล่ของใบพัด
10. แปริ่ง
11. ลวดสำหรับจุดไฟ
12. แกนใบพัด
13. ถังบรรจุน้ำรูปไข่
14. ถังภายนอกพร้อมฝา
15. ชุดออกซิเจนบอมบ์

รูปที่ 2.43 การหา ค่าความร้อนสูงของน้ำมันเชื้อเพลิง (ธำรงและสุจิตต์, ม.ป.ป. : 436)

2.4 น้ำมันปาล์ม

2.4.1 ความเป็นมาของปาล์มน้ำมัน (ชมรมเพื่อพัฒนามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2529 : 6)

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชในตระกูลปาล์ม เช่นเดียวกับ มะพร้าว จาก อินทผาลัม และตาลโตนด จากหลักฐานได้ยืนยันว่าปาล์มน้ำมัน มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกาและได้เข้ามาในทวีปเอเชียที่ประเทศอินโดนีเซีย ราวปี พ.ศ. 2391 ต่อมาได้นำมาปลูกในประเทศมาเลเซีย จนกระทั่งมาเลเซียได้กลายเป็นผู้ส่งออกน้ำมันปาล์มรายใหญ่ที่สุดในโลก ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2508 เป็นต้นมา

สำหรับประเทศไทย พบหลักฐานว่ามีผู้นำปาล์มน้ำมันเข้ามาปลูกที่จังหวัดสงขลา ก่อนสงครามโลกครั้งที่สอง ต่อมาในปี พ.ศ. 2511 มีการปลูกปาล์มน้ำมันในเชิงการค้า ที่จังหวัดกระบี่และสตูลเป็นแห่งแรก ปัจจุบันมีการแพร่ขยายพื้นที่ปลูกไปยังพื้นที่ในจังหวัดต่าง ๆ อีกหลายจังหวัด ได้แก่ ระยอง ชลบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร ระนอง พังงา สุราษฎร์ ตรัง นครศรีธรรมราช สงขลา ยะลา นราธิวาส

2.4.2 ผลิตภัณฑ์จากปาล์มน้ำมัน

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากผลปาล์ม ที่มีการซื้อขายกันทั่วไปในด้านอุปโภคและบริโภคมีด้วยกัน 4 ชนิดคือ

1. น้ำมันปาล์มดิบ (crude palm oil)
2. น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (refind palm oil)
3. น้ำมันปาล์มโอเลอิน (refind palm oil olein)
4. น้ำมันปาล์มสเตียริน (refind palm oil stearin)

สำหรับประเทศไทย ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากผลปาล์มที่มีการซื้อขายกันส่วนใหญ่ มีเพียง 2 ชนิดคือ น้ำมันปาล์มดิบ และน้ำมันปาล์มโอเลอินซึ่งใช้ในการบริโภค

2.4.3 การแปรรูปน้ำมันปาล์ม

ในผลปาล์มมีส่วนประกอบที่ให้น้ำมันอยู่ 2 ส่วน คือ ชั้นเปลือก ในชั้นนี้จะมีน้ำมันเรียกว่า น้ำมันปาล์ม เป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดี จากชั้นเปลือกจะมีกะลาหุ้มเมล็ดอยู่ภายในเมล็ดจะมีน้ำมันอีกชนิดหนึ่งเรียกว่า น้ำมันเมล็ดใน ซึ่งมีสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันมะพร้าว เป็นน้ำมันที่มีคุณค่าทางอาหารด้อยกว่า ดังนั้นในการแปรรูปจากผลปาล์มไป

เป็นน้ำมันปาล์มดิบ หากมีความต้องการได้น้ำมันปาล์มที่มีคุณภาพดี จะต้องแยกระหว่างน้ำมันจากเมล็ดใน และน้ำมันจากเปลือก สำหรับน้ำมันปาล์มที่จะนำมาใช้ในการทดสอบนี้เป็นน้ำมันปาล์มที่ได้จากการหีบรวมคือ สกัดเอาน้ำมันจากเปลือกและเมล็ดออกมาพร้อมกัน การแปรรูปในลักษณะนี้จะทำกันในโรงงานขนาดเล็ก เนื่องจากความยุ่งยากในการดำเนินการจะน้อยกว่า โรงงานน้ำมันปาล์ม ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดนราธิวาส เป็นโรงงานหนึ่งที่ใช้การสกัดน้ำมัน แบบหีบรวมและยังสามารถสกัดน้ำมันปาล์มดิบ เป็นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์สำหรับบริโภคได้อีกด้วย

