หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

น้ำมันหล่อลื่น

2.1 องค์ประกอบของน้ำมันหล่อลื่น

น้ำมันหล่อลื่นโดยทั่วไปจะมีองค์ประกอบที่สำคัญ 2 อย่าง คือ น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานและสารเพิ่มคุณภาพ (3)

2.1.1 น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน

ที่นิยมใช้กันอยู่ 3 ประเภท ได้แก่ น้ำมันพืชหรือสัตว์ น้ำมันสังเคราะห์ และน้ำมันแร่

2.1.1.1 น้ำมันพืชหรือสัตว์ (Vegetable or animal oil)

ในสมัยก่อนมีการใช้งานหลายอย่าง แต่เนื่องจากน้ำมันชนิดนี้มีความอยู่ตัวทางเคมีต่ำ เกิดเสื่อมสภาพได้ง่ายในขณะใช้งาน จึงต้องผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพ ซึ่งทำให้มีราคาแพงมากจึงหมดความนิยมไป น้ำมันพืชที่คุ้นเคย ได้แก่ น้ำมันละหุ่ง น้ำมันปาล์ม ส่วนน้ำมันสัตว์ที่คุ้นเคย ได้แก่ น้ำมันหมู น้ำมันปลา ปัจจุบันนี้มีการใช้น้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ เป็นน้ำมันพื้นฐานน้อยมาก และใช้เฉพาะในงานหล่อลื่นที่ต้องการคุณสมบัติพิเศษบางประการเท่านั้น ส่วนใหญ่มักจะใช้เป็นตัวเพิ่มคุณภาพในน้ำมันหล่อลื่นที่ทำมาจากน้ำมันปิโตรเลียม เช่น เพื่อเพิ่มความลื่นและความสามารถในการเข้ากับน้ำ เป็นต้น

2.1.1.2 น้ำมันสังเคราะห์ (Synthetic oils)

เป็นน้ำมันที่สังเคราะห์ขึ้นโดยขบวนการทางเคมี วัสดุเริ่มต้นที่ใช้มักจะมาจากน้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันสังเคราะห์ที่ใช้กันมีอยู่หลายชนิด แต่ราคาค่อนข้างแพง ใช้เป็นน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานเฉพาะในในงานพิเศษที่ต้องการคุณสมบัติพิเศษ ด้านดรรชนีความข้นใสสูง จุดไหลเทต่ำ และมีการระเหยต่ำ เป็นต้น น้ำมันสังเคราะห์ที่ใช้กันมากมี

- polyalphaolefins (PAO) มีดรรชนีความข้นใสสูงมาก มี

จุดไหลเทต่ำมาก มีการระเหยต่ำ ต้านทานต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันดี เริ่มนิยมใช้กันมากขึ้นเพราะราคาเริ่มถูกลงและผลิตได้ง่าย

- esters ทั้ง diester และ complex ester ใช้เป็นน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานในโรงานที่ต้องประสบกับสภาวะอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมาก ๆ เช่น น้ำมันเทอร์ไบน์ของเครื่องยนต์ไอพ่น พวก ester มีดรรชนีความข้นใสสูงมาก มีการระเหยตัวต่ำ และมีความอยู่ตัวดี

- polyglycols มีจุดเดือดสูงและจุดไหลเทต่ำ ใช้ในงานที่มีอุณหภูมิสูงเช่น ใช้ในน้ำมันเบรค น้ำมันไฮดรอลิกไม่ติดไฟ

- silicones ใช้ในงานอุณหภูมิสูง

- halogenated hydrocarbon เช่น chlorofluorocarbons ใช้ทำน้ำมันเครื่องอัดออกซิเจน เพราะมีความอยู่ตัวทางความร้อนสูงมาก มีความต้านทานต่อรังสีนิวเคลียร์ใช้ในงานที่อุณหภูมิสูงถึง 500 องศาเซลเซียส เช่น น้ำมันไฮดรอลิกในยานอวกาศ

2.1.1.3 <u>น้ำมันแร่</u> (Mineral oil or petroleum lubricating oil) เป็นน้ำมันพื้นฐานที่นิยมใช้กันมากที่สุด เพราะนอกจากคุณภาพดีแล้วราคายังถูกอีกด้วย น้ำมันแร่ได้จากการเอาส่วนที่อยู่ก้นหอกลั่นบรรยากาศมาผ่านขบวนการกลั่นภายใต้สุญญากาศ หลังจากนั้น จะทำให้น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานบริสุทธิ์ และมีคุณภาพดีขึ้นด้วยการแยกส่วนที่ไม่ต้องการออก โดยผ่านกระบวนการต่าง ๆ ซึ่งอาจจะต่อเนื่องกันหรือไม่ก็ได้ดังนี้

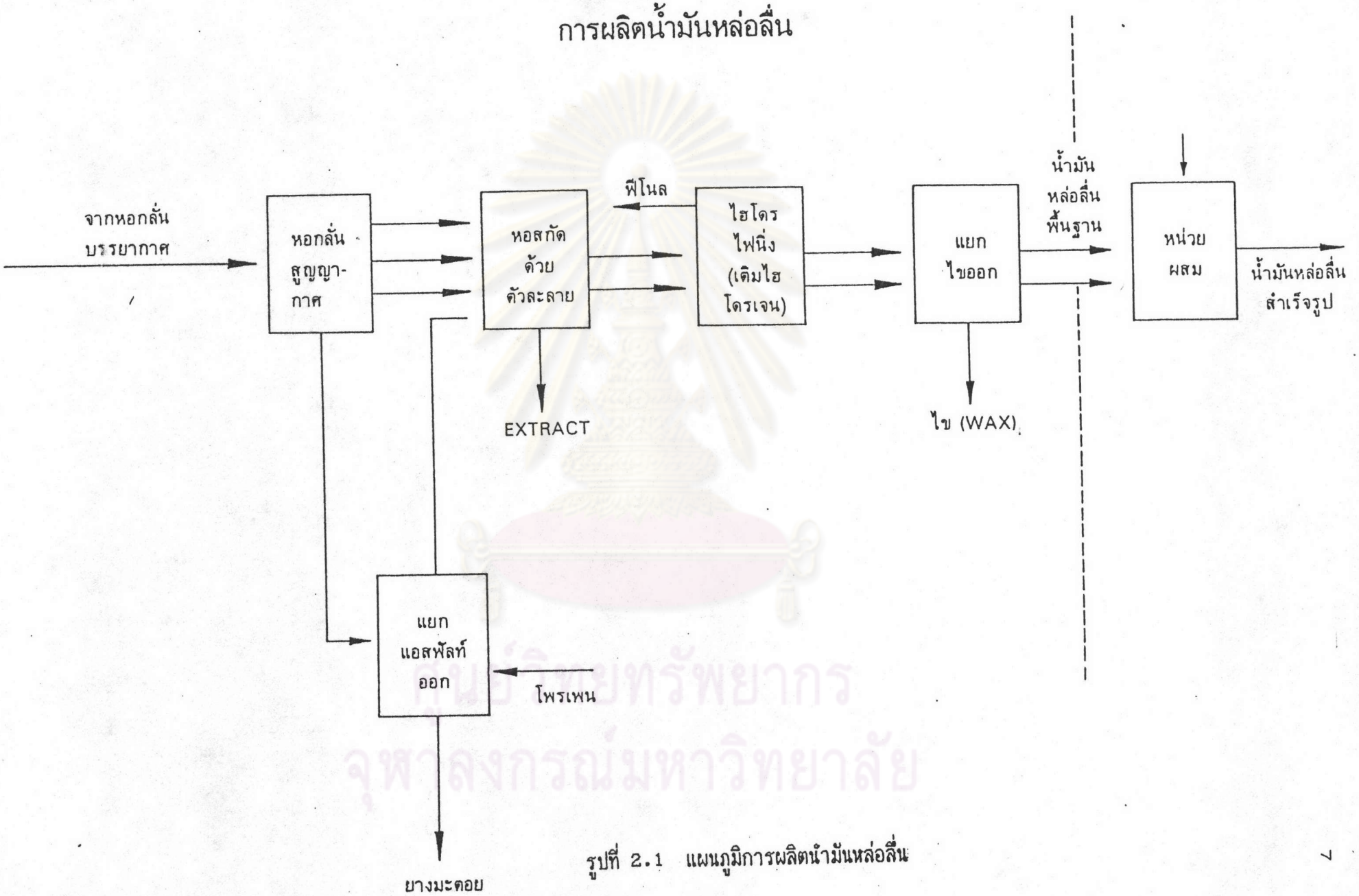
- การกลั่น ในโรงกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิง จะแยกเชื้อเพลิงต่าง ๆ ออกด้วยหอกลั่นบรรยากาศในโรงกลั่นน้ำมันหล่อลื่น เอาส่วนที่เหลือไปผ่านหอกลั่นสุญญากาศ เพื่อให้ส่วนหนัก ๆ ที่เป็นน้ำมันหล่อลื่นระเหยแล้วกลั่นตัวแยกออกไปได้โดยไม่ต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่าในหอกลั่นบรรยากาศ

