หน่วยที่ 7
วัสดุหล่อลื่น

สาระสำคัญ

วัสดุหล่อลื่น หมายถึงวัสดุที่ผลิตขึ้นมาเพื่อจุดประสงค์ในการลดความฝืดและการสึกหรอ ทำให้เครื่องมือ เครื่องจักรกล ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนวัตถุประสงค์รองลงมา คือ ช่วยระบายความร้อนและชะล้างสิ่งสกปรกออกจากบริเวณผิวสัมผัสที่ต้องการหล่อลื่น ลักษณะงานของเครื่องมือเครื่องจักรที่ต้องใช้วัสดุหล่อลื่น เช่น แบริ่ง (Bearing) เฟือง (Gears) ชนิดต่าง ๆ ชิ้นส่วนเครื่องจักรที่มีการเคลื่อนที่ต้องมีวัสดุหล่อลื่นบริเวณผิวสัมผัส

สาระการเรียนรู้

1. น้ำมันหล่อลื่น
2. น้ำมันหล่อลื่นสำหรับเครื่องยนต์
3. น้ำมันเกียร์
4. น้ำมันเกียร์สำหรับรถยนต์
5. น้ำมันไฮดรอลิกส์
6. จาระบี

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายลักษณะและคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นได้
2. อธิบายการนำน้ำมันหล่อลื่นมาใช้กับเครื่องยนต์ได้
3. อธิบายลักษณะและคุณสมบัติของน้ำมันเกียร์ได้
4. อธิบายการนำน้ำมันเกียร์มาใช้กับรถยนต์ได้
5. อธิบายลักษณะ คุณสมบัติและการนำน้ำมันไฮดรอลิกส์มาใช้กับรถยนต์ได้
6. อธิบายลักษณะ คุณสมบัติและการนำจาระบีมาใช้กับรถยนต์ได้
7. มีการพัฒนาคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

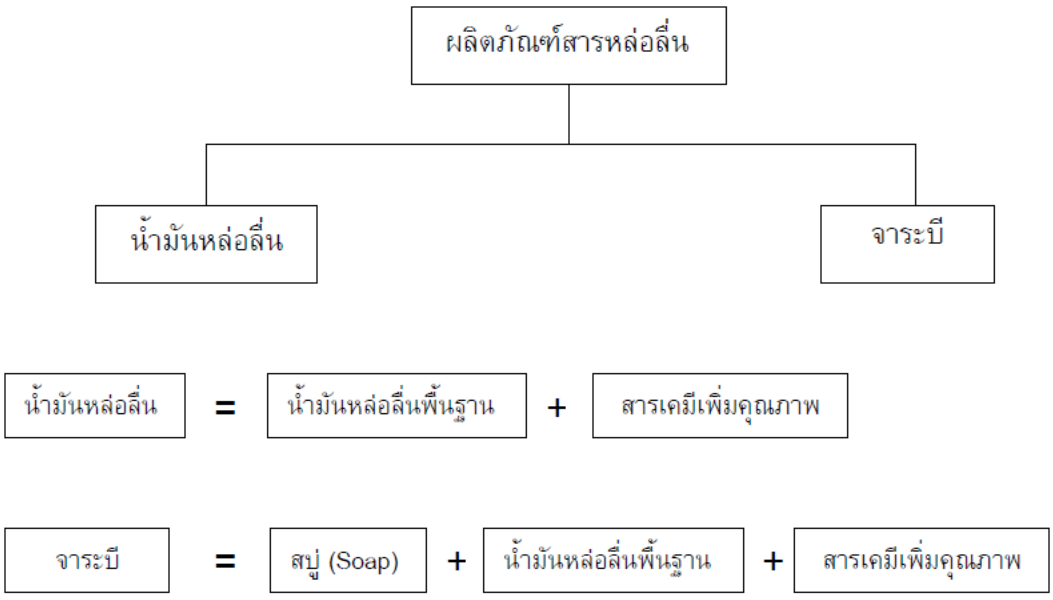
7.1 น้ำมันหล่อลื่น

7.1.1 ส่วนประกอบผลิตภัณฑ์หล่อลื่น

7.1.1.1 ผลิตภัณฑ์หล่อลื่น คือ สารหล่อลื่นที่เข้าไปแทรกเป็นฟิล์มหรือเยื่อบาง ๆ อยู่ระหว่างผิวของวัสดุที่เสียดสีกัน เพื่อลดความฝืดและลดการสึกหรอให้ได้มากที่สุด

7.1.1.2 สารหล่อลื่นที่เป็นของเหลว ซึ่งเรียกว่า น้ำมันหล่อลื่น (Lubrication Oils or Lube Oils) เช่น น้ำมันเครื่อง น้ำมันเกียร์ และน้ำมันเฟืองท้าย เป็นต้น

7.1.1.3 สารหล่อลื่นที่มีลักษณะกึ่งเหลวกึ่งแข็ง ซึ่งได้แก่ จาระบี (Grease) ใช้หล่อลื่นในจุดหรือบริเวณที่ไม่สามารถกักเก็บน้ำมันไว้ได้ เช่น ตลับลูกปืน ล้อ ลูกหมาก หูแหนบ หรือแบริ่งลูกปืนบางชนิด เป็นต้น



ภาพที่ 7.1 แสดงผลิตภัณฑ์วัสดุหล่อลื่น
(ที่มา: http://www.angelfire.com)

7.1.2 น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน

น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานมี 3 ประเภท คือ น้ำมันพื้นฐานจากปิโตรเลียม น้ำมันพื้นฐานสังเคราะห์ และน้ำมันพืช/สัตว์

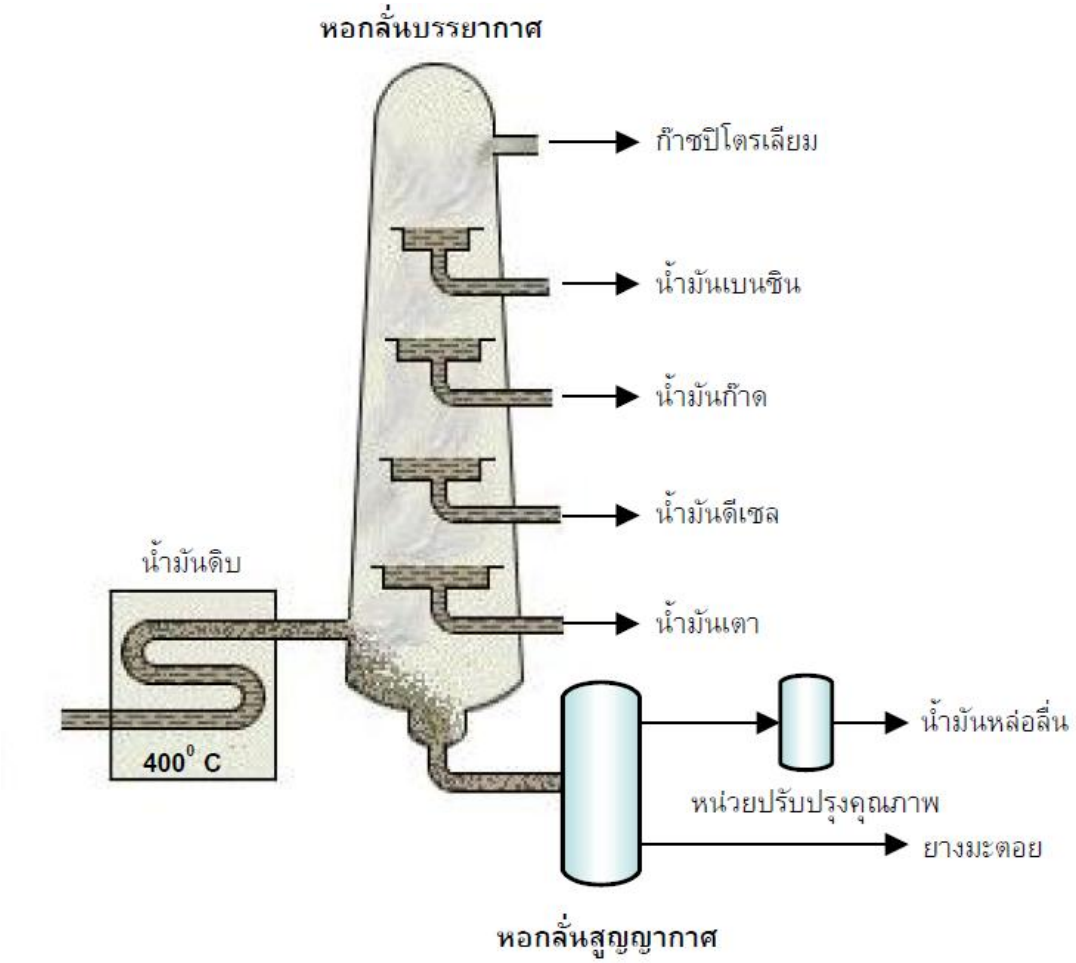
7.1.2.1 น้ำมันพื้นฐานจากปิโตรเลียม (Petroleum Base Oils) เป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุดเนื่องจากหาได้ง่าย คุณภาพดี นอกจากนั้นราคายังถูกอีกด้วย

7.1.2.2 น้ำมันพื้นฐานสังเคราะห์ (Synthetic Base Oils) เป็นน้ำมันที่สังเคราะห์ขึ้นโดยกระบวนการทางเคมี

7.1.2.3 น้ำมันพืช/สัตว์ ในสมัยก่อนได้มีการนำน้ำมันพืช/สัตว์มาใช้งานแต่เนื่องจากมีความคงตัวต่ำ และเสื่อมสลายง่าย ดังนั้นจึงไม่เป็นที่นิยม

7.1.3 การผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากปิโตรเลียม

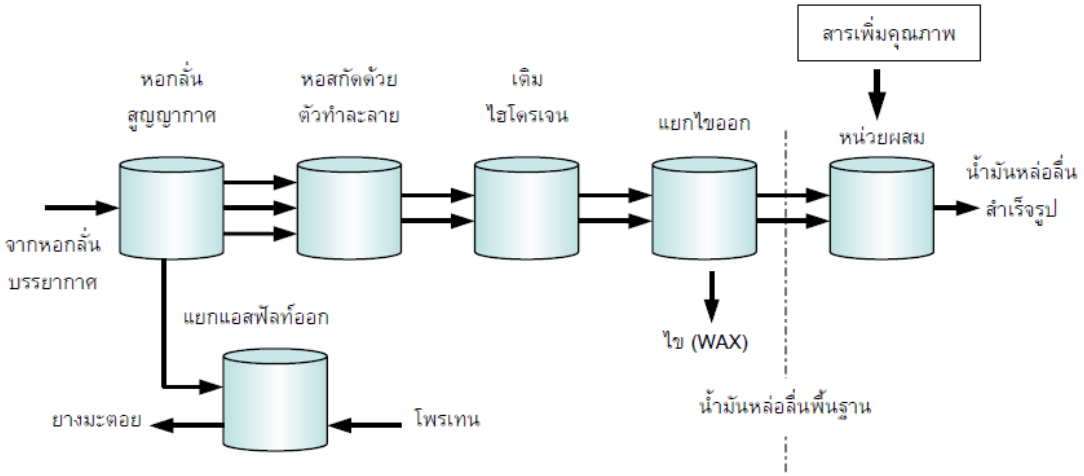
น้ำมันดิบที่ได้จากแหล่งน้ำมันจะถูกส่งเข้าสู่หอกลั่นบรรยากาศ เพื่อแยกเอาส่วนเบาที่เป็นเชื้อเพลิงออกก่อนแล้วจึงถูกส่งมาเข้าสู่หอกลั่นสูญญากาศ ในส่วนของน้ำมันหล่อลื่นจะถูกกลั่นและแยกออกมาด้านล่างของหอกลั่น ซึ่งจะต้องนำมาผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพอีกในขั้นตอนต่อไป



ภาพที่ 7.2 แสดงกระบวนการกลั่นในโรงกลั่นของน้ำมันหล่อลื่น
(ที่มา: http://www.angelfire.com)

7.1.4 การผลิตน้ำมันหล่อลื่น (Lubricating Oil Refining Process)

การผลิตน้ำมันหล่อลื่นแยกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน (Base Oil) ในโรงกลั่น และการผสมน้ำมันพื้นฐานกับสารเคมีเพิ่มคุณภาพ (Additive) เพื่อให้ได้น้ำมันหล่อลื่นสำเร็จรูป ซึ่งมีคุณสมบัติตามที่ต้องการ



