

การปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว

การที่นานาประเทศต่างแข่งกันสำรวจและชุดเจาะนำน้ำมันดิบขึ้นมาใช้กันอย่างฟุ่มเฟือย โดยที่ไม่ได้คิดไปถึงอนาคตว่าแหล่งน้ำมันดิบจะหมดไปได้ในวันหนึ่งข้างหน้า นั้น ทำให้มีผู้สังเกตเห็นการณ์ไกล เกิดวิตกกังวล นอกจากจะคิดหาวิธีนำพลังงานจากแหล่งอื่นมาใช้ทดแทนแล้ว ยังหาวิธีใช้น้ำมันปิโตรเลียมที่ขุดขึ้นมาให้คุ้มค่าที่สุดอีกด้วย

ในสหรัฐอเมริกา แต่ละปีจะมีน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วถูกกำจัดทิ้งเป็นปริมาณถึง ๑ ล้านแกลลอน หนึ่งในสามส่วนนี้ถูกเททิ้งลงในทะเลและพื้นดิน และส่วนใหญ่จะถูกเผาทิ้งไป ซึ่งนับว่าเป็นการสูญเสีย น้ำมันปิโตรเลียมเป็นจำนวนมาก ทั้งยังก่อให้เกิดปัญหามลภาวะอีกด้วย เพราะน้ำมันที่รวมตัวกันลอยเป็นแผ่นอยู่บนผิวน้ำทะเลจะบดบังแสงแดดและการละลายของออกซิเจนลงในน้ำ ต้องใช้เวลานานกว่าน้ำมันจะสลายตัว สำหรับส่วนที่ถูกเผานั้นก็จะก่อให้เกิดไอพิษจากออกไซด์ของโลหะต่าง ๆ ฟุ้งกระจายใน

บรรยากาศ ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วน้ำมันหล่อลื่นที่ครบกำหนดการใช้งานเหล่านั้นยังคงสภาพการเป็นน้ำมันปิโตรเลียมอยู่ สิ่งที่เสียไปคือคุณสมบัติบางอย่างที่เหมาะสมในการหล่อลื่นเท่านั้น เช่น ความหนืด (viscosity) เปลี่ยนไป สารเพิ่มคุณภาพ (additive) เสื่อมลง รวมทั้งมีสิ่งไม่พึงประสงค์ ได้แก่ เศษผงโลหะที่เกิดจากการเสียดสีของเครื่องยนต์ และยางเหนียว (gum) ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงได้มีผู้พยายามหาวิธีการต่าง ๆ เพื่อนำน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วกลับมาใช้ประโยชน์อีก ซึ่งมีวิธีที่เป็นไปได้หลายทาง เช่น นำน้ำมันใช้แล้วไปผ่านขบวนการกำจัดสิ่งไม่พึงประสงค์ แล้วนำมาใช้แทนน้ำมันเคาหรือใช้ผสมกับน้ำมันใหม่ในการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมต่างๆ หรือในที่สุดอาจนำมากลั่นใหม่เพื่อผลิตเป็นน้ำมันหล่อลื่นที่มีคุณภาพเทียบเท่ากับน้ำมันหล่อลื่นที่ผลิตจากน้ำมันดิบโดยตรง

จากผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้งานแล้ว พบว่าประกอบด้วยสิ่งไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ ดังนี้

เถ้า, %	๑.๕-๒.๕
น้ำ, % ไม่เกิน	๐.๕
น้ำมันเชื้อเพลิง, %	๕
ตะกั่วออกไซด์, %	๐.๑-๐.๔

(เถ้า ได้แก่ โลหะและออกไซด์ของโลหะพวกแคลเซียม แบเรียม สังกะสี)

นอกจากนี้ยังมียางเหนียวและกรดไขมัน ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมัน ซึ่งทำให้น้ำมันใช้แล้วมีสภาพความเป็นกรดเพิ่มขึ้น