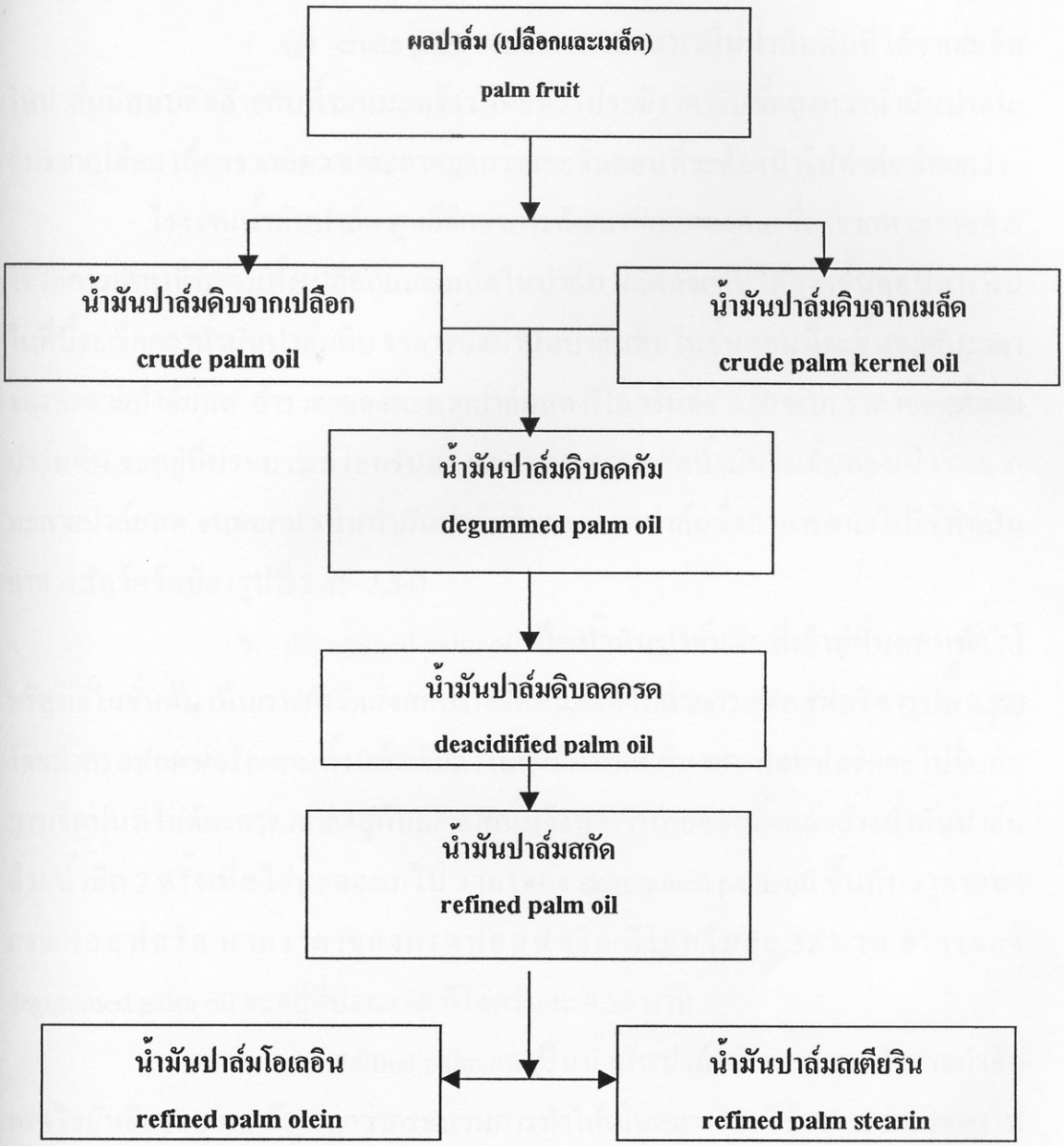
2.4.3.1 การแปรรูปน้ำมันปาล์มของโรงงานน้ำมันปาล์ม ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองอันเนื่องจากพระราชดำริ

โรงงานน้ำมันปาล์ม ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองอันเนื่องมาจากพระราชดำริ เป็นโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็ก ขนาดกำลังผลิตวันละ 110 ลิตร ใช้ระบบทอดผลปาล์มภายใต้สภาพสุญญากาศ ซึ่งทำให้ไม่มีน้ำเสีย ในขั้นตอนของการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ ในการแปรรูปจากผลปาล์มสุกไปเป็นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์นั้น จะมีด้วยกัน 2 ขั้นตอนหลัก ในขั้นตอนแรก เริ่มจากทะลายปาล์ม ไปเป็นน้ำมันปาล์มดิบ ขั้นตอนที่สอง จากน้ำมันปาล์มดิบ ไปเป็นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ต้นทุนของการแปรรูปจากน้ำมันปาล์มดิบไปจนถึงน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์หรือน้ำมันปาล์มโอเลอินจะเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ ในการศึกษาวิจัยนี้ มีเป้าหมายที่จะศึกษาความเป็นไปได้ ในการที่จะใช้น้ำมันปาล์มที่มีต้นทุนต่ำที่สุด ในเครื่องยนต์ดีเซลทางการเกษตร ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำความเข้าใจและทราบถึง น้ำมันปาล์มที่ได้ในขั้นตอนต่างๆ ของการสกัดน้ำมันปาล์ม

2.4.3.2 คำจำกัดความและราคาโดยประมาณของน้ำมันปาล์มในขั้นตอนต่างๆ

เพื่อง่ายต่อการทำความเข้าใจ จึงนำเสนอแผนผังของการแปรรูปจากผลปาล์มไปเป็นน้ำมันปาล์มในขั้นตอนต่าง ๆ (รูปที่ 2.45) และอธิบายความหมายของชื่อต่างๆ ที่ใช้เรียกกันในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม รวมถึงการนำเสนอขั้นตอนในการสกัดน้ำมันปาล์มของโรงงานน้ำมันปาล์ม ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองอันเนื่องมาจากพระราชดำริซึ่งมี 2 ขั้นตอนหลัก ในขั้นตอนแรก เป็นการสกัดได้เป็นน้ำมันปาล์มดิบ