ภาพที่ 7.3 แสดงการผลิตน้ำมันหล่อลื่น
(ที่มา: http://www.angelfire.com)

หลังจากนั้นนำมากลั่นอีกครั้งในหอกลั่นสูญญากาศ (Vacuum Tower) ซึ่งจะได้ส่วนที่จะเป็นน้ำมันหล่อลื่น จากนั้นเราจะนำน้ำมันหล่อลื่นมาปรับปรุงคุณภาพโดยการกำจัดสิ่งที่ไม่ต้องการออกโดยผ่านกระบวนการดังต่อไปนี้

7.1.4.1 การสกัดด้วยตัวทำ ละลาย (Solvent Extraction)

7.1.4.2 การแยกไขเทียน (Dewaxing)

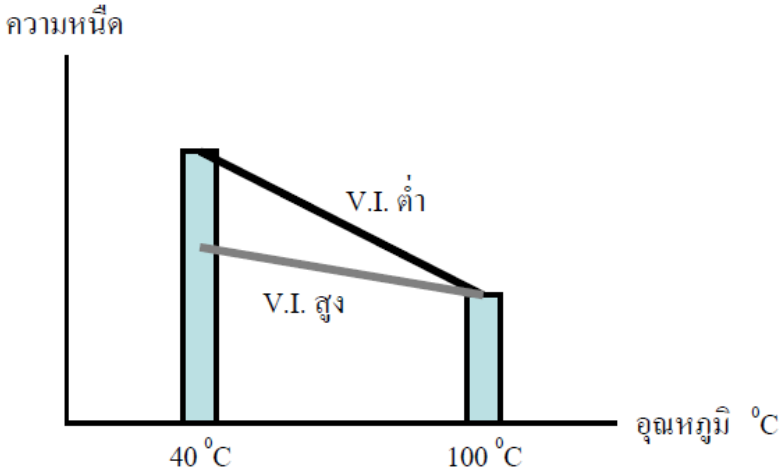
7.1.4.3 การแยกยางมะตอย (Deasphalting)

7.1.4.4 การเติมไฮโดรเจน (Hydrofining)

7.1.5 คุณสมบัติน้ำมันหล่อลื่น

7.1.5.1 ความหนืด (Viscosity) หมายถึง ความข้นใสของน้ำมัน โดยการวัดจะทำที่อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่ง น้ำมันหล่อลื่นที่มีความหนืดต่ำก็จะไหลได้ง่าย

7.1.5.2 ดัชนีความหนืด (Viscosity Index) ดัชนีความหนืด คือ ค่าที่แสดงถึงความสามารถในการต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป น้ำมันที่ค่าความหนืดเปลี่ยนแปลงไปมาก เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แสดงว่าน้ำมันมีค่าดัชนีความหนืดต่ำ (V.I. ต่ำ) น้ำมันที่ค่าความหนืดเปลี่ยนแปลงไปไม่มาก เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แสดงว่า น้ำมันมีค่าดัชนีความหนืดสูง (V.I. สูง)



ภาพที่ 7.4 แสดงดัชนีความหนืดสัมพันธ์กับอุณหภูมิ
(ที่มา: http://www.angelfire.com)

การทำงานของเครื่องยนต์นั้นมีช่วงอุณหภูมิในการทำงานที่เปลี่ยนแปลงมาก ดังนั้นน้ำมันหล่อลื่นที่มีค่าดัชนีความหนืดสูงจะให้ประโยชน์ดังต่อไปนี้

ก) เครื่องยนต์สตาร์ทติดง่ายในขณะที่เครื่องเย็น

ข) การไหลเวียนของระบบส่งน้ำมันหล่อลื่นไหลได้สะดวก

ค) ลดการสึกหรอของชิ้นส่วนเครื่องยนต์เพราะการเคลือบชิ้นส่วนในขณะหล่อลื่นทำได้สมบูรณ์ตามระดับอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป

7.1.5.3 ความต้านทานการรวมตัวกับออกซิเจน (Oxidation Resistance) น้ำมันเป็นส่วนผสมของสารไฮโดรคาร์บอน ดังนั้นจึงมีโอกาสที่จะทำปฏิกิริยารวมตัวกับออกซิเจนในอากาศได้ตลอดเวลา ซึ่งผลก็คือ น้ำมันจะมีลักษณะข้นขึ้นเกิดโคลน หรือตะกอนน้ำมัน (Sludge) ซึ่งอาจทำให้ท่อทางและกรองน้ำมันเครื่องอุดตันได้

7.1.5.4 จุดวาบไฟ (Flash Point) จุดวาบไฟ (Flash Point) หมายถึง อุณหภูมิของน้ำมันที่ได้รับความร้อนจนกลายเป็นไอ และพร้อมที่จะลุกติดไฟได้ เมื่อถูกเปลวไฟ

7.1.5.5 จุดไหลเท (Pour Point) คือ อุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันสามารถไหลได้ เมื่อน้ำมันมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดไหลเทจะทำให้น้ำมันไหลได้ยาก ดังนั้นในการใช้น้ำมันในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำมาก ๆ ต้องใช้น้ำมันที่มีจุดไหลเทต่ำกว่าอุณหภูมิใช้งานปกติ

7.1.6 หน้าที่ของน้ำมันหล่อลื่น

7.1.6.1 หล่อลื่นป้องกันไม่ให้ผิวของโลหะสัมผัสกัน ซึ่งเป็นหน้าที่ที่สำคัญที่สุดของน้ำมันหล่อลื่น

7.1.6.2 ลดความฝืด

7.1.6.3 ระบายความร้อน

7.1.6.4 ป้องกันการสึกหรอ

7.1.6.5 เป็นซีล

7.1.6.6 ป้องกันสนิมและการกัดกร่อน

7.1.6.7 ขจัดคราบสกปรก

7.1.6.8 กระจายคราบสกปรก และสิ่งเจือปนไม่ให้รวมตัวกัน

7.1.7 คุณสมบัติพิเศษของน้ำมันหล่อลื่น

การที่น้ำมันหล่อลื่นจะทำหน้าที่ต่าง ๆ ดังได้กล่าวมาแล้ว แต่ก็จำเป็นต้องมีคุณสมบัติอื่น ๆ ประกอบด้วยดังต่อไปนี้ คือ

7.1.7.1 มีความข้นใสเหมาะสม คือ ไม่ข้นเกินไป และไม่ใสจนเกินไป

7.1.7.2 ไม่เกิดฟองได้ง่าย

7.1.7.3 คงทนต่อความร้อน และต้านทานต่อปฏิกิริยาการรวมตัวกับออกซิเจน

7.1.7.4 รับแรงกดได้สูง

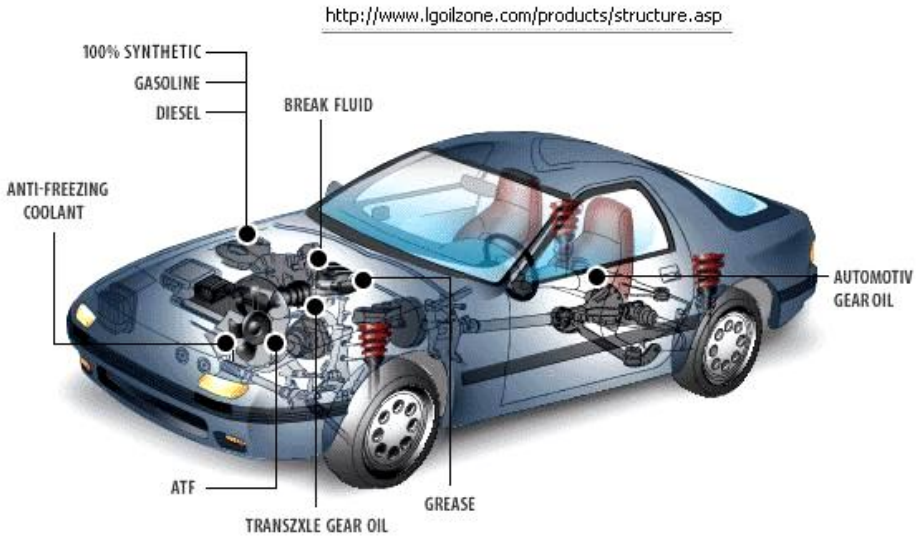
7.1.7.5 มีคุณสมบัติเป็นด่างอย่างอ่อน สามารถปรับสภาพกรดที่เกิดขึ้นจากการใช้งาน

7.1.7.6 มีความสามารถในการชะล้าง และกระจายสิ่งสกปรกไม่ให้รวมตัวกัน

ดังนั้นน้ำมันหล่อลื่นที่ดีนั้นจะต้องมีสารเคมีเพิ่มคุณภาพผสมอยู่ด้วย เพื่อเสริมให้น้ำมันมีคุณภาพสูงขึ้น และทำหน้าที่ต่าง ๆ ได้ครบถ้วน ซึ่งจะมีผลทำให้เครื่องจักร เครื่องยนต์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น

7.2 น้ำมันหล่อลื่นสำหรับเครื่องยนต์

ในชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ ของยานยนต์ที่เคลื่อนไหวเสียดสีกัน เช่น เครื่องยนต์ เกียร์ และเฟืองท้าย เป็นต้น จำเป็นจะต้องมีการหล่อลื่นลดแรงเสียดทาน หรือความฝืด สารหล่อลื่นจะเข้าไปแทรกระหว่างผิวของโลหะที่เสียดสีกันเพื่อลดความเสียดทาน หากการหล่อลื่นไม่ดี นอกจากจะเกิดการสึกหรอแล้ว ยังทำให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่เสียดสีกันมีอุณหภูมิสูง ซึ่งอาจทำให้ผิวโลหะเชื่อมติดเป็นเนื้อเดียวกันได้ ส่งผลให้เกิดความเสียหายกับชิ้นส่วนในยานยนต์ได้

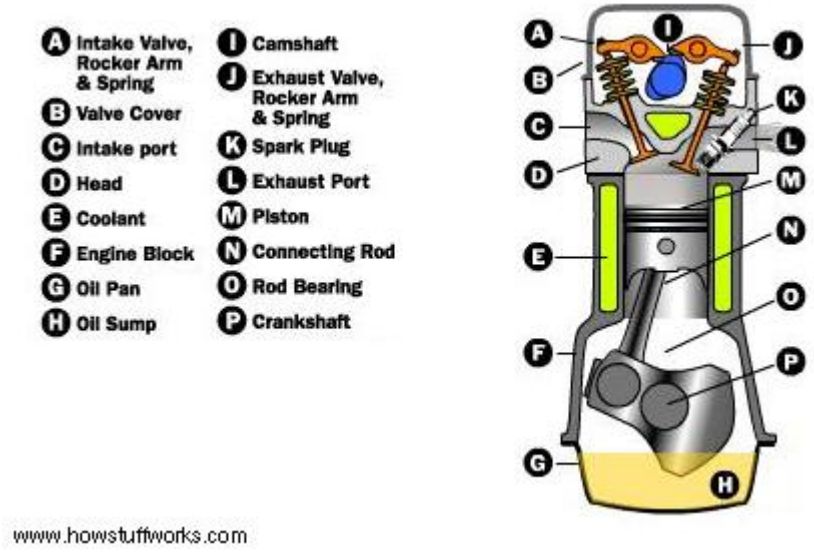


ภาพที่ 7.5 แสดงการหล่อลื่นชิ้นส่วนยานยนต์

(ที่มา: http://www.lgoilzone.com)

7.2.1 น้ำมันเครื่อง (Engine or Crankcase Oils)

น้ำมันเครื่อง หมายถึง น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้กับเครื่องยนต์ ซึ่งมีทั้งเครื่องยนต์เบนซินและดีเซล เพื่อหล่อลื่นชิ้นที่ส่วนเคลื่อนไหวต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ เช่น ลูกสูบ เพลาข้อเหวี่ยง แบริ่ง ลูกเบี้ยว และกระเดื่องกดวาล์ว เป็นต้น



ภาพที่ 7.6 แสดงชิ้นส่วนของเครื่องยนต์
(ที่มา: http://www.howstuffworks.com)

7.2.2 หน้าที่ของน้ำมันเครื่อง

7.2.2.1 คุณสมบัติในการหล่อลื่น
7.2.2.2 คุณสมบัติระบายความร้อน
7.2.2.3 คุณสมบัติในการรักษาความสะอาด
7.2.2.4 คุณสมบัติในการป้องกันสนิมและกัดกร่อน
7.2.2.5 ป้องกันการรั่วซึมของแก๊ส

