เอกสารเรียกคืน

วิชา เชื้อเพลิง หล่อลื่น และไข

๕๐

เอกสารเรียกคืน

คำนำ

ตำราฉบับนี้ได้จัดทำขึ้นเนื่องจากผู้บังคับบัญชาได้มีวิสัยทัศน์ที่ต้องการปรับปรุง และแก้ไข เนื้อหาจากตำราเล่มเก่าที่ถูกใช้มานานหลายสิบปี ทำให้เนื้อหา หรือตัวอย่างบางส่วนที่ถูกยกนั้นไม่ทันสมัยกับยุคปัจจุบัน ทางผู้จัดทำจึงได้จัดทำขึ้นมาใหม่ และเพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติเชื้อเพลิง ,หล่อลื่นและ ไข โดยทั่ว ๆ ไป แต่จะเน้นหนักถึงของที่ใช้สำหรับอากาศยานโดยเฉพาะในกองทัพอากาศไทย ตลอดจนชนิด ,วิธีการตรวจทดลองคุณสมบัติต่าง ๆ การเก็บรักษา และอันตรายจากเชื้อเพลิง ซึ่งจะก่อให้เกิดความรู้ และเป็นประโยชน์ทางด้านช่างอากาศ รวมทั้งด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ดังนั้น ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่านอกจากตำราฉบับนี้จะจัดทำขึ้นเพื่อประกอบการเรียนการสอน และให้ความรู้แล้ว ยังสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมในชีวิตประจำวันได้ ตำราฉบับนี้หากมีข้อผิดพลาดประการใด ทางผู้จัดทำขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ร.อ.มณเฑียร เครียดธฤมาล

3 พฤษภาคม 2548

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	
บทที่ 1 บทนำ	
-ความหมายของเชื้อเพลิง	1
-การแบ่งสภาพของเชื้อเพลิงตามอุณหภูมิปกติ	2
-ปิโตรเลียม	3
บทที่ 2 เชื้อเพลิง	
-ประเภทของเชื้อเพลิง	5
-น้ำมันเบนซินอากาศยาน	6
-น้ำมันอากาศยานไอพ่น	9
-ศัพท์ทั่ว ๆ ไปที่ใช้ในวิชาเชื้อเพลิง	11
-หลักการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง	14
-หนทางที่น้ำมันเชื้อเพลิงสามารถเข้าสู่ร่างกาย	16
บทที่ 3 สารหล่อลื่น	
-ความหมายของการหล่อลื่น	18
-หน้าที่ของสารหล่อลื่น	19
-ประเภทของน้ำมันหล่อลื่น	20
-คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น	21
-ข้อแนะนำในการหล่อลื่น	24
บทที่ 4 ไข	
-ความหมายของไข	25
-คุณสมบัติของไข	26
บทที่ 5 การวิเคราะห์หาเศษโลหะในน้ำมันหล่อลื่น	
-ความหมายของการวิเคราะห์หาเศษโลหะในน้ำมันหล่อลื่น	28
-การเก็บตัวอย่างของน้ำมันหล่อลื่น	29
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	

บทที่ 1
บทนำ

เชื้อเพลิง

สิ่งใดก็ตามเมื่อเกิดการเผาไหม้ หรือรวมตัวกับออกซิเจนให้พลังงานความร้อนออกมาเรารวมเรียกว่า "เชื้อเพลิง" เชื้อเพลิงแบ่งตามสภาวะได้เป็น 3 สภาวะด้วยกันคือ ของแข็ง ของเหลว และ แก๊ส ในที่นี้จะกล่าวถึงเชื้อเพลิงอากาศยานซึ่งเป็นเชื้อเพลิงเหลว

เชื้อเพลิง (Fuel)

วัสดุใด ๆ ก็ตามที่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (Oxidation) จะเกิดการลุกไหม้แล้วให้พลังงานความร้อน (Heat energy) ออกมา แต่พลังงานความร้อนที่ได้จะมากจะน้อย แตกต่างกันตามแต่ละชนิดเชื้อเพลิง

เมื่อเชื้อเพลิงเผาไหม้

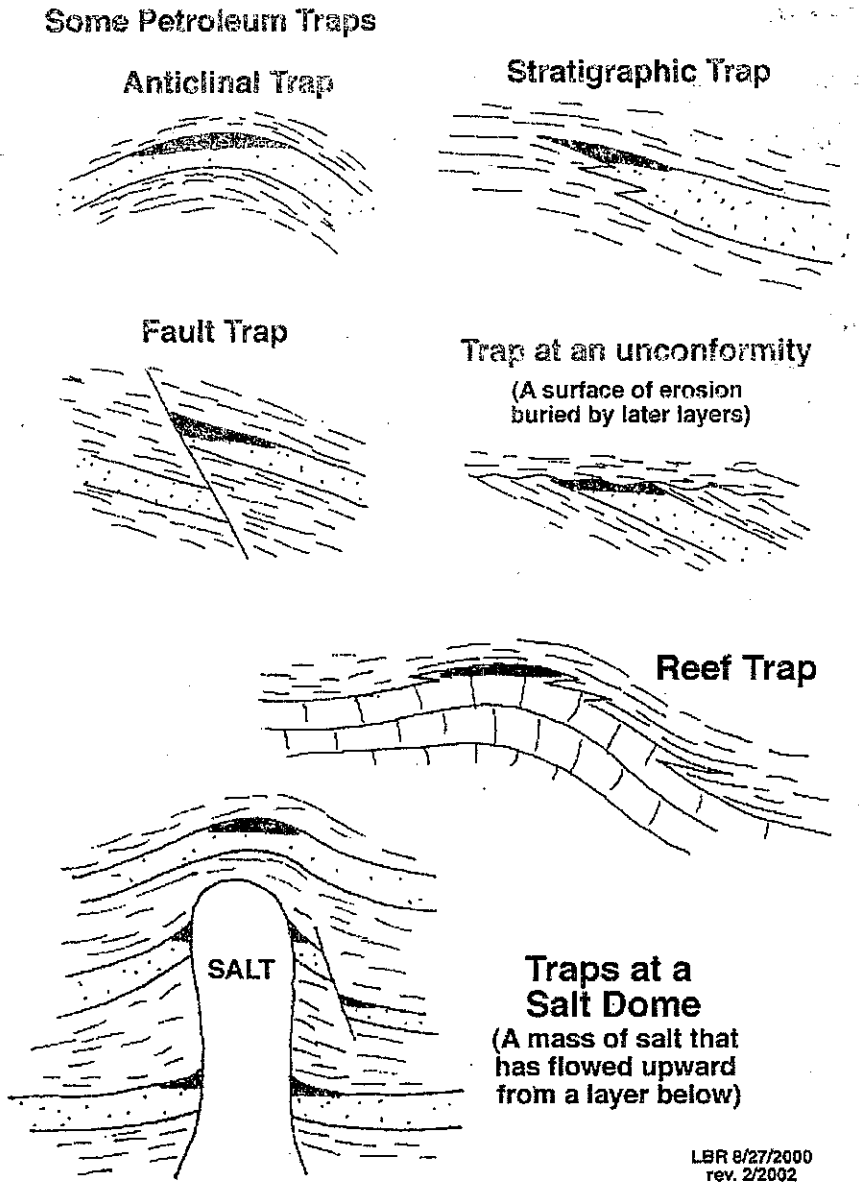
ธาตุองค์ประกอบของเชื้อเพลิง คือ ทั้งคาร์บอน และไฮโดรเจนจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศเปลี่ยนไปเป็น คาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) และไอน้ำ (H_2O) ตามลำดับพร้อม กับความร้อนจำนวนมากมายออกมา

$$C + H + \text{ออกซิเจนในอากาศ} \longrightarrow CO_2 + H_2O + \text{ความร้อน}$$

กล่าวโดยทั่วไป เราสามารถถ่ายเทพลังงานความร้อนที่ได้รับจากเชื้อเพลิง โดยอาศัยเครื่องยนต์ให้เป็นพลังงานกล เพื่อใช้งานให้เกิดประโยชน์ และจะได้ประสิทธิภาพเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับการใช้เชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับเครื่องยนต์ ซึ่งได้รับการออกแบบขึ้นไว้ โดยปกติเครื่องยนต์ลูกสูบที่ออกแบบได้ดีในขณะนี้นั้นในเชื้อเพลิงที่มีความร้อน 100 เปอร์เซ็นต์ เราสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานกลที่ใช้ประโยชน์ได้เพียง 31-40 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเรื่องของเชื้อเพลิงจึงเป็นเรื่องที่จะต้องศึกษากันมาก เพื่อหาทางลดพลังงานความร้อนที่สูญเสียไป โดยเปล่าประโยชน์ให้เหลือน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

เชื้อเพลิงแบ่งตามสภาพอุณหภูมิปกติ แบ่งได้ 3 ประเภท

1. เชื้อเพลิงแก๊ส (Gaseous Fuel) เช่น แก๊สธรรมชาติ (Natural Gas)
2. เชื้อเพลิงเหลว (Liquid Fuel) เช่น น้ำมันพืช (Vegetable Fuel)
   น้ำมันสัตว์ (Animal Fuel)
   น้ำมันแร่ (Mineral Fuel)
3. เชื้อเพลิงแข็ง (Solid Fuel) เช่น ถ่าน ,ไม้ ฯลฯ



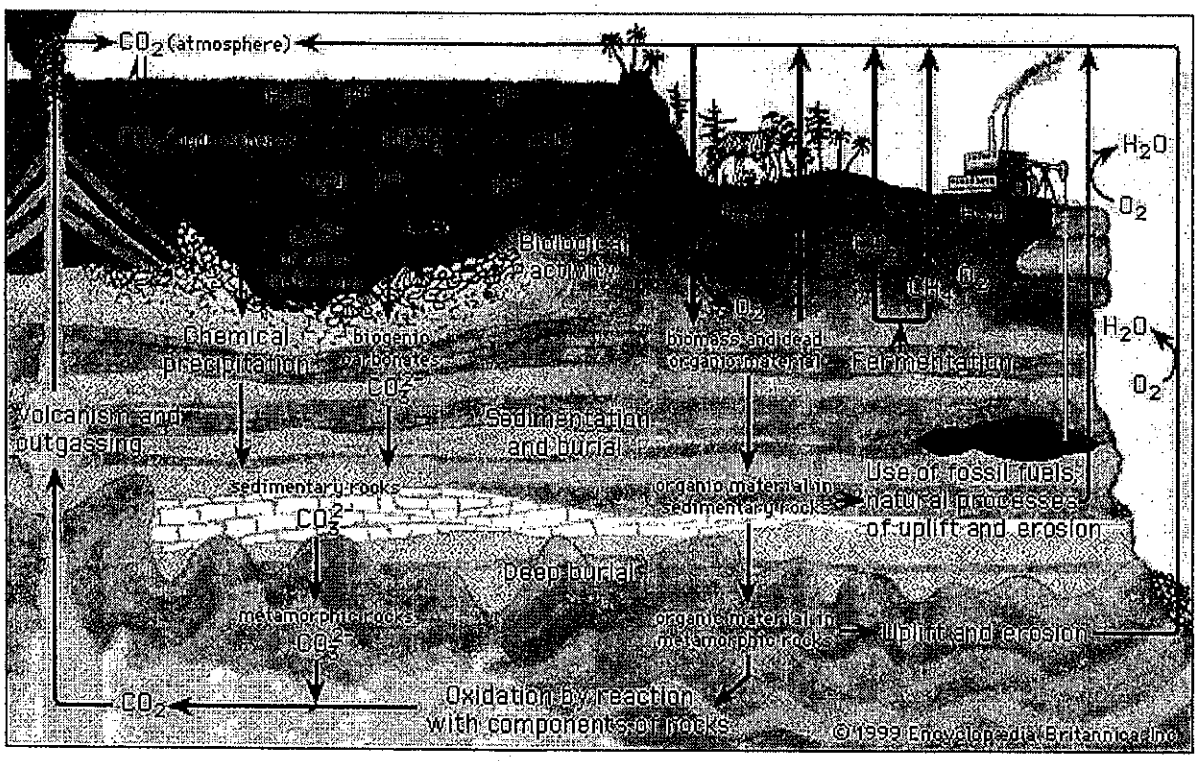
ภาพที่ 1.1 ชนิดการเกิดของน้ำมันดิบ

ที่มา : google.co.th

ปิโตรเลียม (Petroleum)

Petra แปลว่า หิน ,Oleum แปลว่า น้ำมัน เมื่อนำมารวมกันจะได้ น้ำมันที่ได้จากหิน ได้แก่ น้ำมันดิบ ,ก๊าซธรรมชาติ, และสารไฮโดรคาร์บอน ที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ (ของแข็ง ,ของเหลว,ก๊าซ)

น้ำมันดิบเกิดจากซากพืชซากสัตว์ตายทับถมกันอยู่ภายใต้พื้นพิภพ เป็นเวลานับล้านปีจนกลายเป็นชั้นหิน ด้วยความกดดันสูง อันเกิดจากการเคลื่อนตัวและการหดตัวของชั้นหิน และด้วยอุณหภูมิสูงภายใต้พิภพ สารอินทรีย์ในซากพืชและสัตว์เหล่านี้ซึ่งโดยส่วนใหญ่ก็ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน และไฮโดรเจน (สารไฮโดรคาร์บอน) ก็เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอย่างช้า ๆ แปรสภาพเป็นแก๊สและน้ำมันดิบสะสมและซึมผ่านชั้นหินที่เป็นรูพรุนไปสู่แอ่งหินที่ต่ำกว่า แล้วค่อย ๆ สะสมตัวอยู่ในระหว่างชั้นหินที่หนาแน่นซึ่งไม่สามารถซึมผ่านไปได้อีก



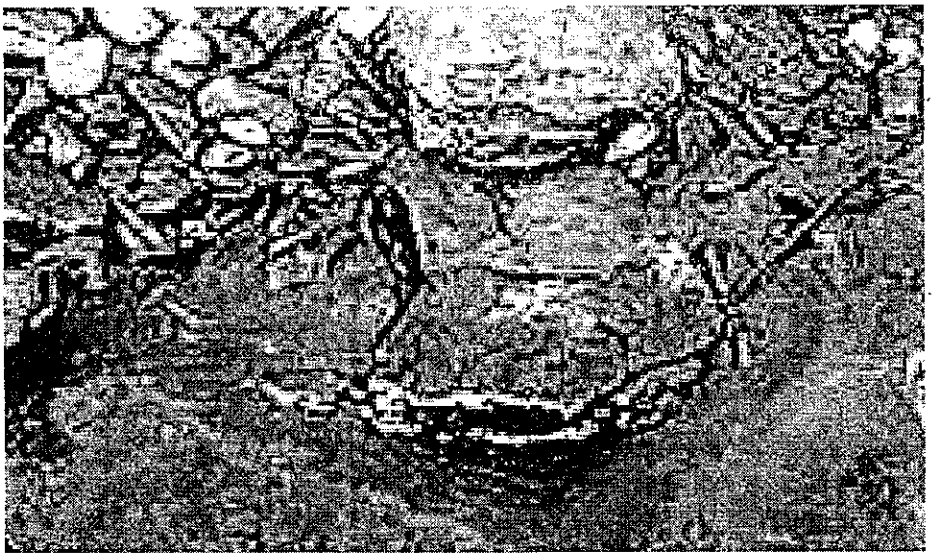
ภาพที่ 1.2 Carbon Cycle

ที่มา : Encyclopaedia Britannica ,Inc.

การแยกธาตุน้ำมันดิบ (Ultimate Analysis of Crude Oils)

ธาตุส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
คาร์บอน	83.9-86.8
ไฮโดรเจน	11.4-14.0
คาร์บอน/ไฮโดรเจน	6-8
กำมะถัน	0.06-8.0
ไนโตรเจน	0.11-1.70
ออกซิเจน	0.5
โลหะต่าง ๆ เช่น เหล็ก วานาเดียม นิเคิล ฯลฯ	0.03

จากตารางจะเห็นว่าส่วนประกอบส่วนใหญ่ในน้ำมันดิบจะเป็นธาตุคาร์บอน และไฮโดรเจน ธาตุทั้งสองนี้รวมตัวกันอยู่ในรูปของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนมีปริมาณมากกว่า 75%ขึ้นไป ส่วนกำมะถัน ไนโตรเจน ออกซิเจน และธาตุอื่นๆ จะอยู่ในรูปสารประกอบเอินทรีย์และอนินทรีย์ละลายอยู่ในน้ำมันดิบ



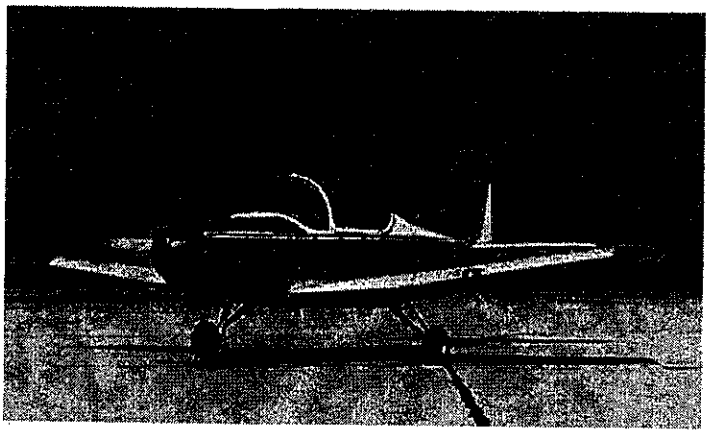
ภาพที่ 1.3 Crude Oil

ที่มา : google.co.th

บทที่ 2
เชื้อเพลิง

ประเภทของเชื้อเพลิงอากาศยานสามารถแบ่งได้ 2 ชนิด

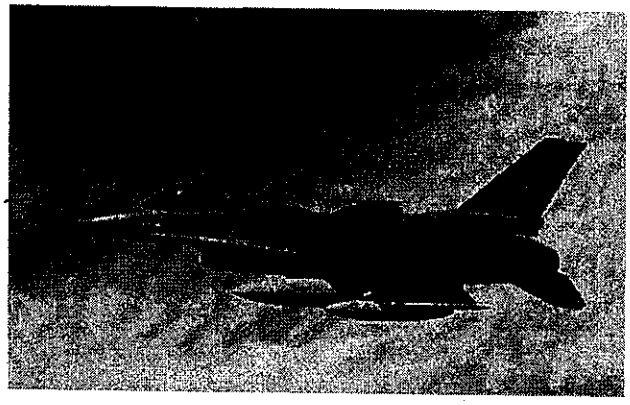
1. น้ำมันเบนซินอากาศยาน (AVIATION GASOLINE ; AVGAS)



ภาพที่ 2.1 อากาศยานที่ใช้เครื่องยนต์ลูกสูบ

ที่มา : รร.การบิน บยอ.