(รูปที่ 2.45 – 2.54) และในขั้นตอนที่สอง เป็นการสกัดให้ได้เป็นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ที่ใช้ในการบริโภค (รูปที่ 2.55 – 2.63)



รูปที่ 2.44 น้ำมันปาล์มที่ได้จากผลปาล์มในขั้นตอนต่างๆ

ก. crude palm oil (CPO) และ crude palm kernel oil (CPKO)

(1) crude palm oil (CPO) เป็นน้ำมันปาล์มดิบที่ได้จากการสกัดหรือหีบเอาน้ำมัน ออกจากเปลือกผลปาล์ม คุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบจะวัดด้วย 3 ค่า

คือ กรดไขมันอิสระ ความชื้น และสิ่งสกปรกเจือปน มาตรฐานคุณภาพน้ำมันปาล์มดิบที่ใช้ประกอบด้วย กรดไขมันอิสระไม่เกิน 5% ความชื้นไม่เกิน 0.5% และสิ่งสกปรกไม่เกิน 0.05% (ชมรมเพื่อพัฒนามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2529 : 25)

(2) crude palm kernel oil (CPKO) เป็นน้ำมันดิบที่ได้จากเมล็ดในปาล์มมีสมบัติคล้ายกับน้ำมันมะพร้าว โดยทั่วไปจะมีราคารับซื้อสูงกว่าน้ำมันปาล์ม-ดิบจากเปลือก เนื่องจากมีความสะอาดสูงกว่าและขั้นตอนที่จะต้องนำไปทำต่อน้อยกว่า

โรงงานน้ำมันปาล์ม ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองอันเนื่องจากพระราชดำริ ใช้วิธีการแบบหีบรวมทั้งเปลือกและเมล็ดในปาล์ม ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขั้นตอนการหีบในที่นี้จะเรียกว่าน้ำมันปาล์มดิบ ราคาของน้ำมันปาล์มดิบในขั้นตอนนี้จะขึ้นอยู่กับราคาของทะลายปาล์มสด ถ้าราคาของทะลายปาล์มสด กิโลกรัมละ 1.50 บาท ราคาของน้ำมันปาล์มดิบ จะอยู่ที่ประมาณกิโลกรัมละ 9.00 บาท การสกัดน้ำมันในขั้นตอนนี้ เริ่มจากทะลายปาล์มสด จนออกมาเป็นน้ำมันปาล์มดิบและกากปาล์มซึ่งสามารถนำไปใช้ทำเป็นอาหารสัตว์หรือปุ๋ย (รูปที่ 2.45–2.54)

ข. degummed palm oil เป็นน้ำมันปาล์มดิบที่เข้าสู่ขั้นตอนทำให้บริสุทธิ์ในขั้นต้น เป็นการกำจัดสิ่งสกปรกเจือปนออกไปด้วยกรดฟอสฟอริค (รูปที่ 2.58) โดยนำกรดฟอสฟอริคผสมน้ำ แล้วเติมลงในน้ำมันปาล์มดิบ กรดฟอสฟอริคจะไปจับกับสารเจือปนที่ไม่ต้องการ ตกลงสู่ก้นถัง จากนั้นจึงทำการถ่ายออกทิ้งแล้วล้างน้ำมันปาล์มด้วยน้ำอีก 2 ครั้งเพื่อไล่กรดออกไป ราคาของ degummed palm oil ขึ้นกับราคาของกรดฟอสฟอริค หากราคาของกรดฟอสฟอริค กิโลกรัมละ 32 บาท ราคาของ degummed palm oil จะอยู่ที่ประมาณ กิโลกรัมละ 9.50 บาท

ค. deacidified palm oil เป็นน้ำมันปาล์มดีกัม นำมาทำการกำจัดกรดไขมันอิสระออกแล้ว เรียกว่ากระบวนการทำให้เป็นกลางโดยใช้สารละลายโซดาไฟ (รูปที่ 2.59) ซึ่งสารละลายโซดาไฟจะทำปฏิกริยากับกรดไขมันอิสระและกรดฟอสฟอริคที่หลงเหลืออยู่ ให้กลายเป็นไขสบู่ แล้วจึงทำการถ่ายออกทิ้งจากนั้นล้างน้ำมันปาล์มด้วยน้ำร้อนหลาย ๆ ครั้ง ก็จะได้น้ำมันปาล์มที่มีกรดไขมันอิสระตามต้องการ ราคาของ deacidified palm oil ขึ้นกับปริมาณกรดไขมันอิสระที่อยู่ในน้ำมันปาล์มดิบ ที่ต้องการกำจัดออกและราคาของโซดาไฟ ในกรณีที่น้ำมันปาล์มดิบมีกรดไขมันอิสระอยู่ 5%

