บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความรู้ทั่วไป [1,2]

เนื่องจากปริมาณการใช้น้ำมันหล่อลื่นของไทย ประมาณ 400 ล้านลิตรต่อปีที่ใช้กับเครื่องจักร เครื่องยนต์ต่างๆ เช่น รถยนต์ รถจักรยานยนต์ เครื่องบิน เรือบรรทุก เรือประมง เครื่องยนต์เกษตรและเครื่องจักรของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีแนวโน้มสูงขึ้นและคาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวใน 10 ปีข้างหน้า โดยร้อยละ 70 จะบริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและบริเวณจังหวัดใกล้เคียง น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้เหล่านี้จะสูญเสียไปในเครื่องยนต์ประมาณ 120 ล้านลิตรต่อปี และเหลือถ่ายทิ้งออกมาเป็นน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วประมาณ 280 ล้านลิตรต่อปี จากการรวบรวมข้อมูลการ จัดการน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วพบว่ามีการนำมาใช้ซ้ำหรือปรับสภาพใหม่ประมาณ 137 ล้านลิตร ปริมาณที่ทิ้งลงสู่แหล่งระบายน้ำสาธารณะหรือทิ้งร่วมกับขยะมูลฝอยทั่วไปจากเรือประมง อู่ซ่อมรถ และผู้ซื้อมาเปลี่ยนถ่ายรายย่อยประมาณ 67 ล้านลิตร และยังมีปริมาณที่สูญหายไปอีกกว่า 76 ล้านลิตร ปัญหามลพิษจากน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว มีแนวโน้มทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น เนื่องจากมีการทิ้งสู่สิ่งแวดล้อมโดยมิได้มีการกำจัดให้ถูกวิธีโดยน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วเหล่านี้ส่วนใหญ่จะถูกทิ้งลงในพื้นดิน ในทะเล แม่น้ำลำคลอง และถูกนำไปเผาทิ้ง ซึ่งนับว่าเป็นการสูญเสียน้ำมันปิโตรเลียมเป็นจำนวนมาก ทั้งยังก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมอีกด้วย เช่น เมื่อทิ้งน้ำมันลงในน้ำ น้ำมันจะลอยตัวเป็นแผ่นอยู่บนผิวน้ำ ซึ่งจะเป็นตัวปิดกั้นแสงแดดและการละลายของออกซิเจนลงในน้ำ ต้องใช้เวลานานกว่าน้ำมันจะสลายตัว สำหรับส่วนที่นำไปเผานั้นจะก่อให้เกิดมลพิษจากออกไซด์ของโลหะต่างๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำมันซึ่งฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศ โดยปกติแล้วน้ำมันหล่อลื่นที่ครบกำหนดการใช้งานเหล่านี้ยังคงมีสภาพเป็นน้ำมันปิโตรเลียมอยู่ แต่สิ่งที่เสียไปคือคุณสมบัติบางอย่างที่เหมาะสมในการหล่อลื่น เท่านั้น เช่น ความหนืด (viscosity)เปลี่ยนไป สารเพิ่มคุณภาพ (additives)เสื่อมสภาพลง รวมทั้งมีสิ่งซึ่งไม่พึงประสงค์เจือปนอยู่ ได้แก่ เศษผง เศษโลหะและไอออนของโลหะที่เกิดจากการเสียดสีของเครื่องยนต์และยางเหนียว (gum) ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารอินทรีย์ในน้ำมัน

ดังนั้นจึงได้มีการพยายามหาวิธีต่างๆ เพื่อนำน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้งานแล้วกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก เพื่อเป็นการประหยัดเงินตราในการสั่งน้ำมันหล่อลื่นเข้าจากต่างประเทศและช่วยลดมลภาวะที่อาจเกิดขึ้นได้ อีกทั้งเป็นการใช้ทรัพยากรในประเทศให้เป็นประโยชน์มากที่สุด ซึ่งวิธีการนำน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้งานแล้วกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ มีวิธีการที่เป็นไปได้หลายทาง

เช่น นำน้ำมันที่ใช้แล้วไปกำจัดสิ่งไม่พึงประสงค์ออก แล้วนำมาใช้แทนน้ำมันเตา หรือใช้ผสมกับน้ำมันหล่อลื่นใหม่ในการผลิตสารอื่นๆ หรือนำมาปรับปรุงและเติมสารเพิ่มคุณภาพลงไปเพื่อเป็นน้ำมันหล่อลื่นใหม่

1.2 สารหล่อลื่น[3] (Lubricants)

1.2.1 สารหล่อลื่น เป็นสารหรือวัสดุที่ใช้ในการหล่อลื่นชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของแข็ง ของเหลวและก๊าซ แต่สารหล่อลื่นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางจะอยู่ในรูปของของเหลว เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งแบ่งตามสถานะได้ดังนี้

1. สารหล่อลื่นของเหลว (liquid) ได้แก่ น้ำมันเครื่องยนต์ (Engine oils) น้ำมันเกียร์และเฟืองท้าย (transmission and axle oils) น้ำมันเกียร์อัตโนมัติ (fluid for hydraulic toque converters and fluid couplings used in automatic transmission)

2. สารหล่อลื่นกึ่งของเหลว (semi – solid) ได้แก่ จารบี (grease) หรือไขข้น

3. สารหล่อลื่นของแข็ง (solid lubricants) ได้แก่ ไนลอน (nylon) แกรไฟต์ (graphite) โมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ (molybdenumdisulfide)

1.3 หน้าที่ของสารหล่อลื่น[4] (Function of lubricants)

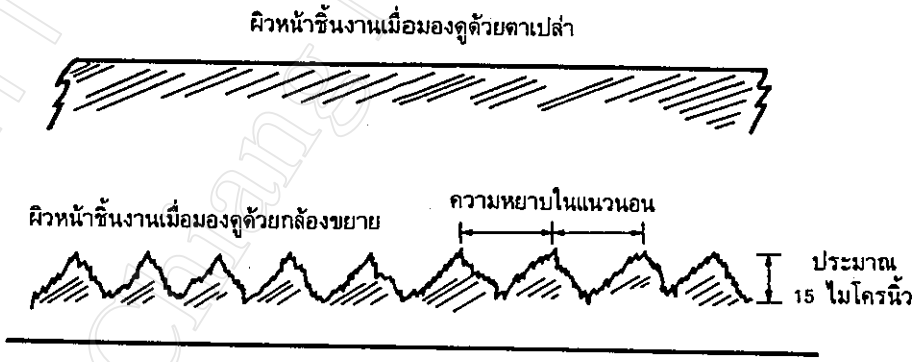
โดยทั่วไปแล้ว หน้าที่ของสารหล่อลื่น มีดังนี้

1. ลดความเสียดทาน (control friction)
2. ลดการสึกหรอ (control wear)
3. ระบายความร้อน (control temperature)
4. ลดการกัดกร่อน (control corrosion)
5. เป็นฉนวนไฟฟ้า (insulated)
6. ถ่ายทอดกำลังงาน (transmit power hydraulic)
7. ลดการกระแทก (damper shock)
8. ช่วยทำความสะอาด (remove contaminants)
9. ทำหน้าที่เป็นซีล (form a seal)

1.4 การหล่อลื่น[5,6] (Lubrications)

การหล่อลื่นเกี่ยวข้องกับแรงเสียดทาน (friction) ซึ่งแรงเสียดทานจะเป็นแรงต้านการเคลื่อนที่ของวัสดุชิ้นหนึ่งบนผิวของวัสดุอีกชิ้นหนึ่ง โดยปกติเมื่อซ้อนแท่งโลหะที่มีผิวสัมผัสเรียบไว้ด้วยกัน ต้องออกแรงดึงจำนวนหนึ่งเพื่อที่จะผลักหรือดึงให้แท่งโลหะอันบนเลื่อนไถลไปและในการเสียดสีกันย่อมจะทำให้เกิดความร้อนขึ้น วัสดุเกิดการสึกหรอ แต่ถ้าใช้สารหล่อลื่นทาไว้บนผิวสัมผัส จะพบว่าปริมาณแรงที่จะผลักหรือดึงแท่งโลหะอันบนให้เลื่อนไปนั้นลดลงอย่างมาก และความร้อนจะลดลง

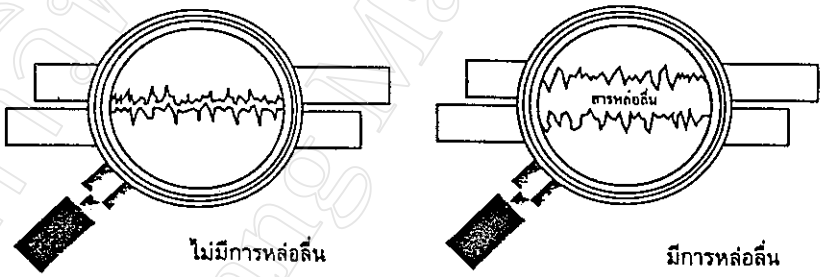
โดยปกติแล้ววัสดุหรือแท่งโลหะนั้น เมื่อมองด้วยตาเปล่าว่าเรียบและสัมผัสลื่นนั้น แต่จริงแล้วไม่ได้เรียบและลื่นเลย เมื่อใช้แว่นขยายที่มีกำลังสูงมากพอ พบว่าผิวโลหะจะมีความขรุขระเป็นยอดแหลมมากมาย ดังรูป 1.1



รูป 1.1 ผิวหน้าวัสดุเมื่อมองด้วยตาเปล่า และดูด้วยแว่นขยาย

ดังนั้นเมื่อวางผิวโลหะทั้งสองเข้าด้วยกัน ยอดแหลมเหล่านั้นจะเกยกันเป็นเหตุให้ต้องออกแรงมากเวลาจะดึงหรือผลักแท่งโลหะ แต่ถ้าเคลือบผิวโลหะด้วยสารหล่อลื่น ผิวของโลหะจะถูกแยกออกจากกัน ส่งผลให้ยอดแหลมของความขรุขระนั้นไม่มีโอกาสสัมผัสกัน จะรู้สึกโดยออกแรงผลักหรือดึงแท่งโลหะน้อยลงและเกิดความร้อนจากการเสียดสีน้อย

ดังนั้นการหล่อลื่น คือ การลดแรงเสียดทานระหว่างผิวโลหะที่สัมผัส โดยคั่นผิวสัมผัสทั้งสองด้วยเยื่อฟิล์มของสารหล่อลื่น ดังรูป 1.2