2. น้ำมันอากาศยานไอพ่น (JET FUELS ; Aviation Turbine Fuels)



ภาพที่ 2.2 อากาศยานที่ใช้เครื่องยนต์ไอพ่น

ที่มา : บน.1 พล.บ.2 บยอ.

1. น้ำมันเบนซินอากาศยาน (AVIATION GASOLINE ; AVGAS)

น้ำมันเบนซินอากาศยานเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีองค์ประกอบพื้นฐาน เป็นสารไฮโดรคาร์บอน การปนเปื้อนด้วยสารประกอบที่มีกำมะถัน หรือ ออกซิเจน จะต้องจำกัดปริมาณไว้อย่างเข้มงวด ยกเว้นสารเพิ่มคุณภาพที่มีการอนุญาติให้เติมลงไป และมีการผลิตที่ซับซ้อนมากที่สุด ต้องมีการควบคุมการผลิตอย่างเข้มงวด เพื่อให้คุณภาพเป็นไปตามข้อกำหนด (Specification) เช่น ความต้านทานการน๊อก (Antiknock Properties) การระเหย (Volatility) ,ความดันไอ (Vapor Pressure) , ความคงตัว (Stability) , ปริมาณสารตะกั่ว (Lead Content) , สี (Color)

คุณสมบัติของน้ำมันเบนซินอากาศยาน

1. คุณภาพต้านทานการน๊อค (Antiknock Quality)
2. การจัดแบ่งเกรด (Classification)
3. ปริมาณสารตะกั่ว(Tetraethyl Lead ; TEL)
4. ความดันไอ (Reid vapor pressure)
5. สี (Color)
6. ช่วงการกลั่น (Distillation)
7. จุดเยือกแข็ง (Freezing Point)

คุณสมบัติต้านทานการน๊อค (Antiknock Properties)

การน๊อค หรือการระเบิดเป็นลักษณะการ เผาไหม้ที่ผิดปกติ อัตราส่วนของอากาศ และเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ที่ผิดปกติ อัตราส่วนของอากาศ และเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้เกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้เกิดการติดไฟได้เอง แทนที่จะเกิดการติดไฟจากการจุดระเบิดของหัวเทียน การน๊อกทำให้เครื่องยนต์เสียหาย และสูญเสียกำลังได้

ค่าออกเทนเป็นตัวเลขที่บอกถึงคุณภาพการต้านทานการน็อค (Antiknock Quality) หรือความสามารถของน้ำมันที่จะเผาไหม้โดยปราศจากการน๊อค (Knock) ในเครื่องยนต์ ค่าออกเทนสามารถวัดได้ด้วยเครื่องยนต์มาตรฐานสูบเดียว ที่สามารถปรับอัตราส่วนการอัดตัวได้ เรียกว่า เครื่องยนต์ CFR (Cooperative Fuels Research) โดยใช้เชื้อเพลิงอ้างอิงเป็นตัวเปรียบเทียบ และกำหนดให้ Iso-Octane มีค่าออกเทนเป็น100 และ normal-heptane มีค่าออกเทนเป็น 0 สำหรับเปรียบเทียบน้ำมันที่มีค่าออกเทน 95 หมายถึง น้ำมันที่มีความสามารถในการต้านทานการน๊อคเท่ากับน้ำมันเชื้อเพลิงอ้างอิง ที่มีส่วนประกอบของ Iso-Octane 95% โดยปริมาตร และ normal-heptane 5% โดยปริมาตร

PERFORMANCE NUMBER (PN)

คือ ค่าออกเทนของเชื้อเพลิงที่เกิน 100

130 หมายถึง เครื่องยนต์แบบซุปเปอร์ชาร์จ (ขณะเชื้อผสมหนา) สามารถผลิตกำลังได้มากกว่า 130 % หรือ 1.3 เท่า ของน้ำมันเบนซินที่มีค่าออกเทน 100 โดยเครื่องยนต์ไม่น๊อค

คุณภาพด้านทานการน๊อค (Antiknock Quality)

1. การเผาไหม้ที่สมบูรณ์ (Normal Combustion)

2. การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ (Uncompleted Combustion)

2.1 การน๊อคที่เกิดขึ้นหลังหัวเทียนจุด (Detonation Knock)

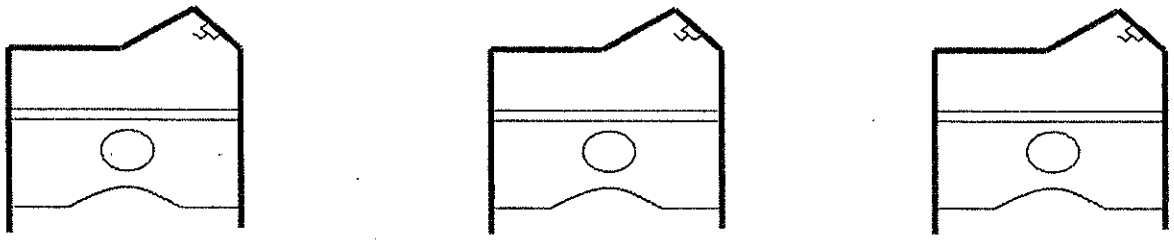
สาเหตุ DETONATION KNOCK

1. HIGH COMPRESSION RATIO
2. LOW OCTANE NUMBER
3. HIGH CYLINDER TEMPERTURE
4. LEAN FUEL AIRMIXTURES

2.2 การน๊อคที่เกิดก่อนจากหัวเทียนจุด (Pre-ignition Knock)

สาเหตุ PRE-IGNITION KNOCK

1. มีเขม่าในห้องเผาไหม้มาก
2. เกลียวหัวเทียนยื่นเข้าไปในห้องเผาไหม้มาก
3. เขี้ยวหัวเทียนร้อนเกินไป



ภาพที่ 2.3 แสดงการเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ,Detonation Knock ,Pre-ignition Knock ตามลำดับ

(ให้ผู้เข้ารับการบรรยายเติมภาพให้สมบูรณ์ตามผู้บรรยายอธิบาย)

ที่มา : ฝตช.ผวต.กวก.ชอ.บนอ.

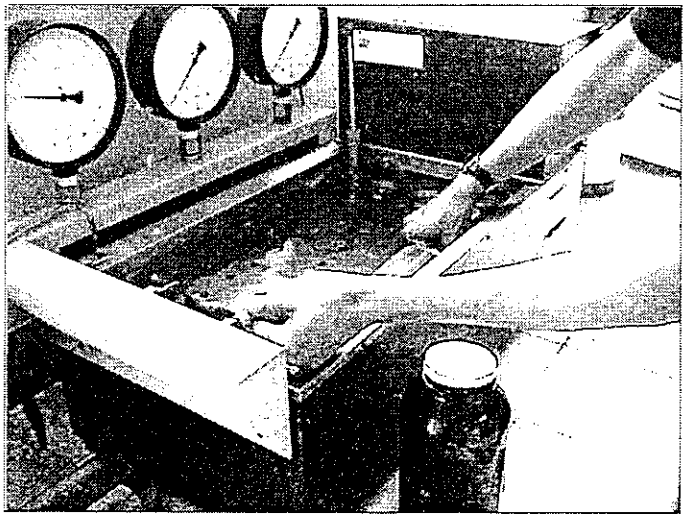
การระเหย (Volatility)

ความสามารถในการระเหยมีผลต่อการทำงานของเครื่องบินเป็นอย่างมาก เพื่อให้สตาร์ทง่าย อุ่นเครื่องเร็ว มีการกระจายของไอน้ำมันไปยังท่อร่วมไอดี (Intake Manifold) และกระบอกสูบทุกอันได้เท่า ๆ กัน แต่ต้องไม่ระเหยมากเกินไปจนเกิดเป็นไอ (ฟองอากาศ) ระหว่างส่งเข้ามาตามท่อ (Intake system) เพราะจะไปปิดกั้นการไหลของน้ำมัน หรือที่เรียกว่าการเกิดการอัดไอ (Vapor Lock) ซึ่งทำให้เครื่องยนต์สะดุด สูญเสียกำลัง และต้องไม่หนักมากเกินไปจนเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และละลายลงในถังน้ำมันเครื่อง (Crankcase Dilution) ทำให้ อายุการใช้งานของน้ำมันเครื่องสั้นลง

ความดันไอ (Vapor Pressure)

น้ำมันที่ระเหยตัวได้ง่าย จะมีค่าความดันไอสูง ช่วยให้เครื่องยนต์ติดง่าย โดยเฉพาะบริเวณอากาศหนาว แต่ถ้าใช้ในแถบร้อนจะมีไอมากไปจนเกิด Vapor Lock ค่ากำหนดความดันไอจึงต้องขึ้นอยู่กับบริเวณที่จะนำน้ำมันไปใช้ แต่การใช้งานในเครื่องบินต้องประสบกับสภาพอากาศทั้งร้อนจัด และหนาวจัด ดังนั้นน้ำมันเบนซินอากาศยานจึงถูกกำหนดความดันไอเอาไว้ทั้งระดับสูงสุด (Maximum) และ ต่ำสุด (Minimum)

การวัดความดันไอสำหรับน้ำมันระเหยง่าย ใช้วิธีของ Reid (ASTM D 323) ซึ่งประกอบด้วยเครื่องมือพิเศษ กล่าวคือ มี Air Chamber จะลบล้างอิทธพลของความดันบรรยากาศออกไปทำให้ค่าที่อ่านได้จากมาตรฐานเป็น Absolute Pressure และเราเรียกว่า Reid Vapour Pressure (RVP) การวัดความดันนี้จะวัดที่ 37.8°C (100°F)



ภาพที่ 2.4 เครื่องมือหาความดันไอ Reid Vapour Pressure (RVP)

ที่มา : ฝตช.ผวต.กวก.ชอ.บนอ.

ความคงตัว (Stability)

น้ำมันอากาศยานจะต้องมีคุณสมบัติที่คงตัวต่อการจัดเก็บเป็นระยะเวลายาวนาน ในทุกสภาวะอากาศ น้ำมันที่ไม่มีความคงตัว จะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น และการก่อตัว ของสารพอลิเมอร์ (Polymer) จากการเกิดออกซิเดชั่น (Oxidation) ทำให้เกิดเป็นของแข็ง ที่เรียกว่า ยางเหนียว (Gum) อาจเกิดการสะสมใน ระบบท่อน้ำมัน คาร์บูเรเตอร์วาล์ว และอื่น ๆ ได้

ปริมาณสารตะกั่ว (Lead Content)

สารตะกั่วที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็น Tetraethyl Lead (TEL) ซึ่งเป็นสารประกอบที่อยู่ในรูปของเหลว ใช้เติมในน้ำมันเบนซินอากาศยาน เพื่อป้องกันการน๊อก (Antiknock)

สี (Color)

สีที่ปรากฏในน้ำมันเบนซินอากาศยานนั้นเป็นสีที่ได้จากการเติม และเป็นการบอกชนิด หรือเกรดของน้ำมันเพื่อบอกประเภทของน้ำมัน มิให้ปะปนกัน ดังนี้

๑. AVIATION GASOLINE (AVGAS) 80/87 (LEAN 80 / SUPERCHARGE 87) RED

๒. AVIATION GASOLINE (AVGAS) 100 (LEAN 100 / SUPERCHARGE 130) GREEN

๓. AVIATION GASOLINE (AVGAS) 100LL (LEAN 100 / SUPERCHARGE 130) BLUE

นอกจากนี้ สีอาจเป็นตัวบ่งบอกถึงความสะอาดของผลิตภัณฑ์ได้ เมื่อผู้ใช้งานรู้จักเฉดสีของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามสีจะไม่สามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมได้เสมอไป ควรใช้คุณสมบัติอื่น ๆ ประกอบในการตัดสินคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ด้วย

2. น้ำมันอากาศยานไอพ่น (JET FUEL ; Aviation Turbine Fuels)

ใช้กับเครื่องยนต์เทอร์ไบน์ หรือกังหัน ซึ่งมี หลักการทำงานแตกต่างจากเครื่องยนต์ของเครื่องบินใบพัด จึงไม่ต้องการน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพต้านทานการน๊อก แต่จะต้องสะอาด บริสุทธิ์ และเผาไหม้ได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ นอกจากนนี้ต้องมีความคงตัวสูง (Stability) เพื่อไม่ให้น้ำมันสลายตัว หรือเสื่อมระหว่างเก็บในถัง หรือใช้งานน้ำมันอากาศยานไอพ่น แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.1 น้ำมันอากาศยานไอพ่นเพื่อการพาณิชย์ ได้แก่ JET A-1

2.2 น้ำมันอากาศยานไอพ่นทหาร ได้แก่ JP-8

นอกจากนี้ต้องมีการควบคุมคุณภาพเป็นไปตามข้อกำหนด (Specification) เช่น คุณภาพการเผาไหม้ (Combustion Quality) ,ค่าความร้อน (Heat Content) , ความคงตัว (Stability) , อัตราการระเหย (Volatility) ,ความสะอาด (Cleanliness)

คุณภาพการเผาไหม้ (Combustion Quality)

คือความสามารถของน้ำมันที่จะเผาไหม้อย่างมีประสิทธิภาพ และสะอาดเพราะ ก๊าซร้อนจากการเผาไหม้จะต้องไปทำงานเป่ากังหันที่ต้องหมุนด้วยรอบสูงมาก ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบไฮโดรคาร์บอน โดยพวกพาราฟินจะเผาไหม้ดีมาก

ค่าความร้อน (Heat Content)

จะต้องมีค่าความร้อนสูง เพื่อเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงและบินเดินทางได้ระยะไกลกว่า

ความคงตัว (Stability)

ต้องมีความคงตัวสูง เพื่อมิให้น้ำมันเสื่อม หรือมิให้น้ำมันเสื่อม หรือสลายตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมีในระหว่างการเก็บในถัง และในระหว่างการใช้งาน

อัตราการระเหย (Volatility)

ต้องให้เหมาะแก่การเผาไหม้ และต้องมีกำลังดันไอต่ำ เพื่อป้องกันการสูญเสียของน้ำมันจากถังเก็บมากเกินไป เชื้อเพลิงที่ดีจะต้องจุดไฟง่าย และเผาไหม้ได้สม่ำเสมอแม้จะอยู่ในที่สูง และอุณหภูมิต่ำ จะต้องฉีดเป็นฝอยได้ และระเหยได้ดีในขณะใช้งาน

ความสะอาด (Cleanliness)

น้ำมันที่ดีต้องใสสะอาดปราศจากสิ่งปนเปื้อน และสารแขวนลอยต่าง ๆ ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ที่มองเห็นด้วยตาเปล่า (Visual) จนกระทั่งขนาดเล็กไม่สามารถสังเกตได้

ภาพที่ 2.5 การตรวจด้วยสายตา (Visual Check)

ที่มา : คู่มือของ บ.ปตท. จำกัด (มหาชน)

ศัพท์ทั่ว ๆ ไปที่ใช้ในวิชาเชื้อเพลิง

ความหนาแน่น / ความหนาแน่น (Density / Specific gravity)

หาค่าโดยใช้หลักการของ Hydrometer จะเป็นการวัดในหน่วยใด ก็สามารถใช้ Hydrometer ในหน่วยนั้นวัดได้ซึ่งมีเครื่องมือมาตรฐานสำหรับใช้วัด ในการวัดจะต้องอ่านอุณหภูมิด้วย เสร็จแล้วจึงนำไปปรับค่าเป็นอุณหภูมิมาตรฐาน โดยการใช้ Petroleum Measurement Table

ความหนาแน่น (Density)

หน่วยของน้ำหนักต่อปริมาตรที่อุณหภูมิมาตรฐาน คือ 15 ^{o}C โดยปกติจะมีหน่วยเป็น Kilogram per Lite ที่อุณหภูมิ 15 ^{o}C

ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)

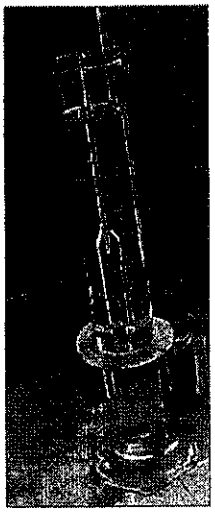
หน่วยของน้ำหนักต่อปริมาตรของเหลวที่อุณหภูมิ 15 ^{o}C เทียบกับน้ำหนักของน้ำต่อปริมาตรของน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน โดยปกติการรายงานผลก็จะมีอุณหภูมิกำกับอยู่ เช่น 60/60 ^{o}F

ความถ่วง API Gravity

หน่วยวัดที่ได้มีการพัฒนามาจากสถาบันปิโตรเลียมของอเมริกา (American Petroleum Institute)ซึ่งค่า API Gravity จะมีความสัมพันธ์กับค่า Specific gravity ดังนี้

$$\text{Deg. API Gravity at 60 }^{o}\text{F} = \frac{141.5}{\text{Specific gravity 60/60 }^{o}\text{F}} - 131.5$$

การหาค่า Specific gravity และ API Gravity ใช้วิธีการตาม ASTM D – 1298 ซึ่งเป็นวิธีหาค่าโดยใช้หลักการของ Hydrometer จะวัดเป็นหน่วยไหนก็ใช้ Hydrometer ในหน่วยนั้น มีเครื่องมือมาตรฐานสำหรับใช้วัด ในการวัดต้องอ่านอุณหภูมิด้วย เสร็จแล้วจึงนำไปปรับค่าอุณหภูมิมาตรฐานโดยใช้ Petroleum Measurement Tables ซึ่งเตรียมมาเพื่อการนี้โดยเฉพาะคุณสมบัติอันนี้ของน้ำมันจัดว่าสำคัญมาก โดยเฉพาะในด้านการซื้อขาย เพราะส่วนใหญ่ทำการซื้อขายกันตามปริมาตรที่อุณหภูมิมาตรฐาน ในด้านคุณภาพของน้ำมันค่า Gravity เมื่อใช้ร่วมกับคุณสมบัติอื่น ๆ อาจบอกถึงองค์ประกอบของน้ำมัน และความเหมาะสมในการใช้งานด้วย



ภาพที่ 2.6 การหาความถ่วง API Gravity

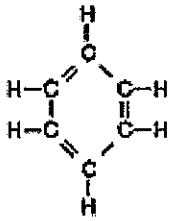
ที่มา : ฝตช.ผวต.กวก.ชอ.บนอ.

Compression Ration

คือ อัตราเทียบส่วนระหว่าง ปริมาตรของกระบอกสูบในขณะที่ลูกสูบอยู่ ณ ตำแหน่ง Bottom dead center (BTD)กับปริมาตรของกระบอกสูบในขณะที่ลูกสูบอยู่ ณ ตำแหน่ง Top dead center (TDC) กฎทั่วไป เมื่อ Compression Ration สูงขึ้น เครื่องยนต์ จะให้กำลังสูงขึ้น

สารอะโรมาติกส์ (Aromatic)

เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีในน้ำมัน พบว่า มีปฏิกิริยากับวัตถุที่ทำด้วยยาง ส่งผลให้ยางบวม นอกจากนี้ให้ควันมากกว่าสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดอื่น ๆ ทำให้เกิด Carbon deposit ตามหัวฉีดแล้วยังทำให้ประสิทธิภาพในการสันดาปลดต่ำลงด้วย



Benzene
(an aromatic)

ภาพที่ 2.7 Benzene (Aromatic)

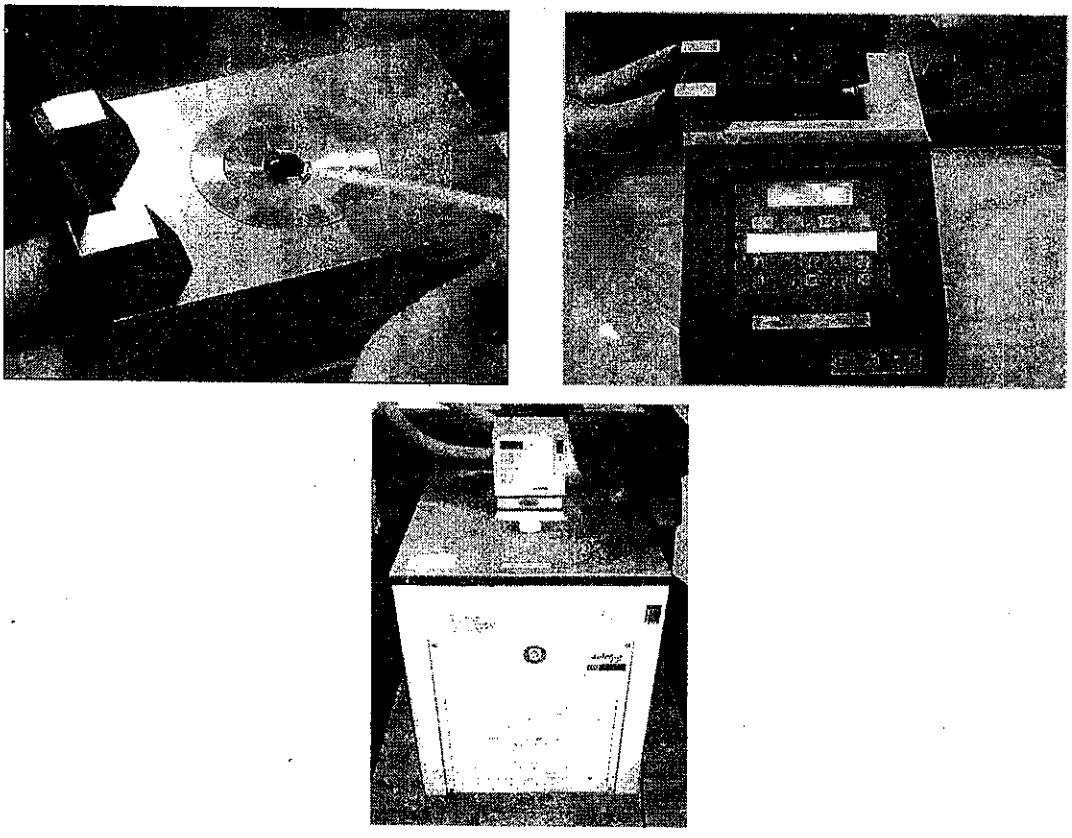
ที่มา : Encyclopaedia Britannica ,Inc.

จุดเหยือกแข็ง (Freezing Point)

คือ จุดเหยือกแข็งที่กำหนดขึ้นเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมันเกิดเป็นน้ำแข็ง เมื่ออากาศยานจะต้องบินในเพดานที่สูง และอุณหภูมิลดลงการเกิดเป็นน้ำแข็งนี้จะทำให้ทางเดินน้ำมันอุดตัน

สารหน่วงการเป็นน้ำแข็ง (Anti-icing inhibitor)

ปัญหาหนึ่งที่ทำให้ระบบทางเดินน้ำมันเกิดขัดข้อง คือ น้ำ (Free water) และความชื้น ดังนั้น จะต้องเติมสารเคมีเพื่อขจัดปัญหานี้ สารเคมีเติมปกติจะเป็น EGME (Ethylene Glycol Monoethyl Ether) โดยเฉพาะใน JP-8 ที่มีการเติมสารนี้ลงไปเพื่อหน่วงการแข็งตัวของน้ำ (Free Water) ในน้ำมันเชื้อเพลิง หรือที่เรียกว่า FSII (Fuel System icing inhibitor)



ภาพที่ 2.8 ชุดเครื่องมือหาปริมาณ EGME ใน JP-8

ที่มา : ฝตช.ผวต.กวก.ชอ.บนอ.

หลักการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง แบ่งได้ 3 อย่าง

1. เชื้อเพลิงที่บ่งให้ใช้ (Specified Fuel) คือ เชื้อเพลิงกำหนดให้ใช้กับเครื่องยนต์แบบหนึ่ง ๆ ซึ่งจะเป็นเชื้อเพลิงที่เครื่องยนต์จะเดินได้ประสิทธิภาพดีที่สุด

2. เชื้อเพลิงที่บ่งให้ใช้แทน (Alternate Fuel) คือ เชื้อเพลิงที่จะใช้ได้กับเครื่องยนต์นั้นได้เหมือนกัน แต่อาจทำให้ประสิทธิภาพด้อยลงไป หรืออาจเพิ่มงานซ่อมบำรุง หรือการซ่อมใหญ่ให้มากขึ้น

3. เชื้อเพลิงฉุกเฉิน (Emergency Fuel) คือ เชื้อเพลิงที่จะใช้ได้กับเครื่องยนต์นั้นในเมื่อเชื้อเพลิงในข้อ 1 และข้อ 2 เกิดขาดมือ เชื้อเพลิงนี้ยอมให้ใช้ได้เพื่อการบินเพียงเที่ยวเดียวเว้นแต่จะได้รับอนุมัติจากผู้มีอำนาจเสียก่อน ซึ่งทั้งนี้จะดูเชื้อเพลิงฉุกเฉินได้จากคู่มือเฉพาะแบบของเครื่องยนต์

ตัวอย่างหลักการใช้งานของน้ำมันเชื้อเพลิง

	SPECIFIED	ALTERNATE	EMERGENCY	RTAF.
C-130H	JP-4	JET A-1 , JP-5, JP-8	AVGAS	JET A-1
F-16 A/B	JP-4	JET A-1 , JP-5, JP-8	NONE	JP-8

TO.42B1-1-14

อันตรายของน้ำมันเชื้อเพลิง

1. เป็นสารไวไฟมาก (Fire and Explosion)

ปัจจัยที่ทำให้เกิดเพลิงไหม้และการระเบิด ได้แก่ เชื้อเพลิง ออกซิเจน และสิ่งที่ทำให้เกิดประกายไฟซึ่งออกซิเจนเป็นตัวที่ควบคุมยากที่สุด ดังนั้นในการที่จะป้องกันอันตรายเพื่อไม่ให้เกิดเพลิงไหม้ คือจะต้องควบคุมที่เชื้อเพลิง และแหล่งที่จะทำให้เกิดประกายไฟ

ภาพที่ 2.9 การเกิดลุกติดไฟของน้ำมันเชื้อเพลิง

ที่มา : google.co.th

วิธีการปฏิบัติในการควบคุมเชื้อเพลิงเพื่อไม่ให้เกิดอันตรายทำได้ดังนี้

1.ใช้ภาชนะที่ปิดสนิท

2.ทำความสะอาดน้ำมันส่วนเกิน

3.ทำการซ่อมแซมรอยแตกของถังเก็บ

4.เก็บท่อเติมและที่เดรนให้พ้นจากน้ำมัน

สิ่งที่จะทำให้เกิดประกายไฟ

-ไฟฟ้าสถิตย์

-เครื่องทำความร้อน

-บุหรี่

-การจุดระเบิดของเครื่องยนต์

-พลังงานไฟฟ้าความถี่สูง

-การเชื่อมโลหะ ฯลฯ

การควบคุมสิ่งที่จะทำให้เกิดประกายไฟและการระเบิดทำได้โดย

เครื่องใช้ไฟฟ้า	-อุปกรณ์ไฟฟ้าจะต้องมีความปลอดภัย
การซ่อมบำรุง	-การเชื่อมโลหะ การจุดระเบิดเครื่องยนต์ ต้องได้รับอนุญาตก่อน
วัตถุที่ไวไฟ	-ไม้ขีดไฟ หรือบุหรี่ หรือเครื่องทำความร้อนจะต้องไม่อยู่ในบริเวณที่มีน้ำมันเชื้อเพลิง

2. เป็นอันตรายต่อร่างกาย

- เข้าสู่ร่างกาย = อย่าล้วงคอให้อาเจียนโดยเด็ดขาด ให้ดื่มนมมาก ๆ หรือ น้ำมาก ๆ แล้วรีบนำส่งโรงพยาบาล

- เข้าตา = ล้างน้ำให้สะอาดโดยผ่านก๊อกน้ำเป็นเวลา 10 นาที

- ผิวหนัง = แช่ส่วนที่ถูกน้ำมันในน้ำทันที และล้างด้วยสบู่ ถ้าเสื้อเปื้อนน้ำมันให้รีบถอดออก

- หายใจเอาไอน้ำมันเข้าไป = พาผู้ป่วยมาบริเวณที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก และบริสุทธิ์ ให้ร่างกายผู้ป่วยอบอุ่น ให้ออกซิเจนเมื่อผู้ป่วยหมดสติ ถ้าผู้ป่วยหยุดหายใจ ให้ช่วยปฐมพยาบาลวิธีช่วยหายใจ แล้วนำส่งโรงพยาบาล

น้ำมันเชื้อเพลิงสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 4 ทาง คือ

1. Ingestion คือ การกลืน หรือกินน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไป จะทำให้ปากและคอไหม้ และยังเป็นอันตรายต่อกระเพาะอาหารและลำไส้

การปฐมพยาบาลเบื้องต้น - ห้ามทำให้อาเจียน
- นำส่งโรงพยาบาลทันที

2. Inhalation คือ การหายใจเข้าไปในรูปไอระเหย

ลักษณะอาการ	ปริมาณน้อย	-เกิดอาการตื่นเต้นตระหนก
	ปริมาณมาก	-ลำคอแห้ง และระคายคอ ลำคอตีบตัน
	ปริมาณมากๆ เป็นเวลานาน	-ทำให้กล้ามเนื้อล้า
		-ทำให้นัยตาพร่ามัว
		-เกิดอาการปวดหน้าอก
		-ทำให้หมดสติและอาจเสียชีวิตได้

การปฐมพยาบาล
1.เคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกมาสู่บริเวณที่มีอากาศบริสุทธิ์
2.ทำร่างกายให้อบอุ่น และพักผ่อน
3.ถ้าหมดสติทำการให้อ๊อกซิเจน
4.ถ้าหยุดหายใจให้ทำการผายปอดเพื่อให้ฟื้นคืนสติ
5.นำส่งโรงพยาบาลทันที

3.Aspiration คือ การหายใจเข้าไปในรูปของเหลว

ลักษณะอาการ -ทำให้หายใจลำบาก ติดขัด
-มีอาการไอและพูดระล่ำระลัก
-มีเหงื่อออกมาก

การปฐมพยาบาลเบื้องต้น
-นำผู้ป่วยออกมาสู่บริเวณที่มีอากาศบริสุทธิ์
-นำผู้ป่วยส่งโรงพยาบาล

4.Apsorbtion คือ การซึมซับ

ลักษณะอาการ

ทางผิวหนัง -ทำให้เกิดอาการคัน ผิวหนังอักเสบ

ทางตา -ทำให้เคืองตาและแสบตา

การปฐมพยาบาลเบื้องต้น

ทางผิวหนัง -ล้างออกด้วยสบู่ และน้ำอุ่น

ทางตา -ล้างตาโดยใช้น้ำสะอาด หรือน้ำอุ่นๆ ประมาณ 10 นาที

-นำส่งโรงพยาบาล

สิ่งเจือปนในน้ำมันเชื้อเพลิง มีรูปแบบต่าง ๆ กันไป เช่น ของเหลว หรือของแข็ง ซึ่งแบ่งได้ 4 ชนิด คือ

1.Particulate เป็นอนุภาคเล็ก ๆ

2.Water น้ำในน้ำมัน ซึ่งมี 3 ประเภท ดังนี้

2.1 Free Water เป็นน้ำที่พบอยู่ที่แอ่งด้านล่างของถัง ,Filter และท่อส่งน้ำมัน

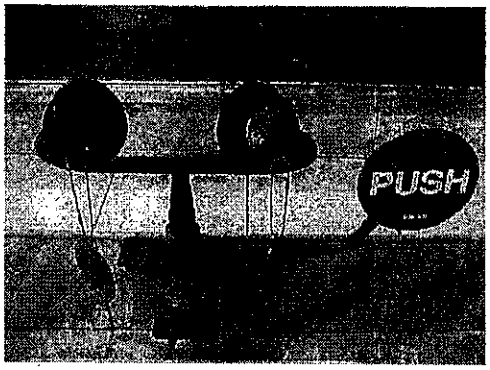
2.2 Entrained Water เป็นน้ำที่ลอยอยู่ในน้ำมัน และถ้ามีปริมาณมาก อาจทำให้น้ำมันขุ่นได้

2.3 Dissolved Water เป็นน้ำที่มีพันธะทางอะตอมของโมเลกุลในน้ำมัน มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า

Free Water ,Entrained Water สามารถกำจัดได้โดยใช้ Filter และทำการเดรนออกที่จุดล่างสุด

3.Microbiological จุลินทรีย์

4.Mixed Product ผลิตภัณฑ์อื่นที่ปนมา



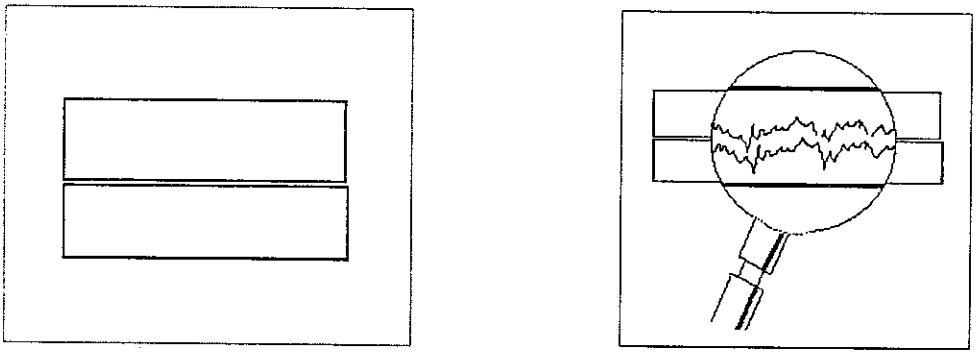
ภาพที่ 2.9 ที่ทำความสะอาดตา

ที่มา : บน.๑ พล.บ.2 บยอ.