- การสกัดด้วยตัวทำละลาย คือ การกำจัดสารจำพวกอะโรแมติกด้วยตัวทำละลาย ซึ่งโดยมากใช้ฟีนอล เพื่อทำให้น้ำมันมีดรรชนีความหนืดสูงขึ้น สีสดใสและไม่รวมตัวกับออกซิเจนง่าย

- ไฮโดรไฟนิ่ง คือ กรรมวิธีเติมไฮโดรเจนเพื่อแปลงรูปโมเลกุลของสารประกอบกำมะถันและไนโตรเจน กรด และไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัว ทำให้น้ำมันมีสีสวยขึ้น สีคงตัวได้นาน เขม่าลดลงและอายุการใช้งานยาวนาน

- การแยกไขออก เพื่อให้มีจุดไหเทต่ำ สามารถใช้ในงานที่มีอุณหภูมิต่ำได้

การผลิตน้ำมันหล่อลื่น



รูปที่ 2.1 แผนภูมิการผลิตน้ำมันหล่อลื่น

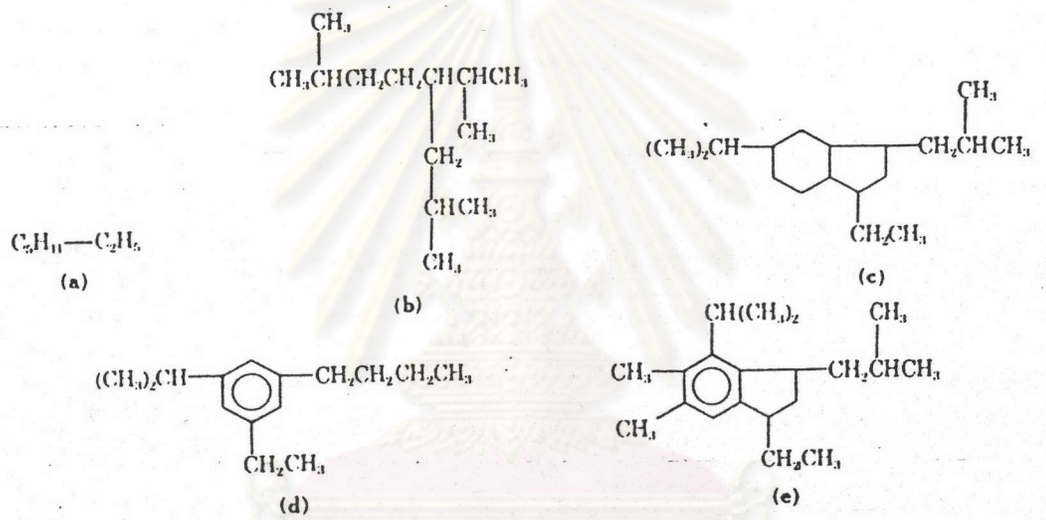
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- การแยกแอสฟัลท์ คือ การแยกเอาสารจำพวกยางมะตอยออกจากน้ำมันหล่อลื่นส่วนหนัก ๆ

กรรมวิธีการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานดังกล่าวข้างต้นนี้ พอสรุปเป็นแผนภูมิได้ดังรูปที่ 2.1

ในปัจจุบันนี้ประเทศไทยยังไม่มีการกลั่นแยกน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน เพราะต้องลงทุนสูงมาก จึงอาศัยการสั่งซื้อจากต่างประเทศแทน

น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากน้ำมันปิโตรเลียมนี้ จะประกอบด้วยโมเลกุลที่ซับซ้อนของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (4) ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 250-1000 สารประกอบไฮโดรคาร์บอนส่วนใหญ่เป็นพวก paraffine aromatic และ alicyclic (หรือ naphthenic) ซึ่งมีโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 2.2



(a) n-paraffin , (b) isoparaffin , (c) cycloparaffin

(d) aromatic hydrocarbon , (e) mixed aliphatic and aromatic ring

รูปที่ 2.2 โครงสร้างโมเลกุลของน้ำมันหล่อลื่น

การที่น้ำมันหล่อลื่นมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเหล่านี้ในปริมาณหรือสัดส่วนที่แตกต่างกัน จะทำให้น้ำมันนั้น ๆ มีคุณสมบัติและสมรรถนะแตกต่างกันด้วย (5) เช่น

- paraffinic oil จะมีความหนืดและความหนาแน่นต่ำ มีจุดเยือกแข็งสูงเมื่อเทียบกับชนิดอื่น ๆ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย ทำให้เกิดโคลนยางเหนียวในเนื้อน้ำมันได้มาก น้ำมันพวกนี้มีไขมาก เพื่อนำมาทำเป็นน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจะได้พวกที่มีดรรชนีความใสสูง

- aromatic oil พวกนี้จะมีความคงทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ได้ดีกว่าที่อุณหภูมิสูงสามารถเกิดเป็นโคลนยางเหนียวสีดำไม่ละลายในตัวทำละลาย การเปลี่ยนแปลงความหนืดเกิดขึ้นเร็วเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป มีความหนาแน่นสูง สีดำคล้ำ

- napthenic oil มีจุดไหลเทต่ำไม่คงทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน คุณสมบัติทางกายภาพทั่ว ๆ ไปไม่ค่อยอยู่ตัวมากนัก ไม่ทำให้เกิด Sludge มากนัก เมื่อนำมาทำน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจะได้พวกที่มีดรรชนีความข้นใสปานกลาง และต่ำ

น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่นิยมนำมาใช้จะเป็นพวก paraffinic oil และ napthenic oil มากกว่าพวก aromatic oil ดังนั้น น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจึงอาจแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามลักษณะของการเปลี่ยนแปลงความข้นใสตามอุณหภูมิ คือ

- ประเภทดรรชนีความข้นใสสูง
- ประเภทดรรชนีความข้นใสปานกลาง
- ประเภทดรรชนีความข้นใสต่ำ

2.1.2 <u>สารเติมแต่ง</u> (Additive) (6)

ในการใช้งานน้ำมันหล่อลื่นกับเครื่องจักรกลจริง ๆ คุณสมบัติในตัวเองของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานดังกล่าวยังไม่ดีเพียงพอที่จะทำหน้าที่ต่าง ๆ ได้ครบถ้วน จำเป็นต้องมีการเติมสารบางอย่างทั้งในด้านปริมาณและชนิดที่เหมาะสมลงไป เพื่อเพิ่มคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานให้ดีขึ้น เหมาะสมกับงานที่ต้องการ ซึ่งเราเรียกสารเคมีเหล่านี้ว่า สารเติมแต่ง (Addditive) ที่นิยมใช้กันทั่ว ๆ ไป มีดังนี้

2.1.2.1 <u>สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน</u> (Antioxidant)

ปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันหล่อลื่นจะมีผลต่ออายุการใช้งานของน้ำมันมากที่สุด เพราะก่อให้เกิดผลพลอยได้ที่มีฤทธิ์กรด สารที่ไม่ละลาย สารพวกยางเหนียวทำให้คุณสมบัติของสารเพิ่มคุณภาพอื่น ๆ ลดลง การเติมสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันลงไปเป็นการลดวานิชและตะกอนจากน้ำมันและยืดอายุการใช้งานของน้ำมัน (ดูรายละเอียดในบทที่ 3)

2.1.2.2 <u>สารช่วยป้องกันการเกิดสนิม</u> (Rust inhibitor)

ตามปกติเมื่อโลหะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจะเกิดเป็นออกไซด์ขึ้น ซึ่งเราเรียกว่า สนิม (rust) น้ำมันหล่อลื่นจึงมีหน้าที่เคลือบผิวไม่ให้เนื้อโลหะทำปฏิริยากับออกซิเจนและเคลือบผิวโลหะไม่ให้เกิดความชื้นด้วย หน้าที่สำคัญของสารเพิ่มคุณภาพตัวนี้ คือ ต่อต้าน

การทำปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับออกซิเจนเพื่อป้องกันการเกิดสนิม (ดูรายละเอียดในบทที่ 5)

2.1.2.3 <u>สารช่วยชะล้างทำความสะอาด</u> (Detergent additives)

สารเคมีเหล่านี้จะช่วยทำความสะอาดผิวโลหะ และป้องกันคราบเขม่าจับบนชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่น้ำมันหล่อลื่นกำลังทำหน้าที่หล่อลื่นอยู่ โดยมีหน้าที่หลัก 2 ประการ คือ