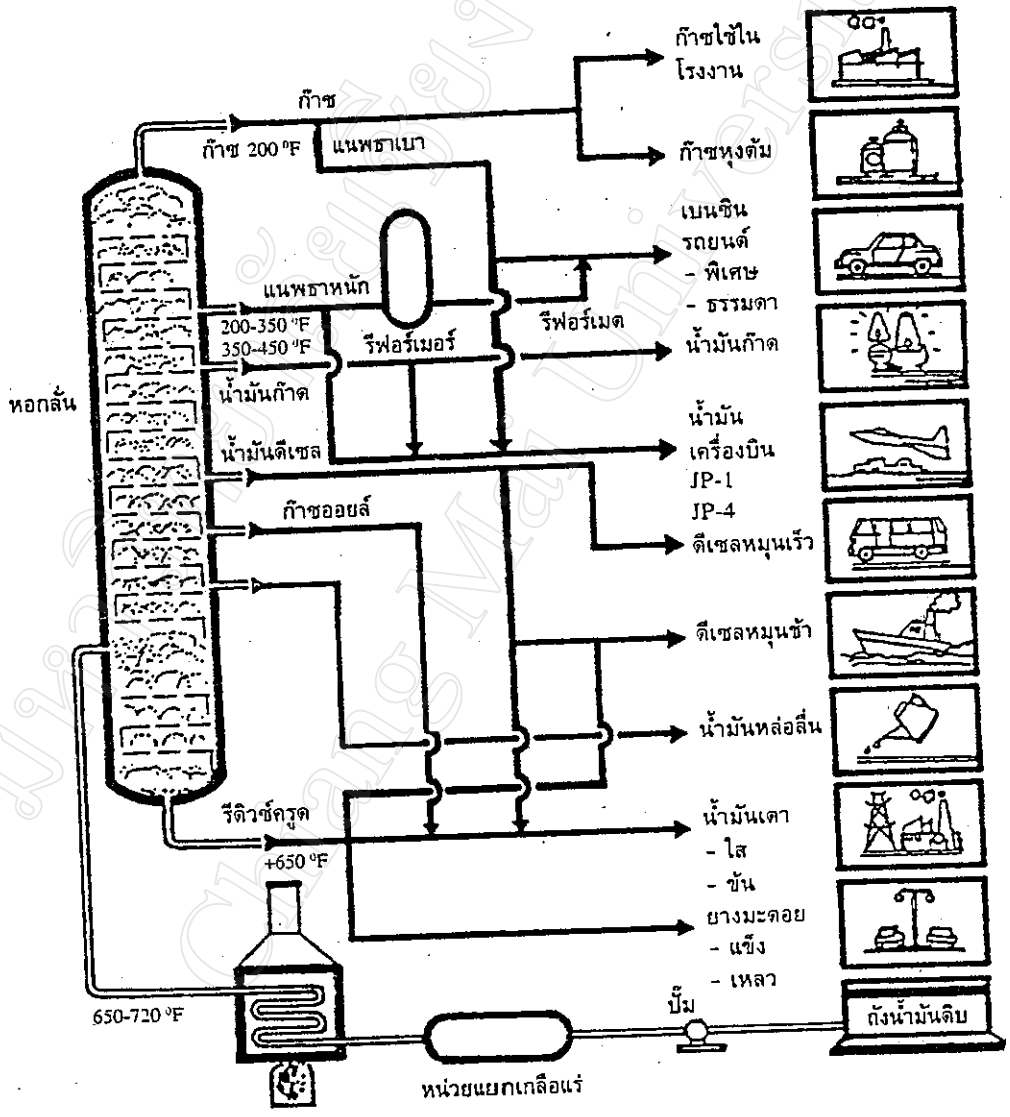
รูป 1.2 ผิวสัมผัสโลหะที่ไม่มีสารหล่อลื่น และมีสารหล่อลื่น

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

1.5 น้ำมันหล่อลื่น[4,5,6] (Lubricating Oils)

น้ำมันหล่อลื่น เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการ กลั่นปิโตรเลียม น้ำมันหล่อลื่นที่มีลักษณะเป็นของเหลวโดยทั่วไปจะนำไปใช้ในการหล่อลื่นชิ้นส่วนของเครื่องยนต์และเครื่องจักรกลที่มีลักษณะปิด เช่น ภายในห้องเพลา ข้อเหวี่ยง ห้องเกียร์ เฟืองท้าย เป็นต้น

ซึ่งการกลั่นลำดับส่วนปิโตรเลียมแสดงดังรูป 1.3



รูป 1.3 กรรมวิธีการกลั่นน้ำมันและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่น[6]

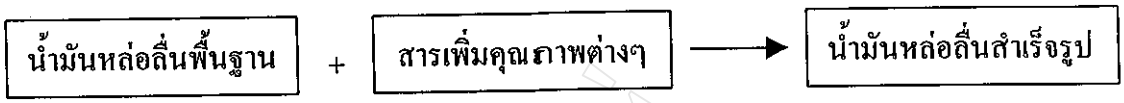
และส่วนต่างๆ ที่กลั่นแยกออกมาได้แสดงในตาราง 1.1

ตาราง 1.1 ส่วนต่างๆ ที่ได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมหรือน้ำมันดิบ

ชื่อส่วนต่างๆ	จุดเดือด ^0C	จำนวน	ประโยชน์
1. ก๊าซธรรมชาติ (natural gas)	$< 20^0$	$C_1 - C_4$	เชื้อเพลิง เช่น เชื้อเพลิงหุงต้ม เชื้อเพลิงให้ความร้อน
2. ปิโตรเลียมอีเธอร์ (petroleum ether)	$20 - 60^0$	$C_5 - C_7$	ตัวทำละลาย
3. ลิโกรอิน (ligroin)	$60 - 90^0$	$C_6 - C_7$	ตัวทำละลาย
4. ก๊าซโซลีน (gasoline)	$50 - 200^0$	$C_6 - C_{12}$	เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์
5. เคโรซีน (kerosene) (น้ำมันก๊าด)	$200 - 300^0$	$C_{12} - C_{18}$ และพวกอะโรเมติก	เชื้อเพลิงในเครื่องบิน และใช้จุดตะเกียง
6. ก๊าซออยล์ (gas oil) (น้ำมันดีเซล, น้ำมันเตา)	$> 275^0$	$C_{13} - C_{18}$	เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล เชื้อเพลิงในโรงไฟฟ้าและอุตสาหกรรม
7. น้ำมันหล่อลื่น (lubricating oil)	เป็นของเหลวที่ไม่ระเหยกลั่นออกโดยลดความดัน	$C_{20} - C_{30}$	น้ำมันหล่อลื่น
8. แอสฟัลต์ หรือ ยางมะตอย (asphalt)	ไม่ระเหยและไม่สามารถกลั่นออกมาได้จะเหลืออยู่จากการกลั่น	พวกที่มีโครงสร้างเป็น polycyclic	ราดถนน

1.5.1 น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน[3,8,9] (base oils)

การผลิตน้ำมันหล่อลื่น เพื่อให้ได้น้ำมันหล่อลื่นสำเร็จรูปที่มีคุณภาพดีและเหมาะสมกับการใช้งานสำหรับเครื่องยนต์และเครื่องจักรกลแต่ละชนิด ขั้นตอนในการผลิตน้ำมันหล่อลื่นจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานและขั้นตอนการผลิตน้ำมันหล่อลื่นสำเร็จรูปโดยการเติมสารเพิ่มคุณภาพต่างๆ ลงในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน



น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ แบ่งได้ 3 ประเภท ได้แก่

1. **น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากพืชหรือสัตว์** (vegetable or animal base oil) สมัยก่อนนิยมนำมาใช้ในงานหลายอย่าง ปัจจุบันมีการใช้น้อยมาก เนื่องจากน้ำมันจากพืชหรือสัตว์จะมีความคงตัวทางเคมีต่ำเสื่อมสภาพได้ง่ายในขณะใช้งาน เมื่อนำมาใช้จะต้องผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพ ทำให้ราคาแพงมาก ความนิยมจึงหมดไป แต่จะใช้เฉพาะในงานหล่อลื่นที่ต้องการคุณสมบัติบางอย่างเท่านั้น ส่วนใหญ่มักใช้เป็นตัวเติมสำหรับเพิ่มคุณภาพให้น้ำมันหล่อลื่นที่ผลิตจากน้ำมันปิโตรเลียมเพื่อเพิ่มความลื่นและความสามารถในการผสมเข้ากับน้ำได้ เป็นต้น ตัวอย่างของน้ำมันพืชที่ถูกนำมาใช้ได้แก่ น้ำมันละหุ่งและน้ำมันปาล์ม ส่วนน้ำมันจากสัตว์ได้แก่ น้ำมันหมูและน้ำมันปลา เป็นต้น

2. **น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากปิโตรเลียมหรือน้ำมันแร่** (mineral base oil) เป็นน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่นิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากมีคุณภาพดีและราคาถูก น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานชนิดนี้เป็นผลผลิตอันหนึ่งที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบในหอกลั่น ส่วนเบาที่มีจุดเดือดต่ำ ได้แก่ ก๊าซแก๊สโซลีน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล จะระเหยเป็นไอแยกออกมา ส่วนหนักที่มีจุดเดือดสูงจะไม่ระเหยเป็นไอและเหลืออยู่เป็นพวกน้ำมันเตา ไขและยางมะตอย ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานได้ น้ำมันแร่ที่ได้จากการเอาส่วนที่อยู่ก้นหอกลั่นบรรยากาศมาผ่านกระบวนการกลั่นภายใต้สูญญากาศ แยกเอาน้ำมันหล่อลื่นชนิดใสและชนิดข้นออกมา ที่เหลือเป็นกากก็สามารถนำไปผลิตยางมะตอยได้ ชนิดและปริมาณของน้ำมันแร่ที่แยกออกมาได้ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันดิบที่นำมากลั่น

น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากปิโตรเลียมนั้นสามารถแยกคุณสมบัติได้ 3 พื้นฐาน ซึ่งขึ้นอยู่กับฐานของน้ำมันปิโตรเลียมที่นำมาใช้เป็นน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานดังนี้

1. น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากน้ำมันดิบฐานพาราฟินิก (paraffinic base oil) น้ำมันดิบฐานพาราฟินิก เป็นน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน
   - นิยมนำมาผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน เพราะมีค่าดัชนีความหนืดสูง
   - มีความต้านทานการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ดี

2. น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากน้ำมันดิบฐานแนพธินิก (naphthenic base oil) น้ำมันดิบฐานแนพธินิกเป็นน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน

- มีสมบัติในการหล่อลื่นต่ำ
- มีดัชนีความหนืดปานกลางและต่ำ เพราะในฐานแนพธินิกเป็นน้ำมันดิบที่มีแอสฟัลต์ (asphalt) มาก

3. น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากน้ำมันดิบฐานอะโรมาติก (aromatic base oil) น้ำมันดิบฐาน อะโรมาติกเป็นน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่

- มีดัชนีความหนืดต่ำ
- คุณสมบัติทางการหล่อลื่นไม่ดี
- โครงสร้างการจับตัวระหว่างคาร์บอนกับไฮโดรเจนไม่เสถียร
- คุณสมบัติในการต้านทานการเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนต่ำ

2. น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากน้ำมันสังเคราะห์ (synthetic base oil) เป็นน้ำมันที่สังเคราะห์ขึ้นด้วยกระบวนการทางเคมี วัสดุที่นำมาสังเคราะห์มักนำมาจากน้ำมันปิโตรเลียม ส่วนใหญ่ใช้เป็นน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานในงานพิเศษเฉพาะที่ต้องการคุณสมบัติพิเศษในด้านดัชนีความหนืดสูง จุดไหลเทต่ำ และมีการระเหยต่ำ เป็นต้น น้ำมันสังเคราะห์ที่ใช้กันมากมีอยู่หลายชนิด และมีราคาค่อนข้างแพงมาก ตัวอย่างของน้ำมันสังเคราะห์ที่นิยมใช้กันมากมีดังนี้คือ

- พวกโพลีแอลฟาโอลิฟิน (polyalphaolefin ; PAO) เป็นสารที่มีค่าดัชนีความหนืดสูงมาก มีจุดไหลเทต่ำ การระเหยตัวต่ำ และมีความต้านทานต่อปฏิกิริยาออกซิเดชั่นดี ปัจจุบันเริ่มนิยมใช้กันมากขึ้น เพราะราคาถูกลงและสามารถผลิตได้ง่าย
- พวกเอสเทอร์ (ester) ไดเอสเทอร์ (diester) และคอมเพล็กซ์เอสเทอร์ (complex ester) เป็นสารที่มีค่าดัชนีความหนืดสูงมาก มีการระเหยตัวต่ำ และมีความอยู่ตัวดี ใช้เป็นน้ำมันพื้นฐานในงานที่ต้องทำงานกับสภาวะที่อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงมากๆ เช่น น้ำมันเทอร์ไบน์ ของเครื่องบินไอพ่น นอกจากนี้พวกฟอสเฟตเอสเทอร์ (phosphate ester) ก็ยังใช้ทำพวกน้ำมันไฮดรอลิกที่ไม่ติดไฟ หรือที่เรียกกันว่าน้ำมันทนไฟ
- พวกโพลีไกลคอล (polyglycol) เป็นสารที่มีจุดเดือดสูงและจุดไหลเทต่ำ นิยมใช้ในงานที่มีอุณหภูมิสูง เช่น ใช้ทำน้ำมันเบรก และน้ำมันไฮดรอลิกที่ไม่ติดไฟ เป็นต้น
- พวกซิลิโคน (silicone) ใช้เป็นน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานในงานที่ต้องใช้อุณหภูมิสูงๆ

- พวกฮาโลจีเนตไฮโดรคาร์บอน (halogenated hydrocarbon) เช่น คลอโร-ฟลูออโรคาร์บอน (chlorofluorocarbons) หรือ สารซีเอฟซี (CFC) ใช้ทำน้ำมันสำหรับเครื่องอัดออกซิเจน เพราะมีความอยู่ตัวทางเคมีและความอยู่ตัวเชิงความร้อนดีมาก

- พวกโพลีเฟนนีลอีเทอร์ (polyphenyl ether) เป็นสารที่ใช้ในงานที่มีอุณหภูมิสูงมากถึง 800 องศาเซลเซียส เช่น น้ำมันไฮดรอลิกในยานอวกาศ เนื่องจากมีความอยู่ตัวเชิงความร้อนสูงมาก และมีความสามารถในการต้านทานต่อรังสีนิวเคลียร์ได้ด้วย

1.5.2 การผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน[6, 10, 11]

น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานเป็นส่วนที่แยกจากหอกลั่นน้ำมันดิบ (หอกลั่นบรรยากาศ) แล้วนำมากลั่นต่อในหอกลั่นสูญญากาศ หลังจากนั้นจึงทำให้น้ำมันหล่อลื่นมีความบริสุทธิ์ และมีคุณภาพดีขึ้น ด้วยการกลั่นแยกส่วนที่ไม่ต้องการ โดยผ่านกระบวนการต่างๆ ดังนี้ (รูป 1.4)

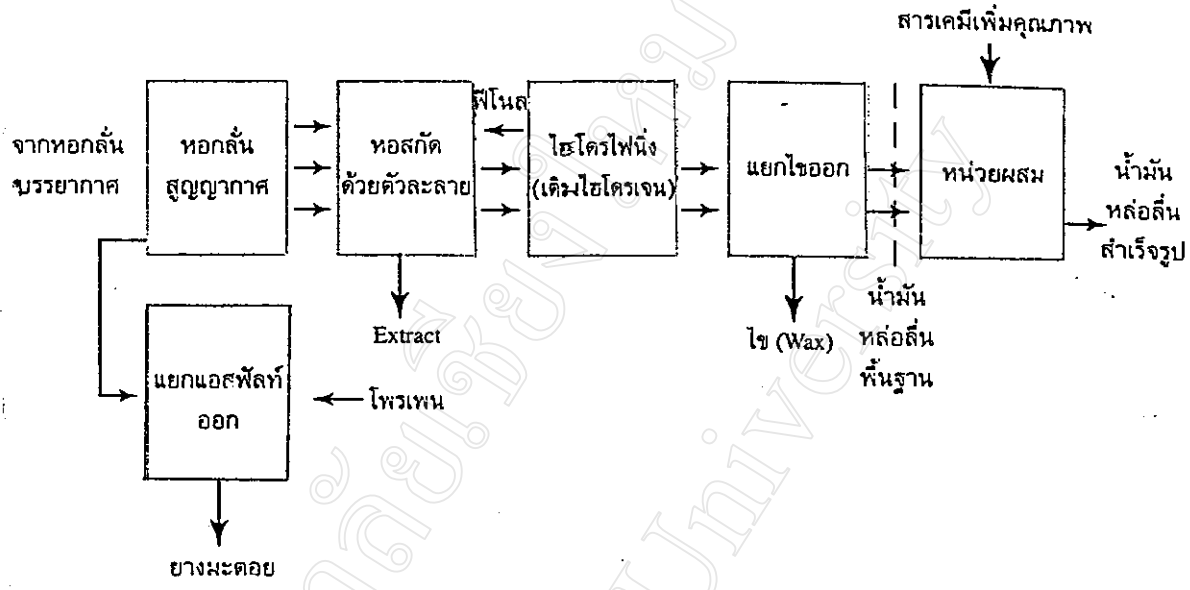
1. การกลั่น (distillation) ในหอกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิงจะมีการแยกผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงต่างๆ ออกด้วยหอกลั่นบรรยากาศ ส่วนในโรงกลั่นน้ำมันหล่อลื่นจะนำส่วนที่เหลือนี้ไปผ่านหอกลั่นสูญญากาศ เพื่อที่จะทำให้ส่วนหนักๆ ที่เป็นน้ำมันหล่อลื่นระเหยตัวกลั่นออกไปได้

2. การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) คือการกำจัดสารจำพวกอะโรมาติกด้วยตัวทำละลาย โดยมากใช้ฟีนอล (phenol ; C_6H_5OH) เพื่อทำให้น้ำมันมีค่าดัชนีความหนืดสูงขึ้น สีสดใสขึ้น และไม่เกิดการรวมตัวกับออกซิเจน

3. ไฮโดรไฟนิ่ง (hydrofining) คือกรรมวิธีการเติมไฮโดรเจนสำหรับเปลี่ยนแปลงรูปโมเลกุลของสารประกอบของกำมะถัน ไนโตรเจน กรดและสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัวเพื่อทำให้น้ำมันหล่อลื่นมีสีสวยขึ้น สีคงตัวได้นาน เขม่าลดลงและมีอายุการใช้งานยาวนาน

4. การแยกไขออก (dewaxing) เพื่อให้มีจุดไหลเท (pour point) ต่ำ สามารถใช้งานในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำหรือใช้ในฤดูหนาวได้ดี

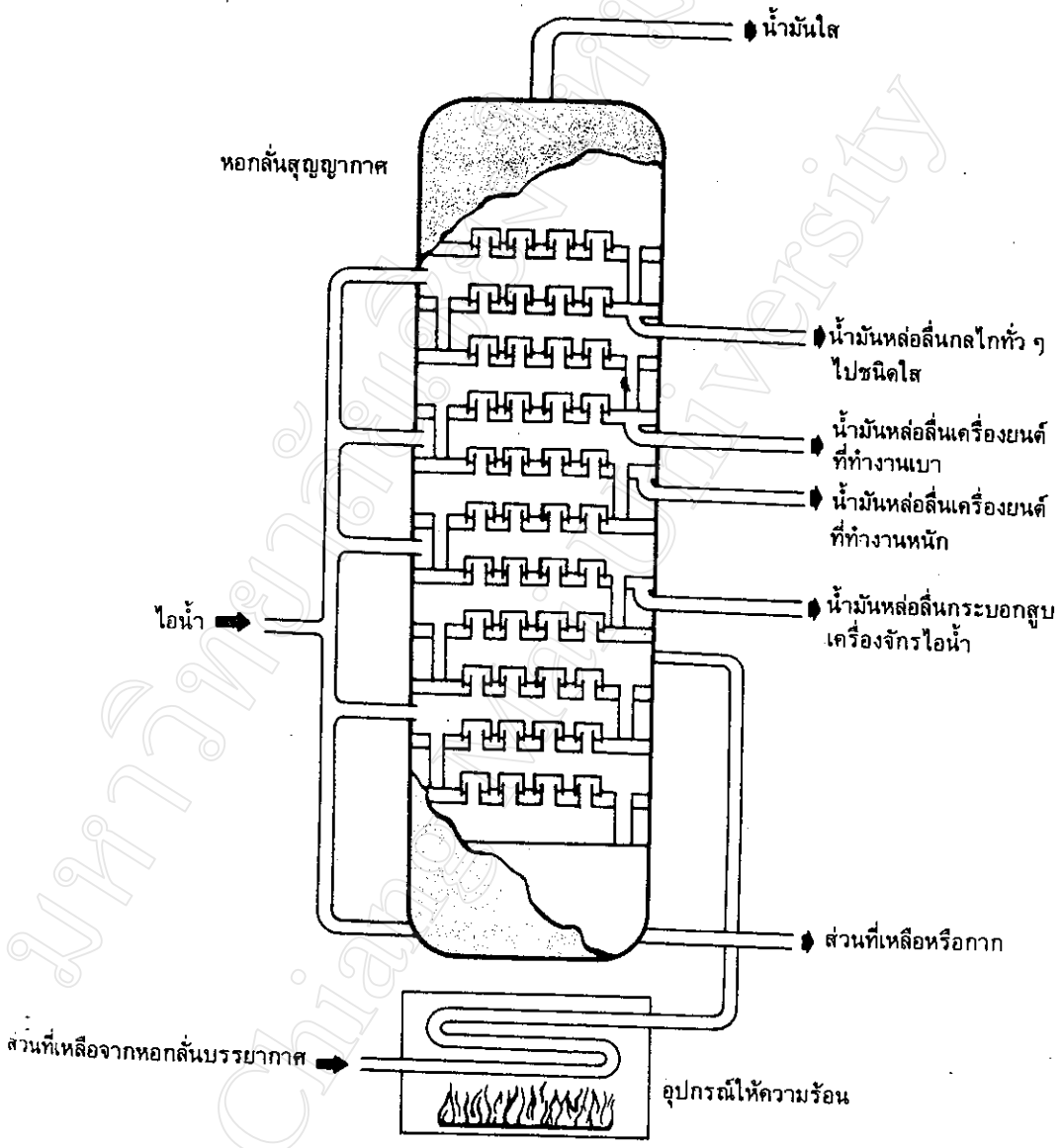
5. แยกแอสฟัลต์ (asphalt separation) คือ การแยกเอาสารจำพวกยางมะตอยออกจากน้ำมันหล่อลื่นส่วนหนักๆ