ดังนั้นในการผลิตน้ำมันหล่อลื่นจากน้ำมันใช้แล้ว จึงมีขั้นตอนที่สำคัญตามลำดับ คือ

๑. กรรรมวิธีขจัดสิ่งไม่พึงประสงค์ออก
๒. การกลั่นลำดับส่วนภายใต้สูญญากาศ เพื่อแยกน้ำมันตามระดับความหนืด
๓. ปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสมกับการใช้งาน

แต่ละชนิด โดยการฟอกสีและเติมสารเพิ่มคุณภาพต่าง ๆ

ซึ่งจะได้ออกถึงขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

๑. กรรรมวิธีขจัดสิ่งไม่พึงประสงค์ เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการจัดการกับน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว ได้มีผู้คิดค้น ปรับปรุง วิธีการตลอดมา เพื่อให้ได้วิธีที่มีประสิทธิภาพและต้นทุนในการดำเนินการต่ำ อาจสรุปได้เป็น ๓ วิธี คือ

- ๑.๑ การใช้กรดแก่หรือด่างแก่ ตกตะกอนสารที่ไม่พึงประสงค์ออก
- ๑.๒ การใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมละลายน้ำมัน แล้วนำชั้นน้ำมันที่แยกได้ไปกลั่นใสตัวทำละลาย
- ๑.๓ ใช้สารละลายเกลือที่มีแอนไอออนที่สามารถรวมกับโลหะ โคตะกอนที่ไม่ละลายน้ำตกอยู่ชั้นล่าง และแยกชั้นน้ำมันและน้ำออก โดยใช้สารลดแรงดึงผิวช่วย

ขบวนการแต่ละวิธีมีข้อแตกต่างและผลผลิตเสียดังนี้

๑.๑ การใช้กรดแก่และด่างแก่ เริ่มแรกจะให้ความร้อนแก่น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว เพื่อไล่น้ำและสารไฮโดรคาร์บอนที่ระเหยง่ายออกก่อน แล้วจึงนำไปผสมกับกรดแก่หรือด่างแก่ ตะกอนสิ่งไม่พึงประสงค์จะตกอยู่ชั้นล่าง แยกชั้นน้ำมันออกจากตะกอนและทำให้เป็นกลางด้วยกรดหรือด่าง วิธีนี้มีข้อเสียกล่าวคือ ปริมาณผลผลิตต่ำ ได้ประมาณร้อยละ ๕๐ และกรดหรือด่างจำนวนมากที่ใช้ในขบวนการนี้ไม่สามารถนำไปใช้ต่อได้อีก ต้องทิ้งไป ซึ่งก็ก่อให้เกิดสิ่งแวดล้อมเป็นพิษอีกเช่นกัน นอกจากนี้การใช้กรดแก่หรือด่างแก่จะไปทำให้องค์ประกอบไฮโดรคาร์บอนที่สำคัญคือ สารอะโรมาติก เช่น โคอาร์โมาติก และ โพลีอะโรมาติก สูญเสียไปถึงร้อยละ ๗๐ ของปริมาณเดิมที่มีอยู่ในน้ำมัน ซึ่งสารเหล่านี้มีคุณสมบัติในการหล่อลื่นและยังเป็นตัวต้านทานการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันอีกด้วย ดังนั้นน้ำมันหล่อลื่นที่ได้จากกรรมวิธีนี้จึงมีความหนืด และมีความต้านทานการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต่ำ จำเป็นต้องเติมสารเพิ่มคุณภาพช่วยในภายหลัง

๑.๒ การใช้ตัวทำละลาย เป็นวิธีที่คิดขึ้นเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดสิ่งแวดล้อมเป็นพิษดังเช่น วิธี ๑.๑ โดยการให้ความร้อนแก่น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วที่ ๓๑๕-๓๗๐°ซ. ภายใต้สูญญากาศ เพื่อไล่น้ำและสารไฮโดรคาร์บอนที่มีจุดเดือดต่ำ เพราะน้ำก่อให้เกิด