7.2.3 ส่วนผสมของน้ำมันเครื่อง

สารเพิ่มคุณภาพจะถูกผสมเข้ากับน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานในสัดส่วนที่พอเหมาะ เพื่อให้มีคุณสมบัติอื่น ๆ นอกเหนือไปจากการหล่อลื่นให้เพิ่มขึ้นมา ดังนั้นน้ำมันเครื่องจึงมีหลายชนิดเพื่อให้เหมาะสมกับเครื่องยนต์แต่ละประเภท และการใช้งานที่แตกต่างกัน สารเคมีเพื่อคุณภาพที่ใช้ผสมลงในน้ำมันเครื่อง ได้แก่

7.2.3.1 เพิ่มดัชนีความหนืด (Viscosity Index Imporver)
7.2.3.2 ชะล้างทำ ความสะอาด (Detergent)
7.2.3.3 ป้องกันสนิม และการกัดกร่อน (Rust and Corrosion Inhibitor)
7.2.3.4 ลดการสึกหรอ (Anit-wear)
7.2.3.5 กระจายเขม่าตะกอน (Dispersant)

7.2.3.6 ต้านทานการรวมตัวกับออกซิเจน (Oxidation Inhibitor)

7.2.3.7 ต้านทานการเกิดฟอง (Anti-foam)

7.2.4 การแยกประเภทน้ำมันเครื่อง

การแยกประเภทน้ำมันเครื่องโดยทั่ว ๆ ไปมีมาตรฐานอยู่ 2 ระบบด้วยกันคือ

7.2.4.1 มาตรฐานการแยกตามความหนืด

7.2.4.2 มาตรฐานน้ำมันเครื่องตามสภาพการใช้งาน ได้แก่ มาตรฐานของสถาบันปิโตรเลียมอเมริกัน (American Petroleum Institute : API) มาตรฐานทางทหารของสหรัฐ (MIL Spec.) และของบริษัทรถยนต์

7.2.5 มาตรฐานการแยกน้ำมันเครื่องตามความหนืด

สมาคมวิศวกรยานยนต์ หรือ SAE (Society of Automotive Engineers : SAE) ได้ตั้งมาตรฐานระบบความหนืดน้ำมันเครื่อง (SAE J 300 DEC .83) ดังแสดงในตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 แสดงเบอร์น้ำมันเครื่องตามมาตรฐาน SAE

เบอร์ SAE	ความหนืด CP	ความหนืด cSt ที่ 100°C	
	สูงสุดที่อุณหภูมิ °C	ต่ำสุด	สูงสุด
0 W	3,250 ที่ –30	3.8	-
5W	3,500 ที่ –25	3.8	-
10W	3,500 ที่ –20	4.1	-
15W	3,500 ที่ –15	5.6	-
20W	4,500 ที่ –10	5.6	-
25W	6,000 ที่ –5	9.3	-
	ความหนืด SUS ที่ 210 °F		
20	45-58	5.6	ต่ำกว่า 9.3
30	58-70	9.3	ต่ำกว่า 12.5
40	70-85	12.5	ต่ำกว่า 16.3
50	85-110	16.3	ต่ำกว่า 21.9

ที่มา: บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)

หมายเหตุ : 1. cP = Centipoise = cSt x ความหนาแน่นของน้ำมัน

2. เบอร์ที่ตามด้วย W เป็นน้ำมันเครื่องเขตหนาว (Winter)

3. ในประเทศไทยใช้น้ำมัน SAE 30, 40 , 50

4. น้ำมัน SAE 10 ใช้กับระบบไฮดรอลิกส์

SUS ที่ 210 ^{0}F ไม่ใช้เป็นมาตรฐานแล้ว แต่แสดงไว้เพื่อเปรียบเทียบ จึงเห็นได้ว่า เมื่อกล่าวถึงความหนืดน้ำมันเครื่อง เรานิยมเรียกเป็นเบอร์ เช่นเบอร์ 40, 50 แต่เบอร์น้ำมันจะบอกได้แต่เพียงช่วงความหนืดเท่านั้น ไม่ได้บ่งบอกถึงระดับการใช้งาน

เบอร์น้ำมันเครื่องมีความสำคัญไม่น้อยกว่าคุณภาพของน้ำมัน เพราะว่าเบอร์น้ำมันจะบอกถึงความข้นใสหรือความหนืด (VISCOSITY) ของน้ำมันเครื่องชนิดนั้น เช่น น้ำมันเบอร์ 40, 50, 60, 90 , 140 และเบอร์ 15W – 40, 20W – 50 น้ำมันที่มีเบอร์ต่ำจะใสหรือมีความหนืดน้อยกว่าน้ำมันที่มีเบอร์สูงในการกำหนดเบอร์ของน้ำมันหล่อลื่น SAE ได้เป็นผู้กำหนดมาตรฐานการวัดความข้นใสของน้ำมันหล่อลื่น โดยใช้เครื่องมือการทดสอบวัดความข้นใสของน้ำมันเครื่อง และได้แบ่งเบอร์น้ำมันออกเป็น 2 เกรด

7.2.5.1 น้ำมันเกรดธรรมดา (SINGLE GRADE) เช่น เบอร์ 10W, 30, 40, 50, 90, 140

7.2.5.2 น้ำมันเกรดรวม (MULTIGRADE) เช่น เบอร์ 15W –40, 15W –50, 20W - 50

7.2.6 มาตรฐานน้ำมันเครื่องตามสภาพการใช้งาน

7.2.6.1 มาตรฐานน้ำมันเครื่อง API (American Petroleum Institute) สถาบันปิโตรเลียมแห่งอเมริกา ได้กำหนดไว้ดังนี้

ก) มาตรฐานน้ำมันเครื่องสำหรับเครื่องยนต์เบนซินใช้อักษร S (Service Station) ได้แก่ SF, SH, SJ และ SL เป็นต้น

ข) มาตรฐานน้ำมันเครื่องสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล ใช้อักษร C (Commercial หรือ Compression) ได้แก่ CC, CD, CF, CE, CF-4, CG-4 และ CH-4 เป็นต้น ในปัจจุบันที่ประกาศออกใช้ในปี 2542 สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล 2 จังหวะ มาตรฐานที่ใช้คือ CD-2 และ CF-2

7.2.6.2 มาตรฐานทางทหารสหรัฐฯ (US.Military Specification หรือ MIL-L Spec.)

ก) MIL-L-2104 เป็นมาตรฐานสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลทั้ง 4 จังหวะ และ 2 จังหวะ และสามารถใช้ได้กับเครื่องยนต์เบนซินได้ด้วย ปัจจุบันที่ใช้กันอยู่ คือ MIL-L-2104 D (CD/SF) , MIL-L-2104(CE/SG), MIL-L-2014 F (CF-4/SG) และ MIL-PRF-2104 G

ข) MIL-L-46152 เป็นมาตรฐานสำหรับเครื่องยนต์เบนซิน ซึ่งสามารถใช้ได้กับเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะได้ด้วยปัจจุบันที่ใช้กันอยู่ คือ MIL-L-46152 E (SG/CD)

7.2.6.3 มาตรฐาน CCMC ของยุโรป (Committee of Common Market Constructors)

ก) เครื่องยนต์เบนซิน : CCMC (G1), (G2), (G3), (G4), (G5)

ข) เครื่องยนต์ดีเซลงานเบา : CCMC (D1), (D2), (D3), (D4), (D5)

ค) เครื่องยนต์ดีเซลใช้กับรถยนต์นั่ง (Passenger Diesel) : (PD-1), (PD-2)

มาตรฐานนี้ได้ถูกยกเลิกไปแล้ว โดยมีมาตรฐานใหม่ คือ ACEA เข้ามาแทน

7.2.6.4 มาตรฐาน ACEA ของยุโรป (Constructeurs Europeens d' Automobil d' Automobile)

ก) เครื่องยนต์เบนซิน : ACEA A1, A2, A3 เทียบเท่า API SJ

ข) เครื่องยนต์ดีเซลงานเบา : ACEA B1, B2, B3, B4

ค) เครื่องยนต์ดีเซลงานหนัก : ACEA E1, E2, E3, E4, E5

7.2.6.5 มาตรฐานของบริษัทผู้ผลิตยานยนต์ (Manufacturers)

ก) สำหรับเครื่องยนต์เบนซิน : VW 500.00, VW 501.01, VW 502.02, DB 229.1, ILSAC (GF-1), GF-2, GF-3

ข) สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล : DB 227.0/1 , DB228.0/1 , DB 228.2/3 , DB 228.5, DB 229.1 , VW 505.00, MAN 270, 271 , MAN M 3275, MAN M 3277 , VOLVO VDS , VOLVO VDS-2 , MACK EO-K/2 , MACK EO-L , MACK E0-M , SCANIA LDF , MTL 5044 TYPE 1,2,3 RVI E2, RVI E2R, RVI E3, RVI E3R, RVI RLD

ตารางที่ 7.2 แสดงมาตรฐานน้ำมันเครื่อง

สถาบัน	**เครื่องยนต์เบนซิน**	**เครื่องยนต์ดีเซล**	
API	(SA, SB, CC) (SF) (SG) SH SJ SL	(CA, CB, CC) (CD, CD-II), CF, CF-2 (CE) CF-4 CG-4 CH-4	
API มาตรฐานที่ใช้แทนกันได้	(SG/CD) SJ/CF	(CC/SC, CC/SD,CC/SF) (CD/SE, CD/SF, CD/SG) CF/SF CF-4/SG CH-4/SJ	
US MILITARY	MIL-L-46152 E	MIL-L-2104 D (CD/SF) MIL-L-2104 E (CE/SG) MIL-L-2104 F (CF-4/SG) MIL-PRF-2104G	
CCMG	(G-1, G-2, G-3) (G-4) (G-5)	**รถเก๋ง** (PD-1) (PD-2)	**รถบรรทุก** (D1, D2, D3) (D-4, D-5)
ACEA	A1-96, A2-96, A3-96 A1-98, A2-96 Issue 2 A3-98	**งานเบา** B1-96, B2-96, B3-96 B1-98, B2-98, B3-98 B4-98	**งานหนัก** E1-96, E2-96, E3-96 E1-96 Issue 2 E2-96 Issue 2 E3-96 Issue 2 E4-98, E5-99

ตารางที่ 7.2 (ต่อ)

สถาบัน	เครื่องยนต์เบนซิน	เครื่องยนต์ดีเซล
MANUFACTURERS	VW 500.00	MACK EO-K/2, EO-L, EO-M
	VW 501.01	MAN 270, 271, M3275, M3277
	VW 502.00	DB 227.01/1, 228.0/1, 228.2/3
	DB 229.1	DB 228.5, 229.1
	(ILSAC GF-1)	MTL 5044 Type 1, Type 2, Type 3
	ILSAC GF-2	RVI E2, E2R, E3, E3R, RLD
	ILSAC GF-3	SCANIA LDF
	VOLVO	VDS, VDS-2
	VW	505.00

ที่มา: บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)

ACEA = Association des Constructeurs Europeens d' Automobil ได้ก่อตั้งเมื่อปี 1991 เพื่อทดแทนมาตรฐาน CCMC

ILSAC = International Lubricant Standardization and Approval Committee (สมาคมผู้ผลิตรถยนต์อเมริกันและญี่ปุ่น)

7.2.7 สาเหตุที่ต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง

ในขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน สิ่งสกปรกจะเกิดขึ้นตลอดเวลา น้ำมันเครื่องที่ดีจะต้องรวบรวมสิ่งสกปรกต่าง ๆ เข้ามาไว้ในตัวของน้ำมัน ซึ่งสิ่งสกปรกเหล่านี้จะทำ ให้น้ำมันเสื่อมคุณภาพไปเรื่อย ๆ จนไม่สามารถจะทำการหล่อลื่นได้ดี จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง และถึงแม้ว่าจะใช้น้ำมันเครื่องที่มีคุณภาพสูงเท่าไรก็ตาม ก็ยังต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องเมื่อถึงกำหนดเวลาด้วย

7.2.8 สาเหตุทำให้น้ำมันเครื่องสกปรก

7.2.8.1 ฝุ่นละออง ฝุ่นผงต่าง ๆ อาจจะเล็ดลอดเข้าไปในเครื่องยนต์ได้ ซึ่งเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้น้ำมันเครื่องสกปรก