รูป 1.4 ไดอะแกรมการผลิตน้ำมันหล่อลื่น

น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการที่จะทำให้บริสุทธิ์ทุกๆ กระบวนการทั้งนี้แล้วแต่ชนิดของน้ำมันดิบที่จะนำมากลั่น และขึ้นอยู่กับงานที่ต้องนำไปใช้เป็นสำคัญ

การกลั่นน้ำมันหล่อลื่นแบบสูญญากาศจะลดความดันให้ต่ำลงและน้ำมันหล่อลื่นที่ได้ จะออกมาที่อุณหภูมิ 340-500 C° ซึ่งมีวิธีการกลั่นดังรูป 1.5



รูป 1.5 การกลั่นน้ำมันหล่อลื่น (หอกลั่นแบบสูญญากาศ)

1.5.3 สารเพิ่มคุณภาพ[3, 12, 13]

สารเพิ่มคุณภาพที่ใช้เติมลงไปในน้ำมันหล่อลื่น เพื่อประโยชน์ต่างๆ ดังนี้

1. ปรับให้น้ำมันมีคุณสมบัติในการหล่อลื่นได้สมบูรณ์ตลอดอายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่น

2. ปรับค่าความหนืดหรือของน้ำมันหล่อลื่นตามอุณหภูมิการทำงานที่แตกต่างกัน

3. ทำให้น้ำมันหล่อลื่นมีคุณสมบัติพิเศษเฉพาะอย่าง ซึ่งเหมาะกับการใช้งานในแต่ละประเภท

4. ช่วยลดการสึกหรอและยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักรกลหรือเครื่องยนต์ให้ยาวนานขึ้น

5. ทำให้น้ำมันหล่อลื่นมีอายุการใช้งานได้นานขึ้น

6. ทำให้เครื่องจักรกลหรือเครื่องยนต์มีสมรรถนะในการทำงานสูงขึ้น

สารเพิ่มคุณภาพสามารถจำแนกได้ดังตาราง 1.2

ตาราง 1.2 การใช้สารเพิ่มคุณภาพ

ประเภทของสารเพิ่มคุณภาพ	ชนิดของสารเคมี	ประโยชน์
1. สารเพิ่มคุณภาพด้านเคมี		
1.1 สารต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น(anti–oxidants)	- ซิงก์ไดอัลคิลไดไธโอฟอสเฟต (ZDDP) - บิสฟีนอล - อะโรแมติกเอมีน	ใช้กับน้ำมันหล่อลื่นในงานที่มีอุณหภูมิสูงและน้ำมันต้องสัมผัสกับอากาศ ใช้ลดการเกิดยางเหนียวและตะกอนจากน้ำมัน ยืดอายุการใช้งานของน้ำมัน
1.2 สารป้องกันการกัดกร่อน (corrosion inhibitors)	- สารเพิ่มความเป็นด่าง ซัลโฟเนตฟอสเฟต - ไฮต์เบสแอดดิทีฟ - ZDDP - ฟอสโฟซัลฟูไรซ์เทอร์ปีน	ใช้เพื่อป้องกันการกัดกร่อนของสารเคมี เช่น กรดที่จะกระทำต่อผิวชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล เช่น ในเครื่องยนต์

ตารางที่ 1.2 (ต่อ) การใช้สารเพิ่มคุณภาพ

ประเภทของสารเพิ่มคุณภาพ	ชนิดของสารเคมี	ประโยชน์
1.3 สารป้องกันสนิม (anti-rust additives)	- สารประกอบประเภทเมทาลิกโซฟแบบมีขั้ว เช่น เอสเทอร์ อีเทอร์ - กรดอินทรีย์ - เอมีน	ใช้เพื่อป้องกันการเกิดสนิมในงานที่อาจมีความชื้นหรือน้ำเข้ามาสัมผัสกับผิวโลหะ
1.4 สารป้องกันการสึกหรอ (anti – wear additives)	- ZDDP - ไตรครีซิลฟอสเฟต	ใช้เพื่อป้องกันการสึกหรอของผิวชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่รับภาระน้ำหนักสูง ซึ่งมักจะเกิด boundary librication ขึ้น
1.5 สารรับแรงกดสูง (extreme pressure additives)	- สารประกอบอินทรีย์ของกำมะถันฟอสฟอรัสหรือคลอรีน - เลดแนพธีเนต เลดโซฟ - ไขหรือน้ำมันประเภทมีขั้ว	ใช้เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับฟิล์มน้ำมันและเพิ่มความสามารถในการรับภาระน้ำหนักป้องกันการสึกหรอและหลอมติดในภาวะที่ภาระน้ำหนักสูง
1.6 สารชะล้างและกระจายสิ่งสกปรก (detergents and dispersants)	- เมทาลิกซัลโฟเนต ฟีเนต และฟอสเฟต - เอมีน ฟีนอล - อัลคิลซับติติวต์ซาลิซีเลต - ซักซินีมีด	ใช้ชะล้างสิ่งสกปรกออกจากผิวชิ้นส่วนของเครื่องจักร และกระจายมิให้รวมตัวเป็นโคลนตะกอน จำเป็นสำหรับน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์
1.7 สารที่เป็นด่าง (alkaline agents)	- โอเวอร์เบสเมทาลิกซัลโฟเนต ฟีเนต และฟอสเฟต	ใช้ทำลายกรดที่เกิดจากการเผาไหม้กำมะถันในน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สันดาปภายใน
1.8 สารขับน้ำ (water repellents)	- ออร์กานิก – ซิลิโคนโพลิเมอร์ - อะลิฟาติกเอมีน - ไฮดรอกซี – แฟตตี้แอซิด	ใช้เพิ่มความต้านทานน้ำให้กับสารอุ้มน้ำมันประเภทดินเหนียว สารอินทรีย์ในจาระบีและในน้ำมันบางประเภทที่ต้องการให้น้ำแยกตัวออกเร็ว
1.9 สารลดปฏิกิริยาเร่งของผิวโลหะ (metal deactivators)	- ZDDP - เมทอลฟีเนต - สารประกอบอินทรีย์ของไนโตรเจน	ใช้ลดและป้องกันผลจากปฏิกิริยาเร่งของผิวโลหะต่างๆ เช่น ทองแดง ตะกั่ว เหล็ก โครเมียม ในเครื่องจักรกลที่กระตุ้นให้น้ำมันเสื่อมสภาพช้าลง

ตารางที่ 1.2 (ต่อ) การใช้สารเพิ่มคุณภาพ

ประเภทของสารเพิ่มคุณภาพ	ชนิดของสารเคมี	ประโยชน์
1.10 สารเปลี่ยนแปลงความเสียดทาน (friction modifiers)	- โมลิบดีนั่มไดซัลไฟด์ - เอมีด เอมีน - แฟตตี้แอซิดเอสเทอร์	ใช้เปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ความฝืดของผิวชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่สัมผัสกับน้ำมัน
2. สารเพิ่มคุณภาพด้านกายภาพ		
2.1 เพิ่มค่าดัชนีความหนืด (viscosity – index improver)	- โพลีไอโซบิวทิลีน - เมทาครีเลต - อะครีเลตโคโพลีเมอร์	ใช้ลดอัตราการเปลี่ยนแปลงความหนืดตามอุณหภูมิของน้ำมัน ใช้ในน้ำมันชนิดมัลติเกรด หรือเกรดหรือเกรดรวม
2.2 สารลดจุดไหลเท (pour point depressants)	- เมทาครีเลตโพลีเมอร์ - แวกซ์อัลคีเลตฟีนอล และอีสส์โพลีเมอร์ - แวกซ์อัลคีเลต แนพธาลีน และอีสต์โพลีเมอร์	ใช้ลดจุดแข็งตัวของน้ำมัน ซึ่งเกิดขึ้นเพราะไขในน้ำมันแยกตัวเป็นผลึก โดยป้องกันมิให้ไขเกาะตัวกันเป็นกลุ่ม ทำให้น้ำมันสามารถไหลได้ในอุณหภูมิต่ำๆ
2.3 สารป้องกันการเกิดฟอง (anti – foamants)	- ซิลิโคนโพลีเมอร์ - ออร์กานิกโพลีเมอร์	ใช้ป้องกันการเกิดฟองถาวรเมื่อน้ำมันถูกหมุนเวียนใช้ในระบบ เช่น ในอ่าง น้ำมันเครื่อง เกียร์ ไฮดรอลิก
1.4 สารเพิ่มความเหนียว (tackiness agents)	- โพลีเมอร์ของอะครีเลตหรือของโพลีบิวทีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงขึ้น	ใช้เพิ่มคุณสมบัติด้านการเกาะติดผิวให้กับน้ำมันและจาระบี ใช้ในน้ำมันหยอดรางแท่นเครื่องกลึงและจาระบีสายไหม
1.5 สารเพิ่มความลื่นและความแข็งแรงของฟิล์มน้ำมัน (oilness & film strength)	- น้ำมันหมู - กรดโอลิอิก (oleic) - แทลโลว์ (tallow) - สเปอร์มออยล์ (xperm oil) - บลาวน์แรพซีดออยล์ (blown rapeseed oil) - เอสเทอร์ที่สังเคราะห์จากกรดไขมัน	ใช้เพิ่มความลื่นและเพิ่มความแข็งแรงของฟิล์มน้ำมัน และทำให้น้ำมันเข้ากับน้ำได้บ้าง
1.6 สารช่วยให้น้ำมันผสมเข้ากับน้ำ (emulsifiers)	- เซอร์แฟกแทนต์ - สบู่ที่ได้จากไขมัน และกรดไขมัน - โซเดียมซัลโฟเนต - สารประกอบประเภทที่มีขั้ว	ใช้ลดแรงตึงผิวระหว่างน้ำกับน้ำมัน ทำให้น้ำมันสามารถแขวนตัวเป็นเม็ดละเอียดในน้ำ ใช้สำหรับใส่ในน้ำมันสบู่