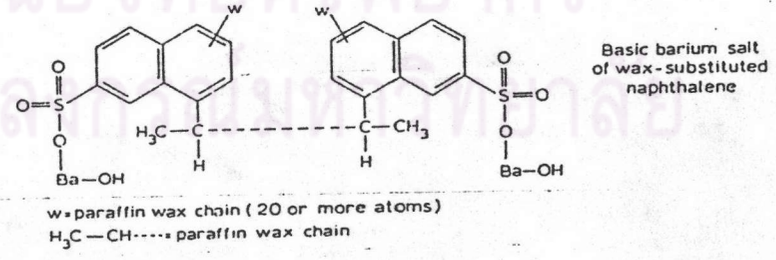
(1) สะเทินกรดที่เกิดจากผลพลอยได้ภายในห้องเครื่อง เนื่องจากกรดเหล่านี้จะไปกัดกร่อนลูกสูบ กระบอกสูบ ของเครื่องยนต์ และยังไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ของสารพวกที่มีโมเลกุลต่าง ๆ ทำให้เกิดเป็นยางเหนียวเกาะติดตามลูกสูบ และกระบอกสูบ

(2) ถูกดูดซับบนผิวอนุภาคต่าง ๆ เช่น ฝุ่น คาร์บอนบนผิวโลหะ ทำให้อนุภาคเหล่านั้นไม่สามารถรวมตัวกันให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและแขวนลอยอยู่ในน้ำมัน

สารเคมีที่นิยมใช้เป็นสารช่วยชะล้างทำความสะอาด มักจะเป็นพวก metal soap ซึ่งสามารถละลายในน้ำมันได้ดี แต่ละลายในน้ำได้จำกัด เช่น

- อะลูมิเนียม , แคลเซียม , แบเรียม , napthenatic
- เกลือของโลหะที่มีฤทธิ์เบสของเอสเทอร์ที่มาจาก salicylic acid
- เกลือของโลหะที่มาจาก petroleum sulphonic acid

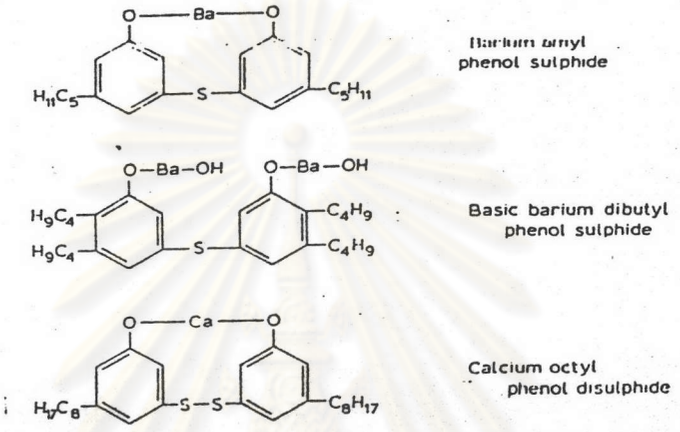
ซึ่งโครงสร้างจะแตกต่างจาก natural sulphonates ที่จำนวน ring structure ความยาวของโมเลกุล และจำนวนปลายโซ่ของโมเลกุลที่จะถูกแทนที่ได้ด้วย aromatic ring รูปที่ 2.3



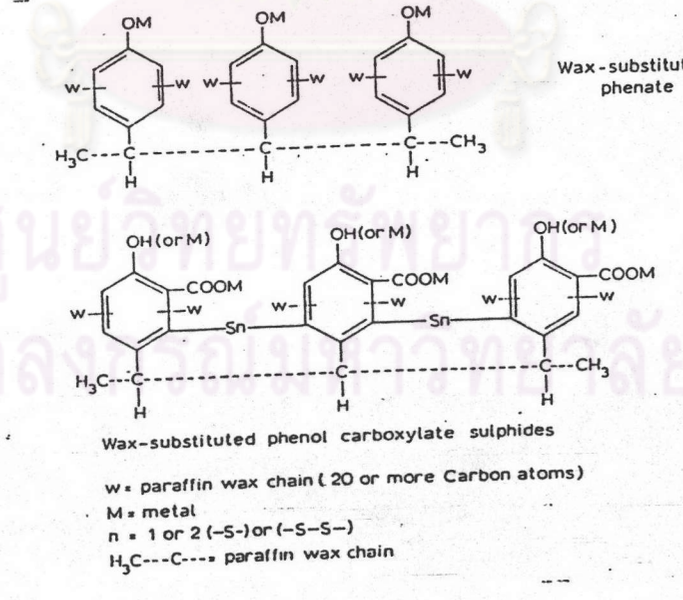
รูปที่ 2.3 โครงสร้างของสารประกอบปิโตรเลียมซัลฟอนิกแอซิด

นอกจากนี้สารช่วยชะล้างทำความสะอาดกลุ่มนี้ยังรวมไปถึง พวกเกลือโลหะที่อนุพันธ์ของฟีนอล ถูกแทนที่ด้วยสารประกอบพวกไข (wax)

- เกลือโลหะอัลคาไลน์ที่มากจาก alkyl phenol sulphides สารประกอบพวกนี้ นอกจากจะใช้เป็น detergent แล้ว ยังมีคุณสมบัติของการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ด้วย



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของสารชะล้างทำความสะอาด



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของเกลือโลหะที่อนุพันธ์ของฟีนอลถูกแทนที่ด้วยสารประกอบพวกไข

สรุปสารเคมีที่ใช้เป็นสารช่วยชะล้างทำความสะอาดนี้ จะต้องมีโครงสร้างของโมเลกุลที่ประกอบไปด้วย

- โลหะ เช่น อะลูมิเนียม แบเรียม แคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี ฯลฯ
- หมู่สารประกอบอินทรีย์ที่มีประจุลบ เช่น carboxylate alcoholate phenate sulphonate salicylate
- หมู่สารประกอบอินทรีย์ที่ทำให้เกิดการละลายในน้ำมัน เช่น straight, branched-chain paraffin เป็นต้น

โดยปกติสารช่วยชะล้างทำความสะอาดที่เติมลงในน้ำมันด้วยปริมาณ 1-2% โดยน้ำหนักก็จะสามารถทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำมันมีประมาณ 4.5-6.0 ส่วนความเข้มข้นของสารเติมแต่งที่ใช้จะอยู่ในช่วง 0.5-30% แล้วแต่การนำไปใช้งานของน้ำมันชนิดนั้น ๆ

2.1.2.4 <u>สารช่วยกระจายเขม่า</u> (Dispersants additive)

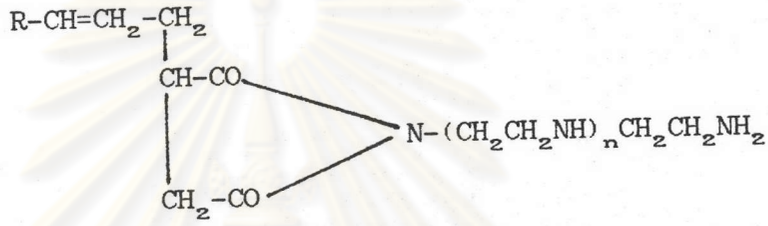
ในการทำงานของเครื่องจักรที่สภาวะอุณหภูมิต่ำ ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องยนต์เบนซิน จะมี cold sludge เกิดขึ้น ซึ่งไม่สามารถจะถูกกำจัดได้โดย สารช่วยชะล้างทำความสะอาดแต่เพียงอย่างเดียว จำเป็นต้องเติมสารช่วยกระจายเขม่าเพิ่มขึ้นไปอีกชนิดหนึ่ง จึงจะสามารถขจัด sludge อย่างได้ผล

สถาบันปิโตรเลียมของอเมริกาได้ให้คำจำกัดความของคำว่า "sludge" ไว้ดังนี้ sludge หมายถึง ของผสมระหว่าง น้ำมัน คาร์บอน น้ำ สารประกอบอินทรีย์ที่เหลือ หรือสารแปลกปลอมอื่น ๆ ซึ่งเกิดขึ้นบนส่วนใดส่วนหนึ่งของเครื่องยนต์ ซึ่งต่างจากยางเหนียว (lacquer) ตรงที่มันสามารถถูกกำจัดออกได้ด้วยตัวทำละลาย ปรากฏว่า Sludge ส่วนใหญ่นี้จะมาจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง และน้ำมันหล่อลื่นที่บริเวณร่องแหวนลูกสูบแล้วถูกส่งต่อไปยังห้องอ่างน้ำมันเครื่อง ซึ่งสารที่เกิดจากการเผาไหม้นี้จะละลายได้ในน้ำมัน เมื่อน้ำมันนั้นเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น มีกรดเกิดขึ้นและเกิดการควบแน่นของน้ำ อุณหภูมิของเครื่องจักรสูงขึ้น และมีอากาศเข้าไป สารพวกนี้จะรวมตัวกันกลายเป็น sludge ซึ่งไม่สามารถละลายในน้ำมันได้