ต้องการลดกรดไขมันอิสระลงเหลือ 2% นั้นคือ ต้องลดกรดไขมันอิสระลง 3% ซึ่งจะทำให้ต้องสูญเสียน้ำมันปาล์มไปประมาณ 4% หากราคาของโซดาไฟ กิโลกรัมละ 25 บาท ราคาของ deacidified palm oil จะอยู่ที่ประมาณ กิโลกรัมละ 10.50 บาท

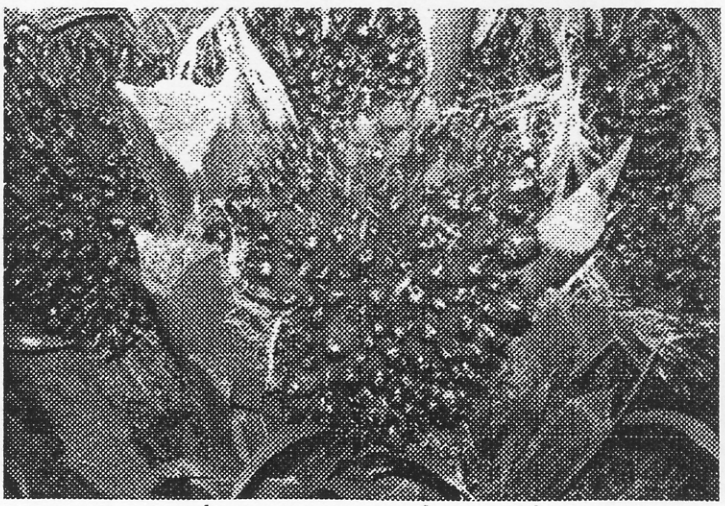
ง. refined palm oil หมายถึงน้ำมันปาล์มที่ผ่านการ ลดกัมและลดกรดแล้วนำมาทำการไล่ความชื้น ฟอกสีและกำจัดกลิ่น (รูปที่ 2.60) น้ำมันปาล์มในขั้นตอนนี้จะมีส่วนประกอบของ refine palm oil olein และ refined palm oil stearin ในอัตราส่วนประมาณ 60/40 ราคาของ refined palm oil จะอยู่ที่ประมาณ กิโลกรัมละ 11.00 บาท

(1) refined palm oil stearin หรือไขสเตียริน หมายถึงน้ำมันส่วนข้นที่แยกเอา refined palm oil olein ออกไปแล้ว (รูปที่ 2.62) จุดหลอมเหลวของ stearin ค่อนข้างสูง อยู่ที่ประมาณ 55^0C

(2) refined palm oil olein หรือน้ำมันปาล์มโอเลอิน หมายถึงน้ำมันส่วนใสที่แยกเอาน้ำมันส่วนข้นออกไปแล้ว (รูปที่ 2.63) เป็นน้ำมันที่ใช้ในการบริโภค เช่นการทอด การผัด เป็นต้น อุณหภูมิจุดหลอมเหลวของน้ำมัน อยู่ที่ประมาณ 17^0C ราคาของน้ำมัน refined palm oil olein อยู่ที่ประมาณ กิโลกรัมละ 18.00 บาท

สำหรับโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มทั่วไป ที่เป็นโรงงานขนาดใหญ่ อาจจะมีราคาของน้ำมันปาล์มในขั้นตอนต่างๆ ที่อาจจะต่ำกว่านี้ เนื่องจากอัตราการผลิตที่สูงกว่าทำให้ต้นทุนต่อหน่วยถูกลง