อะซีโอโทรปรวมตัวกับตัวทำละลายที่ใช้ ซึ่งถ้าไม่กำจัดน้ำก่อน ประสิทธิภาพการแยกน้ำมันที่ต้องการจะลดลง หลังจากนั้นนำน้ำมันไปละลายด้วยตัวทำละลายผสม ที่นิยมใช้คือ ๒-โพรพานอล (2-Propanol) : เมทิล เอทิลคีโตน (methyl ethyl ketone) : ๑-บิวทานอล (1-butanol) ในอัตราส่วน ๑ : ๑ : ๑ โดยใช้ น้ำมัน ๑ ส่วน ตัวทำละลายผสม ๓ ส่วน ผสมกันที่อุณหภูมิ ๑๐°ซ. เนื่องจากพบว่าที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยให้ตะกอนแยกออกจากสารละลายน้ำมันได้ดี หลังจากนั้นทิ้งให้แยกชั้นหนึ่งคืน จึงเทสารละลายน้ำมันชั้นบนออก นำไปกลั่นเอาตัวทำละลายออก ซึ่งตัวทำละลายที่กลั่นออกมาสามารถนำกลับไปใช้ในขบวนการได้อีก ด้วยวิธีนี้จะได้ปริมาณผลผลิตถึงร้อยละ ๖๐-๗๕ และสารอะโรมาติกก็ไม่ถูกทำลายไป น้ำมันที่ได้มีคุณภาพดีพอที่จะนำไปใช้กลั่นต่อเป็นน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานหรือนำไปใช้เป็นน้ำมันเคาလာ ส่วนตะกอนที่แยกออกมาสามารถนำไปทำเป็นสารรวมผิวหน้าถนน (road surfacing agent) หรือใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตโลหะหนักได้ อย่างไรก็ตามวิธีนี้ยังมีข้อเสียคือ มีกรรมวิธีหลายขั้นตอนและตัวทำละลายที่ใช้มีราคาแพง ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตสูง ไม่สามารถแข่งขันด้านราคากับน้ำมันหล่อลื่นที่ผลิตจากน้ำมันดิบโดยตรงได้

๑.๓ การใช้สารละลายเกลือ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพกว่าสองวิธีแรก โดยมีรายละเอียดคือ ใช้สารละลายเกลือบางชนิดที่มีแอนไอออนที่สามารถรวมกับโลหะโคตะกอนที่ไม่ละลายในน้ำอยู่ชั้นล่าง ส่วนน้ำมันอยู่ชั้นบน แต่วิธีนี้มีปัญหาคือ จะเกิดอิมัลชันระหว่างชั้นน้ำมันและน้ำ การแก้ปัญหาข้อนี้อาจทำได้หลายวิธี เช่น ใช้ความดัน ๗๕๐ psi ที่ ๒๖๐°ซ. หรือโดยการละลายน้ำมันให้ใสขึ้นด้วยตัวทำละลายที่มีช่วงจุดเดือด ๓๔-๒๖๐°ซ. หรืออาจใช้แอลกอฮอล์ที่ละลายได้ในน้ำ แต่วิธีแก้ปัญหามลพิษดังกล่าวเสียค่าใช้จ่ายแพง ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง วิธีหนึ่งที่ย่ำและลดต้นทุนการผลิต คือ การเติมสารลดแรงดึงผิว