บทที่ 3
สารหล่อลื่น

หน้าที่หลักของสารหล่อลื่น คือ การแยกผิวของโลหะหรือชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ออกจากกันเพื่อไม่ให้เกิดการเสียดสี ลดความฝืดระหว่างผิวทำให้เคลื่อนที่ง่ายและลดการสึกหรอ ผิวโลหะแม้จะขัดจนเรียบปานใดก็ยังมีรอยขรุขระ ซึ่งสามารถส่องดูด้วยกล้องกำลังขยายสูงได้ รอยขรุขระนี้จะทำให้ผิวของโลหะเกาะยึดกันก่อให้เกิดความฝืดต้านทานการเคลื่อนไหวสูงมาก เมื่อผิวโลหะถูกแยกออกด้วยฟิล์มบาง ๆ ของสารหล่อลื่น ความฝืดของผิวโลหะจะถูก แทนที่ด้วยความฝืดภายในสารหล่อลื่นเอง หรือ ความหนืด ซึ่งน้อยลงมาก ทำให้การเคลื่อนที่ง่ายโดยใช้แรงแต่น้อย นอกจากทำหน้าที่หล่อลื่นลดความฝืดและลดการสึกหรอแล้ว สารหล่อลื่นยังทำหน้าที่เป็นตัวกลางนำความร้อนออกจากจุดที่ร้อนจัด (Hot Spots) เพื่อป้องกันความเสียหายจากความร้อนที่สูงเกินไป (Overheating) ทำหน้าที่ป้องกันการกัดกร่อนของชิ้นส่วน ทำหน้าที่นำเอาสิ่งปนเปื้อนที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์ ซึ่งจะเป็นของแข็ง และเศษโลหะเล็ก ๆ ที่เกิดจากการขัดสีของผิวโลหะรวมอยู่ด้วยออกมาตลอดเวลา สิ่งปนเปื้อนเหล่านี้อาจถูกแยกออกต่อไปโดยการกรอง หรือจะถูกแขวนลอยอยู่ในน้ำมันจนกว่าจะเปลี่ยนน้ำมันใหม่

การหล่อลื่น (Lubrication) การลดแรงเสียดทาน ระหว่างผิวโลหะที่สัมผัสกันโดยกั่นผิวสัมผัสทั้งสองด้วยเยื่อ หรือฟิล์มของ สารหล่อลื่น เพื่อลดความฝืด และลดการสึกหรอให้มากที่สุด

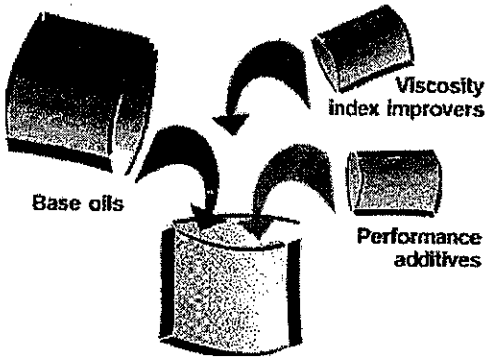


ภาพที่ 3.1 ผิวหน้าของโลหะที่สัมผัสกัน

ที่มา : ฝตช.ผวต.กวก.ชอ.บนอ.

น้ำมันหล่อลื่นมีอยู่มากมายหลายชนิด ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามประเภทการใช้งาน เช่น น้ำมันเครื่อง น้ำมันเกียร์ น้ำมันไฮดรอลิค และน้ำมันพิเศษสำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ทั้งนี้ส่วนประกอบสำคัญของน้ำมันหล่อลื่นประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน (Base oil) และสารเพิ่มคุณภาพ (Additive)

น้ำมันหล่อลื่น (Lubricating oils) = น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน (Base Oils) + สารเพิ่มคุณภาพ (Additives)



ภาพที่ 3.2 ที่มาของสารหล่อลื่น

ที่มา : google.co.th

หน้าที่ของสารหล่อลื่น (Function of Lubricants)

1. ลดความฝืด หรือความเสียดทาน (Control friction)
2. ลดการสึกหรอ (Control wear)
3. ระบายความร้อน (Control Temperature)
4. ลดการกระแทก (Damper shock)
5. ช่วยทำความสะอาด (Flushing action)

ภาพที่ 3.3 สารเพิ่มคุณภาพ และสัญลักษณ์บริษัทน้ำมันชั้นนำในเมืองไทย

ที่มา : google.co.th

ชนิดของสารหล่อลื่น (Type of Lubricants)

1. ของเหลว - น้ำมันแร่ (Mineral)
   - น้ำมันสังเคราะห์ (Synthetic Oil)
2. สารกึ่งเหลวกึ่งแข็ง เช่น จาระบี (Grease)
3. สารหล่อลื่นแข็ง (Solid Lubricant)
   เช่น แกรไฟต์ และ โมลิบดินัมไดซัลไฟด์

ประเภทของน้ำมันหล่อลื่น

1. แยกตามความหนืด

   SAE (Society of Automotive Engineers) แบ่งน้ำมันเป็นเบอร์

   * น้ำมันเกรดธรรมดา (Single Grade) เช่น 10w , 30 ,50
   * น้ำมันเกรดรวม (Multi Grade) เช่น 15w-40 , 15w-50 ,20w-50

2. แยกตามสภาพการใช้งาน

   API (American Petroleum Institute) + SAE + ASTM

   * เครื่องยนต์เบนซิน เรียกว่า " S " (Service station classification)

   เช่น API service SA , API service SF

   * เครื่องยนต์ดีเซล เรียกว่า " C " (Commercial classification)

   เช่น API service CA , API service CE

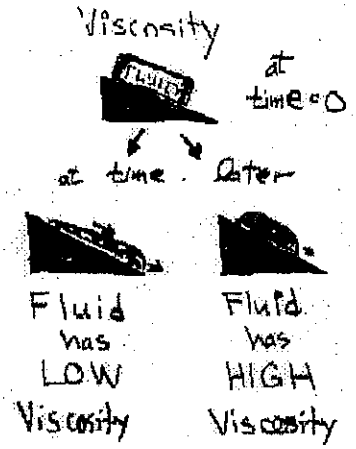
คุณสมบัติสำคัญของน้ำมันหล่อลื่น

1. ความหนืด (viscosity)

ความต้านทานการไหลของน้ำมันหล่อลื่น เป็นคุณสมบัติสำคัญของน้ำมันหล่อลื่น มีการแปรกลับ กับอุณหภูมิของน้ำมัน คือ ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นจะลดลง (เยื่อฟิล์มบาง) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และความหนืดจะสูงขึ้น (เยื่อฟิล์มหนา) เมื่ออุณหภูมิลดลง

เครื่องมือวัดความหนืด (Viscometer) แบบที่ใช้แพร่หลายมากที่สุดได้แก่ คิเนแมติก (Kinematic) ซึ่งเป็นหลอดตัว U มีรูวัดความหนืด (Orifice) อยู่ภายใน และมีกระเปาะสำหรับบรรจุน้ำมัน วิธีวัดความหนืดจับเวลาที่น้ำมันหล่อลื่นจำนวนหนึ่ง ไหลผ่านรูวัดความหนืด ตามอุณหภูมิที่กำหนด แล้วคำนวณหาค่าความหนืดจากเวลาที่วัดได้กับค่าคงที่ (Constant) ของเครื่องวัดความหนืดนั้น ความหนืดที่หาด้วยวิธีนี้เรียกว่า ความหนืด คิเนแมติก มีหน่วยเป็น เซนติสโตก = (centistoke = cSt) คือ 1 St เทียบเท่ากับ 100 cSt

อุณหภูมิต่ำ →	ความหนืดมาก (ความข้นใสสูง) →	เยื่อฟิล์มหนา →	ไหลยาก
อุณหภูมิสูง →	ความหนืดน้อย (ความข้นใสต่ำ) →	เยื่อฟิล์มบาง →	ไหลง่าย



ภาพที่ 3.4 แสดงการไหลของของเหลวที่มีความหนืดแตกต่างกัน บนที่ลาดเอียง

ที่มา : google.co.th

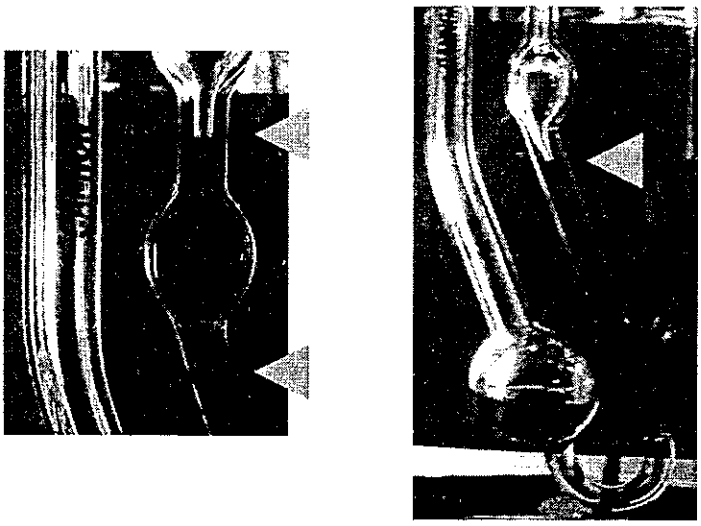
ค่าความหนืดจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิตลอดเวลา จึงต้องมีการควบคุมอุณหภูมิที่เครื่องวัดอย่างดี และการรายงานต้องบอกอุณหภูมิของการวัดด้วย การวัดเป็น Kinematic Viscosity โดยตรงกับ ASTM D 445 ค่าที่รายงานเป็น Centistoke (cSt.)

2. ดัชนีความหนืด (Viscosity Index = VI.)

ดัชนีความหนืดของน้ำมันหล่อลื่น เป็นตัวบ่งชี้ว่าน้ำมันหล่อลื่นชนิดนี้จะมีความหนืดเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิอย่างไร ถ้าน้ำมันหล่อลื่นมีค่าดัชนีความหนืดสูง แสดงว่าน้ำมันหล่อลื่นชนิดนี้ความหนืดจะเปลี่ยนแปลงน้อยเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป สำหรับน้ำมันหล่อลื่นที่มีค่าดัชนีความหนืดต่ำ แสดงว่าน้ำมันหล่อลื่นชนิดนั้นความหนืดจะเปลี่ยนแปลงมากเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป

การเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นมีความสำคัญมากอย่างยิ่ง ขณะที่เครื่องจักรมีอุณหภูมิต่ำน้ำมันหล่อลื่นจะมีความหนืดมาก ชิ้นส่วนเครื่องจักรเคลื่อนไหวลำบาก แต่พอใช้งานสักพักหนึ่งอุณหภูมิสูงขึ้น ความหนืดกลับลดต่ำลงมาก ทำให้เยื่อฟิล์มบางลง ซึ่งเป็นสาเหตุให้เครื่องจักรสึกหรอได้ ดังนั้น น้ำมันหล่อลื่นที่มีดัชนีความหนืดสูง จะเป็นน้ำมันที่คุณภาพดี สามารถใช้งานได้ดี แม้มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมาก

ในการผลิตน้ำมันที่สามารถรักษาค่าความหนืดให้เหมาะสมพอดีในสภาพอุณหภูมิการทำงานที่ต่างกัน เช่น Multi-Grade Oil น้ำมันจำเป็นต้องมีค่าดัชนีความหนืดสูง ซึ่งสามารถทำได้โดยการเติมสารเพิ่มค่าดัชนีความหนืดลงไป สารพวกนี้เป็นสารพวกโพลีเมอร์ (Polymer) โดยที่สารนี้จะเข้าไปรวมตัวกับบริเวณส่วนปลาย (Open Chain) ของโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอน และเกาะตัวให้เป็นโมเลกุลที่ยาวมาก ตราบใดที่น้ำมันหล่อลื่นมีอุณหภูมิลดต่ำลงโมเลกุลที่เป็นสายยาวนี้จะหดตัวรวมกันเป็นกลุ่มก้อน ซึ่งทำให้น้ำมันหล่อลื่นมีค่าความหนืดต่ำ แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โมเลกุลที่เป็นสายยาวนี้จะคลายตัวออกไปปนกับโมเลกุลของน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งทำให้ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเพิ่มขึ้น และเมื่ออุณหภูมิยิ่งสูงขึ้นอีกโมเลกุลนี้ยิ่งคลายออก ความหนืดจึงเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าน้ำมันหล่อลื่นเกรดเดียว



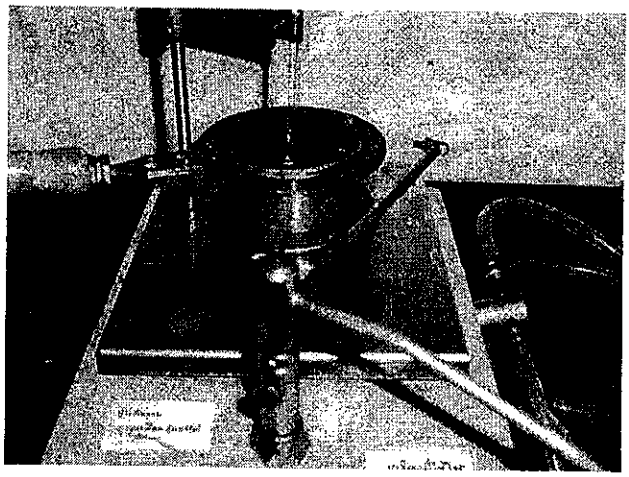
ภาพที่ 3.5 เครื่องมือวัดความหนืด (Viscometer) แบบที่ใช้แพร่หลายมากที่สุดได้แก่ คิเนแมติก (Kinematic) ซึ่งเป็นหลอดตัว U มีรูวัดความหนืด (Orifice)

ที่มา : ฝตช.ผวต.กวก.ชอ.บนอ.

3. จุดวาบไฟ (Flash point)

จุดวาบไฟ คือ อุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นเมื่อได้รับความร้อนจนเป็นไอแล้วลุกวาบเมื่อถูกเปลวไฟ แต่เปลวไฟจะเกิดเพียงไม่นาน น้ำมันหล่อลื่นที่มีจุดวาบไฟต่ำจะทำให้มีการสูญเสียเนื่องจากการระเหยมาก และยังมีอันตรายเกี่ยวกับความปลอดภัยด้านการเก็บรักษา และการขนย้ายอีกด้วย

การหาจุดวาบไฟมักใช้วิธี ASTM D 93 ซึ่งใช้เครื่องมือพิเศษ เรียกว่า Pensky Martens Close Cup (PMcc) ซึ่งใช้สำหรับน้ำมัน ดีเซล และน้ำมันเตา สำหรับน้ำมันที่เบา เช่น น้ำมันก๊าดจะใช้เครื่องมือ Tag Closed Tester (ASTM D 56) ส่วนน้ำมันที่หนัก ๆ เช่น น้ำมันหล่อลื่นจะต้องใช้เครื่องมือ Cleveland Open Cup (COC) ใช้วิธี ASTM D 92



ภาพที่ 3.6 เครื่องมือหา จุดวาบไฟ (Flash point) แบบ Cleveland Open Cup (COC)
ที่มา : ฝตช.ผวต.กวก.ชอ.บนอ.