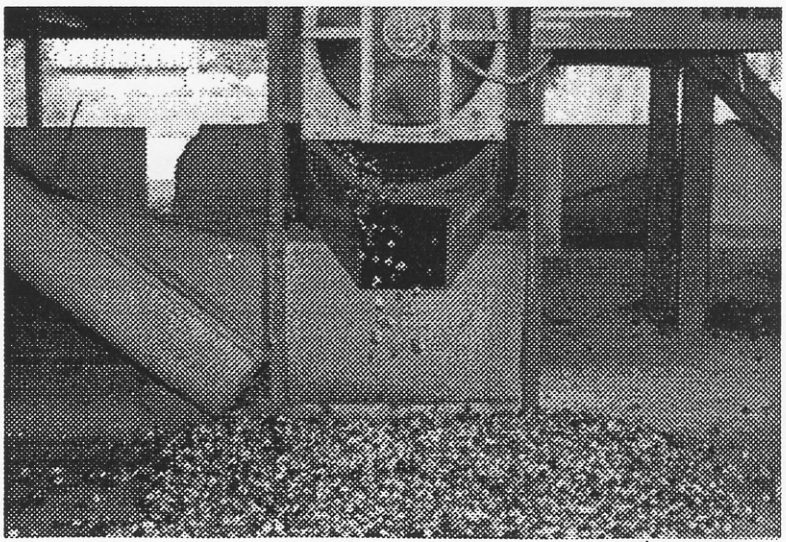
การสกัดจากผลปาล์มไปเป็นน้ำมันปาล์มดิบ



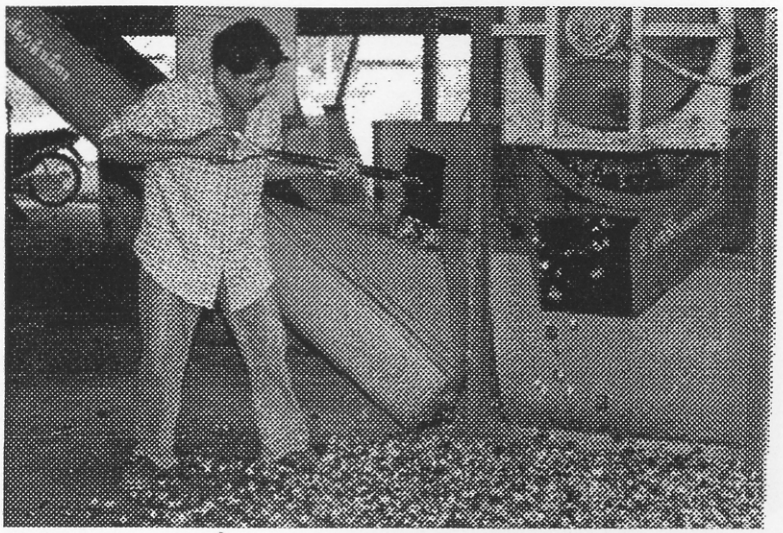
รูปที่ 2.45 ผลปาล์มที่จะเก็บเกี่ยว

รูปที่ 2.46 การสับทะลายปาล์มเป็นช่อกิ่ง

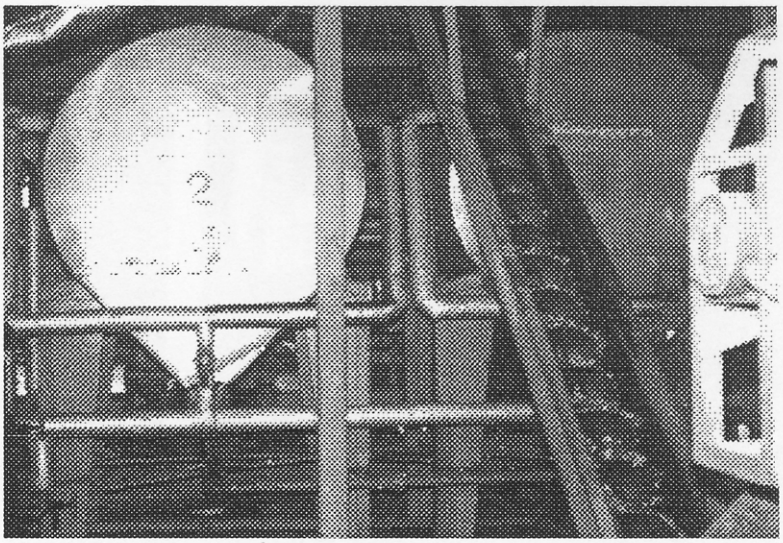
รูปที่ 2.47 การลำเลียงช่อกิ่งด้วยสายพาน



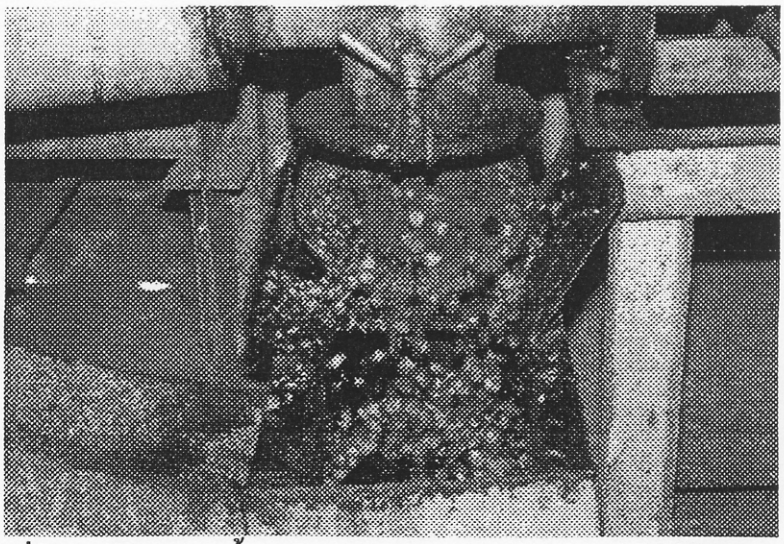
รูปที่ 2.48 การแยกผลปาล์มจากช่อกิ่งและขั้วผล