ในน้ำมันหล่อลื่นที่ไม่มีสารช่วยกระจายเขม่าอยู่ด้วย sludge พวกนี้จะรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนแขวนลอยอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นแล้วไปเกาะติดอยู่ตามชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ จึงต้องมีการใส่สารเติมแต่งที่มีคุณสมบัติละลายได้ในน้ำมัน เมื่อถูกเผาไหม้ไม่มีเถ้าเกิดขึ้นและมีพื้นผิวที่ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยาเพื่อจะทำให้ sludge เหล่านี้แขวนลอยอยู่ในน้ำมันได้นาน สารประกอบพวกนี้มักจะ

เป็นสารประกอบไนโตรเจนมอนอเมอร์ที่มีพื้นผิวว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา สามารถยึดจับกับส่วนที่มีขั้วของโมเลกุลของ sludge เพื่อป้องกันการรวมกลุ่มกันได้ สารประกอบไนโตรเจนมอนอเมอร์อาจจะรวมถึงพวก esters, amids หรือ acrylates, methacrylates, polycarboxylic, acids ฯลฯ

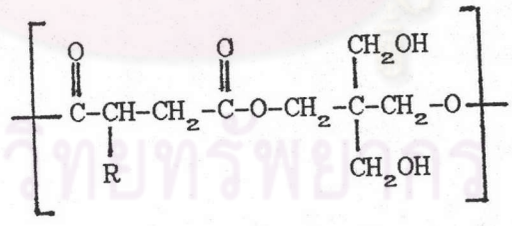
นอกจากนี้สารช่วยกระจายเขม่ามักจะเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีขนาดโมเลกุลยาว และปลายของโมเลกุลจะมีขั้วเพื่อที่จะยึดจับกับขั้วของโมเลกุลของ Sludge ได้สารเคมีที่นิยมใช้ได้แก่ poly-alkenyl succinimides ซึ่งมีโครงสร้างดังรูปที่ 2.6



R = polyisobutylene ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1,000

รูปที่ 2.6 โครงสร้างโมเลกุลของสารกระจายเขม่า

นอกจากสารเคมีดังกล่าวแล้ว ตัวที่นิยมใช้อีกตัว ได้แก่ esters ที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่าง pentaerythitol และ polyalkenyl succinic anhydride ซึ่งมีโครงสร้างดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 โครงสร้างโมเลกุลของเอสเทอร์ที่ใช้เป็นสารกระจายเขม่า

โดยปกติจะเติมสารช่วยกระจายเขม่าลงในน้ำมันหล่อลื่นด้วยความเข้มข้นประมาณ 3-5% โดยน้ำหนัก

2.1.2.5 <u>สารต้านทานการกัดกร่อน</u> (Corrosive Inhibitor) (7)

สารเคมีนี้จะป้องกันการกัดกร่อนผิวโลหะจากกรด ซึ่งเกิดจาก

ผลพลอยได้ในห้องเครื่องยนต์และกรดที่เกิดจากการรวมตัวของออกซิเจน สารเคมีที่ใช้ ได้แก่

- zinc dithiophosphate
- sulphuric hydrocarbon
- terpene
- thiodiazole
- high base additives

2.1.2.6 <u>สารต้านทานการสึกหรอ</u> (Anti-wear)

ใช้ป้องกันการสึกหรอของผิวชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ต้องรับภาระน้ำหนักสูงซึ่งมักจะเกิด boundary lubrication ขึ้นบ่อย ๆ สารเคมีที่ใช้ ได้แก่

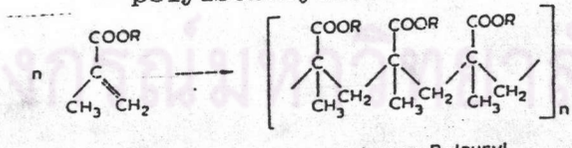
- zinc dialkyl dithiophosphate
- tricresyl phosphate

2.1.2.7 <u>สารเพิ่มดรรชนีความหนืด</u> (Viscosity index improvers)

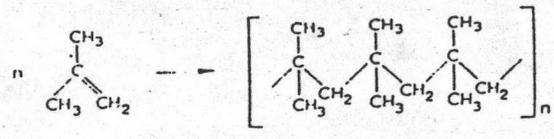
ใช้เพื่อลดอัตราการเปลี่ยนแปลงความข้นใส หรือความหนืดของน้ำมันเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป เพื่อให้ความแข็งแรงของฟิล์มน้ำมันระหว่างผิวของโลหะเพียงพอ และเพื่อควบคุมอัตราการกินน้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์เมื่อความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเปลี่ยนแปลงไปจากที่กำหนดไว้แต่แรก

สารเคมีที่นิยมใช้ ได้แก่ สารพอลิเมอร์ ที่สามารถละลายในน้ำมันได้ดีและมีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่าโมเลกุลของน้ำมัน เช่น รูปที่ 2.8

- polymethacrylates
- polyisobutylates



Alkyl methacrylate copolymer, R=lauryl



Polyisobutylene

รูปที่ 2.8 โครงสร้างของสารเพิ่มดรรชนีความหนืด

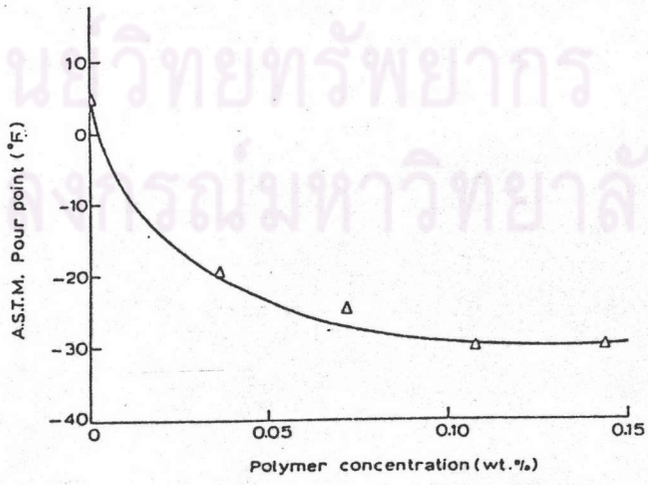
น้ำหนักโมเลกุลของ polymethacrylates และ polyacrylates มักจะอยู่ในช่วง 10,000-20,000 staudinger units ส่วน polyisobutylates จะอยู่ในช่วง 10,000-15,000 units และมักจะใช้เติมลงในน้ำมันหล่อลื่นด้วยความเข้มข้นที่มากกว่า แต่เนื่องจากมันมีความยาวของโมเลกุลสั้นกว่าจึงทำให้การเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำมันอันเนื่องมาจากแรง shear stresses มีน้อยกว่า

2.1.2.8 สารลดจุดไหลเท (Pour-point depressants)

ที่อุณหภูมิต่ำ ๆ น้ำมันจะมีความหนืดสูงมากทำให้การไหลของน้ำช้าลง เนื่องจากมีการละลายของไขในเนื้อน้ำมัน ถ้าอุณหภูมิยิ่งต่ำลงการละลายของไขนี้จะยิ่งลดลง แล้วเกิดเป็นผลึกอยู่ในน้ำมัน ถ้าขนาดผลึกของไขโตพอมันจะรวมกันกลายเป็นชิ้นคล้าย ๆ วุ้น ทำให้น้ำมันนั้นไหลไม่ได้อีกต่อไป ซึ่งเราเรียกอุณหภูมิที่จุดนี้ว่า จุดไหลเท เราสามารถที่จะลดจุดไหลเทนี้ให้ต่ำลงได้โดยการเติมสารลดจุดไหลเทลงไป สารนี้จะไปเกาะเป็นฟิล์มบาง ๆ ที่พื้นผิวของผลึกไข ทำให้ไขนี้ไม่สามารถมารวมตัวกันได้ สารเคมีที่ใช้ ได้แก่

- polyalkylnaphthalenes
- polyalkylphenol esters
- polyalkylmethacrylates

สารเคมีเหล่านี้มักจะมีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 2,000-10,000 การเลือกใช้ต้องให้เหมาะสมกันน้ำมันพื้นฐานแต่ละชนิดด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารกับอุณหภูมิที่จุดไหลเท

017843

2.1.2.9 สารต้านทานการเกิดฟอง (Anti-foamant)

ใช้ป้องกันการเกิดฟองถาวรเมื่อน้ำมันถูกหมุนเวียนใช้ในระบบ เช่น ในอ่างน้ำมันเครื่องเกียร์ ไฮดรอลิก สารเคมีที่ใช้ ได้แก่

- silicone polymer
- organic polymer

2.1.2.10 สารรับแรงกดสูง (Extreme pressure additive)