4. จุดไหลเท (Pour Point)

จุดไหลเท คือ อุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันหล่อลื่นยังสามารถไหลได้ ไขน้ำมันที่มีอยู่ในน้ำมันจะตกผลึก (Crystallize) เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าจุดไหลเทของน้ำมันนั้น ทำให้น้ำมันไหลได้ยาก การทดสอบทำตามวิธี ASTM D 97 กล่าวคือ น้ำมันใสหลอดแก้วแล้วแช่ให้เย็นลงเรื่อย ๆ และคอยเอาน้ำมันมาตรวจดูจนถึงจุดที่น้ำมันจะเริ่มแข็งตัว และไม่ไหลเมื่อถือหลอดตามแนวนอนเป็นเวลา 5 วินาที จุดไหลเท หรือจุดเริ่มไหลจะเป็นอุณหภูมิสูงกว่าจุดนี้ 5°F จุดไหลเทบอกให้ทราบว่าจะใช้น้ำมันในที่มีอุณหภูมิต่ำขนาดนั้นไม่ได้ เพราะน้ำมันจะไม่ไหล ไขที่มีอยู่ในน้ำมันจะแยกตัวออกมาอุดตันทางเดินและหม้อกรอง ทำให้อุปกรณ์ทำงานไม่ได้ เพราะน้ำมันไม่ไหล ไขที่มีอยู่ในน้ำมันจะแยกตัวออกมาอุดตันทางเดินและหม้อกรอง ทำให้อุปกรณ์ทำงานไม่ได้ จุดไหลเทจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณลักษณะของไขที่มีอยู่ในน้ำมัน น้ำมันที่ปริมาณไขสูงก็จะมีจุดไหลเทสูง

ข้อแนะนำในการหล่อลื่น

1. การหล่อลื่นเครื่องยนต์ควรจะกระทำโดยผู้มีหน้าที่ในเรื่องนี้โดยเฉพาะ และควรได้กระทำเป็นประจำอยู่เสมอ ระยะการหล่อลื่นขึ้นอยู่กับสภาพการทำงานของเครื่องยนต์ ซึ่งควรจะต้องปฏิบัติตามที่ผู้ผลิตกำหนดไว้

2. ก่อนจะทำการหล่อลื่นแต่ละครั้ง ต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าน้ำมันหล่อลื่น หรือไขที่ใช้นั้นถูกต้อง

3. ระยะเวลาที่จะหล่อลื่นนั้นควรให้ถูกต้อง และสม่ำเสมอ ทั้งนี้แล้วแต่กรณี บางทีเดือนละครั้งอาจจะมากไป บางทีวันละครั้งอาจจะน้อยไป

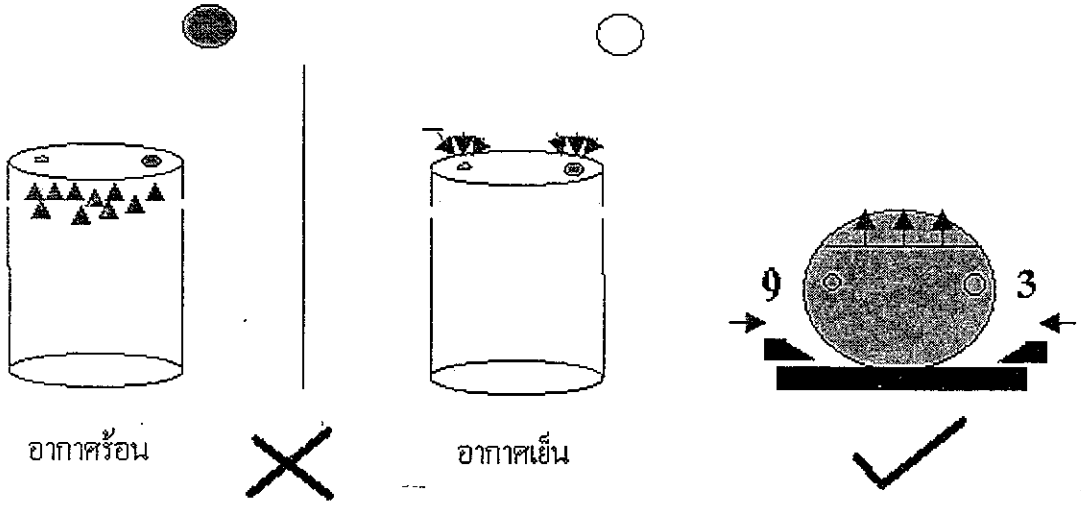
4. การหล่อลื่นควรทำให้ถูกวิธีการ

5. ปริมาณของน้ำมันหล่อลื่น และไข ที่ใช้ควรใส่ให้พอดี ใส่มากไปอาจจะทำให้เครื่องยนต์เสียหายได้เท่า ๆ กัน กับใส่น้อยไป

6. ภาชนะที่ใช้ในการใส่น้ำมันควร ใช้ภาชนะที่สะอาด และมีเครื่องหมายไม่ให้สับสนกันได้

ข้อแนะนำในการเก็บรักษาน้ำมันหล่อลื่น ถัง 200 ลิตร

ควรเก็บในอาคารที่มีหลังคากันแสงแดด และมีอากาศถ่ายเทได้ดี ควรนอนถัง โดยให้ฝาปิดทั้ง 2 ฝา ต่ำกว่าระดับน้ำมัน คือฝาเล็ก และฝาใหญ่ อยู่ในตำแหน่ง 3 และ 9 นาฬิกา เพื่อให้ซีลฝาถังอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำมัน ทำให้มีอายุการใช้งานที่นานขึ้น สามารถวางซ้อนกันได้ไม่เกิน 8 ชั้น และควรมีไม้รองถังชั้นล่าง เพื่อไม่ให้สัมผัสกับพื้นที่วาง และฝาถังควรจะปิดให้แน่นอยู่เสมอเมื่อไม่ใช้งาน



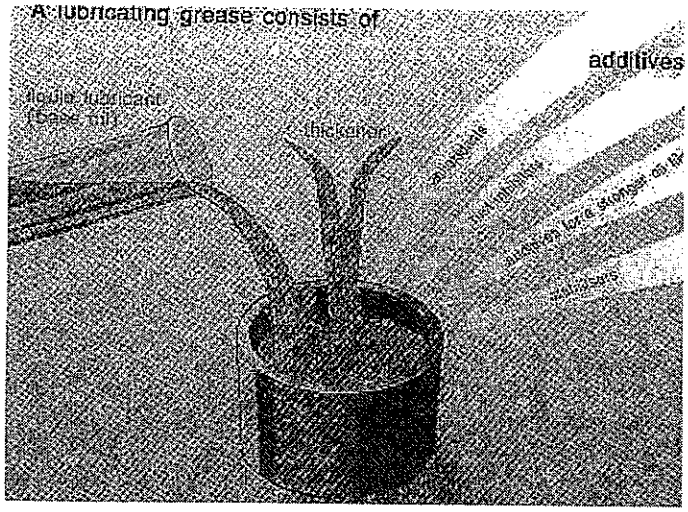
ภาพที่ 3.7 การวางถัง 200 ลิตร ที่ไม่ถูกต้องและถูกต้อง ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ที่มา : ฝตช.ผวต.กวก.ชอ.บนอ.

บทที่ 4
ไข (Grease)

เป็นสารหล่อลื่นที่มีลักษณะเป็นของกึ่งแข็ง มีหน้าที่หลักในการลดแรงเสียดทาน ลดการสึกหรอ และป้องกันการเกิดสนิม โดยทั่วไปจะประกอบด้วย สารอุ้มน้ำมัน (Thickeners) รวมตัวกับน้ำมันหล่อลื่น และมีการเติมสารเพิ่มคุณภาพต่าง ๆ เพื่อให้มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการใช้งาน โดยที่สารอุ้มน้ำมันจะช่วยอุ้ม และจับเกาะน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน และสารเพิ่มคุณภาพไว้ ณ จุดหล่อลื่น โดยไม่เยิ้มทะลักออกสู่ภายนอก

สารอุ้มน้ำมัน (Thickeners) มีผลอย่างมากต่อคุณสมบัติการใช้งานของไขทั้งในด้านอุณหภูมิการใช้งาน (คือไม่สามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงเกินจุดหลอมตัวของสบู่) และอายุการเก็บรักษา สารอุ้มน้ำมันส่วนมากเป็น สบู่ (Soap) ซึ่งผลิตได้ง่าย คุณภาพดี และราคาถูก หรืออาจเป็นสารอื่น เช่น สารอนินทรีย์ ได้แก่พวกดินเหนียว เบนโทไบท์ หรือเฮกโตไรท์ เหมาะกับใช้งานที่อุณหภูมิสูง ๆ หรือสารอินทรีย์ ได้แก่ โปยูเรีย (Polyurea) เป็นต้น



ภาพที่ 4.1 ส่วนผสมของไข

ที่มา : google.co.th

คุณสมบัติของไข

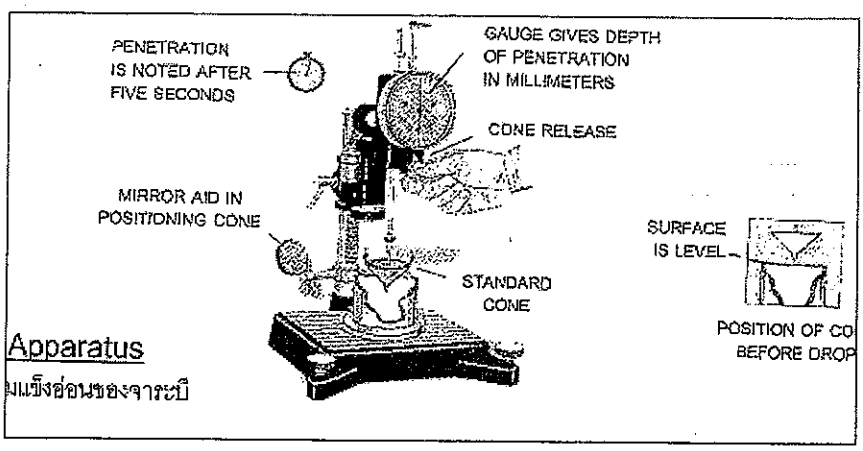
1. ความอ่อนแข็ง (Consistency)

ไข ชนิดเดียวกัน อาจมีความอ่อนแข็งต่างกันขึ้นกับเปอร์เซ็นต์ของสบู่ และความหนืดของน้ำมันพื้นฐาน ทางสถาบันจาระบีในสหรัฐอเมริกา (National Lubricating Grease Institute หรือชื่อย่อ NLGI) ได้กำหนดความอ่อนแข็งของจาระบีออกเป็นเบอร์ด้วยเครื่องมือทดสอบความอ่อนแข็งของจาระบีออกเป็นเบอร์ด้วยเครื่องมือทดสอบความอ่อนแข็งของจาระบี สามารถวัดได้โดยเครื่อง ASTM Penetrometer วัดระยะทางที่กรวยน้ำหนัก มาตรฐานจมลงในเนื้อจาระบี ภายใน 5 วินาที ที่ 25 °C มีหน่วยเป็น 1/10 มิลลิเมตร โดยเบอร์ต่ำเป็นจาระบีที่เหลว หรืออ่อน (ระยะจมมาก) ส่วนเบอร์สูงเป็นจาระบีประเภทแข็ง (ระยะจมน้อย) ดังแสดงในตาราง

เบอร์จาระบี (NLGI No.)	**ระยะจม** (1/10 มม.) ที่ 25 °C
000	444-475
00	400-430
0	355-385
1	310-340
2	265-295
3	220-250
4	175-205
5	130-160
6	85-115

ตารางที่ 4.1 แสดงเบอร์ค่าความแข็งของไข

ทั้งนี้อาจนำ จาระบีผ่านการทดสอบความคงทนต่อแรงเฉือน เนื่องจากจาระบีเมื่อถูกใช้งาน โครงสร้างของสารอุ้มน้ำมันจะฉีกขาดไปเรื่อย ภายใต้แรงเฉือน ทำให้ความแข็งของจาระบีลดลง จาระบีที่ทำจากสารอุ้มน้ำมันต่างประเภทกัน จะให้โครงสร้างที่มีความคงทนต่อแรงเฉือนแตกต่างกัน ทดสอบได้ด้วยเครื่องมือทดสอบความคงทนต่อแรงเฉือนของจาระบี (ASTM worked Penetrometer) โดย อัด/ ดึง 60 รอบ

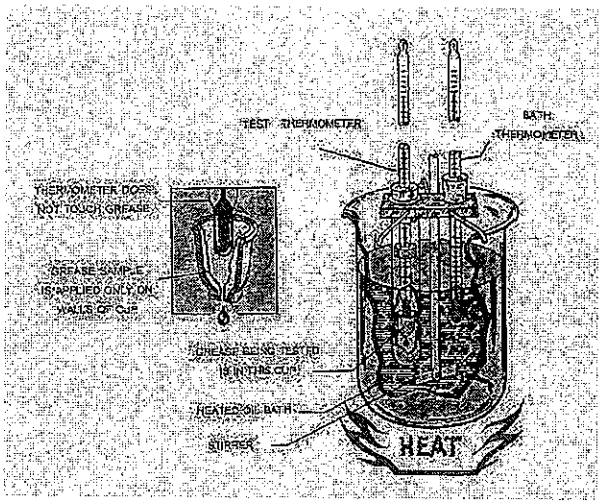


ภาพที่ 4.2 เครื่องหาความแข็งของไข (ASTM Penetrometer)

ที่มา : คู่มือ บ.ปตท. จำกัด (มหาชน)

2. จุดหยด (Dropping Point)

อุณหภูมิที่จาระบีหมดความคงตัว กลายเป็นของเหลวจนไหลออกมาหยดแรกเมื่อได้รับความร้อนขณะทดสอบตามวิธีที่กำหนด เนื่องจากจาระบีมีส่วนผสมของสารอุ้มน้ำมันที่แตกต่างกัน ดังนั้นจะมีอุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงสถานะที่แตกต่างกัน ดังนั้นจุดหยดของจาระบีสามารถใช้จำแนกประเภทของจาระบีได้ มีประโยชน์ในการควบคุมคุณภาพของจาระบี และการใช้จาระบีที่อุณหภูมิสูงต้องพิจารณาถึงจุดหยดด้วย

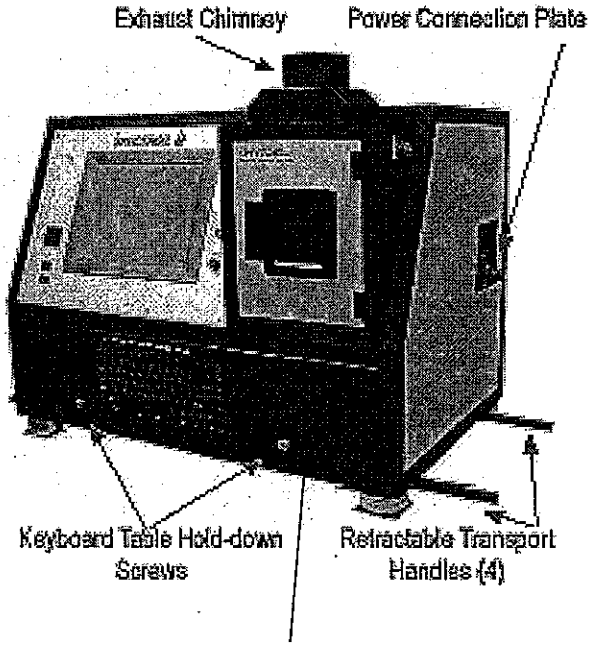


ภาพที่ 4.3 เครื่องหาจุดหยด (Dropping Point)

ที่มา : คู่มือ บ.ปตท. จำกัด (มหาชน)

บทที่ 5
การวิเคราะห์หาเศษโลหะในน้ำมันหล่อลื่น
SPECTROMETRIC OIL ANALYSIS PROGRAM (SOAP)
JOINT OIL ANALYSIS PROGRAM (JOAP)

คือ การวิเคราะห์การสึกหรอของกลไกต่าง ๆ ที่สัมผัสกันในเครื่องยนต์และในระบบส่งทอดกำลังของเฮลิคอปเตอร์ ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์แบบ ATOMIC ABSORBTION SPECTROMETERS (AAS.) หรือ แบบ ATOMIC EMISSTION SPECTROMETERS (AES.) เนื่องจากระหว่างกลางของกลไกที่เคลื่อนไหวเหล่านี้มีแผ่นฟิล์มบาง ๆ ของน้ำมันหล่อลื่นเป็นตัวหล่อลื่นอยู่ ดังนั้นเมื่อมีการสึกหรอก็จะมีเศษโลหะของกลไกเหล่านั้นหลุดลอยเป็นอนุภาคเล็ก ๆ มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ปะปนอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นทั้งระบบ ด้วยการวิเคราะห์ผลจากตัวอย่างจะทำให้ทราบจำนวนของโลหะที่สึกหรอ และชนิดของโลหะ ทำให้ทราบถึงตำแหน่งที่สึกหรอนั้น เมื่อเกิดการสึกหรอมากอย่างผิดปกติก็จะทำให้ทราบได้ล่วงหน้า และค้นหาสาเหตุได้ก่อนเป็นเวลานานพอที่จะทำให้ระบบนั้นเกิดการชำรุดเสียหายใช้ไม่ได้ทั้งระบบ ดังนั้นการวิเคราะห์หาเศษโลหะในน้ำมันหล่อลื่นนี้ จึงเป็นวิธีสำคัญอย่างหนึ่งที่จะป้องกันไม่ให้เครื่องยนต์ และระบบกลไกต่าง ๆ เกิดการชำรุดมากกว่าปกติ