ตารางที่ 1.2 (ต่อ) การใช้สารเพิ่มคุณภาพ

ประเภทของสารเพิ่มคุณภาพ	ชนิดของสารเคมี	ประโยชน์
1.7 สารหล่อลื่นที่เป็นของแข็ง (solid lubricants)	- แกรไฟต์ - โมลิบดีนั่มไดซัลไฟด์	ใช้เพิ่มคุณสมบัติในการหล่อลื่นในสภาวะที่อุณหภูมิสูงมากและภาระน้ำหนักกระแทกกระทั้นได้
1.8 สี (dyes)	- อัลคีเลตอะนิลีนไดอะโซไดแอนทราควิโนนไดฟลูโอเรซเซนต์ได	ใช้เติมเพื่อให้น้ำมันหล่อลื่นหรือจาระบีมีสีตามต้องการ เพื่อสามารถสังเกตและแยกชนิดได้ ใช้เติมในน้ำมันสบู่เพื่อป้องกันการบูดซึ่งทำให้น้ำมันแยกตัวออกจากน้ำได้
1.9 สารฆ่าเชื้อโรค (antiseptic หรือ germicides)	แอลกอฮอล์ ฟีนอล ออร์กานิกเมอร์คิวริก สารประกอบของคลอรีน	ใช้เติมในน้ำมันสบู่เพื่อป้องกันการบูด ซึ่งทำให้น้ำมันแยกตัวออกจากน้ำได้
1.10 สารเพิ่มกลิ่น (odorants)	ฟอร์มัลดีไฮด์โพลีเมอร์ ออร์กานิกโอเดอเรนต์ ไพน์หรือซีดาร์ออยล์	ใช้สำหรับกลบกลิ่นของสารอื่นในน้ำมันและทำให้มีกลิ่นหอม

1.5.4 หน้าที่ของน้ำมันหล่อลื่น[3, 14, 16]

น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีมากมายหลายชนิด น้ำมันหล่อลื่นหมายถึง น้ำมันที่นำไปหล่อลื่นเครื่องยนต์เครื่องจักรกลต่างๆ หน้าที่หลักและประโยชน์ของการใช้น้ำมันหล่อลื่นมีดังนี้

1. **ช่วยหล่อลื่น** (lubricate) ฟิล์มหรือเยื่อบางๆของน้ำมันหล่อลื่นจะทำหน้าที่เคลือบผิวโลหะหรือชิ้นงานที่มีการเคลื่อนที่ เพื่อไม่ให้เกิดการเสียดสีกันโดยตรงหรือเพื่อเป็นการลดการสึกหรอของชิ้นงาน น้ำมันหล่อลื่นที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติในการคงความหนาของเยื่อน้ำมันและฟิล์มน้ำมันให้เกือบคงที่ตลอดเวลา แม้เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป คือจะต้องไม่บางเกินไปเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และไม่หนาเกินไปเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลง ซึ่งคุณสมบัติต่างๆ เหล่านี้ เรียกว่าดัชนีความหนืด (viscosity index)

2. **ช่วยระบายความร้อน** (coolant) คุณสมบัติข้อนี้เป็นสิ่งสำคัญข้อหนึ่งของน้ำมันหล่อลื่นสำหรับเครื่องยนต์ ซึ่งจะต้องลดอุณหภูมิหรือระบายความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในกระบอกสูบและระบายความร้อนอันเกิดจากการเสียดสีของชิ้นส่วนต่างๆในเครื่องยนต์ เช่น ระบบเกียร์ หรือเฟืองท้าย เป็นต้น

3. **ช่วยรักษาความสะอาด** (clean) ขณะที่ทำหน้าที่หล่อลื่นก็จะต้องเป็นตัวทำความสะอาดชิ้นงานนั้นไปด้วย คือจะต้องสามารถชะล้างหรือขจัดคราบสกปรกต่างๆจากผิวชิ้นงานได้เป็นอย่างดี

4. **ช่วยป้องกันการเกิดสนิมและการกัดกร่อน** (protect) น้ำมันหล่อลื่นที่ดีจะต้องไม่มีสารที่เป็นอันตรายในการกัดกร่อนเสียเอง นอกจากนี้เมื่อมีสารจากภายนอกที่อาจทำให้เกิดกรดได้ เช่น ก๊าซไอเสีย ละอองน้ำ หรือไอน้ำ น้ำมันหล่อลื่นที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติในการทำให้กรดนั้นเจือจางลง และไม่สามารถที่จะไปกัดกร่อนโลหะของชิ้นงานได้

5. **ช่วยกระจายความสกปรก** (dispersancy) น้ำมันหล่อลื่นที่ดีต้องมีคุณสมบัติในการกระจายสิ่งสกปรกต่างๆที่มีปนในน้ำมันหล่อลื่นอันเนื่องมาจากการกำจัดสิ่งสกปรกออกจากชิ้นงานเพื่อไม่ให้สิ่งสกปรกต่างๆเหล่านั้นรวมตัวกันได้ง่ายเพราะหากสิ่งสกปรกในน้ำมันหล่อลื่นเกิดการรวมตัวกันมากขึ้นจะทำให้เกิดเป็นยางเหนียว

นอกจากหน้าที่ดังกล่าวนี้แล้ว น้ำมันหล่อลื่นยังต้องมีคุณสมบัติอื่นๆ เพิ่มขึ้นอีก ซึ่งขึ้นอยู่กับงานที่จะใช้ เช่น ต้องไม่เกิดเป็นฟองง่าย สามารถรับแรงกดได้สูง ทนทานต่อการเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ ทำหน้าที่เป็นซีล (seal) ป้องกันการรั่วไหลของก๊าซในห้องเผาไหม้เครื่องยนต์ เป็นต้น

1.5.5 น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์[3, 14, 16]

1. **คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์** น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์หรือน้ำมันเครื่องนั้นจะต้องมีคุณสมบัติที่ดีดังต่อไปนี้

1. มีความหนืดที่เหมาะสมกับการใช้งาน (optimum viscosity)

2. มีค่าดัชนีความหนืดสูง (high viscosity index) น้ำมันเครื่องที่มีค่าดัชนีความหนืดสูงจะช่วยรักษาค่าความหนืดไว้ได้ดีกว่า ซึ่งจะทำให้การหล่อลื่นมีประสิทธิภาพสูง เครื่องยนต์สตาร์ตง่ายและการสึกหรอลดลง

3. มีคุณสมบัติในการชะล้าง (detergency) ขณะที่เครื่องยนต์ทำงานมีการเผาไหม้ จึงทำให้เกิดคราบเขม่า ยางเหนียว เถ้า และสิ่งสกปรกต่างๆ ติดเป็นคราบอยู่ตามชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ ดังนั้นน้ำมันเครื่องที่ดีจะต้องช่วยชะล้างสิ่งสกปรกต่างๆ เหล่านี้ออกไปได้

4. มีคุณสมบัติในการกระจายสิ่งสกปรก (dispersancy) เมื่อสิ่งสกปรกต่างๆ ถูกชะล้างด้วยน้ำมันเครื่องแล้วไหลลงมาในอ่าง น้ำมันเครื่องจะต้องสามารถกระจายสิ่งสกปรกต่างๆ ไม่ให้เกาะรวมตัวกันเป็นก้อนได้ เพราะอาจทำให้ท่อทางเดินน้ำมันเครื่องอุดตันได้ง่าย

5. มีสารป้องกันการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (anti oxidant) สารนี้จะช่วยให้ปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันเครื่องกับออกซิเจนในอากาศเกิดได้ช้าลง ถ้าไม่มีสารนี้ น้ำมันเครื่องจะทำปฏิกิริยาดังกล่าวได้ง่าย และจะทำให้เกิดเป็นยางเหนียว (varnish) เป็นผลให้น้ำมันเครื่องมีความหนืดเพิ่มขึ้นได้ ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อเครื่องยนต์

6. มีค่าความเป็นด่างที่เหมาะสม (total base number ; TBN) จากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์กำมะถันที่มีอยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิงจะทำให้เกิดกรดซัลฟิวริกขึ้น ซึ่งจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดการกัดกร่อนภายในเครื่องยนต์ น้ำมันเครื่องที่ดีจะต้องมีค่าความเป็นด่างที่เหมาะสม ต้องทำลายกรดที่เกิดจากก๊าซไอดีหรือไอเสียที่ลอดผ่านร่องแหวนลูกสูบลงไปในห้องเพลาข้อเหวี่ยงได้ และเป็นตัวปรับสภาพน้ำมันเครื่องให้มีค่าเป็นกลาง ซึ่งจะช่วยป้องกันการกัดกร่อนในเครื่องยนต์ได้

7. มีสารป้องกันการสึกหรอ (anti wear) สารนี้จะช่วยทำให้ฟิล์มของน้ำมันเครื่องคงทนต่อแรงเฉือนได้ดี ช่วยลดการสึกหรอที่จะเกิดขึ้นมากกว่าปกติตรงบริเวณวาล์วและลูกเบี้ยวของเพลาลูกเบี้ยวได้