ในการใช้งานของเครื่องกลบางชนิดพื้นผิวของโลหะจำเป็นจะต้องรับภาระน้ำหนักที่สูงมาก น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้จำเป็นที่จะต้องสามารถคงความเป็นฟิล์มน้ำมันอยู่ระหว่างผิวของโลหะสองชิ้นได้เพื่อป้องกันการสึกหรอจากแรงกดหรือแรงกระแทกนี้ ถ้าแรงที่มากระทบนี้ไม่มากนักน้ำมันหล่อลื่นปกติจะสามารถป้องกันได้ แต่ถ้าแรงนี้มากขึ้นจำเป็นจะต้องเติมสารรับแรงกดสูงลงไปด้วย

สารเคมีที่นิยมใช้ ได้แก่

- chlorinated paraffin waxes
- zinc dialkyl dithiophosphate
- lead soaps
- organic phosphate
- organic sulphur compounds เช่น xanthates, polysulfides

สารรับแรงกดสูงนี้จะทำหน้าที่โดยการทำปฏิกิริยากับพื้นผิวที่เคลื่อนที่ (เพื่อมีการสัมผัสกันระหว่างผิวโลหะสองชิ้นเกิดขึ้น เช่น เมื่อมีอุณหภูมิหรือความดันสูงขึ้น) กลายเป็นเกลือของโลหะและทำหน้าที่คล้ายสารหล่อลื่นที่เป็นของแข็ง ฟิล์มนี้จะช่วยป้องกันไม่ให้โลหะกับโลหะสัมผัสกันเมื่อมีอุณหภูมิหรือความดันเพิ่มขึ้นมาก ๆ สารเติมแต่งเหล่านี้จะทำให้เกิดสารประกอบที่คงทนต่อความร้อน เช่น sulphides และ halide ขึ้นที่ผิวหน้าของโลหะด้วย

2.2 คุณสมบัติที่สำคัญและวิธีการทดสอบ (8)

2.2.1 ความหนืด (Viscosity)

คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งแสดงความสามารถในการต้านทาน

การไหลหรือความต้านทานระหว่างโมเลกุลของน้ำมันหล่อลื่น เป็นข้อบ่งชี้ถึงคุณสมบัติว่า สามารถหล่อลื่นและป้องกันผิวโลหะสัมผัสกันได้ดีเพียงใด ถ้าค่าความต้านทานการไหลสูงหมายถึง ความหนืดสูง น้ำมันจะมีฟิล์มที่หนา ในทางตรงข้ามถ้าค่าความต้านทานการไหลต่ำ หมายถึง ความหนืดต่ำ

การวัดค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นจะใช้วิธี ASTM D 88 โดยวัดค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 40 และ 100 องศาเซลเซียส หน่วยที่นิยมใช้คือ เซนติสโตรก

2.2.2 ค่าความเป็นด่าง (Total Base Number - TBN)

นิยมใช้วัดน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์โดยเฉพาะน้ำมันเครื่องยนต์ดีเซล มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมของด่าง KOH/กรัมน้ำมัน วัดได้โดยวิธี ASTM D 664 และ ASTM D 2896 วิธีหลังจะให้ค่าสูงกว่าวิธีแรกเพราะรวมเอาค่าความเป็นด่างของสารพวก ASH detergent, ashless dispersant และด่างอ่อนจากสารประกอบไนโตรเจนเข้าไปด้วย ในขณะที่วิธีแรกวัดได้เฉพาะด่างจาก ashed detergent เท่านั้น ดังนั้น ค่าความเป็นด่างโดยวิธี ASTM D 664 จึงเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถของน้ำมันในการทำลายฤทธิ์กรดกำมะถันที่แท้จริง

2.2.3 ค่าความเป็นกรด (Total Base Numbaer - TAN)

เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณกรดทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำมันหล่อลื่น มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมด่าง KOH/กรัมน้ำมัน วัดได้ 2 วิธีคือ ASTM D 664 และ ASTM D 974 สำหรับน้ำมันหล่อลื่นไม่ว่าจะเป็นงานหล่อลื่นชนิดใดต้องไม่มีกรดแก่อยู่ในน้ำมัน เพราะกรดแก่จะทำการกัดกร่อนโลหะทำให้เกิดความเสียหาย วิธีตรวจหาปริมาณกรดแก่ (Strong Acid Number - SAN) ใช้วิธีเดียวกับ TAN

2.2.4 จุดวาบไฟ (Flash point)

หมายถึง อุณหภูมิที่น้ำมันระเหยกลายเป็นไอ แล้วไอน้ำมันนั้นสามารถลุกติดไฟได้ โดยปกติจะอยู่ในช่วง 160-230 องศาเซลเซียส แล้วแต่ว่าจะเป็นน้ำมันใสหรือน้ำมันข้น ส่วนน้ำมันเชื้อเพลิงจะมีจุดวาบไฟต่ำมาก เช่น น้ำมันเบ็นซินมีจุดวาบไฟราว 43 องศาเซลเซียส น้ำมันดีเซลมีจุดวาบไฟราว 86 องศาเซลเซียส หากมีน้ำมันเชื้อเพลิงลงไปปนในน้ำมันหล่อลื่นจุดวาบไฟของน้ำมันหล่อลื่นจะลดลงมากและความข้นใสก็จะลดลงด้วย จุดวาบไฟวัดได้โดยวิธี ASTM D 93 น้ำมันหล่อลื่นใช้งานแล้วไม่ควรมีค่าต่ำกว่าของใหม่ มากกว่า 45 องศาเซลเซียส

2.2.5 ปริมาณน้ำในน้ำมันหล่อลื่น (Water content)

การวัดปริมาณน้ำในน้ำมันหล่อลื่นจะวัดออกมาเป็นเปอร์เซนต์ โดยวิธี ASTM D 95 ปริมาณน้ำที่ยอมให้มีได้ขึ้นอยู่กับชนิดของงานที่หล่อลื่น หากเป็นระบบไฮดรอลิกไม่ควรเกิน 0.1% ระบบหล่อลื่นแบริ่งและเทอร์ไบน์ของเครื่องยนต์ดีเซลหมุนเร็วไม่ควรเกิน 0.2% เครื่องอัดลมไม่ควรเกิน 0.5% เกียร์และเครื่องยนต์ดีเซลหมุนช้าไม่ควรเกิน 1%

2.2.6 ปริมาณตะกอน (Sediment)

วัดได้โดยวิธี ASTM D 893 มีหน่วยเป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก ถ้าใช้เพนเทนหรือนอร์มอลเฮบเทน เป็นตัวทำละลาย ค่าที่ได้จะรวมถึงตะกอนยางเหนียวที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันกับอากาศ หากใช้เบ็นซินหรือทอลูอีนเป็นตัวทำละลายค่าที่ได้จะไม่รวมถึงตะกอนยางเหนียว ดังนั้นผลต่างของค่าทั้งสองจึงเป็นปริมาณของเนื้อน้ำมันที่เสื่อมสภาพไปเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน

2.2.7 ความสามารถในการป้องกันสนิม (Rust characteristics)

เป็นการวัดความสามารถของน้ำมันในการป้องกันการกัดกร่อนส่วนที่เป็นเหล็กในขณะที่มีความชื้นอยู่ด้วย วัดโดยวิธี ASTM D 665 โดยการเติมน้ำมันหล่อลื่นที่ต้องการวัดลงในบีกเกอร์จำนวนหนึ่ง นำบีกเกอร์นี้จุ่มลงในเครื่องอังน้ำมันให้ความร้อน จนน้ำมันในบีกเกอร์มีอุณหภูมิ 140 องศาฟาเรนไฮต์ จุ่มแท่งเหล็กที่ต่อเข้ากับมอเตอร์ปรับความเร็วให้ได้ 1000 รอบต่อนาที ลงในบีกเกอร์ ปล่อยให้แท่งเหล็กหมุนเป็นเวลา 30 นาที เติมน้ำลงไปในบีกเกอร์ 30 มิลลิลิตร หมุนแท่งเหล็กต่ออีก 24 ชั่วโมง นำแท่งเหล็กมาพิจารณาจำนวนจุดที่เกิดสนิมว่ามีมากน้อยเพียงใด

2.2.8 คุณสมบัติของการเกิดฟอง (Foaming characteristics)

เป็นการวัดการเกิดฟองของน้ำมันขณะที่มีฟองอากาศผ่าน ณ อุณหภูมิที่กำหนด วัดโดยวิธี ASTM D 892

2.2.9 การวัดค่าเสียดทานและการสึกหรอ (Friction and wear)

วัดโดยวิธี ASTM D 2266

2.2.10 คุณสมบัติช่วยกระจายเขม่า (Dispersants)

วัดได้โดยวิธี cincinnati millicaron thermal stability (CMTS test)

โดยการอบน้ำมันหล่อลื่นที่มีแท่งเหล็ก และแท่งทองแดงจุ่มอยู่ ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 168 ชั่วโมง นำน้ำมันที่ได้ไปวัดค่าความหนืดและปริมาณ sludge