ลงไปด้วย ซึ่งจะทำให้ชั้นน้ำและน้ำมันแยกออกจากกัน ได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นหลังจากผสมน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว กับสารละลายเกลือที่มีแอนอออน เช่น ออกซาเลท ฟอสเฟต ซัลเฟต โครเมต ฯลฯ แอนอออนพวกนี้ สามารถรวมกับโลหะในน้ำมัน กลายเป็นเกลือของ โลหะที่ไม่ละลายน้ำ ตกตะกอนอยู่ข้างล่าง แล้วจึง แยกชั้นน้ำออกจากชั้นน้ำมันโดยใช้สารลดแรงตึงผิว ช่วยได้ น้ำมันที่แยกออกมาได้นี้จะมีน้ำและปริมาณ โลหะต่ำมาก ตามวิธีนี้เกลือที่ใช้นอกจากจะมีแอนอออนที่สามารถดึงโลหะออกจากน้ำมันได้แล้ว ยังต้องมีแคทอออนที่ปราศจากเด้า เช่น แอมโมเนียม ไฮ-ควาซีน ไฮดรอกซิลลามีน ไฮโครเจน ตัวอย่างสาร ประกอบเกลือที่เหมาะสมสำหรับวิธีนี้ได้แก่ แอม-โมเนียมฟอสเฟตและกรดบางชนิด เช่น กรดออกซาลิก กรดซัลฟูริกเจือจาง ปริมาณและความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ไม่จำกัดนัก เพียงแต่ต้องมีแอนอออนมากเกินไปแก่ปฏิกิริยา นอกจากนี้ยังพบว่าความสามารถ ในการแยกโลหะออกจากน้ำมันจะขึ้นกับความสามารถ ในการละลายของเกลือที่เกิดจากโลหะกับแอนอออน ที่ใช้ ซึ่งถ้ามีความสามารถในการละลายต่ำก็จะเกิด ตะกอนตกออกมามาก ดังนั้นถ้าในน้ำมันมีโลหะหลาย ตัวความสามารถในการละลายของเกลือโลหะจะต่าง กัน จึงจำเป็นต้องใช้แอนอออนหลายตัวช่วยกัน เช่น อาจใช้ซัลเฟตอออนรวมกับออกซาเลทอออน ส่วน สารลดแรงตึงผิวที่ใช้อาจเป็นประเภทอออนนิกหรือ นอนอออนนิกก็ได้ โดยสารลดแรงตึงผิวจะไปช่วย ละลายดีเทอร์เจนต์และสารช่วยกระจายตะกอน (dispersant additive) ที่มีอยู่ในน้ำมันหล่อลื่น ซึ่ง

เป็นตัวทำให้เกิดอิมัลชันระหว่างชั้นน้ำและน้ำมัน พบว่าสารลดแรงตึงผิวที่เหมาะสม คือ เอททอกซีเลด โนนิล แอลกอฮอล์ (ethoxylated nonyl alcohol) ปริมาณที่ใช้คือร้อยละ ๐.๑-๒ โดยปริมาตรของน้ำมัน ส่วนกรรมวิธีการเติมสารลดแรงตึงผิวอาจเติมลงใน น้ำมันก่อนที่จะเติมสารละลายเกลือ หรืออาจจะ ละลายลงในสารละลายเกลือเลยก็ได้

ปฏิกิริยาการเกิดเกลือของโลหะจะเกิดเร็วมากที่ อุณหภูมิปานกลาง แต่เพื่อให้กรรมวิธีง่ายขึ้นจะผสม น้ำมันใช้แล้วและสารละลายเกลือที่อุณหภูมิสูงขึ้น เพราะความหนืดของน้ำมันจะลดลง ทำให้การแยก ชั้นน้ำและน้ำมันเร็วขึ้น พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ ๘๐°ซ. มีตัวอย่างการทดลองขจัดสิ่งไม่พึงประสงค์ ออกจากน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วตามวิธี ๑.๓ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

น้ำมันใช้แล้ว ๘ ลิตร ทำให้อุ่นถึง ๘๐°ซ. แล้วจึงเติมสารละลายเกลือ ๑ ลิตร ซึ่งประกอบด้วย แอมโมเนียม ไฮโครซัลเฟต (ammonium hydrosul- phate) ๔๐ กรัม ไดแอมโมเนียม ฟอสเฟต (diam- monium phosphate) ๔๐ กรัม เอททอกซีเลด โนนิล-แอลกอฮอล์ ๔๐ กรัม กวนน้ำมันและสารละลายเกลือ ให้เข้ากันนานประมาณ ๕ นาที ที่ความดันบรรยากาศ แล้วจึงเทสารผสมลงในเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) เพื่อแยกชั้นน้ำและน้ำมัน ถ้าไม่ใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง จะต้องทิ้งไว้ให้แยกชั้นอย่างน้อย ๒๔ ชั่วโมง เมื่อการ แยกสมบูรณ์แล้ว ชั้นบนจะเป็นน้ำมันใสสีดำ ชั้นล่าง เป็นตะกอน นำทั้งสองชั้นมาตรวจสอบคุณสมบัติ ปฏิกูลผลดังนี้