8. มีสารป้องกันการเกิดฟอง (anti foam) การเกิดฟองของน้ำมันเครื่องภายในห้องเพลาข้อเหวี่ยงจะเกิดขึ้นมากเนื่องจากความเร็วสูงของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของระบบการหล่อลื่นลดลง สารป้องกันการเกิดฟองจะช่วยทำให้ฟองอากาศละลายตัวได้ง่าย

9. มีสารป้องกันสนิม (anti rust) สารนี้จะช่วยให้น้ำมันเครื่องเป็นตัวเคลือบไม่ให้ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ที่ทำด้วยเหล็กเป็นสนิมขณะที่เครื่องยนต์หยุดทำงานเป็นเวลานานๆ

10. มีสารลดความเสียดทาน (friction modifier) สารนี้จะช่วยเพิ่มความลื่นในน้ำมันเครื่อง ทำให้ความฝืดที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่ลดลง เป็นผลทำให้ความร้อนในน้ำมันเครื่องลดลงไปด้วย และช่วยประหยัดการใช้เชื้อเพลิงได้ดีขึ้น

11. มีการระเหยตัวต่ำ (low volatility) น้ำมันเครื่องที่ดีจะต้องมีจุดวาบไฟสูง ทำให้เกิดการระเหยตัวต่ำและทนต่อความร้อนสูงๆ ได้ ไม่เกิดการเผาไหม้ได้ง่าย ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองน้ำมันเครื่องขณะเครื่องยนต์ทำงาน

12. มีจุดไหลเทต่ำ (low pour point) เพื่อที่จะนำน้ำมันเครื่องไปใช้งานในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำได้

2. สารเพิ่มคุณภาพสำหรับน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ [3, 13]

น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ไม่ว่าจะเป็นของบริษัทใด จะมีสารเพิ่มคุณภาพหลักเพื่อให้มีคุณภาพดีครบถ้วน ซึ่งคุณภาพที่ต้องการน้ำมันมีดังนี้

- ต้านทานการกัดกร่อน (corrosion inhibitor)
- ช่วยชะล้างทำความสะอาด (detergent)
- กระจายเขม่าตะกอน (dispersant)
- ต้านการสึกหรอ (anti wear agent)
- ต้านทานการเกิดฟอง (antiformant)
- เพิ่มค่าดัชนีความหนืด (VI improver)
- ลดจุดไหลเท (pour depresant)
- ต้านทานการรวมตัวกับออกซิเจน (anti oxidant)

นอกจากสารเพิ่มคุณภาพดังกล่าวแล้ว บางบริษัทยังเพิ่มสารเคมีพิเศษเพื่อเพิ่มคุณภาพน้ำมันเครื่องด้วย สรุปแล้วน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ดีจะต้องมีสารเพิ่มคุณภาพผสมอยู่ด้วยเพื่อเสริมให้น้ำมันนั้นมีคุณภาพสูงขึ้นและทำหน้าที่ต่างๆ ได้อย่างครบถ้วน ทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงและยืดอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ให้ยาวนานต่อไปอีก แต่ต้องมีการถ่ายน้ำมันเครื่องใหม่ในระยะเวลาที่เหมาะสมด้วย

1.5.6 ประเภทของน้ำมันหล่อเครื่องยนต์ [3, 15]

สมาคมวิศวกรรมรถยนต์ (Society of Automotive Engineers มีชื่อย่อว่า SAE) ได้ตั้งมาตรฐานความหนืดโดยเทียบกับ Saybolt Universal Seconds ไว้ดังนี้

1. น้ำมันเครื่องชนิดเกรดเดียว (single viscosity หรือ single grade) SAE ได้เป็นผู้วางมาตรฐานเกี่ยวกับการแบ่งค่าความหนืดของน้ำมันแต่ละชนิด ถ้าน้ำมันเครื่องที่มีตัวเลขแสดงค่าความหนืดต่ำ ความหนืดจะน้อยกว่าน้ำมันเครื่องที่มีตัวเลขแสดงค่าความหนืดสูง ตัวอย่างเช่น น้ำมันเครื่องสองชนิดคือ SAE 20 และ SAE 50 จะหมายความว่าน้ำมันเครื่องชนิด SAE 50 มีความหนืดมากกว่าน้ำมันเครื่องชนิด SAE 20 ที่อุณหภูมิเดียวกัน

น้ำมันเครื่องที่มีค่าความหนืดต่ำกว่าเบอร์ที่แสดงไว้หลัง SAE จะตามด้วยW ซึ่งเป็นการแสดงการทดลองวัดความหนืดที่ 0 องศาฟาเรนไฮต์ (ในกรณีที่ไม่มี W จะทดสอบที่ 100 องศาเซลเซียส) ตัวอย่างเช่น น้ำมันเครื่องชนิด SAE 20 และน้ำมันเครื่องชนิด SAE 20 W แสดงว่าน้ำมันเครื่องชนิด SAE 20 W มีความหนืดน้อยกว่าน้ำมันเครื่องชนิด SAE 20 น้ำมัน

เครื่องชนิดที่มี W ตามท้ายมักจะใช้ในฤดูหนาว หรือในที่ที่มีอากาศเย็น เพื่อช่วยตอนสตาร์ตเครื่องยนต์ที่เย็น ตัวอย่างน้ำมันเครื่องชนิดเกรดเดียวที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ได้แก่ SAE 5 W, SAE 10 W, SAE 20 SAE 20 W, SAE 30, SAE 40, SAE 50

2. **น้ำมันเครื่องชนิดเกรดรวม** (multi viscosity หรือ multi grade) น้ำมันเครื่องชนิดเกรดรวมนี้ อุณหภูมิจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดได้น้อยกว่าชนิดเกรดเดียว ดังนั้นน้ำมันเครื่องชนิดนี้จึงสามารถใช้แทนน้ำมันเครื่องชนิดเกรดเดียวได้ ตัวอย่างเช่น น้ำมันเครื่องชนิด SAE 10 W / 50 หมายความว่าที่อุณหภูมิ 0 องศาฟาเรนไฮต์ น้ำมันเครื่องชนิดนี้จะมีความหนืดเท่ากับน้ำมันเครื่องชนิด SAE 10 W แต่ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส น้ำมันเครื่องชนิดนี้จะมีความหนืดเท่ากับน้ำมันเครื่องชนิด SAE 50 หมายความว่าน้ำมันเครื่องชนิด SAE 10 W/50 นี้สามารถใช้แทนน้ำมันเครื่องต่อไปนี้ได้ เช่น SAE 10 W, SAE 20W, SAE 20, SAE 30, SAE 40 และ SAE 50 เป็นต้น

สาเหตุที่น้ำมันเครื่องชนิดเกรดรวมสามารถมีคุณสมบัติได้ดังนี้ ก็เพราะน้ำมันเครื่องชนิดนี้ได้เติมสารประกอบบางอย่างลงไป ซึ่งเรียกว่า สารปรับปรุงค่าดัชนีความหนืด (viscosity index improve หรือ VI improver) ซึ่งเป็นสารพอลีเมอร์ (polymer) โดยที่สารนี้จะเข้าไปรวมตัวกับบริเวณส่วนปลาย (open chain) ของโมเลกุลของสารไฮโดรคาร์บอน เพื่อจะฟอร์มตัวให้เป็นโมเลกุลที่ยาวมาก และตราบใดที่น้ำมันเครื่องมีอุณหภูมิลดลง โมเลกุลที่เป็นสายยาวนี้จะหดตัวรวมกันเป็นกลุ่มก้อน ซึ่งทำให้น้ำมันเครื่องมีค่าความหนืดต่ำ แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โมเลกุลที่เป็นสายยาวนี้จะคลายตัวออกไปปนกับโมเลกุลของน้ำมันเครื่อง ซึ่งทำให้ความหนืดของน้ำมันเครื่องเพิ่มขึ้น(รูป 1.6) และเมื่ออุณหภูมิยิ่งสูงขึ้นอีก โมเลกุลนี้ก็ยิ่งคลายออก ความหนืดจึงเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าน้ำมันเครื่องชนิดเกรดเดียว

น้ำมันประเภทเกรดรวมนี้ มาตรฐาน SAE ไม่ได้เป็นผู้กำหนดไว้ แต่เนื่องจากการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันเครื่อง โดยการผสมสารเคมีเพื่อปรับปรุงค่าดัชนีความหนืดลงไปในน้ำมันเครื่องในระดับต่างๆ กัน ทำให้ได้น้ำมันเครื่องที่ตรงตามมาตรฐานของ SAE ทั้ง 2 จุด น้ำมันเหล่านี้จะมีค่าดัชนีความหนืดสูง ซึ่งทำให้สามารถคงความหนืดไว้ได้ดีมากทั้งในอุณหภูมิสูงและต่ำ แต่จะมีราคาแพงกว่าน้ำมันธรรมดา

รูป 1.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับการขยายตัวของสารเพิ่มคุณภาพ

1.6 น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ใช้งานแล้ว[4,6] (Used Lubricating Oils)

1.6.1 การเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่น

เมื่อน้ำมันหล่อลื่นถูกใช้งานคุณสมบัติต่างๆ ก็จะสูญเสียจนหมดไป ทำให้น้ำมันเสื่อมสภาพลง ไม่สามารถทำหน้าที่หล่อลื่นได้ต่อไป ซึ่งสาเหตุการเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่นเกิดจากสาเหตุต่างๆ ดังนี้

1. มีสิ่งเจือปน เช่น เขม่า น้ำ น้ำมันเชื้อเพลิง ฝุ่นผง เป็นต้น
2. สารเพิ่มคุณภาพที่เติมลงไปนั้นถูกใช้หมดไป
3. น้ำมันเกิดสภาพความเป็นกรด ทำให้กัดกร่อนชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ได้
4. ความหนืดเปลี่ยนแปลงไปในทางเพิ่มขึ้น

1.6.2 แนวทางการศึกษาการนำน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วมาทำให้บริสุทธิ์

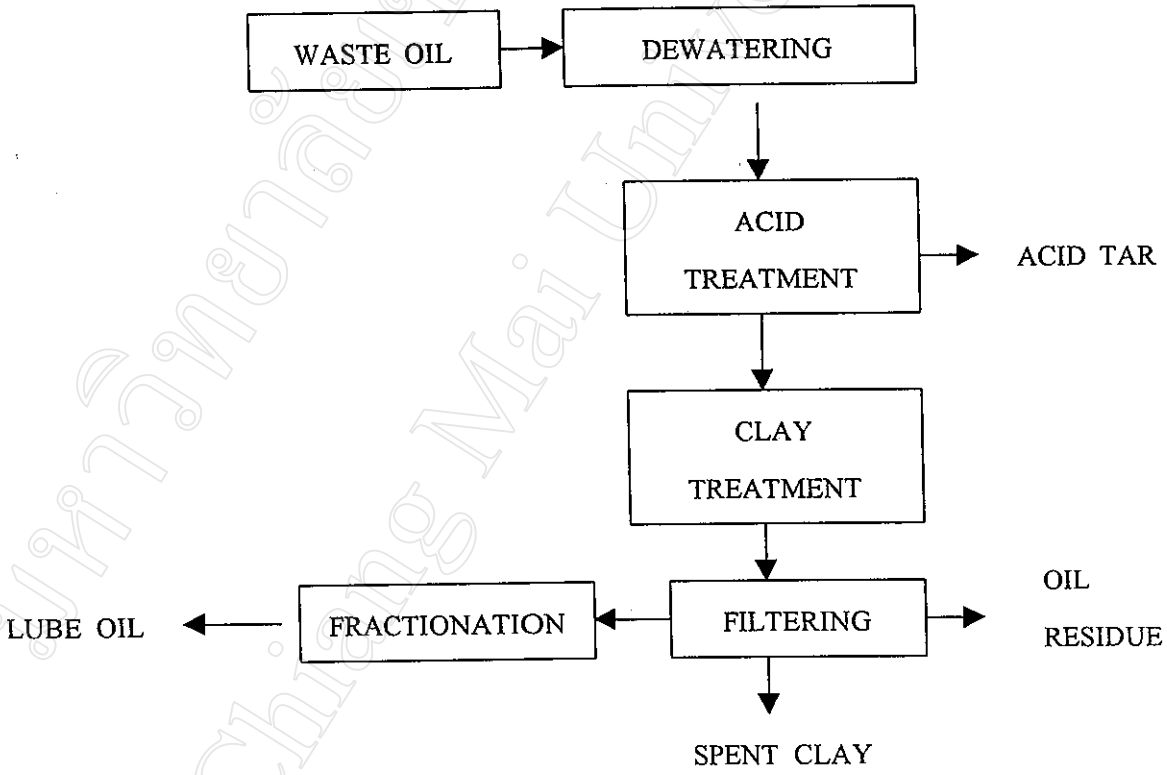
พิษณุ มอญพันธ์[17] ได้ศึกษาการนำน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วกลับมาใช้ประโยชน์อีก โดยทำการทดสอบถึงคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงไปของน้ำมันหล่อลื่นที่ผ่านการใช้งานแล้ว ได้แก่ ความหนืด, ดัชนีความหนืด, ความเป็นกรด – เบส, ความหนาแน่น, ความถ่วงจำเพาะ, ค่าความร้อนเชื้อเพลิง, การต้านทานการสึกหรอ พบว่าคุณสมบัติต่างๆ ของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วอยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะสมที่จะนำกลับมาใช้ประโยชน์ จึงทำให้เกิดผลเสียแก่เครื่องยนต์ และทำให้เครื่องยนต์สึกหรอได้

สมนึก ภาคพานิชย์[2] ศึกษาการกำจัดไอออนของโลหะที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้งานแล้ว ซึ่งเป็นกรรมวิธีในการกำจัดสิ่งไม่พึงประสงค์ออกไป เพื่อนำน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้งานแล้วกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ โดยใช้วิธีการสกัดของเหลวด้วยของเหลวแบบไซน์เบลคอลัมน์

ซึ่งใช้สารละลายแอมโมเนียมซัลเฟต พบว่าสามารถกำจัดไอออนของโลหะสังกะสีออกจากน้ำมันที่ใช้งานแล้วจาก 1,650 ppm ลดลงเหลือ 10 ppm

สมศักดิ์ ศรีวานิชภูมิ [18] ศึกษาถึงการบำบัดด้วยไฮโดรเจนแบบใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา โดยใช้ตัวเร่ง Co/Mo Ni/Mo และ Ni/W บนแผ่นรองรับอลูมินา (Al_2O_3) โดยสิ่งเจือปนนั้นถูกกำจัดโดยวิธีสกัดด้วยตัวทำละลายก่อน พบว่าสีที่ได้จะเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM ปริมาณซัลเฟอร์, ความหนืด, ค่าความเป็นกรด ลดลง

Reginald Berry[19] ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันเครื่องโดยวิธีใช้กรดและดินเหนียว (Acid – Clay Process) ซึ่งมีขั้นตอนในการปรับปรุง ดังนี้ 1.7



รูป 1.7 แผนผังการปรับปรุงน้ำมันเครื่องโดยวิธี Acid – Clay Process

กระบวนการปรับปรุงโดยเริ่มต้นจากการแยกน้ำที่ปะปนอยู่ในน้ำมันเครื่องที่ใช้แล้ว จากนั้นจะแยกสิ่งเจือปนต่างๆ โดยใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้นทิ้งไว้ให้น้ำมันดิบมีฤทธิ์เป็นกรด (acid tar) ตกตะกอน น้ำมันส่วนที่แยกออกจากตะกอนจะนำไปผสมกับ active fuller's earth (clay) เพื่อดูดซับสารปนเปื้อนที่ยังเหลืออยู่ และช่วยทำให้สีดีขึ้น ขั้นตอนสุดท้ายน้ำมันจะถูกทำให้เป็น

กลางและทำการกลั่นแบบสูญญากาศ เพื่อแยกน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน ส่วนที่เหลือจะนำไปเป็นส่วนผสมของยางมะตอย

ยังมีอีกหลายวิธีที่จะนำน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ ตัวอย่างของ process ที่ได้รับการพัฒนาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1979[21]

1. BERC Solvent Extraction Process

กระบวนการของ BERC ประกอบด้วยการสกัดด้วยตัวทำละลายและการกลั่น โดยตัวทำละลายเป็นส่วนผสมของ isoporpanol / butanol / methylethyl ketone ซึ่งจะทำการผสมตัวทำละลายเข้ากับน้ำมันเครื่องที่ใช้แล้วหลังจากการแยกน้ำและสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเบาออกจากน้ำมันเครื่อง ตัวทำละลายจะแยกสารประกอบประเภท coking และ fouling ออกในรูปของ sludge หลังจากนั้น ตัวทำละลายจะถูกแยกออกที่ความดันบรรยากาศ ส่วนที่เป็นน้ำมันเครื่องจะถูกทำให้บริสุทธิ์อีกครั้งด้วยวิธีกลั่นภายใต้สูญญากาศ กระบวนการของ BERC นี้ จะได้น้ำมันเครื่องกลับมาใช้ใหม่ประมาณ 71%

2. Institut Francais du Petrol (IFP) process

กระบวนการของ IFP ใช้โพรเพนเป็นตัวทำละลายในการสกัด sludge บางส่วนออกจากน้ำมันเครื่องที่ใช้แล้ว ก่อนที่จะนำไปทำการบำบัดด้วยกรดซัลฟิวริก ถึงแม้ว่ากระบวนการนี้ ยังคงใช้กรดซัลฟิวริกอยู่ แต่ปริมาณ acid – sludge ที่เกิดขึ้น จะน้อย กระบวนการของ IFP จะสามารถนำน้ำมันเครื่องกลับมาใช้ใหม่ได้ประมาณ 80%

มีผู้นำเอาวิธีการสกัดด้วยโพรเพนของ IFP ไปประยุกต์ใช้เป็นกระบวนการ PVH (propane – vacuum – hydrogen) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน การกำจัดน้ำ การสกัดด้วยโพรเพน, การกลั่นแบบสูญญากาศและการบำบัดด้วยไฮโดรเจน ตามรายงานการศึกษาวิธีการนี้จะมีประสิทธิภาพ 73% แต่กระบวนการนี้ยังอยู่ในขั้นทดลอง

3. Phillips Re – refined Oil Process (PROP)

กระบวนการของ PROP เริ่มจากการกำจัดโลหะด้วยสารละลายของ diammonium phosphate (DOP) จากนั้นจะให้ความร้อนแก่น้ำมันที่เหลืออยู่ ผสมกับไฮโดรเจน บำบัดด้วย clay เพื่อแยกสารอนินทรีย์ ผ่านกระบวนการบำบัดด้วยไฮโดรเจนโดยใช้ Nickle – Molybdate Catalyst และทำการกลั่นสูญญากาศ เพื่อแยกน้ำมันเครื่องที่ออก วิธีการนี้จะได้น้ำมันเครื่องกลั่นมาใช้ใหม่ถึง 90%

4. Recyclon Process

จะใช้อนุภาค sodium เป็นหลักในการแยกสิ่งเจือปนในน้ำมันออกมาในรูปสารประกอบของเกลือหรือพอลิเมอร์ ซึ่งไม่สามารถกลั่นแยกออกได้ก่อนจะผสมกับอนุภาค sodium

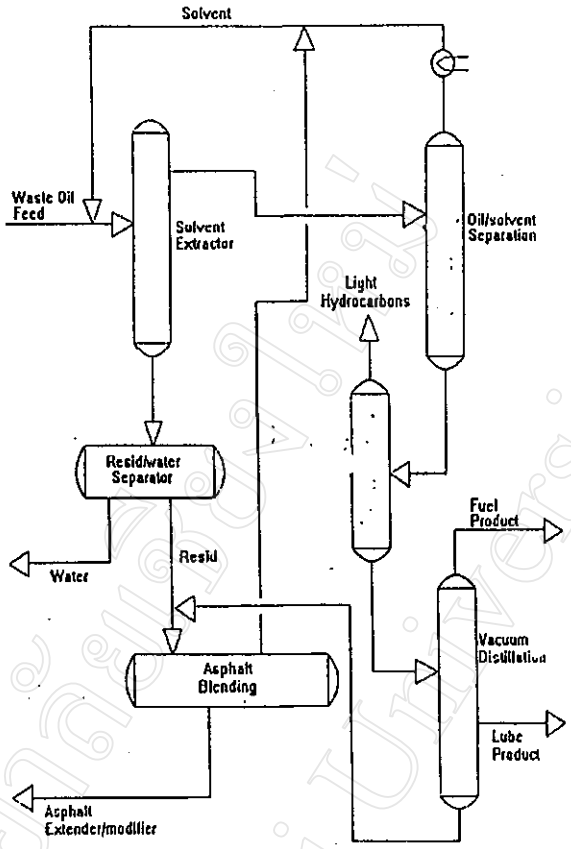
น้ำมันจะถูกกลั่นเพื่อทำการแยกน้ำและ light ends ออกเสียก่อน หลังจากนั้นจึงผสมกับอนุภาค sodium แล้วทำการกลั่นแยกน้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำมันเครื่อง กระบวนการ Recyclon จะได้ปริมาณน้ำมันเครื่องกลับมากกว่า 70%