2.2.11 คุณสมบัติต้านการรวมตัวกับออกซิเจน (Anti-oxidant Characteristic)

เป็นการวัดเสถียรภาพของน้ำมันหล่อลื่นที่มีต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน มีวิธีวัดหลายวิธี เช่น ASTM D 943 หรือวิธี Penn State microoxidation test ด้วยการออกซิไดส์น้ำมันที่เป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ ที่อุณหภูมิ 400 องศาฟาเรนไฮต์ เป็นเวลา 40 นาที ละลายน้ำมันที่ได้ด้วย tetrahydrofuran แล้วเติม iron napthenate ลงไปเร่งปฏิกิริยาให้เกิดสารพอลิเมอร์จากน้ำมันที่ถูกออกซิไดส์ จากนั้นนำน้ำมันไปวัดค่าความหนืด หรือวัดค่า HMWP (high molecular weight product greater than 1000) ด้วยเครื่อง GPC นอกจากนี้ยังอาจจะใช้วิธีวัดด้วย TG (ดูรายละเอียดบทที่ 3 หัวข้อ 3.6)

นอกจากที่กล่าวมาแล้วนี้ เราอาจวัดคุณสมบัติอื่น ๆ ของน้ำมันหล่อลื่นได้อีกมากมาย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันหล่อลื่น และวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เช่น วิเคราะห์หาปริมาณเศษโลหะ เพื่อดูการสึกหรอของเครื่องจักร วิเคราะห์หาปริมาณสารที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ไนเตรชัน เขม่า เพื่อดูอายุการใช้งานของน้ำมัน เป็นต้น

2.3 การแบ่งประเภทน้ำมันหล่อลื่น

น้ำมันหล่อลื่นโดยทั่ว ๆ ไป แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ใหญ่ ๆ คือ

2.3.1 น้ำมันหล่อลื่นสำหรับยานยนต์ (Automotive lubes)

ที่นิยมใช้กันมาก ๆ และมีความสำคัญ ได้แก่ น้ำมันระบบส่งกำลังไฮดรอลิก น้ำมันเกียร์ และน้ำมันเครื่อง ซึ่งสามารถแยกประเภทได้ 2 วิธี คือ

2.3.1.1 แยกตามมาตรฐานความหนืด

สมาคมวิศวกรยานยนต์ (society of automotive engineers ชื่อย่อ SAE) ได้ตั้งมาตรฐานการวัดความหนืดน้ำมันเครื่องและน้ำมันเกียร์ไว้ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ และ น้ำมันเกียร์เบอร์ SAE ต่าง ๆ

น้ำมันเครื่อง			น้ำมันเกียร์		
เบอร์ SAE	ความหนืด cSt ที่ 100 °C		เบอร์ SAE	ความหนืด cSt ที่ 100 °C	
	ต่ำสุด	สูงสุด		ต่ำสุด	สูงสุด
0W	3.8	-			
5W	3.8	-			
10W	4.1	-	75W	ไม่น้อยกว่า 4.1	
15W	5.6	-	80W	ไม่น้อยกว่า 7.0	
20W	5.6	-	85W	ไม่น้อยกว่า 11.0	
25W	9.3	-	90	13.5-24.0	
20	5.6	ต่ำกว่า 9.3	140	24.0-41.0	
30	9.3	ต่ำกว่า 12.5	250	41.0 ขึ้นไป	
40	12.5	ต่ำกว่า 16.3			
50	16.3	ต่ำกว่า 21.9			

หมายเหตุ มาตรฐานความหนืดน้ำมันเครื่องตาม SAE J 300 - Sep 1980
มาตรฐานความหนืดน้ำมันเกียร์ ตาม SAE J 306 C

2.3.1.2 แยกตามสภาพการใช้งาน

ตั้งแต่ปี ค.ศ.1970 สถาบันการปิโตรเลียมแห่งสหรัฐอเมริกา (American Petroleum Institute ชื่อย่อ API) ได้เริ่มกำหนดมาตรฐานแบบใหม่ขึ้นมา เพื่อแบ่งแยกน้ำมันตามสภาพการทำงานของเครื่องยนต์ ด้วยการร่วมมือกับ SAE และ ASTM (American Society of Testing and Materials) เพื่อให้สอดคล้องกับวิวัฒนาการของเครื่องยนต์สมัยใหม่ ดังนี้

เครื่องยนต์เบนซิน

(Spark Ignition)

SA - น้ำมันหล่อลื่นชนิดนี้ไม่มีสารเพิ่มคุณภาพใด ๆ ทั้งสิ้น เหมาะกับเครื่องยนต์งานเบา

SB - มีสารเพิ่มคุณภาพผสมเล็กน้อย สำหรับป้องกันการรวบตัวกับออกซเจน การกัดกร่อน ลดการสึกหรอ ใช้กับเครื่องยนต์งานเบา

SC - มีสารต้านการรวมตัวของเขม่าตะกอนทั้งที่อุณหภูมิสูงและต่ำ ป้องกันการสึกหรอ สนิม และการกัดกร่อน เหมาะกับรถยนต์นั่งและรถบรรทุกอเมริกันรุ่น 1964-1967

SD - มีสารเติมแต่งมากกว่า SC เพื่อต้านทานการรวมตัวของเขม่า และตะกอนทั้งที่อุณหภูมิสูงและต่ำ ป้องกันการสึกหรอ สนิมและการกัดกร่อน

SE - สำหรับรถยนต์นั่งและรถบรรทุกรุ่นเล็กตั้งแต่ปี 1972 เป็นต้นไป มีสารเติมแต่งมากกว่า SD และ SC

SF - สำหรับรถยนต์นั่ง และรถบรรทุกบางชนิดตั้งแต่รุ่นปี 1980 เป็นต้นไป มีสารต้านการรวมตัวกับออกซิเจนและป้องกันการสึกหรอสูงกว่า SE และรักษาความสะอาด ป้องกันสนิม และการกัดกร่อนได้ดี

SG - เป็นน้ำมันหล่อลื่นมาตรฐานล่าสุดในขณะนี้

เครื่องยนต์ดีเซล

(Compustion Ignition)

CA - เหมาะกับเครื่องยนต์ดีเซลธรรมดาที่ทำงานเบาและปานกลาง ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงคุณภาพสูง ป้องกันไม่ให้เกิดการสึกกร่อนในแบริ่ง ชะล้างเขม่าตะกอนในอุณหภูมิสูงได้

CB - เหมาะกับเครื่องยนต์ดีเซลธรรมดาที่ทำงานเบาและปานกลาง แต่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงคุณภาพต่ำกว่า (กำมะถันสูงกว่า) ที่ใช้ใน CA

CC - สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลธรรมดาหรือที่มีซุปเปอร์ชาร์จ หรือเทอร์โบชาร์จอย่างเบา ทำงานปานกลางและงานหนัก มีคุณสมบัติในการชะล้างการกระจายตัวของเขม่าและตะกอนที่อุณหภูมิสูง

CD - สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลธรรมดาหรือที่มีซุปเปอร์ชาร์จ หรือเทอร์โบชาร์จ ทำงานหนักมาก รอบสูง ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีปริมาณกำมะถันสูง มีคุณสมบัติสูงมากในการกระจายตัวของเขม่าและตะกอนในอุณหภูมิสูง ต้านทานการสึกหรอ และป้องกันการกัดกร่อนของแบริ่ง

CE - เป็นน้ำมันหล่อลื่นมาตรฐานล่าสุดในขณะนี้

ส่วนน้ำมันเกียร์นั้น API ได้จัดแบ่งตามสภาพการใช้งานดังนี้

GL-1 ใช้กับเกียร์เดือยหมู (spiral-revel) และเฟืองหนอน (worm gear) และกระปุกเกียร์ในสภาพงานเบา น้ำมันไม่ต้องมีสารรับแรงกด

GL-2 ใช้กับเกียร์เฟืองหนอน ซึ่งสภาพหนักกว่า GL-1

GL-3 ใช้กับเฟืองท้ายประเภทเดือยหมู และกระปุกเกียร์ ซึ่งมีสภาพความเร็วและการรับแรงขนาดปานกลาง ใช้น้ำมันที่มีสารรับแรงกดสูงปานกลาง

GL-4 ใช้กับเกียร์ไฮปอยด์ (hypoid gear) และเกียร์อื่น ๆ ที่ทำงานหนักและมีคุณลักษณะของการทำงานชั้น MIL-L-2105

GL-5 ใช้กับเกียร์ไฮปอยด์ และเกียร์อื่น ๆ ที่ทำงานหนักมากและมีแรงกระแทก มีคุณลักษณะของการทำงานชั้น MIL-L-2105 C

ส่วนการจัดแบ่งน้ำมันไฮดรอลิกก็เช่นเดียวกับน้ำมันเครื่อง

2.3.2 น้ำมันหล่อลื่นอุตสาหกรรม (Industrial Lubes)