	Oil	Sledge (on dry basis)
Kinematic viscosity @ 100° C, cSt	14.2	—
Acid no., mg KOH/g.	0.0012	—
Ash, %	0.06	—
Water content, %	less than 0.01	—
Metals :	ppm.	%
lead	80	30.3 %
zinc	2	4.1 %
iron	10	—
nickel	1	—
copper	7	—
chromium	12	—
vanadium	less than 1	—
calcium	—	3.7 %

เนื่องจากน้ำมันที่ได้มีปริมาณน้ำและโลหะต่ำ จึงสามารถนำมากลับเป็นน้ำมันหล่อลื่นต่อไป หรืออาจใช้ผลิตเป็นน้ำมันเตาชนิดที่มีกำมะถัน และจุดไหลเหต่ำ โดยเฉพาะถ้านำน้ำมันไปกลั่นใสสารไฮโดรคาร์บอนที่มีจุดเดือดต่ำออกก่อน ก็จะสามารถนำมาผสมทำเป็นน้ำมันเตาชนิดต่างๆ ได้ เช่น bunker oil หรือ light burning oil

๒. การกลั่นลำดับส่วนภายใต้สูญญากาศ หลังจากที่ได้กำจัดสิ่งไม่พึงประสงค์ออกจากน้ำมันตามวิธีใดวิธีหนึ่งดังกล่าวแล้ว จะต้องนำน้ำมันไปกลั่นลำดับส่วนภายใต้สูญญากาศที่ ๓๗๐-๕๔๐° ซ. เพื่อจัดสิ่งแปลกปลอมอื่น ๆ ที่อาจหลงเหลืออยู่ออกไปอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะได้น้ำมันหล่อลื่น (lubricating oil distillate) ที่มีช่วงความหนืดต่างๆ ดังตัวอย่างที่แสดงในตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑

Viscosity SUS @ 100°F	Yield, %	Distillation condition	
		Temperature, °C	Pressure, mm Hg
71	17	290	5
178	29	190	10×10^{-3}
459	26	270	10×10^{-3}
1082	11	350	10×10^{-3}

๓. การปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสม ได้แก่ การฟอกสี กำจัดกลิ่น และเติมสารเพิ่มคุณภาพ สำหรับ การฟอกสีและกำจัดกลิ่น อาจทำได้หลายวิธี เช่น ใช้วิธี clay-contacting หรือใช้วิธี mild hydrogenation แต่มักนิยมวิธีแรก เนื่องจากต้นทุนการผลิตต่ำกว่า ในการฟอกสีและกำจัดกลิ่นด้วยดินฟอกสี (activated clay) นิยมใช้ดินฟอกสี ๓๘-๖๐ กรัมต่อน้ำมัน ๑ ลิตร ที่อุณหภูมิ ๑๕๓-๒๑๕° ซ. เป็นเวลา ๓๐ นาที ถึง ๓ ชั่วโมง อย่างไรก็ตามไม่ควรทิ้งไว้นานกว่า ๓ ชั่วโมง เพราะจะทำให้ไขมันเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ ซึ่งอาจป้องกันได้โดยการผ่านก๊าซไฮโดรเจน หรือในโครเจนลงในถังฟอกน้ำมันด้วย นอกจากนี้ไม่ควรใช้ดินฟอกสีปริมาณสูงนัก เพราะจะทำให้การสูญเสียเพิ่มขึ้น หลังจากทิ้งไว้ครบตามเวลาแล้ว ต้องรีบกรองเอาดินฟอกสีออก ดินฟอกสีที่นิยมใช้คือ Filtrol

grade 20® หรือ Superfiltrol® หรือ Tonsil® พบว่าสีของน้ำมันที่ฟอกด้วยดินฟอกสีนี้ความเข้มจะลดลงจาก ASTM colour 4-5 เป็น ASTM colour 1-1½