5. Kinetics Technology International, B.V. process (KTI)

กระบวนการของ KTI จะใช้การกลั่นเพื่อทำการแยกน้ำและน้ำมันเชื้อเพลิงออกจากน้ำมันเครื่องที่ใช้แล้ว ก่อนที่จะนำไปผ่านกระบวนการกลั่นแบบสูญญากาศ ซึ่งจะได้น้ำมันเครื่องที่ยอดหอ น้ำมันเครื่องนี้จะนำไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์อีกครั้ง ด้วยการบำบัดด้วยไฮโดรเจน เพื่อแยกสารเจือปนต่างๆ และปรับปรุงคุณภาพของสีและกลิ่น กระบวนการของ KTI จะสามารถได้ผลผลิตถึง 82%

The Interline Process[22] (รูป 1.8)ได้รับการพัฒนา ในปี ค.ศ. 1996 และเป็นวิธีการที่ค่อนข้างดีที่สุดในปัจจุบัน โดยใช้หลักการสกัดด้วยตัวทำละลาย กลั่นเอาตัวทำละลายและน้ำมันเบาออกที่ความดันบรรยากาศและกลั่นเอาน้ำมันเครื่องออกที่สูญญากาศ ซึ่งให้ส่วนประกอบต่างๆ ที่ได้จาก กระบวนการคือ

Water, Vol %	5 %
Fuel, Vol %	3 %
Lube Base Oil, Vol %	79 %
Asphalt Flux, Vol %	13 %



รูป 1.8 The Interline Process

1.7 ถ่านกัมมันต์[23, 24, 25, 26] (activated carbon)

ถ่านกัมมันต์ มีชื่ออื่นๆ อีกว่า คาร์บอนก่อกัมมันต์ ถ่านดูดซับ ถ่านที่มีปฏิกิริยา หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักมาผ่านกรรมวิธีก่อกัมมันต์ จนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีดำ มีโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นรูพรุน มีพื้นที่ผิวสูง มีสมบัติในการดูดซับสารต่างๆ ได้เป็นอย่างดี

โครงสร้างของถ่านกัมมันต์ จะเป็นอันยรูปหนึ่งของคาร์บอน จากการศึกษาทางเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน (x – ray diffraction) แสดงให้เห็นถึงลักษณะความเป็นผลึก โดยคาร์บอนจะจัดเรียงตัวเป็นแผ่นซึ่งอะตอมของคาร์บอนจะยึดเกาะกันในลักษณะเฮกซะโกนอล (hexagonal) และแต่ละอะตอมจะยึดเกาะกับอะตอมข้างเคียงอีก 3 อะตอมด้วยพันธะโควาเลนต์ ผลึกจะเกิดการซ้อนทับของแผ่นบางเหล่านี้ ซึ่งขนาดของผลึกขึ้นกับอุณหภูมิการอบถ่านและส่วนประกอบรวมทั้งโครงสร้างของวัตถุดิบที่นำมาผลิต ความสามารถในการดูดซับเป็นผลมาจากการสร้างพันธะกับสารอื่นที่เป็นไฮโดรคาร์บอน หรือ ออกซิเจน ทำให้มีผลต่อการดูดซับ ซึ่งสารไฮโดรคาร์บอนเหล่านี้ จะเกิดพันธะกับผลึก และเกิดโครงสร้างใหม่ที่เรียกว่า โครงสร้างทุติยภูมิ (secondary structure)

ความแตกต่างของขนาดรูปร่าง และการจัดเรียงตัวขององค์ประกอบในโครงสร้างทุติยภูมิก็มีผลต่อการดูดซับและสมบัติอื่นๆ

1.8 ดิน (clays)

ตามพจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์ อังกฤษ – ไทย, 2520 หมายถึง วัตถุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ที่มีลักษณะเนื้อละเอียด โดยปกติมีความเหนียวเมื่อเปียกน้ำ แข็งและแกร่งเมื่อแห้ง ซึ่งดิน (clays) จะประกอบไปด้วย

- แร่ดิน (clay minerals) จะมีขนาดเม็ดแร่เล็กละเอียดปนกับสารอินทรีย์ มีขนาด 0.002 มม. (2 ไมครอน)

- แร่ชนิดที่ไม่ใช่แร่ดิน ได้แก่ ควอร์ตซ์ (quartz) เฟลด์สปาร์ (feldspar) โดโลไมต์ (dolomite) แคลไซต์ (calcite) ซีโอไลต์ (zeolite) เหล็กออกไซด์ (iron oxide) แมงกานีสออกไซด์ (manganese oxide) ไตเตเนียมออกไซด์ (titanium oxide) และยังรวมถึงหินดินดานด้วย

1.8.1 การจำแนกดิน

การจำแนกดิน จะจำแนกตามชนิดและประโยชน์ในการใช้ดังตาราง 1.3

ตาราง 1.3 การจำแนกดินตามประโยชน์ในการใช้

ชนิดดิน	ประโยชน์ในการใช้
ดินขาว (kaolin)	ใช้ทำฟิลเลอร์ (filler) และเคลือบกระดาษ (coating) ทำผลิตภัณฑ์ทนไฟ (refractories) ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ (ceravics)
บอลล์เคลย์ (ball clay)	ใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ (ceramics) ผลิตภัณฑ์ทนไฟ (refractories)
ดินทนไฟ (fire clay)	ใช้ทำผลิตภัณฑ์ทนไฟ (refractories) ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ (ceramics)
เบนโตไนต์ (bentonite)	ทำโคลนเจาะ (drilling mud) ผสมทรายทำแบ้าหลอม (foundry sand bond) โคนทำจากเบนโตไนต์ชนิดพองตัว (swelling type) ใช้ทำสารที่ดูดซับ หรือฟอกสี (absorbent) ซึ่งทำจากเบนโตไนต์ชนิดไม่พองตัว (non swelling type)
ฟูลเลอร์เอิร์ธ (fuller's earth)	ใช้ดูดซับ ฟอกสี (absorbent) และใช้ประโยชน์อื่นๆ
ดินชนิดอื่นๆ (miscellaneous clays) รวมทั้งหินดินดาน	ใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ปูนซีเมนต์ (cement) และผลิตภัณฑ์น้ำหนักเบา

สำหรับดินที่ใช้ในอุตสาหกรรมการฟอกสีหรือเป็นดินที่ใช้ในการดูดซับได้แก่

1. เบนโตไนต์ (bentonite) คือ ดินที่ประกอบด้วย แร่ดิน กลุ่มสเมกไตต์ (smectite) เป็นส่วนสำคัญ เบนโตไนต์ ก่อนแต่งให้สะอาดมีสีเหลืองแกมน้ำตาล สีเขียว สีเขียวแกมน้ำเงิน น้ำเงินด้าน หรือชมพู เบนโตไนต์ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจโดยทั่วไปจะมีสีเหลือง สีแดงอ่อน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม

1. ชนิดพองตัวมาก - ใช้ทำโคลนเจาะ
   - ผสมทรายทำเบ้า
2. ชนิดไม่พองตัวหรือพองตัวน้อย ใช้ในการดูดซับน้ำมันและฟอกสี

2. ฟูลเลอร์เอิร์ธ[29, 30] (fuller's earth) หมายถึงดิน หรือวัตถุที่มีลักษณะเหมือนดินละเอียด เหมาะสำหรับใช้ในการฟอกสี และดูดซับ (absorbent) คำว่าฟูลเลอร์เอิร์ธในสมัยโบราณหมายถึง วัตถุที่ใช้ในการทำความสะอาดผ้าขนสัตว์ โดยสามารถกำจัดพวกไขมันสัตว์และสิ่งสกปรกออกจากผ้าขนสัตว์ได้ ในสมัยต่อมานำมาใช้ในการฟอกสี ฟอกน้ำมันพืช และน้ำมันสัตว์ ให้สะอาดได้ แร่ดินเหล่านี้ต่างได้ชื่อว่า ฟูลเลอร์เอิร์ธ

ดินดูดซับ (absorbent clays) เป็นดินที่มีประโยชน์ในการฟอกสี กำจัดสารที่มีสีจากน้ำมัน ไขมัน และขี้ผึ้ง สารที่มีสีในน้ำมัน จะถูกดูดติดกับแผ่นผิวหน้าของโมเลกุลของเม็ดดิน ซึ่งไม่สามารถล้างออกได้ถึงแม้ว่าจะใช้สารละลายที่เข้มข้นก็ตาม

ดินที่มีคุณสมบัติดูดซับโดยธรรมชาติ เรียกว่า natural active clays หรือฟูลเลอร์เอิร์ธ ซึ่งได้มาจากการใช้ดินดูดซับไขมันในขนแกะ แต่ดินบางตัวไม่สามารถดูดซับโดยธรรมชาติ ต้องนำมาผ่านกรรมวิธีปรับปรุงคุณภาพด้วยกรดซัลฟิวริกเสียก่อน จึงจะมีความสามารถในการดูดซับได้ ดินที่ปรับปรุงแล้วเรียกว่า active clays ดินดูดซับจะใช้กันมากในอุตสาหกรรมน้ำมัน ใช้ในการฟอกสี ใช้ในการกำจัดยาง (gum) ออกจากแก๊สโซลีน (gassoline) กำจัดกรดขี้โล้ (acid sludges) ออกจากน้ำมันหล่อลื่น และใช้ในการทำความสะอาดน้ำมันก๊าด และขี้ผึ้งอื่นๆ

1.9 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาถึงสมบัติในด้านต่างๆ ของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ใช้งานแล้ว โดยเทียบกับที่ยังไม่ใช้

2. เพื่อศึกษาถึงวิธีการและเทคนิคต่างๆที่ใช้ในการปรับปรุงสีและสิ่งสกปรกในน้ำมันหล่อลื่นที่ผ่านการใช้งานแล้ว

3. เพื่อศึกษาสมบัติในด้านความหนืด (viscosity) ของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ภายหลังการปรับปรุงโดยการเติมสารพอลิเมอร์ (polymer) ชนิดต่างๆ

4. เป็นแนวทางในการนำน้ำมันหล่อลื่นที่ผ่านการใช้งานแล้วกลับมาใช้ใหม่ เพื่อเป็นการประหยัด และเพิ่มคุณค่าการใช้งานของพลังงานรวมทั้งช่วยลดปัญหามลภาวะ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University