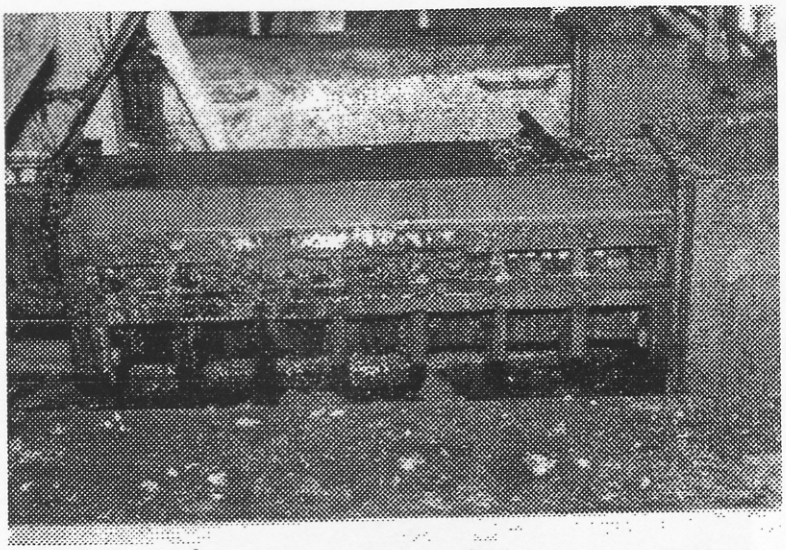
รูปที่ 2.49 การลำเลียงผลปาล์มร่วง



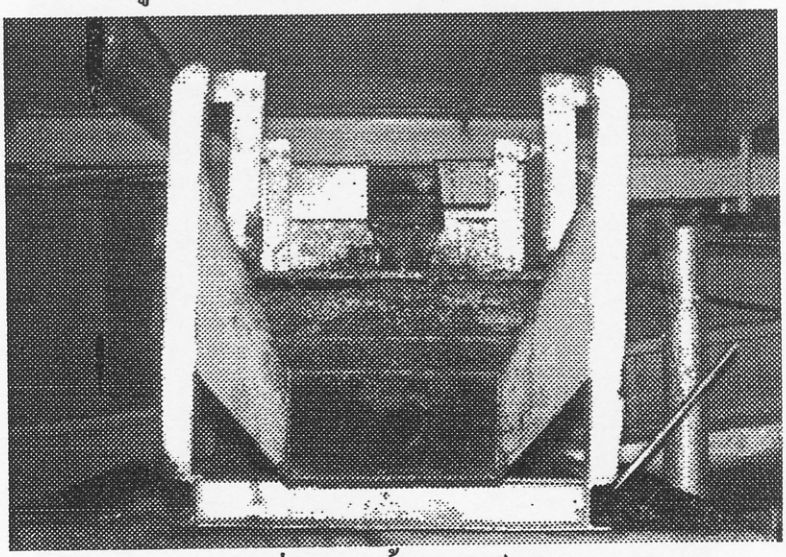
รูปที่ 2.50 การทอดผลปาล์ม



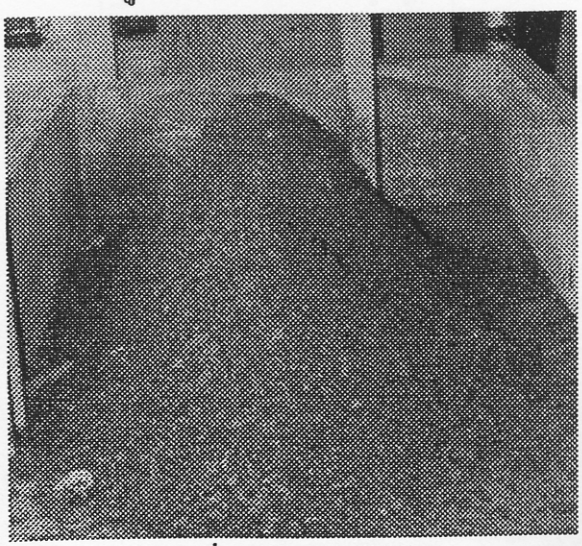
รูปที่ 2.51 การถ่ายน้ำมันปาล์มดิบและผลปาล์มออกจากหม้อทอด