ภาพที่ 5.1 เครื่องมือวิเคราะห์หาปริมาณเศษโลหะในน้ำมันหล่อลื่นอากาศยาน

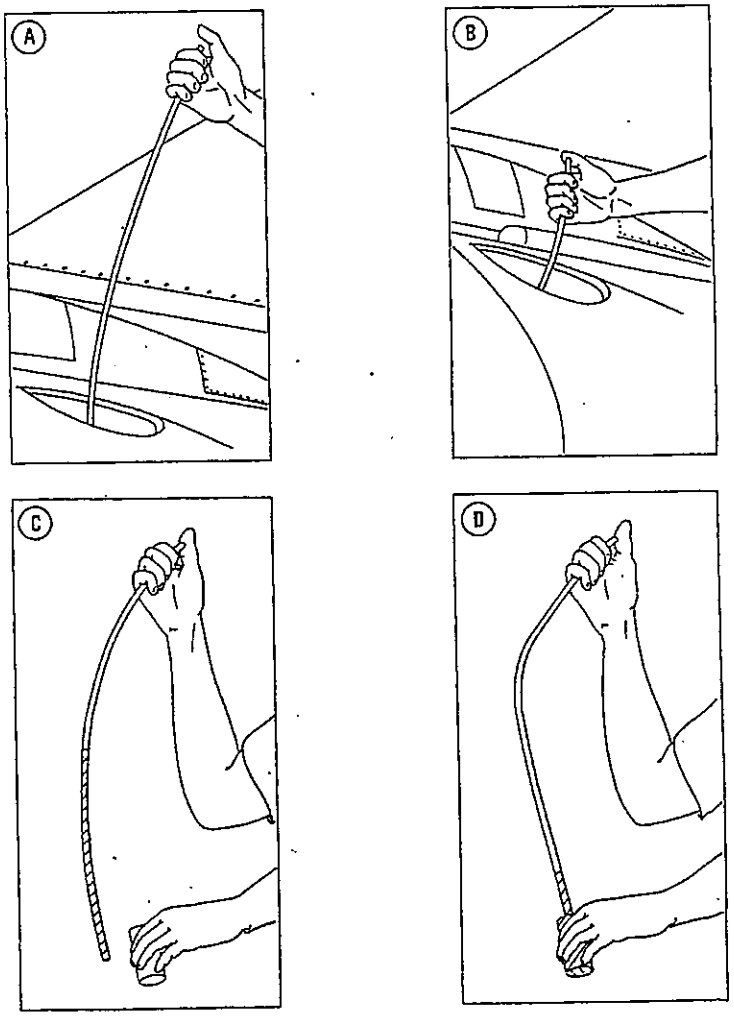
ที่มา : Spectro Analytical Instrument GmbH & Co.Kg

การเก็บตัวอย่างของน้ำมันหล่อลื่น

1. เก็บโดยการดูดน้ำมันหล่อลื่นจากปากท่อที่เติมของถังน้ำมันหล่อลื่น (Oil Tank Filler neck)

2.เก็บโดยการถ่ายน้ำมันหล่อลื่นจากจุกถ่ายของน้ำมันหล่อลื่น (Oil Tank Drain)

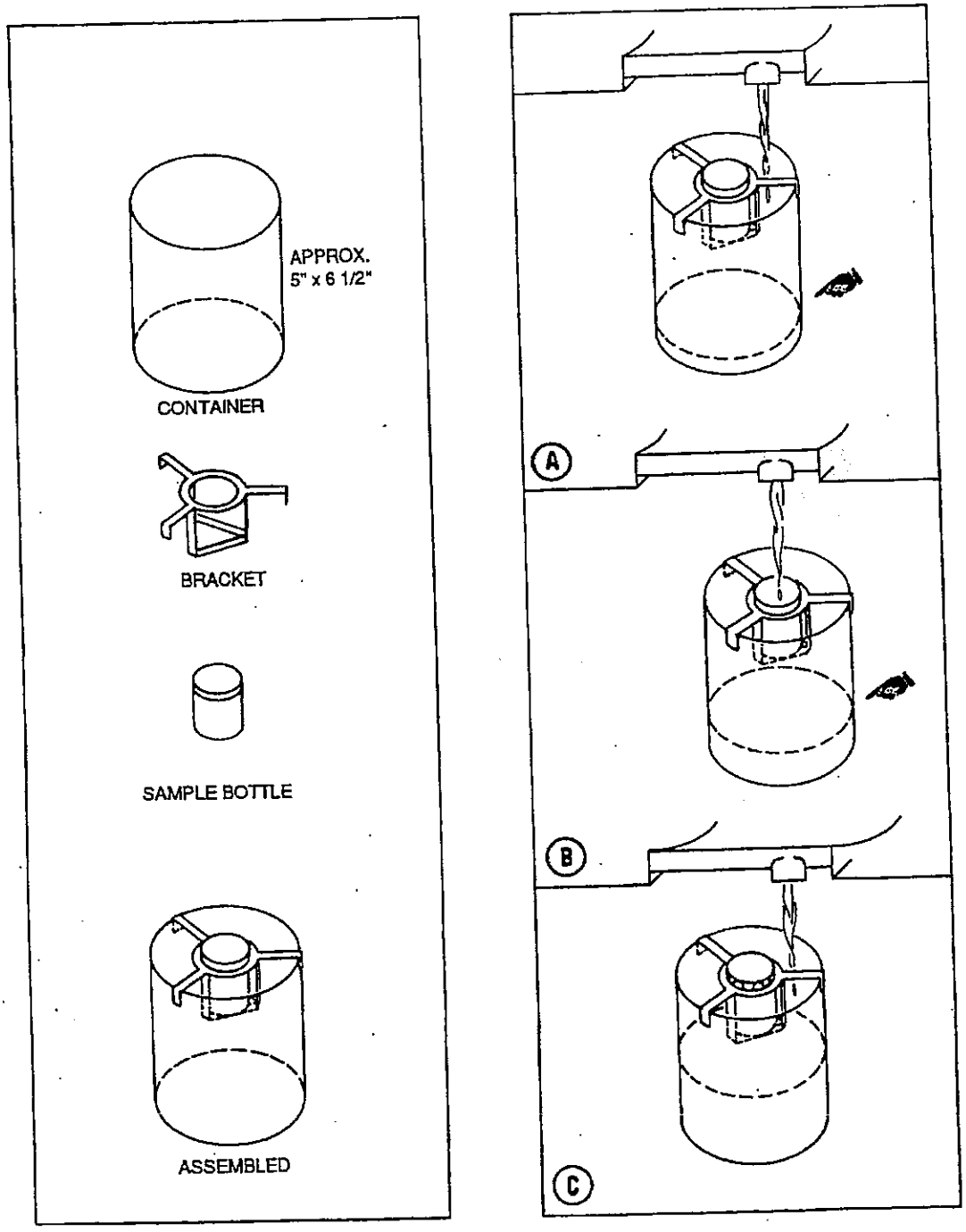
NAVAIR 17-15-50.1
TM 38-301-1
T.O. 33-1-37-1



ภาพที่ 5.2 Dip Tube Sampling

ที่มา : T.O.33-1-37-1

NAVAIR 17-15-50.1
TM 38-301-1
T.O. 33-1-37-1



ภาพที่ 5.3 Locally Manufactured Drain Sample Kit

ที่มา : T.O.33-1-37-1

ระยะเวลาการเก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น

การเก็บน้ำมันหล่อลื่นตัวอย่างจะต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอตามตารางที่กำหนดไว้ จะอนุญาติให้ทำการเก็บน้ำมันตัวอย่างได้ก่อนหรือหลังไม่เกิน 20%ของระยะเวลากำหนดไว้ เช่น ตามตารางให้เก็บทุก ๆ 10 ชั่วโมง การเก็บควรจะปฏิบัติเมื่อครบ 8 ชั่วโมง หรือ 12 ชั่วโมง การเก็บจะต้องปฏิบัติภายใน 15 นาที หลังจากดับเครื่องยนต์

การดูแลสุขภาพของบุคคลที่ปฏิบัติงานกับน้ำมัน

1.บุคคลที่มีรอยแผล หรือบาดแผลไม่ควรที่จะสัมผัสกับน้ำมันโดยตรง

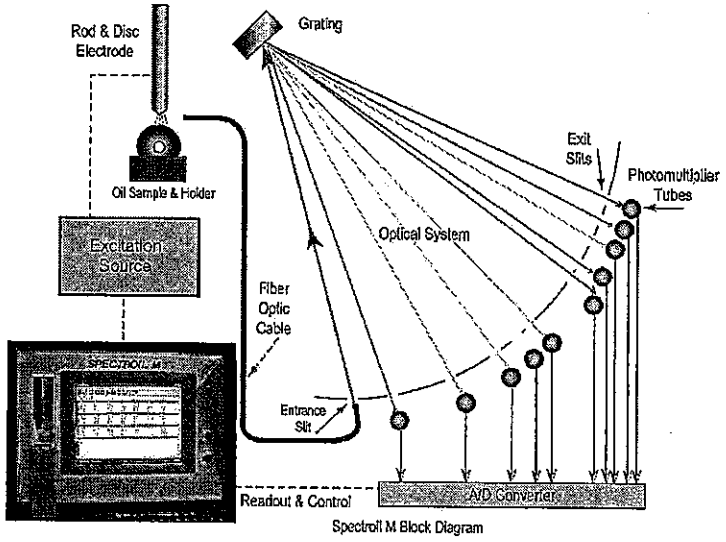
2.ควรทำความสะอาดมือและหน้าบ่อย ๆ ด้วยน้ำสบู่หรือน้ำอุ่น

3.ควรชำระร่างกายทันทีที่ถูกน้ำมัน

4.ไม่ควรทำความสะอาดมือด้วยผลิตปิโตรเลียม

5.ควรทำความสะอาดชุดปฏิบัติงานบ่อย ๆ

6.ไม่ควรนำอาหารเข้าในพื้นที่ปฏิบัติงาน



ภาพที่ 5.4 Simplified Block Diagram

ที่มา : Spectro Analytical Instrument GmbH & Co.Kg

บรรณานุกรม

แผนกวิทยาการ กองวิทยาการ กรมช่างอากาศ กองบัญชาทหารอากาศ **เชื้อเพลิง หล่อลื่น และไข**

รองศาสตราจารย์ อำพล ซื่อตรง ,อาจารย์ สายันต์ ศรีวิเชียร. **เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น.**
สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.

บริษัท บางจากปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน). **คู่มือ ผลิตภัณฑ์น้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำมันหล่อลื่น**

บริษัท เชลล์แห่งประเทศไทย จำกัด. **เอกสารความรู้ทางวิชาการเรื่อง การหล่อลื่นอย่างมีประสิทธิภาพ**

การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย. **ความรู้พื้นฐานงานน้ำมันอากาศยาน**

ส่วนควบคุณภาพ กลุ่มธุรกิจน้ำมัน บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน). **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำมันอากาศยาน**
มกราคม 2545

ภาคผนวก

การกำหนดคุณภาพของน้ำมัน และผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม จะมีวิธีทดสอบอยู่สองชนิด ชนิดแรกเป็นการทดสอบหาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น การหาค่าจุดวาบไฟ (FLASH POINT)เป็นต้น อีกชนิด เป็นการหาคุณสมบัติในการทำงาน เช่น การหาค่าออกเทนของน้ำมัน (OCTANE NUMBER) เป็นต้น การวางมาตรฐานที่ดีจะช่วยให้ค่าที่ได้มีความละเอียดน่าเชื่อถือ และสามารถใช้กับการตรวจตามปกติในห้องทดลองได้เสมอ ดังนั้นเมื่อกล่าวถึงค่าคุณภาพของน้ำมันจึงต้องบอกถึงวิธีทดสอบมาตรฐานที่ใช้ประกอบด้วยทุกครั้ง วิธีการทดสอบส่วนใหญ่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันได้ยึดหลักมาตรฐานที่วางไว้โดย AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM) หรือ INSTITUTE OF PETROLEUM (IP) วิธีการเหล่านี้ได้รับการปรับปรุงอยู่เสมอ

API	American Petroleum Institute	สถาบันปิโตรเลียมแห่งอเมริกา
ASTM	American Society for Testing and Materials	สมาคมทดสอบและวัสดุแห่งอเมริกา
DIN	Deutsche Industrie Normen	มาตรฐานแห่งเยอรมัน
ISO	International Organization for Standardization	องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน
JIS	Japanese Industrial Standards	มาตรฐานอุตสาหกรรมแห่งชาติญี่ปุ่น
NLGI	National Lubricating Grease Institute	สถาบันจาระบีแห่งอเมริกา
PTT	Petroleum Authority of Thailand	การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย
SAE	Society of Automotive Engineers	สมาคมวิศวกรยานยนต์แห่งอเมริกา
BS	British Standard Specification for oil	มาตรฐานน้ำมันแห่งชาติอังกฤษ

HYDRAZINE (N_2H_2) หรือ H-70

เชื้อเพลิงจรวดเหลวสำหรับเครื่องให้กำลังไฟฟ้าฉุกเฉินของ F-16

ไม่ใช่วัตถุระเบิด จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับ ALCOHOL (HC)

H-70 = 70% + น้ำ = 30 %

FLASH POINT 52.2°C (126 °F)

เมื่อสูดเข้าไป จะเป็นอันตราย ต่อ ตับ และไต

ถ้าถูกผิวหนัง จะมีอาการไหม้ เหมือนกับถูกพวกด่าง และส่งผลให้เวียนหัว คลื่นไส้มึนงง และ อาเจียน

ทิ้งลงในน้ำ เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ (ต้องเจือจาง เหลือ 1 % = น้ำ 100 gallons : H-70 1 gallon)

JET A-1

Physical & Chemical Requirements

SPECIFICATION		
PROPERTY	LIMIT	TEST METHOD
APPEARANCE	Clear bright & visually free from solid matter and undissolved water at normal ambient temperature	
Colour,Saybolt	Report	ASTM D 156
COMPOSITION		
Total Acidity,mg KOH/g	0.015 max	ASTM D 3242
Aromatics,% vol.	22.0 max	ASTM D 1319
or Aromatics, % vol.	25 max	ASTM D 1319
and hydrogan Content, % mass	Report	ASTM D 3701
Sulfur, Total, % mass	0.30 max	ASTM D 1266
Sulfur,Mercaptan, % mass	0.0030 max	ASTM D 3227
or Doctor Test	Negative	ASTM D 4952
Hydroprocessed fuel in batch,% vol.	Report	
VOLATILITY:		
Distillation: (Pressure Corrected)		ASTM D 86
Initial Boiling Point ,Deg.C	Report	
Fuel Recovered		
10% vol. At Deg.C	205 max	
20% vol. At Deg.C	Report	
50% vol. At Deg.C	Report	
90% vol. At Deg.C	Report	
End Point,Deg.C	300 max	
Residue / Loss, % vol.	1.5/1.5 max	
Flash Point, Deg.C	38 min	ASTM D 3828
Density at 15 Deg.C,kg/m^3	775-840	ASTM D 1296
FLUIDITY		
Freezing Point Deg.C	-47 max	ASTM D 2386
Viscosity at -20 Deg.C, eSt (mm^3/S)	8.0 min	ASTM D 445

COMBUSTION		
Specific Energy,net ,MJ/KG	47.8 min	ASTM D 4809
Smoke Point,mm.	25 min	ASTM D 1322
or Luminometer Number	45 min	ASTM D 1740
or Smoke Point,mm	19 min	ASTM D 1322
and Naphthalenes,% vol.	3.0 max	ASTM D 1840
CORROSION		
Corrosion,Copper, Classfication	1 max	ASTM D 130
(2h @ 100 Deg.c)		
Corrosion,Silver, Classification	2 max	IP 227
(4h @ 50 Deg.c)		
STABILITY		
Thermal Stability (JFTOT) Control temp, 260 Deg.c		ASTM D 3241
Filter Pressure Differential ,mm Hg	25.0 max	
Tube Deposit Rating (Visual)	Less than 3 ,max	
	No "Peacock" Or"Abnornal"	
CONTAMINANTS:		
Existent Gum, mg/100mL	7 max	ASTM D 381
Water Reaction		ASTM D 1094
Interface Rating	1b max	
Microseparometer (MSEP),ratings		ASTM D 3948
Fuel with Static Dissipator Additive	70 min	
Fuel without Static Dissipator Additive	85 min	
ADDITIVES:		
Antioxidant ,mg/L		
In Hydroprocess Fuels (Mandatory)	17.0-24.0	
In Non-Hydroprocess Fuels (Optional)	24.0 max	
Static Dissipator ,mg/L (Mandatory)		
First Doping, STADIS-450 (RDE/A/621)	3.0 max	
Redoping,STADIS-450 (RDE/A/621)		
(Cumulative Concentration)	5.0 max	
CONDUCTIVITY:		
Electrical Conductivity,pS/m	50-450	ASTM D 2624

JP-8

Physical & Chemical Requirements

SPECIFICATION		
PROPERTY	LIMIT	TEST METHOD
APPEARANCE	Clear bright & visually free from solid matter and undissolved water at normal ambient temperature	
Colour,Saybolt	Report	ASTM D 156
COMPOSITION		
Total Acidity,mg KOH/g	0.015 max	ASTM D 3242
Aromatics,% vol.	25.0 max	ASTM D 1319
Olefins,% vol.	5.0 max	ASTM D 1319
Sulfur, Total, % mass	0.30 max	ASTM D 1266
Sulfur,Mercaptan, % mass	0.002 max	ASTM D 3227
or Doctor Test	Negative	ASTM D 4952
VOLATILITY:		
Distillation: (Pressure Corrected)		ASTM D 86
Initial Boiling Point ,Deg.C	Report	
Fuel Recovered		
10% vol. At Deg.C	205 max	
20% vol. At Deg.C	Report	
50% vol. At Deg.C	Report	
90% vol. At Deg.C	Report	
End Point,Deg.C	300 max	
Residue / Loss, % vol.	1.5/1.5 max	
Flash Point, Deg.C	38 min	ASTM D 3828
Density at 15 Deg.C,kg/m^3	775-840	ASTM D 1296
Calculated Cetane Index	Report	ASTM D 976
FLUIDITY		
Freezing Point Deg.C	-47 max	ASTM D 2386
Viscosity at -20 Deg.C, eSt (mm^3/S)	8.0 min	ASTM D 445