โดยทั่วไปนิยมฟอกสีและกำจัดกลิ่นน้ำมันแต่ละช่วงความหนืดก่อน แล้วจึงนำมาผสมกันเป็นน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน (base stock) หลังจากนั้นจึงนำมาเติมสารเพิ่มคุณภาพชนิดต่าง ๆ และสารปรับปรุงค่าดัชนีความหนืด (viscosity index) จะได้น้ำมันหล่อลื่นที่มีคุณสมบัติทัดเทียมกับน้ำมันหล่อลื่นที่ผลิตจากน้ำมันดิบโดยตรง

จากการทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่กลั่นจากน้ำมันใช้แล้ว (re-refined base stock) เปรียบเทียบกับน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่กลั่นจากน้ำมันดิบ (refined base stock) ได้ผลตามตารางที่ ๒

ตารางที่ ๒

Property	Refined base stock no. 1	Refined base stock no. 2	Re-refined base stock no. 3	Re-refined base stock no. 4
Viscosity				
SUS @ 100 °F	179	144.3	165.5	182.9
@ 210 °F	44.7	42.5	44.2	45.6
cSt @ 100 °F	38.3	30.6	35.3	39.1
@ 210 °F	5.6	4.9	5.5	5.9
Viscosity index	91	92	99.8	103
Acid number, mg KOH/g	0.0	0.0	0.0	0.0
Carbon residue, %	not analyzed	not analyzed	0.23	0.23
Ash %	0.00	0.00	0.00	0.00
Aniline point, °F	217.0	217.7	218.1	220.0
Copper corrosion	1 a	1 a	1 a	1 a

และเมื่อนำไปทดสอบกับเครื่องยนต์ ตามการทดสอบ
ขั้น IIC (Engine test sequence IIC) เพื่อทดสอบการ
เกิดสนิมของเครื่องยนต์ เมื่อใช้งานในช่วงการเดิน

ทางสั้นๆ ในฤดูหนาวของสหรัฐอเมริกา โดยมีคะแนน
ความสะอาดเต็ม ๑๐ ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ ๓

ตารางที่ ๓

Rating Parameter	Test limit	Refined oil	Re-refined oil no. 1	Re-refined oil no. 2
Rust	8.4	8.91	7.71	8.45

จากการเลือกวิธีขจัดสิ่งไม่พึงประสงค์ในน้ำมัน
หล่อลื่นใช้แล้วให้เหมาะสม เช่นวิธี ๑.๓ ซึ่งเป็น
กรรมวิธีที่ใช้เครื่องมือที่ง่ายและใช้สารเคมีในปริมาณ
น้อย จะสามารถนำน้ำมันที่ได้ไปใช้แทนน้ำมันเคา
หรือนำไปผลิตน้ำมันหล่อลื่นจากน้ำมันใช้แล้ว ให้ได้

ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงแต่ต้นทุนต่ำ สามารถแข่งขัน
ด้านราคากับน้ำมันที่ผลิตจากน้ำมันดิบโดยตรงได้ ซ้ำ
ยังเป็นการช่วยประหยัดน้ำมันดิบไม่ให้ถูกขูดชั้นมาใช้
เร็วเกินกว่าที่ธรรมชาติจะสร้างใหม่ได้ทัน

เอกสารอ้างอิง

- 1) Salusinszky, Andor L. Treating used hydrocarbon lubricating oils, US 4,250,021 Feb. 10, 1981
- 2) Whisman, Marvin L. et al. (U.S. Dept. of Energy) Process for preparing lubricating oil from used waste lubricating oil, US 4,073,719 Feb 14, 1978