7.2.8.2 เขม่า เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ในเครื่องยนต์ดีเซลจะมีเขม่าเกิดขึ้นมากกว่าเครื่องยนต์เบนซิน

7.2.8.3 น้ำ เมื่อเกิดการสันดาปขึ้น จะทำให้มีไอน้ำเกิดขึ้นซึ่งเมื่อเครื่องยนต์เกิดความร้อนไอน้ำจะผ่านออกไปทางท่อไอเสีย ในขณะที่อากาศเย็นไอน้ำจะกลั่นตัวเป็นน้ำสะสมอยู่จนกลายเป็นตะกอนเหนียว ความหนืดของน้ำมันก็จะสูงขึ้นนอกจากนี้ยังทำให้เกิดสนิมได้อีกด้วย

7.2.8.4 กรด เมื่อเกิดการเผาไหม้จะทำ ให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_2, SO_3) ซึ่งเมื่อรวมตัวกับน้ำกัดกร่อนผิวโลหะ

7.2.8.5 น้ำมันเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไม่หมด น้ำมันเชื้อเพลิงในส่วนที่ไม่เผาไหม้จะซึมผ่านแหวนลูกสูบลงไปยังอ่างน้ำมันเครื่องทำให้น้ำมันเครื่องใสลง

7.2.8.6 เศษโลหะ เมื่อน้ำมันเครื่องถูกส่งไปหล่อลื่นยังส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์เศษ

โลหะเหล่านี้ก็ขีดข่วนผิวโลหะต่าง ๆ ให้สึกหรอมากขึ้น

7.2.8.7 การสลายตัวของน้ำมัน และสารเพิ่มคุณภาพ ในภาวะอุณหภูมิสูงออกซิเจนจะรวมตัวกับน้ำมันได้ง่าย ทำให้น้ำมันเปลี่ยนสภาพเป็นตะกอน และคราบยางเหนียว มีความเป็นกรดกัดกร่อนเนื้อโลหะได้

7.2.9 ระยะเวลาที่ควรเปลี่ยนน้ำมันเครื่อง

ผู้ใช้ควรปฏิบัติตามหนังสือคู่มือในการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องสำหรับเครื่องยนต์ที่ทำงานตามสภาพการใช้งานตามปกติ แต่เนื่องจากยานยนต์ในปัจจุบันนี้มีสภาพการทำงานหนักมาก ซึ่งมีผลทำให้กำหนดเวลาการเปลี่ยนถ่ายอาจลดลงได้ถึง 50% แต่โดยทั่วไปน้ำมันเครื่องมาตรฐานสูงย่อมใช้งานได้นานกว่าน้ำมันเครื่องมาตรฐานต่ำ

ตามปกติรถยนต์ที่ใช้อยู่ในกรุงเทพฯ ถ้าเป็นเครื่องยนต์เบนซินควรจะเปลี่ยนน้ำมันเครื่องทุกระยะ 3,000 กม. หรือเดือนละครั้ง ส่วนรถบรรทุกสินค้าที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลควรจะเปลี่ยนน้ำมันเครื่องทุกระยะ 4,000 – 5,000 กม. ระยะเวลาในการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องนี้ไม่มีกฎเกณฑ์ที่ยึดถือเป็นหลักแน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งาน คุณภาพของน้ำมันเครื่องที่ใช้และสภาพของเครื่องยนต์ด้วย

7.2.10 การเลือกใช้น้ำมันเครื่อง

การเลือกใช้น้ำมันเครื่องให้ได้ผลดีที่สุดสำหรับเครื่องยนต์ ซึ่งควรยึดหลักปฏิบัติดังนี้

7.2.10.1 เลือกใช้น้ำมันที่มีคุณภาพตามที่บริษัทผู้ผลิตรถยนต์ได้แนะนำไว้ในหนังสือคู่มือ

7.2.10.2 ควรเปลี่ยนน้ำมันเครื่องตามความเหมาะสมกับสภาพเครื่อง และการใช้งาน

7.2.10.3 เลือกใช้น้ำมันเครื่องที่มีค่าความหนืดเหมาะสมตามที่บริษัทผู้ผลิตเครื่องยนต์แนะนำ

7.2.10.4 ควรเป่าทำความสะอาดไส้กรองอากาศบ่อย ๆ หรือเดือนละครั้ง

7.2.10.5 ไส้กรองน้ำมันเครื่องควรเปลี่ยนตามกำหนดระยะเวลา

7.2.10.6 ควรบำรุงรักษาเครื่องยนต์ให้อยู่ในสภาพดีอยู่เสมอ

ภาพที่ 7.7 แสดงตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นสำหรับเครื่องยนต์
(ที่มา: http://www.bsact.co.th)

7.3 น้ำมันเกียร์

7.3.1 ชนิดของน้ำมันเกียร์

ปัจจุบันน้ำมันเกียร์ ที่ใช้กันในปัจจุบัน แบ่งออก ได้ 3 ชนิด ใหญ่ ๆ ดังนี้

7.3.1.1 น้ำมันเกียร์สำหรับงานเบา เกียร์ที่รับโหลดน้อยและใช้ความเร็วรอบสูง ซึ่งหน้าที่สำคัญของน้ำมันเกียร์ในงานนี้ คือ ระบายความร้อน ดังนั้นจึงนิยมใช้น้ำมันที่ใสกว่าปกติ เช่น เบอร์ 68 หรือ เบอร์ 100 น้ำมันที่ใช้หล่อลื่นเกียร์สำหรับงานเบา สามารถใช้น้ำมันเทอร์ไบน์หรือน้ำมันไฮดรอลิกส์แทนน้ำมันเกียร์ได้

7.3.1.2 น้ำมันเกียร์สำหรับงานปานกลางจนถึงงานหนัก เกียร์ที่ต้องทำงานภายใต้แรงกดสูงตลอดเวลา ชุดเกียร์มีแนวโน้มที่จะเกิดการสึกหรอได้ง่าย น้ำมันที่ใช้จะต้องมีความหนืดมากพอที่จะรักษาสภาพของฟิล์มน้ำมันได้ น้ำมันเกียร์ประเภทนี้ยังต้องการสารรับแรงกดสูง เพื่อช่วยในการหล่อลื่นและป้องกันการสึกที่เกิดจากแรงกด แรงสไลด์ หรือ จากการกระแทก

7.3.1.3 น้ำมันเกียร์สังเคราะห์ นิยมใช้หล่อลื่นชุดเกียร์ที่ต้องทำงานภายใต้สภาวะที่รุนแรงกว่าปกติ เนื่องจากน้ำมันแร่ธรรมดาไม่สามารถรองรับการทำงานได้ ทำให้น้ำมันเกิดการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วและชุดเกียร์เกิดการสึกหรอ การใช้น้ำมันเกียร์สังเคราะห์จะช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ โดยทั่วไปน้ำมันสังเคราะห์จะเหมาะกับ ชุดเกียร์ที่ต้องรับโหลดสูงเป็นพิเศษ อุณหภูมิของการทำงานสูงกว่าปกติ และเพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของให้ยาวนานขึ้น น้ำมันสังเคราะห์ที่นำมาผลิตเป็นน้ำมันเกียร์ ส่วนใหญ่จะเป็นสารสังเคราะห์ที่เรียกว่า Polyalkylene Glycols หรือเรียกสั้น ๆ ว่า PAG เนื่องจากมีคุณสมบัติที่โดดเด่นและเหนือกว่าน้ำมันสังเคราะห์ชนิดอื่น ๆ ดังนี้

ก) ด้านการหล่อลื่น PAG มีฟิล์มน้ำมันที่แข็งแกร่งไม่สลายตัว เมื่อได้รับความร้อนหรือโหลด ช่วยให้หล่อลื่นเกียร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข) ค่าดัชนีความหนืดสูง (Extra High Viscosity Index) PAG มีค่าดัชนีความหนืดสูงกว่า 200 เมื่อเทียบกับน้ำมันแร่ที่มีค่าดัชนีความหนืดอยู่ที่ 100 หรือ น้ำมันสังเคราะห์ชนิดอื่น ๆ เช่น PAO ที่มีดัชนีชนิดความหนืดน้อยกว่า 150 ช่วยให้น้ำมันสามารถรักษาความหนืดได้คงที่ตลอดช่วงอุณหภูมิการใช้งาน และฟิล์มน้ำมันยังมีความหนาพอที่จะแยกผิวสัมผัสของเกียร์ออกจากกัน

ค) ค่าความคงตัวสูง (Thermal & Oxidation Stability) PAG ทนต่อความร้อนและต้านทานการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดนชันได้อย่างดีเยี่ยม ทำให้อายุการใช้งานนานกว่า สารที่เกิดจากการเสื่อมสภาพของ PAG จะเปลี่ยนเป็นสารประกอบที่ละลายในตัวมันเองได้ ดังนั้นการใช้ PAG เป็นน้ำมันเกียร์จะช่วยให้ชุดเกียร์สะอาดและช่วยให้ระบายความร้อนได้ดียิ่ง เนื่องจากการเสื่อมสภาพของ PAG ไม่ทิ้งคราบเขม่าหรือคราบยางเหนียวในระบบ ผิดกับน้ำมันแร่หรือน้ำมันสังเคราะห์บางชนิดเมื่อเกิดการเสื่อมสภาพ สารประกอบที่เกิดขึ้นจะไม่ละลายในตัวมันเองและจะแยกตัวออกมา ทำให้มีคราบเขม่าหรือคราบยางเหนียวในระบบ

7.3.2 หน้าที่ของน้ำมันเกียร์

โดยทั่วไปแล้วการเลือกใช้น้ำมันเกียร์ ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน จะช่วยยืดอายุการให้งานของชิ้นส่วนเครื่องมือ เครื่องจักรนั้น ๆ อีกทั้งช่วยลดค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนใน

การผลิตและบำรุงรักษาอีกด้วย ทั้งนี้เราควรต้องศึกษาถึงความจำเป็นที่ต้องเลือกใช้น้ำมันเกียร์ในเกรดที่ถูกต้องกับลักษณะงาน โดยคำนึงคุณสมบัติและหน้าที่หลักของน้ำมันเกียร์ว่ามีหน้าที่อะไรบ้าง ดังต่อไปนี้

7.3.2.1 ป้องกันการสึกหรอของชุดเกียร์ ในขณะที่ขบกันจะเกิดแรงกระทำที่หน้าสัมผัสของฟันเกียร์ทั้งแนวตั้งฉากและด้านข้าง การเสียดสีย่อมเกิดการสึกหรอและเสียหายได้ น้ำมันเกียร์ที่ใช้จะต้องมีฟิล์มที่แข็งแกร่ง และสารรับแรงกดที่ทำหน้าที่ลดแรงเสียดทานและป้องกันการเสียดสีระหว่างผิวสัมผัสของเกียร์เพื่อป้องกันการสึกหรอตลอดสภาวะการทำงาน

7.3.2.2 ระบายความร้อน ในการหล่อลื่นชุดเกียร์พบว่ามีปริมาณน้ำมันเพียง 2% ของน้ำมันในอ่างทั้งหมดที่ทำหน้าที่หล่อลื่นระหว่างฟันเกียร์ ส่วน 98% ที่เหลือทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการระบายความร้อน ในแต่ละครั้งที่ฟันเกียร์ขบกันแรงกดระหว่างฟันเกียร์จะทำให้เกิดความร้อนสะสมจนถึงจุดหนึ่งที่อุณหภูมิของของชุดเกียร์คงที่นั้นคือจุดที่ความร้อนที่เกิดจากการเสียดสีที่เกิดขึ้นเท่ากับความร้อนที่น้ำมันระบายให้กับอากาศหรือระบบหล่อเย็น ในกรณีที่น้ำมันเกียร์ไม่สามารถถ่ายเทความร้อนจากชุดเกียร์ไปยังระบบหล่อเย็นได้ จะทำให้อุณหภูมิของชุดเกียร์สูงกว่าปกติ

7.3.2.3 ป้องกันสนิมและกำจัดสิ่งสกปรกออกจากระบบ น้ำมันเกียร์ช่วยป้องกันสนิมโดยทำหน้าที่เคลือบผิวโลหะ เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศและน้ำมีโอกาสทำปฏิกิริยากับโลหะ ในขณะเดียวกันน้ำหรือสารแปลกปลอมอื่น ๆ เช่นเศษโลหะ หรือฝุ่นละอองจะถูกแขวนลอยในน้ำมันเกียร์และกำจัดออกจากระบบโดยไส้กรองหรือเกิดการแยกตัวในอ่างน้ำมัน

ภาพที่ 7.8 แสดงผลิตภัณฑ์น้ำมันเกียร์ในงานอุตสาหกรรม
(ที่มา: http://www.bsact.co.th)

7.3.3 การเลือกใช้น้ำมันเกียร์

การเลือกใช้น้ำมันเกียร์ที่ถูกต้องช่วยให้การทำงานของเกียร์สม่ำเสมอและได้ประสิทธิภาพสูงสุด การใช้น้ำมันเกียร์ไม่ถูกต้อง หรือคุณภาพต่ำจะทำให้เกียร์เกิดการสึกหรอ สั่น มีเสียงดัง สูญเสียกำลัง หรือเกิดความเสียหายในที่สุด มีหลายปัจจัยที่ใช้พิจารณาก่อนการตัดสินใจเลือกใช้น้ำมันเกียร์

7.3.3.1 อุณหภูมิเริ่มต้นก่อนการทำงานจนถึงอุณหภูมิสูงสุดที่เกียร์ทำงาน

7.3.3.2 ชนิดของเกียร์ เช่น เฟืองไฮปอยด์ เฟืองเดือยหมู หรือ เฟืองดอกจอก

7.3.3.3 วัสดุที่ใช้ทำเกียร์

7.3.3.4 ลักษณะของโหลดที่กระทำกับชุดเกียร์ เช่น โหลดเป็นลักษณะต่อเนื่อง หรือเป็นจังหวะของรอบการทำงาน หรือลักษณะกระแทก (Shock Load)

7.4 น้ำมันเกียร์สำหรับรถยนต์

7.4.1 หน้าที่ของน้ำมันเกียร์ (Gear Oil)

การทำงานของเกียร์ คือ ฟันเฟืองของเกียร์จะขบกันซึ่งเป็นการถ่ายทอดกำลัง การขบกันของเกียร์นั้นก็คือการสัมผัสกันระหว่างฟันเฟือง ส่งผลให้เกิดความร้อนและอาจจะเกิดการสึกหรอขึ้นได้ ดังนั้นน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในระบบส่งกำลังรถยนต์จึงทำหน้าที่ที่สำคัญดังต่อไปนี้ คือ

7.4.1.1 ลดเสียงดังอันเกิดจากการขบกันของเฟือง

7.4.1.2 ลดการสั่นสะเทือนหรือแรงกระแทกของเฟือง

7.4.1.3 ลดการสึกหรอของเฟืองให้น้อยที่สุด

7.4.1.4 รักษาสภาพของเฟือง และกำลังความแข็งแรงให้คงที่ตลอดเวลา

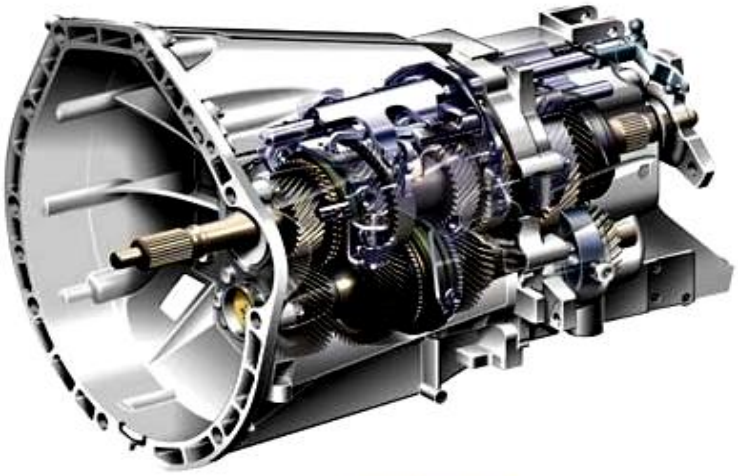


Photo courtesy DaimlerChrysler
Mercedes-Benz C-class sport coupe, six-speed manual transmission, graphic illustration

ภาพที่ 7.9 แสดงภาพผ่าเกียร์รถยนต์
(ที่มา: http://www.howstuffworks.com)

7.4.2 ประเภทของน้ำมันเกียร์

7.4.2.1 มาตรฐานการแยกน้ำมันเกียร์ตามความหนืด สมาคมวิศวกรยานยนต์ ได้ตั้งมาตรฐานกำหนดความความหนืดของน้ำมันเกียร์ (SAE J 306 C) ดังตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7.3 แสดงเบอร์ของน้ำมันเกียร์

เบอร์ SAE	อุณหภูมิสูงสุด °C เมื่อความหนืด 150,000 cP	ความหนืด	
		cSt ที่ 100°C	SUS ที่ 210°F
75 W	-40	ไม่น้อยกว่า 4.1	40-49
80 W	-26	ไม่น้อยกว่า 7.0	49-63
85 W	-12	ไม่น้อยกว่า 11.0	63-74
90	-	13.5-24.0	74-120
140	-	24.0-41.0	120-200
250	-	41.0 ขึ้นไป	200 ขึ้นไป

ที่มา: บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)

หมายเหตุ : SUS ที่ 210 °F เป็นมาตรฐานที่ไม่ได้ใช้แล้ว แต่แสดงไว้เพื่อเปรียบเทียบ

7.4.2.2. มาตรฐานการแยกประเภทน้ำมันเกียร์ตามการใช้งาน API ได้แบ่งประเภทของน้ำมันหล่อลื่นไว้ดังนี้

GL – 1 เป็นการใช้งานของเกียร์ประเภทเฟืองเดือยหมู เฟืองหนอน ในสภาพงานที่รับภาระเบา และไม่จำเป็นต้องเติมสารเพิ่มคุณภาพ

GL – 2 ใช้สำหรับงานของเกียร์ประเภทเฟืองหนอน เพลาล้อ ซึ่งเป็นงานที่หนักกว่าประเภท GL – 1 น้ำมันที่ใช้ควรมีสารเพิ่มคุณภาพเพื่อป้องกันการสึกหรอ

GL – 3 ใช้สำหรับงานของเกียร์ประเภทเฟืองเดือยหมู และกระปุกเกียร์ที่มีสภาพความเร็วและการรับแรงขนาดปานกลาง

GL – 4 ใช้สำหรับงานของเกียร์ประเภทเฟืองไฮปอยด์ (Hypoid Gear) ที่ทำงานหนักปานกลางและมีคุณลักษณะของการทำงานในขั้นของ MIL-L-2105

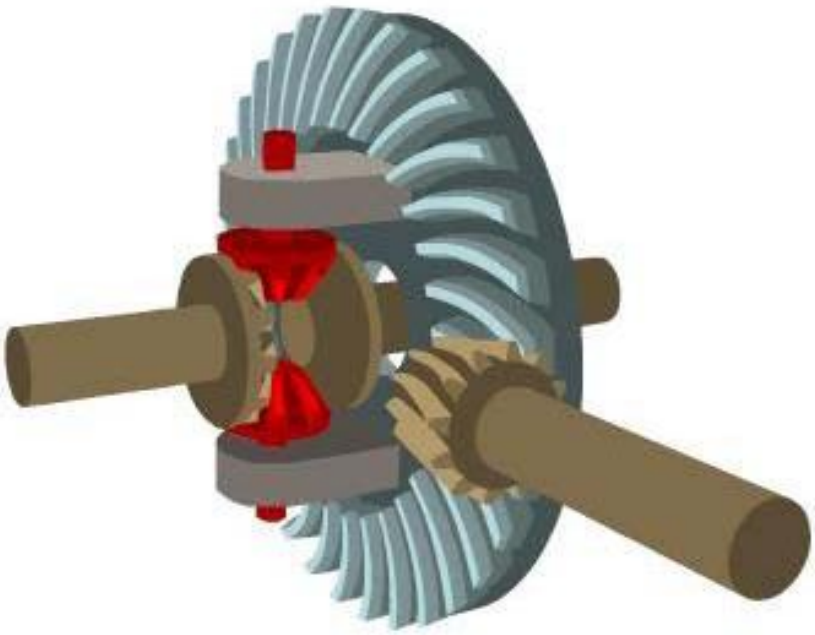
GL – 5 ใช้สำหรับงานของเกียร์ประเภทเฟืองไฮปอยด์ (Hypoid Gear) ที่ทำงานหนักมากและมีแรงกระแทก มีคุณลักษณะในขั้น MIL– L– 2105

GL – 6 ใช้สำหรับงานของเกียร์ประเภทเฟืองไฮปอยด์ที่มีแนวเยื้องศูนย์มากกว่า 2.0 นิ้ว และมีความเร็วสูง เช่น Ford CM2C105A

7.4.3 เฟืองท้ายรถยนต์

เฟืองท้ายของรถยนต์ในปัจจุบันส่วนมากเป็นระบบไฮปอยด์เกือบทั้งหมด เฟืองท้ายแบบไฮปอยด์ต้องเลือกใช้น้ำมันให้ถูกต้องตามที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ ถ้าใช้ผิดชนิดจะทำให้เฟืองท้าย

สึกหรอเร็ว และจะมีเสียงดังหรือที่เรียกว่า “เฟืองท้ายหอน” การเลือกใช้น้ำมันเกียร์ให้ถูกต้องและมีประสิทธิภาพต้องดูจากคำแนะนำ การใช้น้ำมันเกียร์จากหนังสือคู่มือประจำรถ



ภาพที่ 7.10 แสดงภาพจำลองเฟืองท้ายรถยนต์แบบไฮปอยด์
(ที่มา: http://www.howstuffworks.com)

7.4.4 สารเพิ่มคุณภาพในน้ำมันเกียร์

สารเพิ่มคุณภาพที่จะทำให้น้ำมันเกียร์มีคุณภาพตามที่ต้องการ สารเพิ่มคุณภาพที่ใช้มีดังนี้

7.4.4.1 สารช่วยรับงานหนัก (Extreme Pressure Additive)

7.4.4.2 สารป้องกันการเกิดฟอง (Anti-foam)

7.4.4.3 สารป้องกันปฏิกิริยากับออกซิเจน (Oxidation Inhibitor)

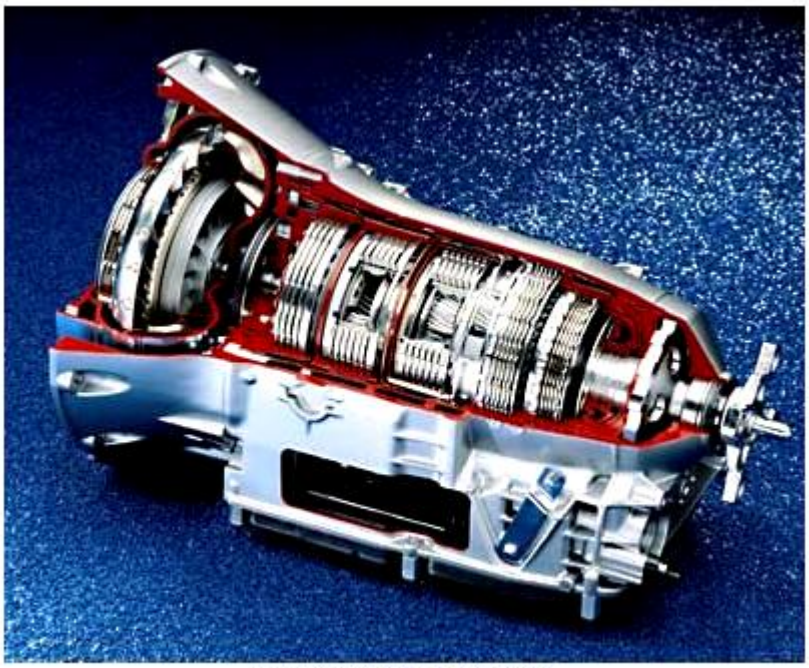
7.4.5 น้ำมันเกียร์อัตโนมัติ (Automatic Transmission Fluid)

7.4.5.1 การแบ่งประเภทเกียร์อัตโนมัติ

ก) กลุ่มที่ 1 เป็นรถในอเมริกาเหนือ ใช้เทคโนโลยีระบบเกียร์ของ Dexron คุณสมบัติที่สำคัญของ ATF เน้นในเรื่องของ Friction และ Oxidation Control

ข) กลุ่มที่ 2 เป็นรถในทวีปยุโรป คุณสมบัติของ ATF จะเน้นในเรื่อง Shear Stablility และ Friction Control

ค) กลุ่มที่ 3 เป็นรถในเอเชียแปซิฟิค ส่วนใหญ่เป็นรถค่ายญี่ปุ่น คือสามารถป้องกันการสั่นสะเทือน หรือป้องกันการสะดุดในระหว่างการขับเคลื่อนได้ดี นอกจากนี้ยังต้องมีคุณสมบัติ Friction Control และ Oxidation Control



ภาพที่ 7.11 แสดงภาพผ่าเกียร์อัตโนมัติ
(ที่มา: http://www.howstuffworks.com)

7.4.5.2 คุณสมบัติน้ำมันเกียร์อัตโนมัติ

ก) มีความหนืดเหมาะสม

ข) ต้านทานการรวมตัวกับออกซิเจนได้ดี

ค) ป้องกันสนิมและการกัดกร่อน

ง) ป้องกันการสึกหรอ

จ) ไม่ทำปฏิกิริยากับคลัตช์ และซีล

ฉ) ต้านทานการเกิดฟอง

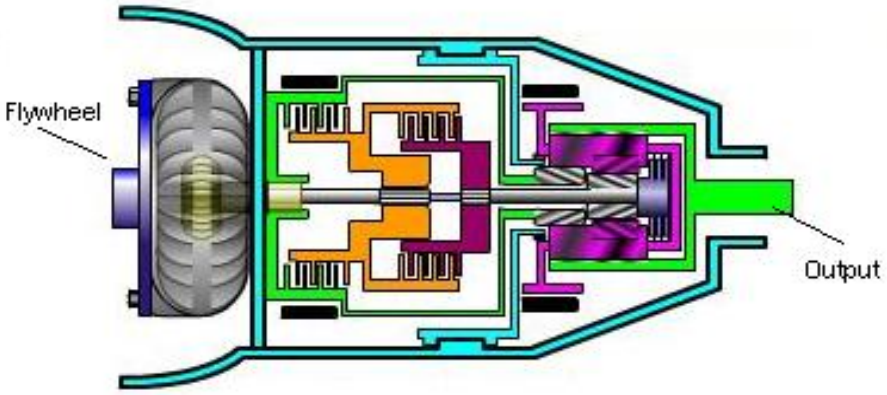
ช) ควบคุมแรงเสียดทานได้เหมาะสม

7.4.5.3 มาตรฐานน้ำมันเกียร์อัตโนมัติ ที่นิยมกันมากได้แก่ ชนิดของ GM (GENERAL MOTOR) น้ำมันเกียร์อัตโนมัติที่ใช้กับระบบของ GM จะต้องมีคำว่า“DEXRON” กำกับไว้ด้วย เช่น

ก) Dexron II (GM 6137-M) เป็นมาตรฐานที่ใช้กันในปัจจุบันทั่วโลก

ข) Dexron (GM 6037-M) เป็นมาตรฐานที่ยังใช้อยู่บางในยุโรป และบางแห่งที่ไม่ได้รับการรับรองการใช้ Dexron II

ค) Type A และ Suffix A เป็นมาตรฐานที่เก่าแก่ที่สุด ซึ่งมาตรฐานนี้ในอเมริกายกเลิกการใช้แล้ว ทั้งหมดเป็นแบบ Friction Modified Fluids



ภาพที่ 7.12 แสดงภาพตัดของเกียร์อัตโนมัติ
(ที่มา: http://www.howstuffworks.com)

การเลือกใช้น้ำมันเกียร์อัตโนมัติให้ถูกต้องนั้นหาดูได้จากหนังสือคู่มือประจำรถเพราะน้ำมันทั้งสองชนิดนี้มีสัมประสิทธิ์ของความฝืดแตกต่างกัน ถ้าใช้น้ำมันเกียร์อัตโนมัติผิดชนิด หรือใช้ผสมกันและจะทำให้ระบบเกียร์อัตโนมัติขัดข้องได้ เช่น เกิดอาการกระตุกขณะที่มีการเปลี่ยนเกียร์ หรือเข้าเกียร์ยาก ซึ่งอาจทำให้ระบบเกียร์เสียหายได้

7.4.5.4 คุณสมบัติและการใช้งาน

ก) ใช้กับระบบเกียร์อัตโนมัติของรถยนต์นั่งและรถบรรทุกทั่วไป

ข) ใช้กับระบบพวงมาลัยเพาเวอร์ (Power Steering) ของรถทุกประเภท

ค) มีคุณสมบัติในการป้องกันการทำปฏิกิริยากับอากาศ ผสมสารป้องกันการเกิดฟองและไม่ทำปฏิกิริยากับซีลยาง

ง) ผสมสารป้องกันการสึกหรอ และสารป้องกันการกัดกร่อน

จ) มีช่วงอุณหภูมิการใช้งานกว้าง

ฉ) เพิ่มประสิทธิภาพความนุ่มนวลช่วงเปลี่ยนเกียร์

ช) มีความหนืดต่ำ เมื่ออุณหภูมิต่ำทำให้ไหลตัวได้ดีทั้งในอุณหภูมิสูง และต่ำ

ภาพที่ 7.13 แสดงน้ำมันหล่อลื่นสำหรับเกียร์อัตโนมัติ
(ที่มา: http: //www.sunsoils.com)

7.5 น้ำมันไฮดรอลิกส์

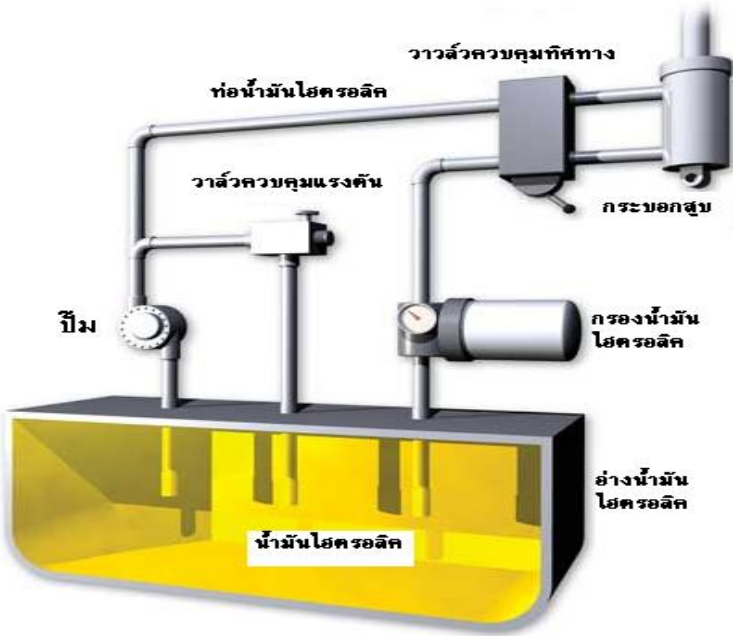
7.5.1 ลักษณะน้ำมันไฮดรอลิกส์

น้ำมันไฮโดรลิกส์จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการถ่ายทอดแรงไปยังส่วนต่าง ๆ ของระบบไฮดรอลิกส์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับงานถ่ายทอดกำลัง ตลอดจนทำหน้าที่เป็นซีล ป้องกันการรั่วไหลของระบบ ซึ่งจะทำให้อัตราการไหล หรือความดันของระบบลดลง (Leakage Flow Rate) และช่วยระบายความร้อน

ภาพที่ 7.14 แสดงตัวอย่างลักษณะงานที่ใช้ระบบไฮดรอลิกส์
(ที่มา: http://www.howstuffworks.com)

7.5.2 ส่วนประกอบของระบบไฮดรอลิกส์

7.5.2.1 อ่างน้ำมันไฮดรอลิกส์
7.5.2.2 ปั๊มน้ำมันไฮดรอลิกส์
7.5.2.3 วาล์วควบคุมแรงดัน
7.5.2.4 ท่อน้ำมันไฮดรอลิกส์
7.5.2.5 วาล์วควบคุมทิศทาง
7.5.2.6 กระบอกสูบ
7.5.2.7 กรองน้ำมันไฮดรอลิกส์



ภาพที่ 7.15 แสดงส่วนประกอบของระบบไฮดรอลิกส์
(ที่มา: http://www.howstuffworks.com)

7.5.3 ปัจจัยให้เกิดปัญหาในระบบไฮดรอลิกส์

7.5.3.1 ชนิดของน้ำมันไฮดรอลิกส์
7.5.3.2 สภาพของน้ำมันไฮดรอลิกส์ในขณะใช้งาน
7.5.3.3 อุณหภูมิของน้ำมันในระบบ
7.5.3.4 การหล่อลื่นปั๊มที่ดี
7.5.3.5 การใช้ระบบไฮดรอลิกส์ทำงานหรือรับน้ำหนักเกินที่ออกแบบไว้
7.5.3.6 การรั่วของอากาศ ความชื้น ตลอดจนสิ่งสกปรกเข้าไปปะปนกับน้ำมัน

7.5.4 วิธีการบำรุงรักษาระบบ ไฮดรอลิกส์

7.5.4.1 ล้างทำความสะอาดระบบด้วย น้ำมันไฮดรอลิกส์ ระบบไฮดรอลิกส์ใหม่หรือหลังจากมีการถอดซ่อมบำรุงรักษา

7.5.4.2 ควรระวังเรื่องเกี่ยวกับ ความสะอาดของ น้ำมัน โดยดูแลภาชนะ ปั๊มดูด ถังเก็บให้สะอาดอยู่เสมอ

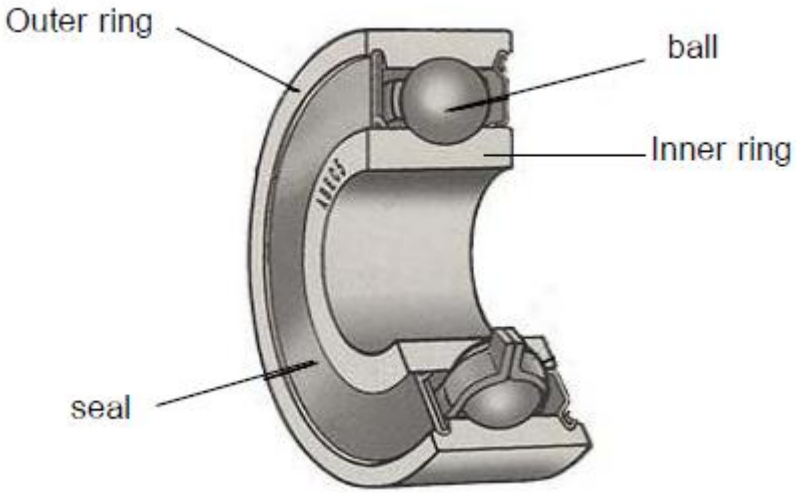
7.5.4.3 หมั่นตรวจตราการทำงานของระบบไฮดรอลิกส์

7.6 จาระบี

จาระบี (Grease) คือ ผลิตภัณฑ์หล่อลื่นที่มีลักษณะกึ่งของแข็งและกึ่งของเหลว เป็นส่วนผสมของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน สารเพิ่มคุณภาพทางเคมีและสบู่ น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ทำจาระบีมักเป็นพวกที่มีดัชนีความหนืดสูง เพื่อให้สามารถใช้ได้ทั้งอุณหภูมิสูงและต่ำในบางที่ที่ไม่สามารถใช้น้ำมันหล่อลื่นได้ เช่น แบริ่งหรือลูกปืนบางชนิด ลูกหมากปีกนก คันชักคันส่ง หูแหนบ ฯลฯ

เพราะอาจเกิดปัญหาเรื่องการรั่วไหล ฝุ่นหรือสิ่งสกปรกแทรกเข้าไปเจือปน ฯลฯ ทำให้การหล่อลื่นไม่ได้ผล จึงจำเป็นต้องใช้ผลิตภัณฑ์หล่อลื่นอื่นที่มีสภาพความคงตัว มีคุณสมบัติในการจับติดขึ้นส่วนที่ต้องการได้ดีกว่าน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งก็คือ จาระบี

จาระบีเป็นสารหล่อลื่นกึ่งแข็ง (Semi Solid) นั่นก็คือสารหล่อลื่นที่ทำให้ข้นขึ้น เพื่อให้มีคุณสมบัติที่ไม่มีในสารหล่อลื่นเหลว ทำให้จาระบีมีคุณสมบัติเกาะยึดกับผิวโลหะได้ดี อย่างไรก็ตาม จาระบีมีลักษณะเป็นสารกึ่งแข็ง จึงไม่สามารถทำหน้าที่ระบายความร้อน และทำความสะอาดชิ้นส่วนได้เหมือนกับสารหล่อลื่นเหลว



ภาพที่ 7.16 แสดงโครงสร้างส่วนประกอบของแบริ่งที่ต้องหล่อลื่นด้วยจาระบี
(ที่มา: วิทยา ดีวุ่น, 2546: 219)

7.6.1 หลักเกณฑ์การเลือกใช้จาระบี

จาระบีมีคุณสมบัติไม่ไหลหยด เกาะยึดผิวโลหะได้ดี และไม่ถูกสกัดให้กระเด็นออกได้ง่าย ส่วนข้อเสียของจาระบีก็คือ จาระบีเป็นตัวนำหรือถ่ายเทความร้อนที่ไม่ดี ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดปัญหาเครื่องร้อนจัดมากเกินไป ดังนั้นจาระบีจะใช้ได้ดีกว่าน้ำมันหล่อลื่นนั้นต้องอยู่ภายใต้สภาวะดังต่อไปนี้

7.6.1.1 ในที่ซึ่งน้ำมันหล่อลื่นไม่สามารถเข้าไปทำการหล่อลื่นได้อย่างสมบูรณ์ เช่น ลูกปืนล้อ

7.6.1.2 ในบริเวณที่จาระบีสามารถจับเกาะชิ้นงานได้ดี

7.6.1.3 ในบริเวณที่ไม่ต้องการความสะอาดมากนัก เหมาะสำหรับงานที่ไม่ต้องป้องกันสิ่งสกปรกจากภายนอก เช่น ฝุ่นละออง และความชื้น

7.6.1.4 เหมาะกับแบริ่งที่รับแรงกดหรือที่รับภาระมาก ๆ

7.6.1.5 ความเร็วรอบการหมุนของเพลาช้ามาก

7.6.1.6 ไม่ต้องเสียเวลาเติมบ่อยครั้ง ทำให้การบำรุงรักษาทำได้ง่าย

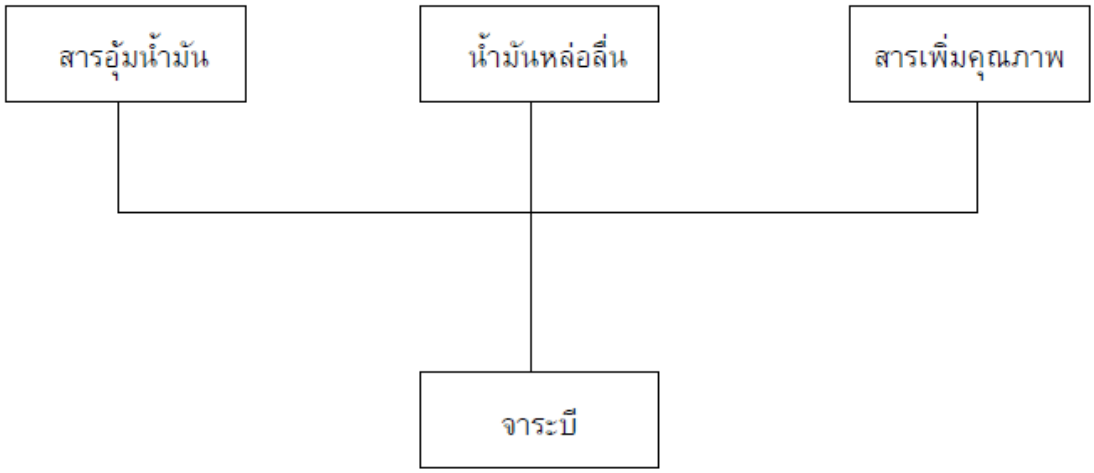
ตารางที่ 7.4 แสดงการเลือกใช้จาระบีและน้ำมัน

สภาพการใช้งาน	การหล่อลื่น	การเลือกใช้
แบริ่งรอบสูง	น้ำมัน	การเลือกใช้จาระบีจะทำให้แบริ่งร้อนจัด
แบริ่งรอบต่ำ	จาระบี	จาระบีเกาะยึดได้ดีกว่า
แบริ่งงานหนัก	จาระบี	จาระบีเกาะยึดได้ดีกว่า
หล่อลื่นตามแนวดิ่ง	จาระบี	จาระบีเกาะยึดผนังได้ดีกว่า และไม่ไหลหยดเหมือนน้ำมัน
แบริ่งเปิด	จาระบี	จาระบีจะเคลือบผิว ทำให้การหล่อลื่นสม่ำเสมอ และป้องกันไม่ให้เกิดสนิม
ต้องการความสะอาด	จาระบี	จาระบีจะไม่ไหลหยดง่ายเหมือนกับน้ำมันทำให้ไม่ก่อให้เกิดการสกปรกโดยรอบ หรือเปื้อนสิ่งของผลิตภัณฑ์

ที่มา: วิทยา ดีวุ่น, 2546: 220

7.6.2 ส่วนประกอบของจาระบี

จาระบีเป็นสารผสมซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน สารอุ้มน้ำมัน และ สารเพิ่มคุณภาพ

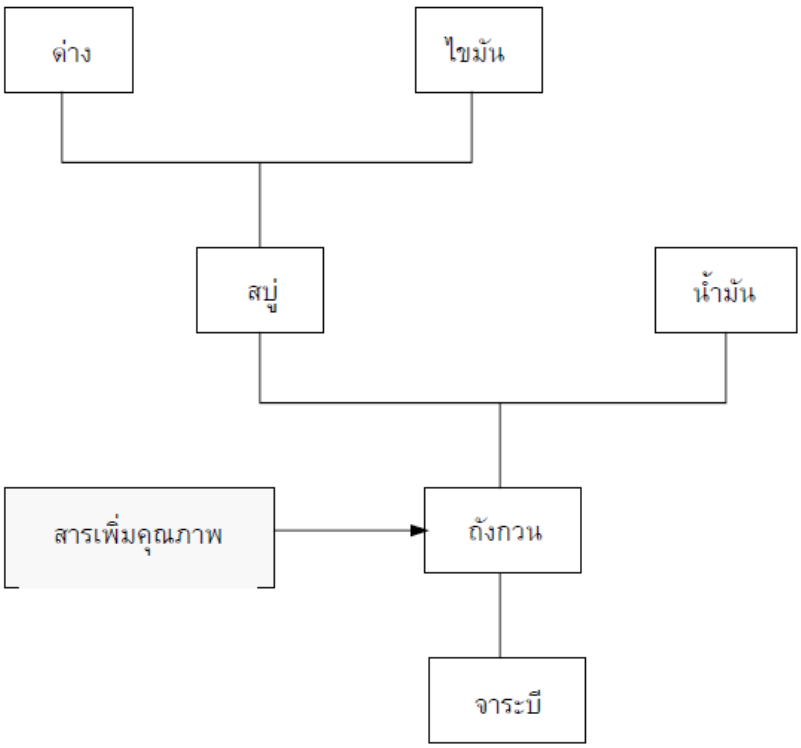


ภาพที่ 7.17 แสดงผังส่วนประกอบของจาระบี
(ที่มา: วิทยา ดีวุ่น, 2546: 220)

7.6.3 การผลิตจาระบี

การผลิตจาระบีนั้นกระบวนการผลิตดังแสดงในภาพที่ 7.18 โดยเริ่มต้นจากการนำไฮดรอกไซด์ของโลหะ หรือด่างมาผสมกับไขสัตว์หรือน้ำมันพืชให้เป็นสบู่ก่อน แล้วจากนั้นจึงผสมน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานกับสบู่ ขั้นตอนต่อไปเป็นการเติมสารเพิ่มคุณภาพต่าง ๆ ลงไปตามที่ต้องการ กระบวนการผสมทั้งหมดจะทำ ในภาชนะถังเหล็ก (Kettle) ที่มีลักษณะกลมสูงตอนล่างเป็นรูปกรวย

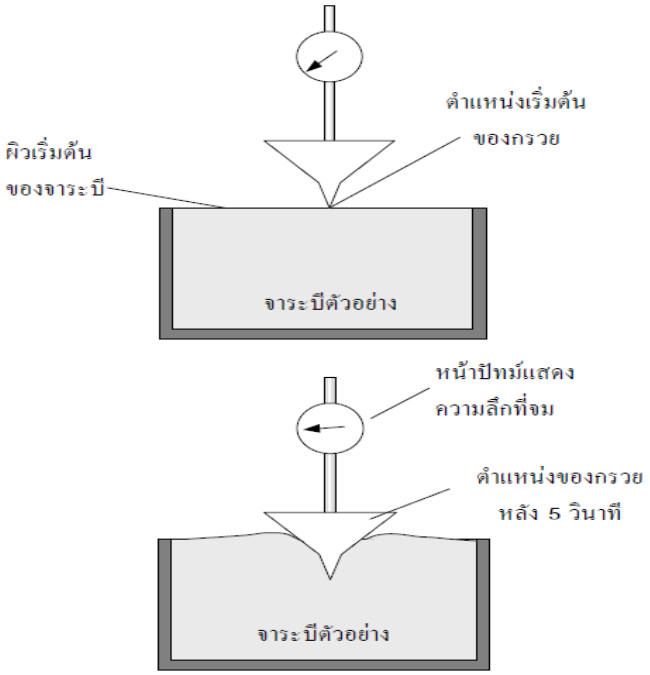
ภายในถังจะมีเครื่องกวนหมุนอยู่ในแนวตั้ง เครื่องกวนจะทำให้น้ำมันและสบู่ผสมคลุกเคล้าเข้าด้วยกัน ภายใต้อุณหภูมิที่กำหนดจนออกมาเป็นจาระบี



ภาพที่ 7.18 แสดงผังกระบวนการผลิตจาระบี
(ที่มา: วิทยา ดีวุ่น, 2546: 221)

7.6.4 คุณสมบัติของจาระบี

7.6.4.1 ความอ่อนแข็ง (Consistency) ความแข็งอ่อนเป็นคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของจาระบี ซึ่งสถาบัน NLGI (National Lubricating Grease Institute) ของสหรัฐอเมริกาได้กำหนดมาตรฐานเบอร์ของจาระบีขึ้นเพื่อแสดงความแข็งอ่อนของจาระบี ซึ่งความแข็งอ่อนของจาระบีนี้สามารถวัดได้โดยเครื่องมือวัดที่เรียกว่า “เพนเนโทรมิเตอร์ (Penetrometer)” ซึ่งใช้วัดระยะทางที่กรวยมาตรฐานจมลงในเนื้อจาระบีภายในเวลา 5 วินาที ค่าที่อ่านออกมาได้เรียกว่า “เพนเนเทชั่น (Penetration)” มีหน่วยเป็น 1/10 มิลลิเมตร หรือ 0.1 มิลลิเมตร



ภาพที่ 7.19 แสดงการทดสอบวัดความแข็งอ่อนของจาระบี
(ที่มา: วิทยา ดีวุ่น, 2546: 222)

โดยปกติในการทดสอบจาระบี หรือการวัดค่าความแข็งอ่อน จะต้องทำจาระบีให้มีอุณหภูมิ 25 ^{0}C จากนั้นนำจาระบีมาใส่ในภาชนะและนำไปวางใต้กรวยมาตรฐานปลายแหลมหลังจากนั้นปล่อยให้กรวยจมลงในเนื้อจาระบีภายในเวลา 5 วินาที อ่านค่าที่วัดได้จากเกจวัดความลึกระยะที่จม ถ้าระยะที่กรวยทดสอบจมลงไปมากแสดงว่าจาระบีมีความอ่อนตัวมาก

ตารางที่ 7.5 แสดงความแข็งเหลวของจาระบีตามมาตรฐานของ NLGI

NLGI No. เบอร์จาระบี	ระยะจมของกรวยทดสอบที่ 25 ^{0}C (ASTM Worked Penetrationที่ 77 $^{\circ}$F)
000	445-475
00	400-430
0	355-340
1	310-340
2	265-295
3	220-250
4	175-205
5	130-160
6	85-115

ที่มา: วิทยา ดีวุ่น, 2546: 223

7.6.4.2 จุดหยด (Drop point) จุดหยด คือ อุณหภูมิที่จาระบีหมดความคงตัวหรือความเหนียวกลายเป็นของเหลวจนไหลออกมา ซึ่งจุดหยดของจาระบีจะทำให้ทราบว่าจาระบีนี้สามารถทนความร้อนได้สูงสุดเท่าไรดังนั้นการใช้จาระบีในที่อุณหภูมิสูง ๆ เราจึงต้องพิจารณาถึงจุดหยดนี้เป็นองค์ประกอบด้วย

7.6.5 วิธีเลือกใช้จาระบี

เมื่อเทียบกันระหว่างน้ำมันหล่อลื่นกับจาระบีแล้วนั้น พบว่า จาระบีมีจุดเด่นในด้านการเกาะยึดติดผิวโลหะได้ดีกว่า ไม่หยดไหล หรือถูกสลัดกระเด็นได้โดยง่าย แต่มีข้อเสียในด้านการระบายความร้อน ซึ่งน้ำมันหล่อลื่นทำหน้าที่ได้ดีกว่ามาก ดังนั้นการเลือกใช้จาระบีจะต้องขึ้นอยู่กับชนิดและความเร็วของชิ้นส่วนของเครื่องจักร อุณหภูมิ ระดับความชื้น สภาพแวดล้อม และวิธีการใช้งาน

ตารางที่ 7.6 แสดงความเหมาะสมกับการนำจาระบีแต่ละเบอร์ไปใช้งาน

NLGI Number	การใช้งาน
000 , 00	นิยมนำไปใช้ในเกียร์ที่มีอ่าง หรือภาชนะป้องกันไม่ให้รั่วไหลได้
0	ใช้ในที่อุณหภูมิต่ำ หรือในระบบการหล่อลื่นแบบอัตโนมัติ (Centralized System)
1	ใช้หล่อลื่นในตลับลูกปืนแบบ Needle
2	ใช้หล่อลื่นในตลับลูกปืนแบบ Ball Bearing และ Roller Bearing โดยใช้ปืนอัดจาระบี (Grease Gun)
3	ใช้หล่อลื่นในตลับลูกปืนแบบรอบเร็ว หรือลูกปืนล้อ
4 , 5 , 6	ใช้หล่อลื่นในลักษณะที่รับภาระสูง ๆ

ที่มา: วิทยา ดีวุ่น, 2546: 224

ภาพที่ 7.20 แสดงตัวอย่างจาระบี NO.3
(ที่มา: http://www.oilsquare.com)

สรุปสาระสำคัญ

วัสดุหล่อลื่นเป็นได้ทั้งในสภาวะ ก๊าซ ของเหลว กึ่งของแข็ง หรือแม้กระทั่งของแข็ง การหล่อลื่นด้วยก๊าซ เช่น การใช้อากาศเป็นสารหล่อลื่นในระบบที่มีความเร็วรอบสูงมาก ๆ ที่ภาระการใช้งานต่าง ๆ เช่น การเหวี่ยงด้วยความเร็วสูง ปั๊มอัดอากาศในโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ เข็มทิศแบบไจโร เป็นต้น สารหล่อลื่นแบบของเหลว (น้ำมันหล่อลื่น) ครอบคลุมกว้างขวางมากตั้งแต่ก๊าซเหลว ไปจนถึง น้ำมันหล่อลื่น ที่มีความหนืดสูงมาก ๆ ปัจจุบันวัสดุที่ใช้เป็นพื้นฐานของกระบวนการผลิตสารหล่อลื่นของเหลวคือ น้ำมันหล่อลื่นที่กลั่นได้จากน้ำมันปิโตรเลียม นอกจากนั้นก็ยังมีพวกไขสัตว์และน้ำมันพืช เป็นต้น

จาระบีเป็นวัสดุหล่อลื่นประเภทกึ่งของแข็ง ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบที่ทำให้น้ำมันหล่อลื่นเหนียวข้น (ตัวทำให้เป็นไข) จาระบีโดยหลักการแล้วก็คือน้ำมันแร่ หรือน้ำมันสังเคราะห์ที่ถูกทำให้ข้นเหนียว โดยการใช้ไขสบู่ ประเภทที่มีองค์ประกอบของ แคลเซียม โซเดียม แบเรียม ลิเทียม และ อลูมิเนียม เป็นหลัก หรืออาจจะใช้ บิทูเมนเป็นองค์ประกอบของจาระบี ที่ต้องการความเหนียวเพื่อยึดเกาะผิวคู่วัสดุดีมาก ๆ

วัสดุหล่อลื่นที่เป็นของแข็ง ซึ่งไม่มีสสารนำพาไม่ว่าจะเป็นของเหลวหรือสภาวะกึ่งของเหลว มักถูกนำมาใช้งานในสภาวะที่ผิดปกติเท่านั้น สารหล่อลื่นของแข็งได้แก่ แกรไฟต์ โมลิบดินั่มไดซัลไฟต์ PTFE (Polytetrafluoroethylene) และอื่น ๆ เช่น เอสเบสตอส ถูกนำมาใช้เป็นเส้นใยเสริมในการหล่อลื่นของวัสดุประเภทคอมโพสิท เป็นต้น

แม้ว่าวัสดุหล่อลื่นอาจจะมีอยู่ในทุกสภาวะ แต่ที่ใช้งานจริง ๆ มี 2 สภาวะ คือ ของเหลวและกึ่งของแข็งกึ่งของเหลว โดยปกติในทางปฏิบัติแล้ว ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของสารหล่อลื่นจากภายนอกได้แก่ ภาระ (แรงกระทำ) พลังงานความร้อน และปฏิสัมพันธ์กับวัสดุที่เป็นคู่สัมผัสผลกระทบของแรงกระทำมีผลต่อแรงดัน (ความเค้นอัด) และความเค้นเฉือน ส่วนผลกระทบของพลังงานได้แก่ การเพิ่มขึ้นและลดลงของความร้อนในระบบ และในบางกรณีสารหล่อลื่นต้องมีการสัมผัสกับก๊าซ เช่น อากาศ ก๊าซต่าง ๆ หรือสัมผัสกับของเหลว เช่น น้ำ หรือสัมผัสกับของแข็งจำพวกโลหะหรือซีลต่าง ๆ จากปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้สารหล่อลื่นต้องมีพฤติกรรมที่แตกต่างกัน เพื่อให้ได้สารหล่อลื่นที่มีคุณสมบัติที่ดี จึงควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- ควรมีความหนืดหรือความแข็งอ่อน (ในกรณีของจาระบี) ที่เหมาะสมต่อการใช้งานที่อุณหภูมิห้องและสามารถที่จะคงค่าความหนืดได้อย่างดี เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในระบบ
- ที่ระดับอุณหภูมิสูง สารหล่อลื่นที่ดีไม่ควรที่จะมีการเปลี่ยนแปลงไปของคุณสมบัติต่าง ๆ ทั้งทางกายภาพและทางเคมี และควรจะมีอัตราการระเหยในปริมาณต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้
- ที่ระดับอุณหภูมิต่ำ สารหล่อลื่นควรจะยังคงมีความสามารถในการไหลได้อย่างเป็นอิสระ และสารหล่อลื่นดังกล่าวควรจะมี คุณสมบัติของของไหลแบบนิวโตเนียนอยู่ โดยที่ไม่มีการแยกตัวขององค์ประกอบในสารหล่อลื่นบางส่วนออกไปเป็นของแข็ง
- ในบางลักษณะของการใช้งานต้องมีความสามารถทนทานต่อการแผ่กัมมันตภาพรังสีของรังสีแกมมาพลังงานสูง เช่น ในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

แบบฝึกหัด หน่วยที่ 7

เรื่อง วัสดุหล่อลื่น

จงเติมคำหรือข้อความที่ถูกต้องลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

1. หน้าที่ของน้ำมันหล่อลื่นที่ดีควรเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

2. น้ำมันหล่อลื่นที่มีค่าดัชนีความหนืดสูงจะให้ประโยชน์กับเครื่องยนต์อย่างไร

.....

.....

.....

3. จงบอกชื่อสารเพิ่มคุณภาพที่ใช้ผสมลงในน้ำมันหล่อลื่นมาอย่างน้อย 5 ชื่อ

.....

.....

.....

4. การแยกประเภทน้ำมันเครื่องโดยทั่ว ๆ ไปมีมาตรฐานอยู่ ..... ระบบ คือ

.....

.....

.....

5. น้ำมันเครื่อง หมายถึง อะไร

.....

.....

.....

6. จงบอกสาเหตุที่ทำให้น้ำมันเครื่องสกปรกมาอย่างน้อย 5 ข้อ

.....

.....

.....

7. จงบอกข้อควรปฏิบัติในการเลือกใช้น้ำมันเครื่องให้ได้ผลดีที่สุดมาอย่างน้อย 5 ข้อ

.....

.....

.....

8. น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในระบบส่งกำลังรถยนต์ทำหน้าที่ที่สำคัญดังต่อไปนี้ คือ

.....

.....

.....

.....

9. จงบอกคุณสมบัติน้ำมันเกียร์อัตโนมัติมาอย่างน้อย 5 ข้อ

.....

.....

.....

10. จงบอกสาเหตุที่ทำให้เฟืองท้ายหอน มีเสียงดัง

.....

.....

.....

11. จงบอกสาเหตุปัญหาในระบบไฮดรอลิกส์

.....

.....

.....

12. จงบอกวิธีการบำรุงรักษาระบบไฮดรอลิกส์

.....

.....

.....

13. จุดหยดของจาระบี หมายถึงอะไร และมีประโยชน์อย่างไร

.....

.....

.....

14. จงอธิบายกรรมวิธีการผลิตจาระบี

.....

.....

.....

15. จงอธิบายวิธีการทดสอบความแข็งอ่อนของจาระบี

.....

.....

.....

กิจกรรมท้ายบทเรียน

หน่วยที่ 7 วัสดุหล่อลื่น

ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มละ 3 – 5 คน และทำกิจกรรมดังนี้

1. นำเสนอเกี่ยวกับวัสดุหล่อลื่น ได้แก่ น้ำมันหล่อลื่น น้ำมันหล่อลื่นสำหรับเครื่องยนต์ น้ำมันเกียร์ น้ำมันเกียร์สำหรับรถยนต์ น้ำมันไฮดรอลิกส์ และ จาระบี เกี่ยวกับคุณสมบัติ และการใช้งาน
2. นำเสนอหน้าชั้นเรียนกลุ่มละ 5-10 นาที

****

แบบประเมินผลกิจกรรมท้ายบทเรียน

หน่วยที่ 7 วัสดุหล่อลื่น

หัวข้อกิจกรรม.....

ชื่อกลุ่ม.....

สมาชิกกลุ่ม 1..... 2.....

3..... 4.....

5..... 6.....

ลำดับที่	รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	ผลคะแนน	หมายเหตุ
1	การแบ่งหน้าที่	10		**ผลคะแนน**
2	การทำงานเป็นทีม	10		ดี = 9 – 10
3	ความรับผิดชอบ	10		ปานกลาง = 7 – 8
4	ความถูกต้องเหมาะสมของกิจกรรม	10		พอใช้ = 4 – 6
5	การแสดงความคิดเห็น	10		ปรับปรุง = 1 – 3
6	ความพร้อมในการนำเสนอ	10		**คะแนนเต็ม**
7	บุคลิกในการนำเสนอ	10		รวม 100 คะแนน
8	ความชัดเจนในการนำเสนอ	10		
9	การตอบข้อซักถาม	10		
10	การสรุปประเด็นสำคัญ	10		
รวมคะแนนที่ได้				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

บรรณานุกรม

ประเสริฐ เทียนนิมิต และคณะ. เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น. กรุงเทพ ฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2547.

อนุรักษ์ รักอ่อน. เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น. กรุงเทพ ฯ : บริษัท พัฒนาวิชาการ (2535) จำกัด, 2552.

วีระศักดิ์ มะโนน้อม. เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น. กรุงเทพ ฯ :บริษัท สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด, 2547.

ธำรง โชตะมังสะ และคณะ . เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น. กรุงเทพ ฯ : มณีรัตน์การพิมพ์, 2536.

อำพล ซื่อตรง และคณะ. เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น. กรุงเทพ ฯ : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, 2545.

ธำรง โชตะมังสะ และคณะ. เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น. กรุงเทพ ฯ : เม็ดทรายพริ้นติ้ง, 2547.

วิทยา ดีวุ่น. เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น. กรุงเทพ ฯ : ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ, 2546.

http://www.angelfire.com

http://www.lgoilzone.com

http://www.howstuffworks.com

http://www.bsact.co.th

http: //www.sunsoils.com

http://www.oilsquare.com