รูปที่ 2.52 การหีบผลปาล์มแบบหีบรวม

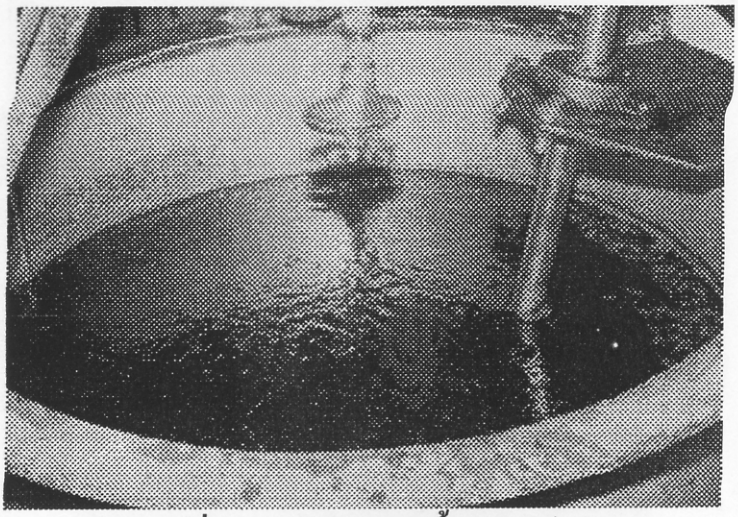


รูปที่ 2.53 น้ำมันปาล์มดิบ

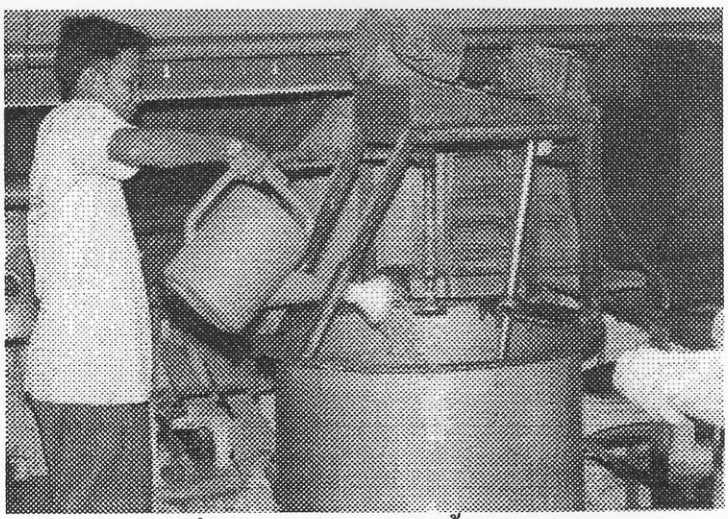


รูปที่ 2.54 กากปาล์ม

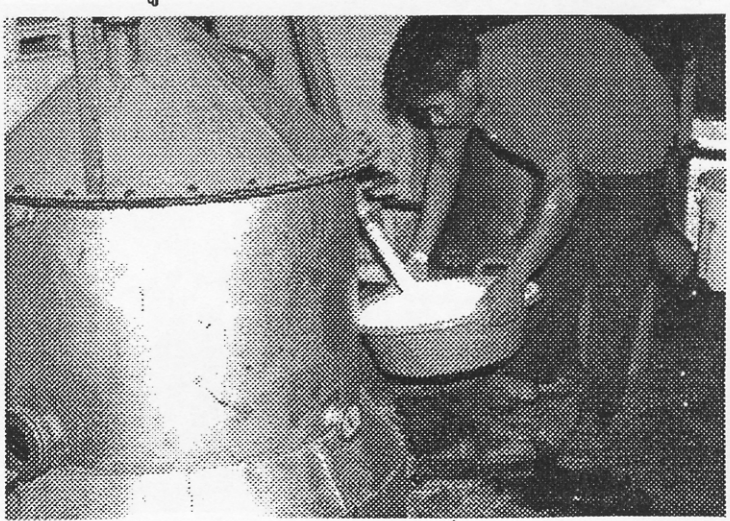
การสกัดน้ำมันปาล์มดิบไปเป็นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ หรือน้ำมันปาล์มโอเลอิน



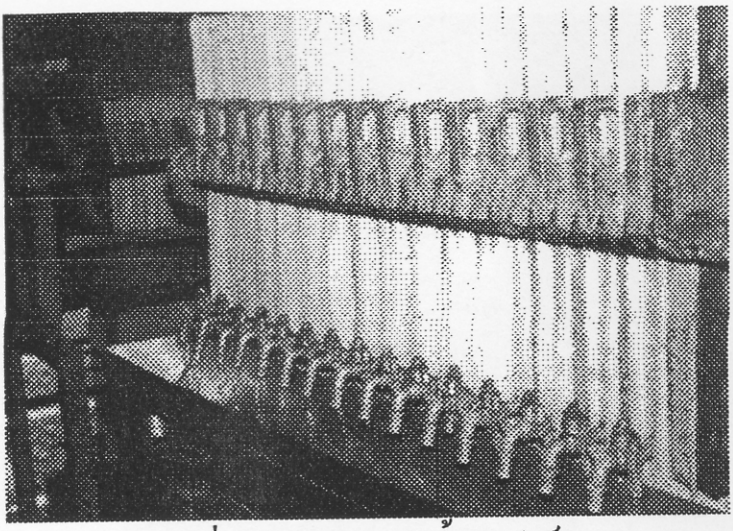
รูปที่ 2.55 การลดกัมน้ำมันปาล์ม



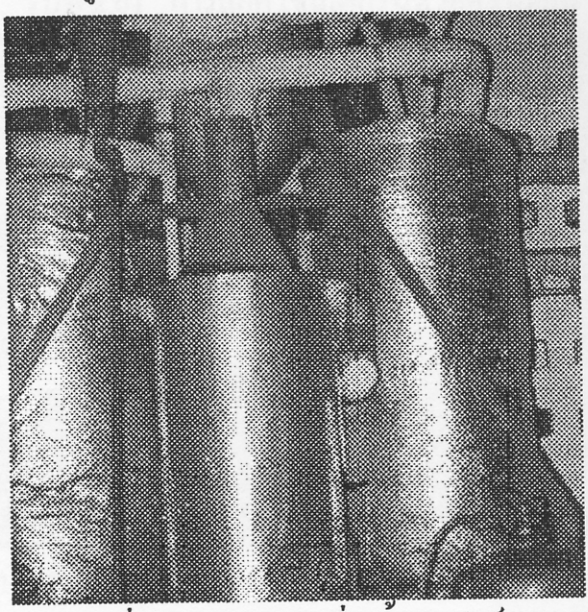
รูปที่ 2.56 การลดกรดน้ำมันปาล์ม



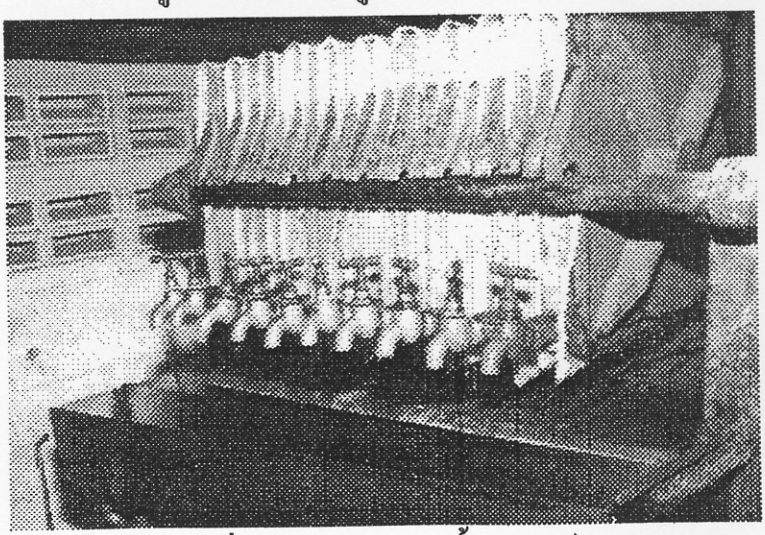
รูปที่ 2.57 การฟอกสีน้ำมันปาล์ม



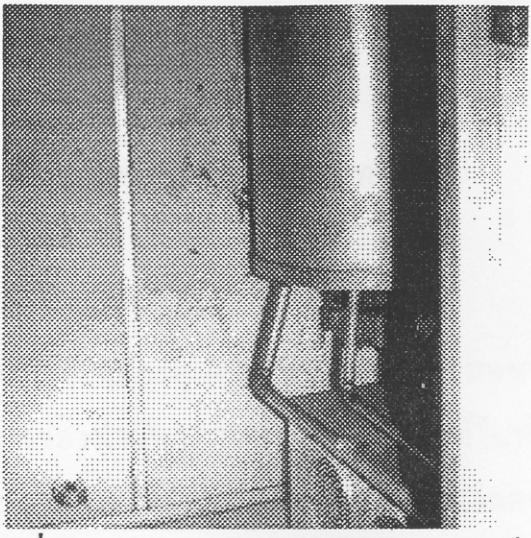
รูปที่ 2.58 การกรองน้ำมันปาล์ม



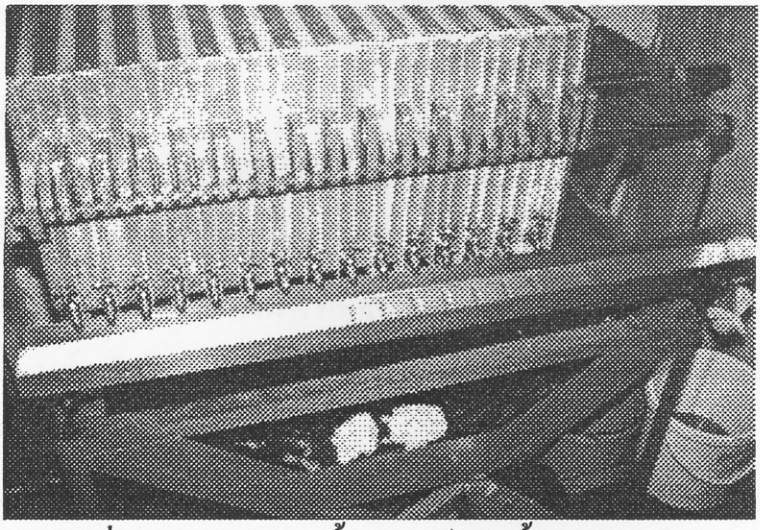
รูปที่ 2.59 การดูดกลิ่นน้ำมันปาล์ม



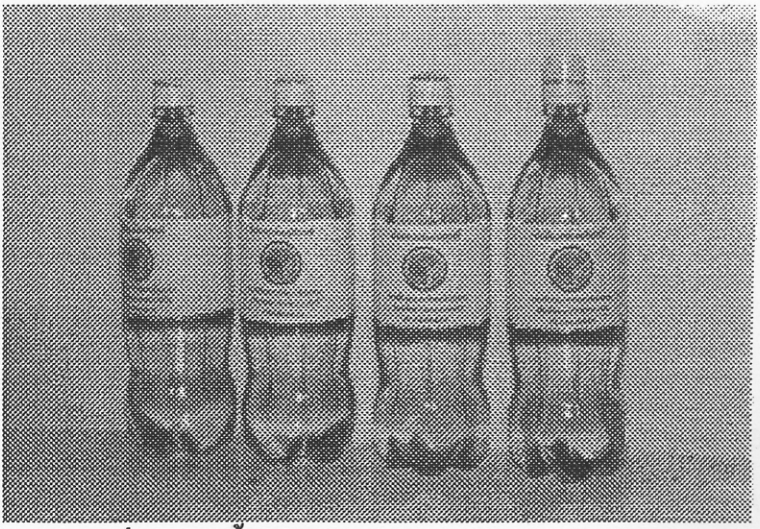
รูปที่ 2.60 การกรองน้ำมันปาล์ม



รูปที่ 2.61 การแยกไขสเตียรินด้วยความเย็น



รูปที่ 2.62 การกรองน้ำมันปาล์มในขั้นตอนสุดท้าย



รูปที่ 2.63 น้ำมันปาล์มโอเลอินใช้ในการบริโภค