เครื่องจักรสมัยใหม่ส่วนมาก มีกำลังขั้นสูง รับแรงกดสูงหรือมีอุณหภูมิทำงานสูง และบางกรณีก็ทำงานติดต่อกันโดยไม่มีหยุด เครื่องจักรเหล่านี้จำเป็นต้องหล่อลื่นด้วยน้ำมันที่มีคุณภาพถูกต้อง เพื่อช่วยลดความเสียดทาน ป้องกันการสึกหรอ หรือการกัดกร่อน และรักษาเครื่องจักรกลให้ทำงานได้ประสิทธิภาพดีที่สุด การใช้ผลิตภัณฑ์และการหล่อลื่นที่ถูกต้อง จะช่วยลดความสิ้นเปลืองในการซ่อมบำรุง ช่วยเพิ่มผลผลิตและประหยัด การแยกประเภทน้ำมันหล่อลื่นอุตสาหกรรมสามารถทำได้ 2 วิธี เช่นกัน คือ

2.3.2.1 แยกตามความหนืด

การแยกน้ำมันหล่อลื่นอุตสาหกรรม โดยอาศัยความหนืดมีหลายระบบด้วยกัน เช่น ASTM, BASI (British Standards Institution), AGMA American Gear Manufacturers Association) และ DIN (Deutsche Industric Normen) ซึ่งระบบต่าง ๆ เหล่านี้ใช้หน่วยความหนืดต่างกันและวัดที่อุณหภูมิต่างกัน ดังนั้น องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน (International Standardization Organization คำย่อ ISO) จึงได้กำหนดระบบสากลขึ้นมาสำหรับน้ำมันหล่อลื่นในงานอุตสาหกรรม โดยใช้หน่วย centistoke (cSt) วัดที่ 40 °C เป็นมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 2.2

2.3.2.2 แยกตามการใช้งาน

นอกจากความหนืดที่เหมาะสมแล้ว น้ำมันหล่อลื่นในงานอุตสาหกรรมต้องมีคุณสมบัติอื่น ๆ ให้เหมาะสมกับงานที่ใช้เฉพาะอย่างต่าง ๆ กัน เราจึงแยกประเภทตามลักษณะการใช้งานอย่างกว้าง ๆ เป็นการใช้งานทั่วไป เช่น น้ำมันเกียร์ น้ำมันไฮดรอลิก น้ำมันเทอร์ไบน์

ตารางที่ 2.2 ความหนืดของน้ำมันเบอร์ ISO ต่าง ๆ

เบอร์ ISO	ความหนืด cSt @ 40 °C	
	ช่วงความหนืด	ค่าเฉลี่ย
2	1.98- 2.42	2.2
3	2.88- 3.52	3.2
5	4.14- 5.06	4.6
7	6.12- 7.48	6.8
10	9.00- 11.00	10
15	13.50- 16.50	15
22	19.80- 24.20	22
32	28.80- 35.20	32
46	41.40- 50.60	46
68	61.20- 74.80	68
100	90.00-110.00	100
150	135.00-165.00	150
220	198.00-242.00	220
ฯลฯ	ฯลฯ	ฯลฯ

น้ำมันเครื่องอัดลม ฯลฯ และน้ำมันหล่อลื่นงานพิเศษ ซึ่งเป็นน้ำมันที่ไม่ได้ทำหน้าที่หล่อลื่น แต่จะทำหน้าที่พิเศษ เช่น เป็นตัวนำความร้อน เป็นฉนวนไฟฟ้าในหม้อแปลง ให้เคลือบผิวโลหะป้องกันสนิม หรือใช้ผสมเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิต เช่น น้ำมันงานช่างโลหะ น้ำมันถ่ายเทความร้อน น้ำมันหม้อแปลง น้ำมันขาว น้ำมันกันสนิม ฯลฯ เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 วิธีการนำน้ำมันหล่อลื่นใช้งานแล้วกลับมาใช้ใหม่ (9)

น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้งานไปจนหมดสภาพไม่เหมาะที่จะใช้งานนั้น ๆ ต่อไป โดยปกติผู้ใช้มักจะทิ้งตามพื้นดินหรือขายให้ผู้รับซื้อในราคาถูก ๆ การกระทำดังกล่าวนี้ก่อให้เกิดผลเสียทั้งด้านมลภาวะ ซึ่งยากที่จะแก้ไขในภายหลัง หรือผู้รับซื้ออาจจะนำไปทำน้ำมันปลอมมาขายใหม่อีกครั้ง ทำให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องจักรได้ จึงควรที่จะหาประโยชน์จากน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วให้มากที่สุด เช่น การนำน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วมาผ่านกระบวนการกำจัดของเสียออกเพื่อให้นำกลับมาใช้ใหม่ได้ กระบวนหรือวิธีการเหล่านี้มีหลายวิธีด้วยกัน พอจะนำมากล่าวโดยสังเขปได้ดังนี้

2.4.1 การบำบัดน้ำมันเครื่องเสื่อมสภาพโดยวิธี พีอาร์โอพี (PROP) (10)

PROP ย่อมาจากคำว่า Phillipes Re-refining Process ประกอบด้วยขั้นตอนใหญ่ ๆ 2 ขั้นตอน คือ การกำจัดโลหะโดยใช้วิธีทางเคมี (Chemical Demetallization) และการบำบัดโดยใช้ไฮโดรเจน (hydrotreating) เป็นขั้นสุดท้าย

ในกระบวนการขั้นแรกจะผสมน้ำมันหล่อลื่นเสื่อมสภาพกับสารละลาย diammonium phosphate ในท่อผสม ในขั้นนี้จะเกิดปฏิกิริยาได้เป็น metallic phosphate ขึ้นบางส่วนซึ่งมีคุณสมบัติการละลายในน้ำหรือน้ำมันน้อย น้ำมันจึงมีสภาพเป็น slurry ที่มีปริมาณของแข็งประมาณ 1% ขั้นต่อมาน้ำและน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกจัดออกไป ปฏิกิริยาการเกิด metallic phosphate จะสมบูรณ์ (ยกเว้นโลหะของสังกะสี และฟอสฟอรัส ที่จะได้เป็น zinc dithiophosphater) ในขั้นตอนนี้สารประกอบที่ก่อให้เกิดเถ้าจะถูกขจัดออกไปถึง 99%

ขั้นตอนต่อมาเป็นการบำบัดด้วยไฮโดรเจน โดยให้ความร้อนแก่น้ำมันแล้วผสมกับไฮโดรเจน ที่มีการหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ตลอดเวลา มีนิเกลโมลิบเดทเป็นสารเร่งปฏิกิริยา แล้วกรองด้วย clay ซึ่งจะเป็นตัวกำจัดสารอินทรีย์ และช่วยให้เกิดการสลายตัวของกรดซัลฟอนิกดียิ่งขึ้น ขั้นนี้จะสามารถกำจัดสารประกอบกำมะถัน ไนโตรเจน ออกซิเจน และสารที่มีสีต่าง ๆ ออกได้

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการบำบัดโดยใช้ไฮโดรเจนจะเป็นน้ำมันพื้นฐานที่เหมาะสมที่จะใช้ในการผสมเป็นน้ำมันเครื่องและน้ำมันหล่อลื่นอื่น ๆ หรือสำหรับเป็นน้ำมันพื้นฐานที่เป็นกลาง (neutral base oil)

2.4.2 การบำบัดโดยวิธีการกลั่นและบำบัดด้วย clay (11)

โรงงานหลายแห่งในสหรัฐใช้วิธีนี้ในปัจจุบัน เป็นการกลั่นแบบสุญญากาศ โดยเริ่มการทำ dehydration เพื่อไล่น้ำ สารละลาย เชื้อเพลิงและสารที่มีจุดเดือดต่ำออกไป ต่อมาเป็นขั้น pretreatment เป็นการทำความสะอาดน้ำมันโดยเฉพาะ เพื่อลดการเกิด fouling ในเครื่องกลั่นขณะกลั่นจะเป็นการแยกเอาน้ำมันหล่อลื่นออกจากสารแขวนลอยทั้งหลาย ผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมคุณภาพ สารเพิ่มคุณภาพ และสารอื่น ๆ ที่มีจุดเดือดสูงหรือไม่สามารถเดือดได้ สารทั้งหลายนี้จะเป็นผลิตภัณฑ์ก้นหอมีคุณสมบัติเป็นกลาง และมีความหนืดสูง มีปริมาณเถ้าสูง และมีปริมาณของแซ็งสูงด้วยเช่นกัน สามารถนำไปใช้เป็นสารเพิ่มความเหนียวแก่ยางมะตอยได้ ส่วนน้ำมันหล่อลื่นที่ได้จากการกลั่นจะนำมาบำบัดโดยใช้ clay แล้วกรองออก ก็จะได้น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่มีคุณภาพสูง