COMBUSTION		
Specific Energy,net ,MJ/KG	42.8 min	ASTM D 4809
Hydrogen Content,% mass	13.4 min	ASTM D 3701
Smoke Point,mm.	25.0 min	ASTM D 1322
or Smoke Point,mm	19 min	ASTM D 1322
and Naphthalenes,% vol.	3.0 max	ASTM D 1840
CORROSION		
Corrosion,Copper, Classfication (2h @ 100 Deg.c)	1 max	ASTM D 130
STABILITY		
Thermal Stability (JFTOT) Control temp, 260 Deg.C		ASTM D 3241
Filter Pressure Differential ,mm Hg	25.0 max	
Tube Deposit Rating (Visual)	Less than 3 ,max No "Peacock" Or"Abnornal"	
CONTAMINANTS:		
Existent Gum, mg/100 mL	7.0 max	ASTM D 381
Water Reaction,Interface Rating	1b max	ASTM D 1094
Particulate Contaminant,Total,mg/L	1.0 max	ASTM D 2276
Filtration time,minute	15 max	ASTM D 2276
Microseparometer (MSEP),ratings		ASTM D 3948
Fuel with all additive except CI & SDA	85 min	
Fuel with all additive except SDA	70 min	
ADDITIVES:		
Antioxidant ,mg/L	24.0 max	
In Hydroprocess Fuels (Mandatory)	17.2-24.0	
In Non-Hydroprocess Fuels (Optional)	24.0 max	
Static Dissipator ,mg/L (Mandatory)	to be added	
Fuel System Icing Inhibitor (FSII), %vol.	0.10-0.15	ASTM D 5006
Corrosion Inhibitor (CI), mg/L	14-22.5	
CONDUCTIVITY:		
Electrical Conductivity,pS/m	150-450	ASTM D 2624

AVIATION GASOLINE (100LL)

Physical & Chemical Requirements

SPECIFICATION		
PROPERTY	LIMIT	TEST METHOD
Appearance	Clear bright & visually free from solid matter and undissolved water at normal ambient temperature	ASTM D 4176
Colour, visual	Blue	
Colour, Lovibond	Blue	
	1.7-3.5	ASTM D 2392
Corrosion, Copper Strip	No.1 max	ASTM D 130
Density at 15 Deg.C, kg/m^3	Report	ASTM D 1298
Total Sulfur, % mass	0.05 max	ASTM D 1266
Existent Gum, mg/100 mL	3 max	ASTM D 381
Freezing Point, Deg.C,	-60 max	ASTM D 1266
Specific Energy, MJ/kg	43.5 min	ASTM D 2386
Reid Vapour Pressure at 37.8 Deg.C, kpa	38.0-49.0	ASTM D 323
Knock Rating,		
Lean Mixture Motor Method Octane Number	99.5 min	ASTM D 2700
Performance Number	130 min	ASTM D 909
Distillation : (Pressure Corrected)		ASTM D 86
Initial Boiling Point , Deg.C	Report	
Fuel Evaporated		
10% vol. at Deg.C	75 max	
40% vol. at Deg.C	75 min	
50% vol. at Deg.C	105 max	
90% vol. at Deg.C	135 max	
Final Boiling Point, Deg.C	170 max	
Residue / Loss, % vol.	1.5/1.5 max	
Sum of 10%+50% Evaporated Temperature, Deg.C	135 min	
Oxidation Stability, 16 Hours		ASTM D 873
Potential Gum, mg/100 ml	6 max	
Precipitate, mg/100 ml	2 max	
Tetraethyl Lead, gPb/L (ml TEL/US gal)	0.56 (2.00) max	ASTM D 2599
Water Reaction		ASTM D 1094
Interface Rating	2 max	
Volume Change	2 max	

TABLE II. Properties of finished fluid.

Property	Test Limits	Reference
Acid number, mg KOH/g (max)	0.20	4.4.3
Barium content, parts per million (max)	10	4.4.3
Copper strip corrosion, ASTM standard (max)	No. 2e	4.4.3
Corrosiveness and oxidation stability (168 hrs at 135 ± 1°C)		4.4.3
Change in acid number (max)	0.20	
Metal specimen weight change, mg/cm^2 (max) (1)		
Aluminum	±0.2	
Cadmium plated steel (2)	±0.2	
Copper (3)	±0.6	
M-50 Steel	±0.2	
Magnesium	±0.2	
Percent change in viscosity at 40°C	-5 to +20	
Separation of insoluble materials or gumming of the fluid	None	
Evaporation loss, percent (max)	20	4.4.3
Flash point, °C (min)	82	4.4.3
Foaming characteristics @ 24°C		4.4.3
Foaming tendency, ml (max) (volume at end of five-minute blowing period)	65	
Foam stability, ml (max) (volume at end of ten-minute settling period)	Complete Collapse (4)	
Isothermal secant bulk modulus @ 40°C and 27.6 MPa (4000 psig), MPa (psi) (min)	1379 (200,000)	4.4.3.5 & Appendix A
Low temperature stability	See 3.5.2	4.4.3
Pour point, °C (max)	-60	4.4.3
Rubber swell, standard synthetic rubber L, percent	19.0 to 30.0	4.4.3
Solid particle contamination		4.4.3
Filtration time @ 25°C ± 5°C, minutes (max)	15	
Particle count	See *table III*	
Gravimetric analysis, mg/100 ml (max)	0.3	
Steel-on-steel wear (average wear scar), mm in diameter (max)	1.0	4.4.3
Viscosity in centistokes at -54°C (max)	2500	4.4.3
Viscosity in centistokes at -40°C (max)	600	4.4.3
Viscosity in centistokes at 40°C (min)	13.2	4.4.3
Viscosity in centistokes at 100°C (min)	4.90	4.4.3
Water, parts per million total (max)	100	4.4.3

(1) There shall be no pitting, etching, or visible corrosion on the surface of the metals when viewed under magnification of 20 diameters.

(2) A slight discoloration is permitted.

(3) Any corrosion (discoloration) produced on the surface of the copper shall be not greater than No. 3 of the *ASTM D 130* copper corrosion standard.

(4) A ring of small bubbles around the edge of the graduate shall be considered complete collapse.

ตารางแสดงคุณสมบัติ ของ HYDRAULIC FLUID,PETROLEUM BASE ; AIRCRAFT ,MISSILE AND ORDNANCE (MIL-PRF-5606H)

3.3 Chemical and physical requirements. All classifications of the lubricating oil shall conform to table I.

TABLE I. Physical, chemical, and performance requirements.

Characteristic	Requirement	Test method	
		ASTM or SAE	FED-STD-791
Acid assay	Report (see 3.2.1)	—	3500 1/
Viscosity, cSt, at -40°C (-40°F), maximum Percent change after 72 hours at -40°C (-40°F), maximum 2/	13,000 ±6	ASTM-D2532	—
Viscosity, cSt, at 100°C (212°F) at 40°C (104°F), minimum	4.90 - 5.40 23.0	ASTM-D445	—
Flash point, minimum	246°C (475°F)	ASTM-D92	—
Pour point, maximum	-54°C (-65°F)	ASTM-D97	—
Total acid number, maximum	1.00	SAE-ARP5088	—
Evaporation loss, percent by weight, 6.5 hours at 204°C (400°F), maximum 3/	10	ASTM-D972	—
Foaming, foam volume, ml, maximum 4/ 5 minutes aeration at 24°C (75°F) 1 minute settling at 24°C (75°F) 5 minutes aeration at 93.5°C (200°F) 1 minute settling at 93.5°C (200°F) 5 minutes aeration at 24°C (75°F) (after test at 93.5°C, above) 1 minute settling at 24°C (75°F)	 25 none 25 none 25 none	ASTM-D892	—
Rubber compatibility Rubber swell, percent SAE-AMS3217/1, 72 hours at 70°C (158°F) SAE-AMS3217/4, 72 hours at 204°C (400°F) Standard silicone rubber, 96 hours at 121°C (250°F) Tensile strength loss of standard silicone rubber, percent, maximum	 5 - 25 5 - 25 5 - 25 30	—	3604 and 3433 5/
Compatibility Turbidity Sediment, mg/l, maximum	Compatible None 20	—	3403 6/

ตารางแสดงคุณสมบัติ ของ LUBRICATING OIL ,AIRCRAFT TURBINE ENGINE SYNTHETIC BASE

(MIL-PRF-23699F) แผ่นที่ 1

TABLE I. Physical, chemical, and performance requirements, continued.

Characteristic	Requirement	Test method ASTM or SAE	Test method FED-STD-791
Storage stability Low temperature, 6 weeks at -18°C (0°F)	No crystallization, separation or gelling.	—	7/
Qualification sample Stored for three years at -40 to +60°C (-40 to +140°F)	Conform to 3.3 and 3.4. 9/	—	8/
First production qualification sample Stored for 12 months at 24° ±5°C (75° ±10°F)	Pass the conformance inspection. 9/	—	8/
Thermal stability and corrosivity at 274°C (525°F)			3411
Viscosity change, maximum 10/	5.0 percent	—	
Total acid number change from original, maximum	6.0	—	
Weight of metal change, maximum	4.0 mg/cm^2	—	
Sediment 11/		—	3010
Visual undissolved water	none		
Sediment through 1.2 micron filter, maximum 12/	10 mg/l		
Total ash content, maximum	1 mg/l		
Shear stability, viscosity loss at 40°C (104°F), maximum	4 percent	ASTM-D2603 13/	—
Trace metal content, parts per million (ppm), maximum		14/	—
Aluminum (Al)	2		
Iron (Fe)	2		
Chromium (Cr)	2		
Silver (Ag)	1		
Copper (Cu)	1		
Tin (Sn)	11		
Magnesium (Mg)	2		
Nickel (Ni)	2		
Titanium (Ti)	2		
Silicon (Si)	10		
Zinc (Zn)	2		
Lead (Pb)	2		
Molybdenum (Mo)	3		
	STD and C/I classes / HTS Class		

ตารางแสดงคุณสมบัติ ของ LUBRICATING OIL ,AIRCRAFT TURBINE ENGINE SYNTHETIC BASE (MIL-PRF-23699F) แผ่นที่ 2

TABLE I. Physical, chemical, and performance requirements, continued.

Characteristic	Requirement		Test method	
			ASTM or SAE	FED-STD-791
Corrosion and oxidative stability			—	5308 15/
a) 72 hours at 175°C (347°F)				
Viscosity, percent change 10/	-5 to +15	0 to +10		
Total acid number change, maximum 15/	2.0	1.0		
Metal weight change, mg/cm^2, maximum				
Steel	±0.2	±0.2		
Silver (Ag)	±0.2	±0.2		
Aluminum (Al)	±0.2	±0.2		
Magnesium (Mg)	±0.2	±0.2		
Copper (Cu)	±0.4	±0.4		
Titanium (Ti)	—	—		
Sludge content (filtered through 10 µm), mg/100 ml of oil, maximum	50	25		
Corrosion and oxidative stability			—	5308 15/
b) 72 hours at 204°C (400°F)				
Viscosity, percent change 10/	-5 to +25	0 to +22.5		
Total acid number change, maximum 15/	3.0	2.0		
Metal weight change, mg/cm^2, maximum				
Steel	±0.2	±0.2		
Silver (Ag)	±0.2	±0.2		
Aluminum (Al)	±0.2	±0.2		
Magnesium (Mg)	±0.2	±0.2		
Copper (Cu)	±0.4	±0.4		
Titanium (Ti)	—	—		
Sludge content, (filtered through 10 µm), mg/100 ml oil, maximum	50	25		
	STD and C/I Classes	HTS Class		

ตารางแสดงคุณสมบัติ ของ LUBRICATING OIL ,AIRCRAFT TURBINE ENGINE SYNTHETIC BASE (MIL-PRF-23699F) แผ่นที่ 3

TABLE I. Physical, chemical, and performance requirements, continued.

Characteristic	Requirement		Test method	
			ASTM or SAE	FED-STD-791
Corrosion and oxidative stability			—	5308 15/
c) 72 hours at 218 °C (425 °F)				
Viscosity, percent change 10/	Report	Report		
Total acid number change, maximum 15/	Report	Report		
Metal weight change, mg/cm^2, maximum				
Steel	±0.2	±0.2		
Silver (Ag)	±0.2	±0.2		
Aluminum (Al)	±0.2	±0.2		
Magnesium (Mg)	—	—		
Copper (Cu)	—	—		
Titanium (Ti)	±0.2	±0.2		
Sludge content (filtered through 10 µm), mg/100 ml oil, maximum	50	25		

1/ Alternate methods may be used if acceptable to the qualifying activity; however, only FED-STD-791, method 3500, "Monobasic Acid Components of Synthetic Ester Lubricants by Gas Chromatography," shall be used for referee tests.

2/ The initial viscosity shall be determined 35 ±1 minutes after the viscometer is placed in the bath maintained at -40° ±1.05°C and again at 72 hours ±5 minutes after completion of initial viscosity.

3/ Bath temperature shall be maintained at 204°C ±1°C (400°F ±2°F), and 6.5 hour test period. ASTM-E1, Thermometer 80F shall be used. Air temperature shall be maintained at 204°C ±1°C (400°F ±2°F), using a preheater, if necessary.

4/ Complete foam collapse is that point at which no more than a single row of bubbles remain around the cylinder wall and air inlet tube. If this ring of bubbles around the cylinder wall contains segments having two or more layers of bubbles and the difference in height of the foam in the ring is not greater than 10 milliliters (ml), complete foam collapse is the point at which a break occurs in the ring of bubbles without subsequent reforming of the ring.

5/ SAE-AMS3217/1 and SAE-AMS3217/4 shall be tested in accordance with FED-STD-791, method 3604, "Swelling of Synthetic Rubber by Aircraft Turbine Lubricants." Standard Silicone Rubber shall be tested in accordance with FED-STD-791, method 3433, "Compatibility of Synthetic Aircraft Turbine Lubricants with Silicone Rubber."

6/ See paragraph 4.4.1 for test method details.

7/ See paragraph 4.4.2 for test method.

8/ See paragraph 4.4.3 for test method.

9/ Tentative qualification approval will be given to products meeting all other tests of the qualification inspection (see 4.2). Final qualification approval will be awarded upon successful completion of the extended storage stability tests. Failure to pass the extended storage stability tests is cause for withdrawal of qualification approval (see 4.4.3).

10/ Compared with viscosity of new oil samples tested at 40°C (104°F).

11/ Sediment measurement may be made using a silver membrane filter.

12/ If the total sediment does not exceed 1 mg/l, the ash content does not need to be determined.

ตารางแสดงคุณสมบัติ ของ LUBRICATING OIL ,AIRCRAFT TURBINE ENGINE SYNTHETIC BASE

(MIL-PRF-23699F) แผ่นที่ 4

TABLE I. Chemical, physical, and performance requirements.

Characteristic	Requirement		Test Method	
	Grade 3	Grade 4	ASTM	FED-STD-791
Particulate contamination (3micron filter)				*FTM 3013*
Contaminant, mg/liter	5.0 max	5.0 max		
Filtering time, min				
0.95 liter (1 quart)	30 max	30 max		
223 milliliter (7.5 ounce)	7.0 max			
Acid number (T.A.N.), mg KOH/g	0.30 max [1/]	0.5 max [1/]	*D664*	
Viscosity at 205°C (401°F), cs		1.1 min	*D445*	
Viscosity at 100°C (212°F), cs	3.0 min	4.0 min	*D445*	
Viscosity at 40°C (104°F), cs	11.5 min	17.0 min	*D445*	
Viscosity at -51°C (-60°F), cs				
at 35 minutes	17×10^3 max	20×10^3 max	*D2532*	
at 3 hours	17×10^3 max [2/]	20×10^3 max [2/]	*D2532*	
at 72 hours	17×10^3 max	20×10^3 max	*D2532*	
Flash point, °C(°F)	210(410)min	210(410)min	*D92*	
Evaporation loss, at 205°C (401°F), %	30 max [3/]	15 max [3/]	*D972*	
Foaming (static)				*FTM 3213*
Foam volume, ml	100 max	100 max		
Foam collapse time, sec	60 max	60 max		
Foaming (dynamic)				*FTM 3214*
Foam volume, ml Collapse time, sec				
80°C (176°F) at 1000 cc/min	100/60 max	100/60 max		
80°C (176°F) at 1500 cc/min	150/60 max	150 /60 max		
80°C (176°F) at 2000 cc/min	200/60 max	200/60 max		
110°C (230°F) at 1000 cc/min	100/60 max	100/60 max		
110°C (230°F) at 1500 cc/min	150/60 max	150/60 max		
110°C (230°F) at 2000 cc/min	200/60 max	200/60 max		
Deposition test (WADC)				*FTM 5003*
Deposit rating	1.5 max	0.7 max		
Acid number change, mg KOH/g	20 max	20 max		
Viscosity at 40°C (104°F), % change	100 max	100 max		
Oil consumption, ml	100 max	100 max		
Lead corrosion, g/m^2	9.3 max [4/]	9.3 max [4/]		*FTM 5321*
Corrosion test at 232°C (450°F)				*FTM 5305* [5/]
Silver, g/m^2	±4.5 max [4/]	±4.5 max [4/]		
Bronze, g/m^2	±4.5 max [4,6/]	±4.5 max [4,6/]		

ตารางแสดงคุณสมบัติ ของ LUBRICATING OIL ,AIRCRAFT TURBINE ENGINE ,SYNTHETIC BASE (MIL-PRF-7808L) แผ่นที่ 1

TABLE I. Chemical, physical, and performance requirements. (cont)

Characteristic	Requirement		Test Method	
	Grade 3	Grade 4	ASTM	FED-STD-791
Thermal stability and corrosivity at 274°C (525°F)				*FTM 3411*
Viscosity change, % [7/]		5.0 max		
Total acid number change, mg KOH/g		6.0 max		
Metal weight change, mg/cm^2		4.0 max		
Shear stability, viscosity loss, %		4 max	*D2603* [8/]	
Trace metal content, ppm, maximum [9/]				
Aluminum (Al)	2	2		
Iron (Fe)	2	2		
Chromium (Cr)	2	2		
Silver (Ag)	1	1		
Copper (Cu)	1	1		
Tin (Sn)	11 [10/]	11 [10/]		
Magnesium (Mg)	2	2		
Nickel (Ni)	2	2		
Titanium (Ti)	1	1		
Silicon (Si)	2	2		
Compatibility				*FTM* 3403 [11/]
Turbidity	None	None		
Sediment, ml/200 ml oil, maximum				
MIL-PRF-7808	0.005	0.005		
MIL-PRF-23699	0.005	0.005		
MIL-C-8188	0.05	0.05		
Storage stability				
Low temperature, 6 weeks at -18°C (0°F) [12/]	no crystallization, separation or gelling			
Accelerated, 110°C ± 1°C (230°F ± 2°F) [13/]				
Lead corrosion, g/m^2				
after 48 hours	40			
after 168 hours	230			
Extended, after 3 years, ambient temperature	meet conformance inspection (see *4.3*) [14/]			

ตารางแสดงคุณสมบัติ ของ LUBRICATING OIL ,AIRCRAFT TURBINE ENGINE ,SYNTHETIC BASE (MIL-PRF-7808L) แผ่นที่ 2

TABLE I. Physical properties.

Property	Requirements
Corrosiveness (copper strip), maximum 1/	1b
Dirt, particles per ml of grease, maximum:	
25 – 74 micrometres diameter	1,000
75 micrometres diameter or larger	none
Dropping point, °C, minimum	165
Evaporation, percent, weight loss in 22 hours at 100° ±0.5°C, maximum	2
Gear wear, mg/1,000 cycles, maximum:	
under a 2.3 kg load	2.5
under a 4.5 kg load	3.5
High temperature performance, hours, at 121°C, minimum	2/ 1,000
Load carrying capacity, mean Hertz load, minimum	30
Low temperature torque at -73° ±1°C:	
starting, Nm, maximum	1.00
running (after 60 minutes), Nm, maximum	0.10
Odor	No odor of rancidity, perfume, or free alcohol
Oil separation, percent, weight loss in 30 hours, maximum	5
Oxidation stability:	
Bomb oxidation, pressure drop, Kpa, maximum:	
in 100 hours	70.00
in 500 hours	105.0
Penetration, (0.1 mm):	
unworked, minimum	200
worked	270 – 310

ตารางแสดงคุณสมบัติ ของ GREASE ,AIRCRAFT AND INSTRUMENT ,GEAR AND ACTUATOR SCREW

(MIL-PRF-23827C) แผ่นที่ 1

TABLE I. Physical properties – Continued.

Property	Requirement
Rust preventative properties, maximum passing rate	2
Storage stability at 40° ±2°C , penetration (0.1 mm) after:	
unworked, minimum	200
worked (change from original), maximum	30
Water resistance, at 38° ±3°C, percent lubricant washed out, maximum	20
Worked stability, penetration (0.1 mm)	270 – 375

1/ The grease shall show no green color in that portion contacting the copper strip.
2/ Average of four runs.

3.4 Workmanship. The grease, when examined visually, shall be a smooth homogenous mixture, free of lumps and abrasive material. When worked with a spatula on a glass surface, the grease shall exhibit uniformity and ability to spread with a straight edge to a smooth surface.

4. VERIFICATION

4.1 Classification of inspections. The inspection requirements specified herein are classified as follows:

a. Qualification inspection (see 4.3).

b. Conformance inspection (see 4.4).

4.2 Inspection conditions. Unless otherwise specified, all inspections shall be performed in accordance with the conditions specified in tables I and II on unworked grease. The physical requirements specified in table I apply to the average of determinations made on the sample.

4.3 Qualification inspection. Qualification inspection shall consist of all the requirements and tests in table II.

4.3.1 Sampling. Qualification test samples shall consist of a minimum of 5 kilograms (kg) of grease for which qualification is desired.

Table 3-1. Conversion Chart for Refueling Units

	Leaded Gasoline	Non Leaded Gasoline	Turbine Fuel Aviation (Kerosene Type) JP-8	Turbine Fuel Aviation (High Flash Point Kerosene Type) JP-5	Turbine Fuel Aviation JP-7/JPTS	Kerosene	Diesel
Leaded Gasoline	A	C	C	C,D	C,D,E	C	C
Non Leaded Gasoline	A	A	B	B,D	B,D,E	B	B
Turbine Fuel Aviation (Kerosene Type) JP-8	B	B	A	B,D	B,D,E	A	B
Turbine Fuel Aviation (High Flash Point Kerosene Type) JP-5	B	B	A	A,D	B,D,E	A	A
Turbine Fuel Aviation JP-7/JPTS	B	B	A	A,D	B,D,E	A	A
Kerosene	B	B	A	B,D	B,D,E	A	B
Diesel	B	B	B	B,D	B,D,E	A	A

Note 1: When draining railcar and tank vehicle particular attention should be given to sumps, pumps, filters, hoses and other components likely to trap quantities of liquid.

Note 2: In all cases, lines etc. are to be drained to fullest extent practicable and the following action taken:

(A) None; fill with desired product.

(B) Flush with desired product, drain, fill with desired product. (See Note 1)

(C) Inspect for and remove all sludge, in particular traces of lead and gum. Flush with desired product, drain, fill with desired product.

(D) Test for flash point.

(E) JPTS or JP-7 will be loaded only in aluminum, stainless steel equipment, or equipment lined with approved epoxy coating. If cleaned, clean with hot fresh water not exceeding 135°F (57°C) and dry thoroughly.

Note 3: This modified table complies with NATO STANAG 3149.

New

ENGINE: J85-GE-21
AIRCRAFT: (F-5)

JOAP ATOMIC EMISSION

	Fe	Ag	Al	Cr	Cu	Mg	Ti		
Abnormal Trend (PPM Increase in 10 hrs)*	10	2	2	3	3	4	3		
Normal Range	0-10	0	0-1	0	0-1	0-3	0-6		
Marginal Range	11-28	1-2	2-3	1-2	2-4	4-10	7		
High Range	29-49	3-6	4-5	3-8	5-9	11-21	8-9		
Abnormal	50+	7+	6+	9+	10+	22+	10+		

Average Concentration Other Elements:

Ni=1 Pb=2 Si=3 Sn=7 Mo=1

* If the calculated PPM trend value is equal to or greater than the trend PPM value limit, the engine has an abnormal trend.

ATOMIC ABSORPTION

	Fe	Ag	Al	Cr	Cu	Mg	Ti		
Abnormal Trend (PPM Increase in 10 hrs)*	5	2	*	2	2	3	*		
Normal Range	0-5	0	0	0	0-1	0-1	0		
Marginal Range	6-14	1	1	1-2	2	2-4	N/A		
High Range	15-24	2-3	2	3-4	3-4	5-9	1		
Abnormal	25+	4+	3+	5+	5+	10+	2+		

Average Concentration Other Elements:

* If the calculated PPM trend value is equal to or greater than the trend PPM value limit, the engine has an abnormal trend.

New Limits

ตารางแสดงปริมาณเศษโลหะ ของ เครื่องยนต์ J85-GE-21 (F-5)

ENGINE: J85-GE-21 (Cont)
AIRCRAFT: (F-5)

No. 2 main bearing is a major problem area detectable by JOAP. These failures usually occur rapidly. Maintain close surveillance even when small increases in Fe are noted. High Fe and Cu (with/without Ag) indicate main or accessory bearing defect. Suspect first, No. 3 and No. 2 main bearings, next, Axis "E" accessory bearing. High Ag alone indicates JP-4 contamination of lube system: recommend inspection of fuel oil cooler and/or fuel pump.

Fe	PTO shaftgear bearing shim
Fe & Ni	No. 1 bearing races
Fe & Cr	No. 1 bearing rollers and front frame casing No. 2 and 3 bearing support Accessory drive gearbox and PTO bearing balls/rollers and races Accessory drive gearbox seal and bearing housings
Fe & Cr, Ni	Gearbox bearings spinning in liners, PTO scavenge tube Main bearing carbon seal runners No. 1 bearing compressor rotor front shaft No. 2 bearing locknut and compressor driveshaft No. 3 bearing locknut and turbine wheel shaft PTO radial driveshaft, bevel gears, bearing housing, axial bearing support and retainer Accessory lube and scavenge pump spur gear, lube filter and oil cooler valve Accessory drive gearbox shaft and bevel gears
Fe & Ti, Cr	No. 1 bearing inner race and carbon seal runner (-21) No. 1 bearing compressor rotor front shaft (-21 only)
Fe & Cr, Ni, Si	Accessory drive gearbox gear locknut
Fe & Cr, Ni, Mg	PTO and No. 2 bearing retainer Accessory drive gearbox spanner nuts
Fe & Cr, Al	Nos. 2 and 3 bearing balls/rollers and races Accessory drive gearbox seal mating rings Accessory lube and scavenge pump rotors, liners and blades
Al	Accessory oil cooler housing, oil pressure transducer, oil tank and front frame sump Rotor wear in front frame sump
Al & Mg, Si	Accessory filter bypass relief valve housing
Al & Cu, Mg, Si	Accessory lube and scavenge pump housing
Cu & Al, Fe, Pb, Si	Accessory lube and scavenge pump bearings
Cu, Si & Fe, Ag	Main and PTO bearing cages Accessory drive gearbox bearing cages

แสดงแหล่งที่มาของชนิดโลหะใน เครื่องยนต์ J85-GE-21 (F-5)

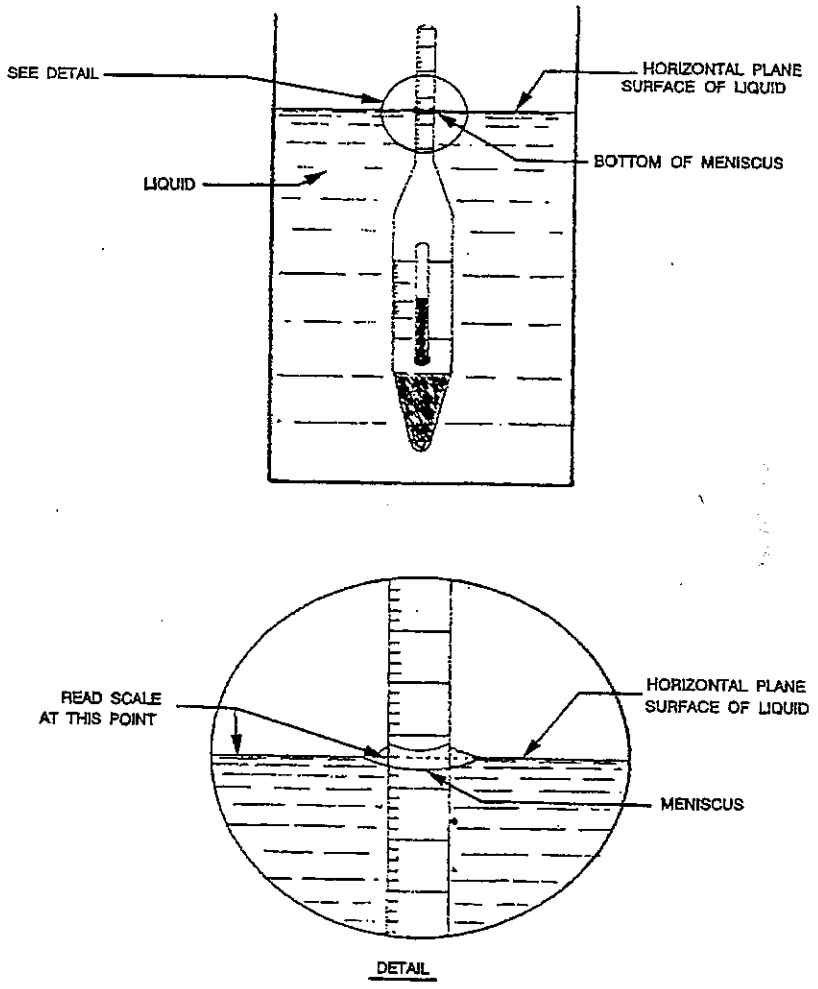


Figure 5-10. Hydrometer Scale Reading for Transparent Liquids

Hydrometer Scale Reading For Transparent Liquids

วท.ชอ. ๒๓๕/๑๔

คำแนะนำการปฏิบัติทางเทคนิคของกองวิทยาการ ชอ.

ฉบับที่ ภ – ๒๗ก

เรื่อง การวิเคราะห์หาเศษโลหะในน้ำมันหล่อลื่น (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม)

๑. ความประสงค์

เพื่อแก้ไขข้อความบางตอนในคำแนะนำการปฏิบัติทางเทคนิคของกองวิทยาการ ชอ. ฉบับที่ ภ – ๒๗ เรื่อง การวิเคราะห์หาเศษโลหะในน้ำมันหล่อลื่น ลง ๑ มิถุนายน ๒๕๑๔ ให้เหมาะสมกับการปฏิบัติงาน จึงเห็นสมควรยกไขการปฏิบัติ ดังนี้ –

๒. การปฏิบัติ

๒.๑ หน้า ๔ ข้อ ๓.๒.๑ ให้แก้ไขข้อความในตารางกำหนดระยะเวลาการเก็บน้ำมันหล่อลื่นตัวอย่าง และวิธีการเก็บ ดังนี้

ลำดับ	เครื่องยนต์แบบ	บ.แบบ	ระยะเวลาการเก็บ	วิธีการเก็บ
๑	เยนเนอราลอิเลคตริค เจ๔๗–จีอี–๓๗	ข.๑๗	ทุก ๑๐ ชั่วโมงบิน	จากคอเติม
๒	เยนเนอราลอิเลคตริค เจ๔๕–จีอี–๑๓	ข.๑๘ ข.๑๘ก คข.๑๘	ทุก ๑๐ ชั่วโมงบิน	จากคอเติม
๓	โลโคมมิง ที๕๓–แอล–๑๓, –๑๓เอ, –๑๗บี	ก.๖	ทุก ๑๐ ชั่วโมงบิน	จากคอเติม
๔	แอลลิสัน เว๓๓–เอ–๓๔	ฆ.๑๑ คฆ.๑๑	ทุก ๑๐ ชั่วโมงบิน	จากคอเติม
๕	จอนสิเมอร์ล เจ๖๕–ที–๒๕	ฆ.๑๒	ทุก ๑๐ ชั่วโมงบิน	จากคอเติม
๖	โรลล์–รอยซ์ ดาร์ท ๕๓๑	ก.๕	ทุก ๑๐ ชั่วโมงบิน	จากคอเติม
๗	ที๓๖–จี–๔๐๒/๔๐๓	จ.๕	ทุก ๑๐ ชั่วโมงบิน	จากคอเติม
๘	ระบบลงจอดกำลัง	ง.๔	ทุก ๑๐ ชั่วโมงบิน	จากจุดถ่าย
๙	ระบบลงจอดกำลัง	ง.๖	ทุก ๑๐ ชั่วโมงบิน	จากจุดถ่าย

๓. หมวดปฏิบัติ

บน.๑ ฝูง ๑๑, ฝูง ๑๓, บน.๖ ฝูง ๖๑, แผนกซ่อมบำรุงและพัสดุ บน.๓, บน.๔ ฝูง ๔๓, รร.การบิน, บน.๖ ฝูง ๖๑, ศซ.คม.บย., ศซ.คพ.บย., กส.ชอ., รพย ย.ปีกมุนดี ๑ (ทบ.), รพย ย.ปีกหมุนที่ ๒ (ทบ.), รอย ซมร.ย.ทบ.

(ลงชื่อ) น.อ.วิจิตร ช่วงโชติ

ผอ.วิทยาการ ชอ.

๒๕ มิ.ย. ๑๙

สำเนาถูกต้อง

ร.อ.

รอง ผอ.กรม.วท.ชอ.(ฝ่ายการเงิน)

คำแนะนำการปฏิบัติทางเทคนิคของกองวิทยาการ ชอ.
เกี่ยวกับระยะเวลาการเก็บน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์แต่ละแบบ