2.4.3 การบำบัดโดยวิธีการกลั่นและ hydrofinishing

วิธีการขั้นแรกจนถึงขั้นการกลั่นแบบสุญญากาศจะเหมือนกับกระบวนการกลั่นและบำบัดด้วย clay ทุกประการ หลังจากนั้นน้ำมันหล่อลื่นที่กลั่นได้จะถูกนำไปผสมกับไฮโดรเจนในเครื่องปฏิกรณ์ที่มีตัวเร่งปฏิกิริยาภายใต้อุณหภูมิสูงและความดันสูง ไฮโดรเจนที่มากเกินพอจะถูกนำกลับมาใช้ใหม่ และน้ำมันที่มีความหนืดสูงจะถูก stripped ออกโดยไอน้ำ ซึ่งจะทำให้ได้น้ำมันพื้นฐานคุณภาพสูง

2.4.4 กระบวนการ acid/clay treatment (12)

เป็นกระบวนการที่ใช้กันกว้างขวางและเป็นที่รู้จักกันดีในการบำบัดน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วมีเทคนิคคล้ายกับการทำ acid/clay treatment ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันหล่อลื่นเริ่มกระบวนการโดยการไล่น้ำ และตามด้วยการบำบัดโดยใช้กรดซัลฟุริก

ในขั้นตอนการไล่น้ำนั้น จะเป็นการขจัดน้ำ น้ำมันเชื้อเพลิงและสารทำละลายอื่น ๆ ออก แล้วจึงผสมกับกรดซัลฟุริก หลังจากนั้น sludge จะก่อตัวขึ้นแล้วตกตะกอนใน 24-48 ชั่วโมง แล้วจึงถูกกำจัดออก นำน้ำมันที่ผ่านการบำบัดโดยกรดแล้วไปผ่านความร้อนและกวนกับ clay เพื่อกำจัดสารที่มีสี และสารปนเปื้อนที่ยังคงเหลืออยู่ออกไป ส่วน clay จะถูกแยกออกจากน้ำมันโดยการกรอง

กระบวนการนี้มีขั้นตอนที่สำคัญ 4 ขั้นตอน คือ

1. การตกตะกอน
2. การบำบัดด้วยกรด
3. การบำบัดด้วย clay

4. การกรองโดยใช้ปั๊มสุญญากาศ

โดยปกติกระบวนการนี้ เมื่อใช้น้ำมันเครื่องใช้แล้ว 1.4 ตัน จะให้น้ำมันที่บำบัดแล้ว 1 ตัน น้ำมันเครื่องใช้แล้วที่นำมาจากแหล่งต่าง ๆ จะถูกเก็บไว้ในถังเก็บ น้ำมันจะถูกกรองอย่างหยาบเพื่อแยกเอาเศษวัสดุออก น้ำมันปริมาณ 0.7 ตัน จากถังเก็บที่กรองแล้วจะถูกให้ความร้อนใน kettle (ถังเหล็กหุ้มแจ็กเก็ต และก้นมีลักษณะเป็นกรวย) จนได้อุณหภูมิ 60-70 °C เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 6 ชั่วโมง แล้วระบายตะกอนน้ำ และตะกอนของแข็งออกทางก้นถัง ถ่ายน้ำมันส่วนบนไปยังถังบำบัดด้วยกรดซัลฟุริกเข้มข้น 98% ให้กรดประมาณ 2-5% ของน้ำหนักน้ำมันแล้วกวนด้วยใบพัดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ระหว่างที่กวนอยู่ก็เติมกรดอย่างต่อเนื่อง หรือทุก 15 นาที เมื่อครบ 1 ชั่วโมงทิ้งน้ำมันให้แยกชั้น เป็นเวลาอีก 6-7 ชั่วโมง ก้นถังบำบัดกรดก็มีลักษณะเป็นกรวยเช่นกัน เพื่อให้ง่ายต่อการตกตะกอน ขนาดของกรวยประมาณ 1/5-1/6 ของความสูงทั้งหมดของถัง เมื่อได้เวลาก็ระบายเอาตะกอนที่ก้นถังออกไป ส่วนน้ำมันข้างบนจะถูกส่งไปยังถังบำบัดด้วย clay ส่งต่อกับหน่วยศูนย์กลาง

ถังบำบัดด้วย clay มีขดลวดความร้อนจากไฟฟ้า ขนาด 2.5 KW ใช้ activated clay 4.6% ใส่ clay ลงไปพร้อมกับเริ่มให้ความร้อน และเปิดปั๊มสุญญากาศ อุณหภูมิภายในถังคงไว้ที่ 200-300 °C ไอที่เกิดขึ้นถูกควบแน่นเก็บในถัง โดยใช้ปั๊มสุญญากาศ

ตัวของผสมน้ำมันกับ clay ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วกรองเพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชัน หรืออาจจะตั้งทิ้งไว้ให้นานประมาณ 4 ชั่วโมง clay จะตกตะกอน น้ำมันใสส่วนบนจะถูกกรองได้ง่ายขึ้น อีกทั้งเครื่องกรองสามารถใช้กรองได้ 2-3 batches โดยไม่ต้องเปิดทำความสะอาด

2.4.5 การบำบัดโดยใช้สารเคมี (Chemical Treatment)

สารเคมีที่นิยมใช้ในการบำบัดน้ำมันเครื่องใช้แล้ว ได้แก่ กรดซัลฟุริก โดยปกติที่อุณหภูมิห้อง สารประกอบไฮโดรคาร์บอน พาราฟิน และ แนพทีน จะทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟุริกได้เพียงเล็กน้อย แต่จะสามารถทำปฏิกิริยาได้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิ และความเข้มข้นของกรดสูงขึ้น โดยเฉพาะสารประกอบที่มี side chain มาก ๆ เช่น เบนซีน ทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟุริก 93% ได้เพียงเล็กน้อย แต่สารประกอบ olefin diolefin และ acetylene จะทำปฏิกิริยาได้แม้กรดจะมีความเข้มข้น 35% ที่อุณหภูมิและความเข้มข้นของกรดสูง จะทำให้ olefin เกิดเป็นสารพอลิเมอร์ได้มาก แต่อุณหภูมิและความเข้มข้นต่ำจะทำให้เกิดเป็น alkyl acid sulphates, neutral ester, secondary และ tertialy alcohol ซึ่งสารพวก sulphate เหล่านี้จะสามารถละลายใน caustic soda ได้ และที่อุณหภูมิ 285 °F จะสลายตัวเป็นสาเหตุให้เกิด

สารประกอบยางเหนียว

ในการใช้กรดซัลฟุริกเพื่อบำบัดน้ำมันเครื่องใช้งานแล้วนี้มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องด้วยดังนี้

1. ความเข้มข้นของกรด ถ้าใช้กรดที่มีความเข้มข้นน้อยลงเท่าไร จะเป็นผลที่ดีมากขึ้นเท่านั้น เนื่องจากจะทำให้ปริมาณ sludge ที่สูญเสียมีปริมาณน้อยลง การเพิ่มความเข้มข้นของกรดทุก 1% จะทำให้มีการศูนย์เสียของ sludge เพิ่มขึ้นกับ 4.15% เมื่อใช้กรดที่มีความเข้มข้น 98%

2. ปริมาณของกรด ถ้าใช้ที่มีปริมาณมากจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเหลืองและจะมีการสูญเสียไฮโดรคาร์บอน พวกอะโรแมติก และไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัวไป และสีของน้ำมันหล่อลื่นจะเสียไป

3. อุณหภูมิของการบำบัด ถ้าใช้อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการสูญเสียผลได้มากขึ้น เนื่องจากเกิดสารพอลิเมอร์ขึ้นมากนั่นเอง โดยปกติการบำบัดจึงมักจะใช้อุณหภูมิที่ต่ำมากกว่า เพราะจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีดี เหมาะแก่การกำจัดสารประกอบกำมะถัน อุณหภูมิโดยทั่วไปที่นิยมใช้ คือ 110-180 °ฟ

4. เวลาที่ใช้ในการบำบัด ถ้าใช้เวลานานเกินไป น้ำมันที่ได้จะมีสีไม่ดี ไม่มีความคงตัว เกิดกรด และ sludge ขึ้นมา แต่ถ้าใช้เวลาสั้นมากไปจะไปยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ของกรด นอกจากนี้เวลาที่ใช้ยังเกี่ยวข้องกับการกระจายของกรดในน้ำมัน และเวลาที่แยกเอา sludge ออกด้วย ในกระบวนการบำบัดน้ำมันหล่อลื่นอย่างต่อเนื่องพบว่า ใช้เวลาน้อยจะให้ผลดีกว่า แต่ในการทำปฏิกิริยาโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบกวน (batch agitation) พบว่าเวลาที่ใช้จะมากขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย