บทที่ 2

วิธีการทดลองและผลการทดลอง

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Infrared spectrophotometer (IR) รุ่น 810 ของบริษัท Jasco
2. เตาอบ carbolite รุ่น Eurotherm 808P England
3. เครื่องวัดความหนืด Saybolt viscometer ของบริษัท Stanhope Seta England
4. กล้องจุลทรรศน์ถ่ายรูป Olympus รุ่น C011 Japan
5. Gas chromatography – Mass spectrum (GC – MS) รุ่น QP 2000A ของบริษัท Shimadzu

2.2 สารเคมี

1. activated charcoal ของบริษัท Merck Germany
2. ethyl acetate ของบริษัท J.T. Baker U.S.A.
3. clay (kieselguhr)
4. polypropylene ของบริษัท Fluka
5. methyl methacrylate ของบริษัท Fluka
6. isoprene ของบริษัท Fluka

2.3 น้ำมันเครื่องที่ใช้ในการทดลอง

1. น้ำมันเครื่องที่ใช้แล้วจากปั๊ม
2. น้ำมันเครื่องที่ใช้แล้วจากอู่ซ่อมรถ
3. น้ำมันเครื่องที่ใช้แล้ว ยี่ห้อ Penzoil เบอร์ 40
4. น้ำมันเครื่องที่ใช้แล้ว ยี่ห้อ Esso เบอร์ 20 W/50
5. น้ำมันเครื่องที่ใช้แล้วยี่ห้อ Castrol เบอร์ 40
6. น้ำมันเครื่องที่ยังไม่ได้ใช้ยี่ห้อ Penzoil เบอร์ 40
7. น้ำมันเครื่องที่ยังไม่ได้ใช้ยี่ห้อ Esso เบอร์ 20 W / 50
8. น้ำมันเครื่องที่ยังไม่ได้ใช้ยี่ห้อ Castrol เบอร์ 40

2.4 การทดลองและผลการทดลอง

2.4.1 การตรวจสอบน้ำในน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว

นำน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว ตัวอย่างที่ 1 – 8 (ในหัวข้อ 2.3) ซึ่งมีสีดำสนิท มีลักษณะข้นหนืดมากกลั่นโดยใช้วิธี ASTM D 95 เพื่อทดสอบว่าในน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วมีน้ำผสมอยู่หรือไม่ ซึ่งถ้ามีน้ำผสมอยู่ก็จะได้ทำการกำจัดน้ำออกจากน้ำมันก่อนที่จะทำการทดลองในขั้นอื่นต่อไป โดยใช้ความร้อนประมาณ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ผลที่ได้ ดังตาราง 2.1 และทำการกลั่นน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วแบบลดความดัน เหลือ 1.3 บาร์ แต่ไม่ได้ผลิตภัณฑ์ใด ๆ เลยแต่จะเกิดก๊าซที่มีกลิ่นเหม็น

ตาราง 2.1 แสดงผลที่ได้จากการกลั่นน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว

น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว	ผลที่ได้
1	มีไอน้ำเกาะในขวดสารตัวอย่าง
2	มีไอน้ำเกาะในขวดสารตัวอย่าง
3	มีไอน้ำเกาะในขวดสารตัวอย่าง
4	มีไอน้ำเกาะในขวดสารตัวอย่าง
5	มีไอน้ำเกาะในขวดสารตัวอย่าง
6	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
7	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
8	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

(หมายเหตุ น้ำมัน 1 – 5 เป็นน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว, 6 – 8 เป็นน้ำมันหล่อลื่นที่ยังไม่ได้ใช้)

จะเห็นได้ว่าในน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วจะมีน้ำผสมอยู่ด้วยเล็กน้อย ซึ่งไม่สามารถกลั่นแยกออกมาได้ ดังนั้นในขั้นตอนการทำให้น้ำมันบริสุทธิ์จึงไม่ได้ทำการกำจัดน้ำออก

2.4.1.2 การกลั่นน้ำมันหล่อลื่นที่ปรับปรุงแล้ว

น้ำมันหล่อลื่นที่ทำการปรับปรุงแล้ว (ในข้อ 2.4.2) มากลั่นแบบธรรมดาที่ 150 ^{0}C เพื่อศึกษาว่าน้ำมันหล่อลื่นที่ทำการปรับปรุงมีน้ำผสมอยู่หรือไม่ ผลการทดลองพบว่าไม่มีน้ำเหลืออยู่ในน้ำมันหล่อลื่นที่ทำการปรับปรุงแล้ว ดังตาราง 2.2

ตาราง 2.2 ผลการกลั่นน้ำมันหล่อลื่นที่ปรับปรุงแล้ว

ชนิดน้ำมันหล่อลื่นที่ปรับปรุงแล้ว	ผลการทดลอง
น้ำมันหล่อลื่นที่ปรับปรุงแล้วจากปั๊มน้ำมัน	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (ไม่มีไอน้ำ)
น้ำมันหล่อลื่นที่ปรับปรุงแล้วจากอู่ซ่อมรถ	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (ไม่มีไอน้ำ)
น้ำมันหล่อลื่นที่ปรับปรุงแล้วยี่ห้อ Esso	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (ไม่มีไอน้ำ)
น้ำมันหล่อลื่นที่ปรับปรุงแล้วยี่ห้อ Penzoil	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (ไม่มีไอน้ำ)
น้ำมันหล่อลื่นที่ปรับปรุงแล้วยี่ห้อ Castrol	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (ไม่มีไอน้ำ)

2.4.2 กำจัดสิ่งสกปรกและปรับปรุงสีในน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว

2.4.2.1 กำจัดสิ่งสกปรกโดยการตกตะกอน

นำน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วซึ่งไม่ได้กลั่นเอาน้ำออกมากำจัดสิ่งสกปรกโดยวิธีการตกตะกอนด้วยตัวทำละลาย ดังนั้นเพื่อหาว่าสิ่งสกปรกในน้ำมันหล่อลื่นตกตะกอนด้วยตัวทำละลายชนิดใดโดยใช้น้ำมันหล่อลื่น 100 gm ละลายด้วยตัวทำละลาย 100 cm^3 คนสารละลายให้เข้ากันทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง ซึ่งผลการทดลองที่ได้ ดังตาราง 2.3

ตาราง 2.3 แสดงตัวทำละลายที่เหมาะสมในการตกตะกอนของสิ่งสกปรก

ชนิดตัวทำละลาย	ผลที่ได้ (ดูด้วยสายตา)
1. dichloromethane	ไม่ตกตะกอน
2. ethyl acetate	ตกตะกอน
3. hexane	ไม่ตกตะกอน
4. cyclohexan	ไม่ตกตะกอน
5. n – pentane	ตกตะกอนน้อยมาก
6. toluene	ไม่ตกตะกอน
7. ethanol	ไม่ตกตะกอน
8. methanol	ไม่ตกตะกอน
9. acetone	ไม่ตกตะกอน

พบว่าเมื่อใช้ ethyl acetate เป็นตัวทำละลาย สิ่งสกปรกในน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วส่วนหนึ่งจะตกตะกอน ซึ่งตะกอนที่ได้จะมีลักษณะเหนียวหนืด สีดำสนิทเหมือนยางมะตอยติดอยู่ที่ก้นภาชนะ ซึ่งเมื่อระเหย ethyl acetate ออก จะได้ปริมาณส่วนที่ตกตะกอน 21.07 gm ดังนั้นในการทดลองจึงใช้ ethyl acetate เป็นตัวทำละลายในการตกตะกอนของสิ่งสกปรกในน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว

2.4.2.2 ปรับปรุงสีน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว

นำน้ำมันหล่อลื่นในข้อ 2.4. 2.1 ซึ่งตกตะกอนด้วย ethyl acetate แล้ว รินเอาส่วนที่เป็นสารละลายซึ่งมีสีน้ำตาลเข้มมาบำบัดด้วยเคลย์ (kieselguhr) 20 เปอร์เซ็นต์ โดยคนให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 30 นาที นำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 โดยวิธี suction ซึ่งสารละลายที่ได้จะมีสีน้ำตาลเหลือง นำมาบำบัดต่อด้วยผงถ่านกัมมันต์ 10 เปอร์เซ็นต์ คนให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 30 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 โดยวิธี suction ได้สารละลายที่มีสีเหลือง นำไประเหยเอา ethyl acetate ออกภายใต้ความดันต่ำ ได้น้ำมันหล่อลื่นที่มีสีเหลืองน้ำตาลอ่อน คิดเป็น 71.89 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว 1 เมื่อนำมาทำให้บริสุทธิ์ได้ผลดังตาราง 2.4

ตาราง 2.4 แสดงเปอร์เซ็นต์น้ำมันหล่อลื่นที่ได้หลังจากปรับปรุงสี

ครั้งที่	น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว (gm)	ethyl acetate (cm^3)	clay (gm)	Charcoal (gm)	น้ำมันหล่อลื่นที่ได้ (gm)
1	100	100	20	10	70.92
2	100	100	20	10	69.87
3	100	100	20	10	74.90
เฉลี่ย					71.89

2.4.2.3 เปรียบเทียบสีของน้ำมันหล่อลื่น

นำน้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ Esso, Penzoil, Castrol ที่ใช้แล้ว ที่ทำการปรับปรุงและที่ยังไม่ได้ใช้มาเปรียบเทียบสี ซึ่งปรากฏว่าน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้งานแล้วจะมีสีดำสนิท เมื่อนำมาปรับปรุงจะให้สีที่เข้มกว่าน้ำมันหล่อลื่นที่ยังไม่ใช้เล็กน้อย แสดงในรูป 2.1, 2.2, 2.3

ใหม่ ปรับปรุง ใช้แล้ว

รูป 2.1 สีของน้ำมันหล่อลื่น ยี่ห้อ Esso

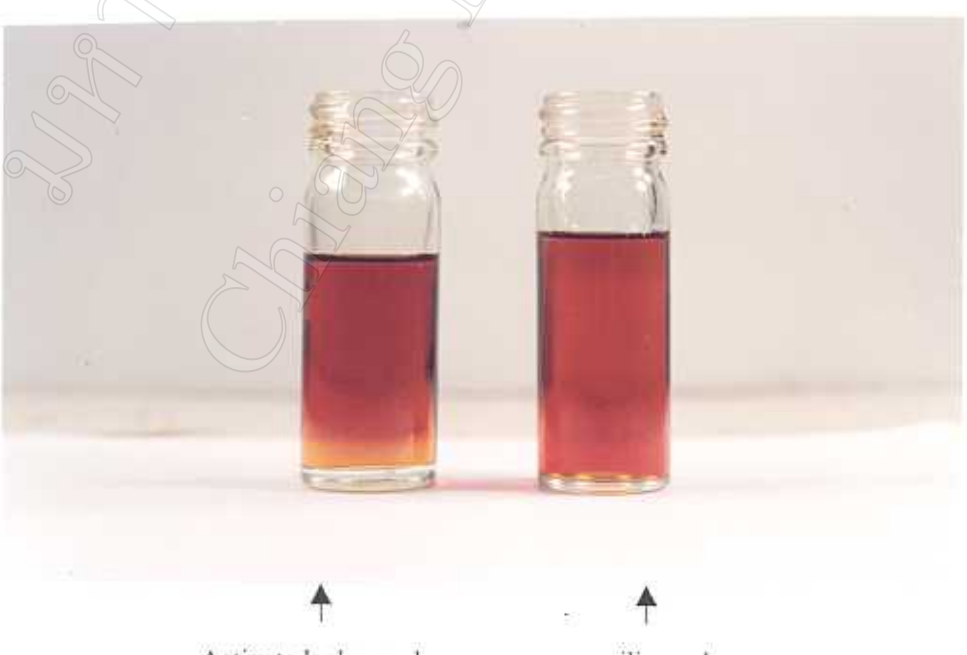
ใหม่ ปรับปรุง ใช้แล้ว

รูป 2.2 สีของน้ำมันหล่อลื่น ยี่ห้อ Penzoil

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

รูป 2.3 สีของน้ำมันหล่อลื่น ยี่ห้อ Castrol

นำน้ำมันหล่อลื่นที่ปรับปรุงโดยใช้ activated charcoal – clay (ในข้อ 2.4.2.2 หน้า 31) และใช้ silica gel เป็นตัวดูดซับ (ในข้อ 2.4.3.1 หน้า 36) นำมาเปรียบเทียบสีว่าวิธีใดจะให้สีที่ดีกว่า ปรากฏว่าทั้ง 2 วิธี สีที่ได้นั้นใกล้เคียงกัน แสดงในรูป 2.4



รูป 2.4 เปรียบเทียบสีของน้ำมันหล่อลื่นที่ปรับปรุงโดยวิธีต่างๆ

2.4.2.4 ตรวจสอบผงคาร์บอนในน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์

นำน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ทำการปรับปรุงแล้วโดยวิธีที่ใช้ activated charcoal – clay (หัวข้อ 2.4.2 หน้า 30) และที่ใช้ silica gel (ในข้อ 2.4.3 หน้า 36) มาศึกษาดูว่าน้ำมันที่ปรับปรุงนั้นมีผงถ่านคาร์บอน หรือมีสิ่งสกปรกเหลืออยู่หรือไม่ โดยนำมาตรวจดูด้วยเครื่องจุลทรรศน์ถ่ายรูป ซึ่งใช้กำลังขยายในกล้องถ่ายรูป 3.3 เท่า และเลนส์ใกล้วัตถุ (objective lens) ที่มีกำลังขยาย 100 เท่า ทำการศึกษาโดยเปรียบเทียบกับน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ใช้งานแล้ว และที่ยังไม่ได้ใช้งาน (ใช้ยี่ห้อ Esso) ผลการศึกษาพบว่าในน้ำมันหล่อลื่นที่ผ่านการใช้งานแล้วจะมีสิ่งสกปรกหรือผงคาร์บอนกระจายอยู่ในน้ำมัน ส่วนน้ำมันหล่อลื่นที่ปรับปรุงแล้ว และที่ยังไม่ได้ใช้งานจะไม่มีผงคาร์บอนปรากฏอยู่ แสดงดังรูป 2.5, 2.6, 2.7, 2.8

รูป 2.5 การตรวจสอบผงคาร์บอนในน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้งานแล้วโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ถ่ายรูป

รูป 2.6 การตรวจสอบผงคาร์บอนในน้ำมันหล่อลื่นที่ปรับปรุงแล้วโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ถ่ายรูป (โดยวิธี activated charcoal – clay)

รูป 2.7 การตรวจสอบผงคาร์บอนในน้ำมันหล่อลื่นที่ปรับปรุงแล้วโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ถ่ายรูป (โดยวิธี silica gel)

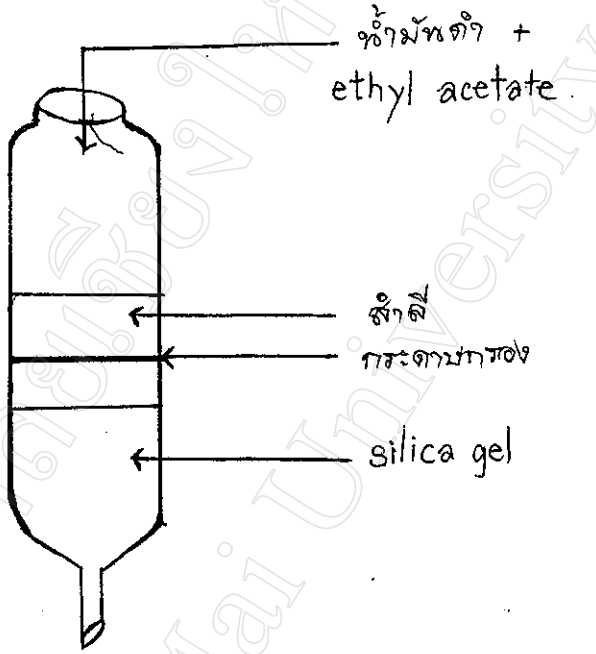
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

รูป 2.8 การตรวจสอบผงคาร์บอนในน้ำมันหล่อลื่นที่ยังไม่ได้ใช้งานโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ถ่ายรูป

2.4.3 การตรวจสอบผงโลหะในน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว

2.4.3.1 การเตรียมสารตัวอย่าง

นำน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว 40 gm ละลายด้วย ethyl acetate 40 cm^3 คน สารละลายให้เข้ากันแล้วผ่านสารละลายน้ำมันลงไปในคอลัมน์ ซึ่งคอลัมน์เตรียมโดยใช้ silica gel สำหรับ TLC 40 gm เป็นตัวดูดซับซึ่งใช้กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 กั้นระหว่าง silica gel และสำลีโดยใช้สำลี 0.6070 gm เป็นตัวซับแสดงในรูป 2.9 และกรองผงโลหะที่คาดว่าจะมีอยู่ในน้ำมันที่ใช้แล้ว ซึ่งน้ำมันที่กรองออกมาได้จะมีสีเหลือง และส่วนที่ติดอยู่ที่สำลีจะมีลักษณะสีดำ นำมาอบที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อให้สำลีแห้งสนิท เก็บใน desicator แล้วนำมาชั่งน้ำหนักได้ส่วนที่เป็นตะกอน 0.4825 gm (สำลี + ตะกอน หนัก 1.0895 gm)



รูป 2.9 วิธีเตรียมตะกอนของผงโลหะในน้ำมันที่ใช้แล้ว

2.4.3.2 การตรวจสอบผงโลหะด้วยวิธีเผาไหม้

นำตะกอนที่เตรียมได้ในข้อ 2.4.3.1 มาเผาทั้งสำลี โดยเผาด้วยตะเกียง bunsen ครั้งละ 20 นาที 3 ครั้ง แล้วนำไปเผาต่อด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 800 ^{0}C 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน desicator ชั่งน้ำหนักที่ได้แล้วนำไปเผาซ้ำจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ โดยเปรียบเทียบกับสำลีที่ใหม่ ซึ่งผลการทดลองที่ได้เป็นดังตาราง 2.5

ตาราง 2.5 ผลการทดสอบผงโลหะด้วยวิธีการเผา

ชนิด	น้ำหนักสารที่คงเหลือ (gm)					
	เริ่มต้น	เผาด้วย Bunsen			เผาด้วยเตาอบ 800 ^{0}C	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1. Standard (สำลีใหม่)	0.6070	0.0031	0.0012	0.0006	0.0002	0.0002
2. Sample (สำลี + ตะกอน)	1.0895 (0.6070+0.4825)	0.1024	0.0908	0.0876	0.0562	0.0561

จากการนำสำลีที่มีตะกอนปนเปื้อน (sample) มาเผาเพื่อทดสอบว่ามีผงโลหะอยู่หรือไม่ โดยเผาเปรียบเทียบกับสำลีที่ยังใหม่ (standard) ซึ่งพบว่าสำลีที่ใหม่จะเกิดการเผาไหม้เกือบหมดคงเหลืออยู่น้อยมาก เพียง 0.0002 gm คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ดังนี้

$$\% \text{ สำลีที่เผาไหม้ไม่หมด (standard)} = \frac{0.0002 \times 100}{0.6070}$$

$$= 0.33\ \%$$

ส่วนสำลีที่มีตะกอนปนเปื้อน (sample) จะเผาไหม้ไม่หมด ซึ่งมีสีเทา + ขาว คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ดังนี้

น้ำหนักของสิ่งสกปรกในน้ำมัน = 1.0895 – 0.6070

= 0.4825 gm

น้ำหนักของตะกอนที่เกิดจากสิ่งสกปรกที่อาจเป็นโลหะออกไซด์

= 0.0561 – 0.0002

= 0.0059 gm

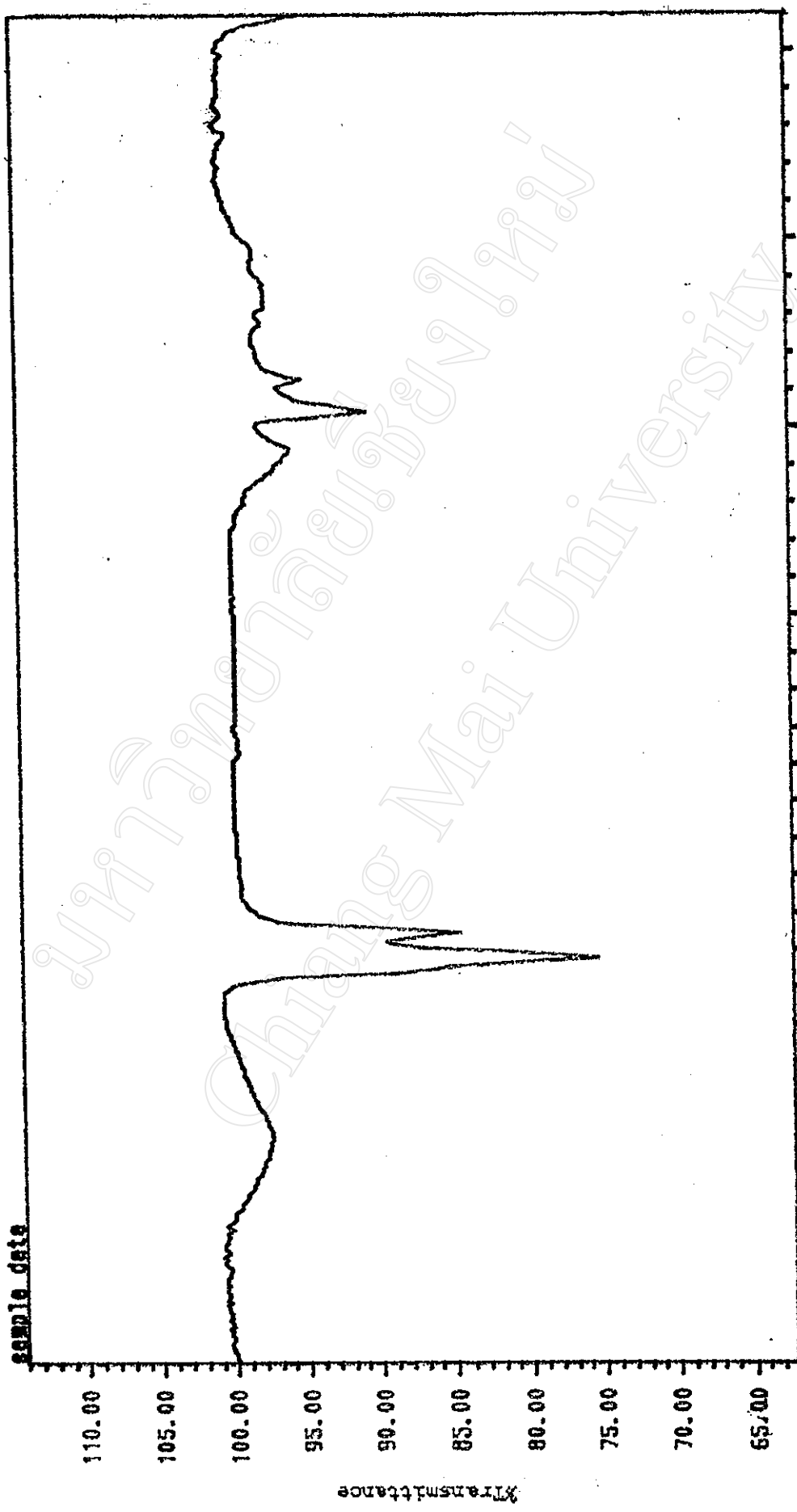
คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ $= \frac{0.0059 \text{x} 100}{0.4825}$

= 11.6%

2.4.3.3 วิเคราะห์ด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ (Infrared spectrometer) เพื่อแสดงว่าตะกอนที่ได้ คือโลหะออกไซด์

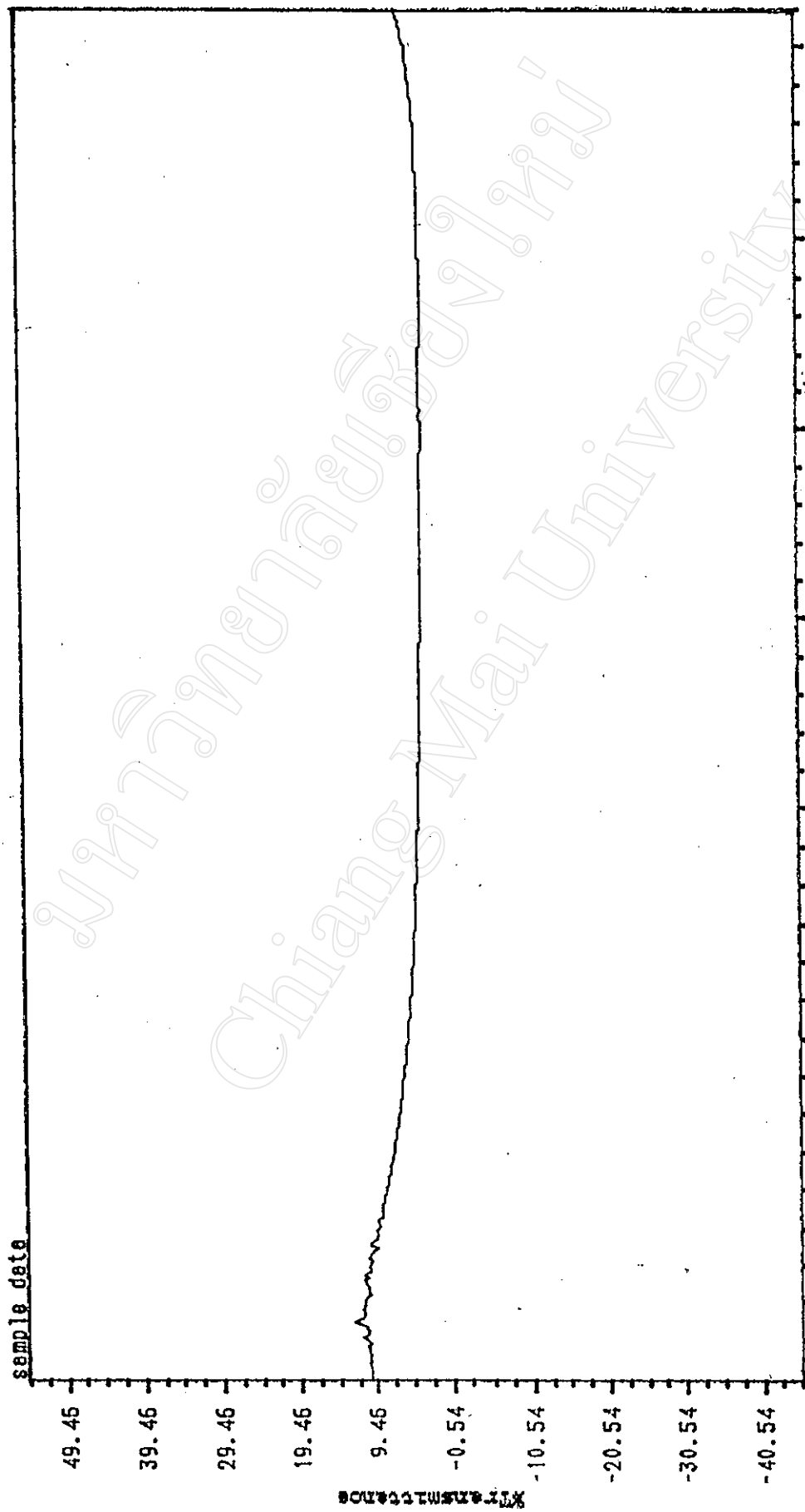
นำตะกอนที่ติดอยู่บนสำลีที่ได้จากการเตรียมในข้อ 2.4.3.1 มาวิเคราะห์โดยใช้ NaCl – cell (ใช้ทาบน NaCl – cell) ผลการวิเคราะห์ แสดงในรูป 2.10 และนำตะกอนที่เผาไหม้ไม่หมดมาวิเคราะห์โดยใช้ KBr disc ผลการวิเคราะห์ แสดงในรูป 2.11

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University



รูปที่ 2.10 IR spectrum ของตะกอนในน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University



รูปที่ 2.11 IR spectrum ของตะกอนที่เผาไหม้ไม่หมดจากน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

2.4.4 การตรวจสอบหาสิ่งที่ไม่ละลาย (Insoluble) ในตัวทำละลายอินทรีย์

ในการวิเคราะห์หาสิ่งที่ไม่ละลาย (insoluble) จะใช้วิธี ASTM P 893 โดยนำน้ำมันหล่อลื่นตัวอย่างมา 5 gm ละลายด้วย pentane หรือ n – heptane 10 cm^3 คนสารละลายให้เข้ากัน แล้วนำมา centrifuge ด้วยเครื่อง centrifuge ด้วยความเร็วสูงเป็นเวลา 30 นาที ซึ่งสารตัวอย่างที่ใช้ คือ

1. น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วจากปั๊ม
2. น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วจากอู่ซ่อมรถ
3. น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วยี่ห้อ Penzoil
4. น้ำมันหล่อลื่นจากปั๊มที่ทำการปรับปรุงแล้ว
5. น้ำมันหล่อลื่นจากอู่ซ่อมรถที่ทำการปรับปรุงแล้ว
6. น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ Penzoil ที่ทำการปรับปรุงแล้ว
7. น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ Penzoil ที่ยังไม่ได้ใช้

ผลการทดสอบแสดงในตาราง 2.6

ตาราง 2.6 ผลการวิเคราะห์หา Insoluble โดยวิธีการ centrifuge

ชนิดน้ำมันหล่อลื่น	ผลการทดลอง
1	ตกตะกอน 14.6 %
2	ตกตะกอน 14.5 %
3	ตกตะกอน 14.4 %
4	ไม่ตกตะกอน
5	ไม่ตกตะกอน
6	ไม่ตกตะกอน
7	ไม่ตกตะกอน

เมื่อ centrifuge แล้วรินเอาสารละลายส่วนบนทิ้งไป พบว่าน้ำมันหล่อลื่นชนิด 1-3 จะมีส่วนที่เป็นตะกอนติดอยู่ที่ก้นหลอด centrifuge ทิ้งไว้ให้ตัวทำละลายระเหย นำตะกอนที่ได้มาชั่งและคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 14.5 % 14.5 % และ 14.4 % ตามลำดับ

2.4.5 ทดสอบค่าความเป็นกรด (Total Acid Number)

ทำการทดสอบความเป็นกรด ของน้ำมันหล่อลื่นที่ทำการปรับปรุงแล้ว เทียบกับน้ำมันหล่อลื่นที่ยังไม่ได้ใช้งานโดยใช้วิธี ASTM D 974 (ใช้สำหรับน้ำมันที่ไม่ทึบแสง) ซึ่งจะเป็นการไตเตรต เพื่อคำนวณหาปริมาณ โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ ในน้ำมัน 1 gm

ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น

1. น้ำมันหล่อลื่นจากปั๊มที่ทำการปรับปรุงแล้ว
2. น้ำมันหล่อลื่นจากอู่ซ่อมรถที่ทำการปรับปรุงแล้ว
3. น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ Penzoil ที่ทำการปรับปรุงแล้ว
4. น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ Penzoil ที่ยังไม่ได้ใช้งาน

ก. การเตรียมตัวอย่างน้ำมัน

สารตัวอย่างทุกตัวอย่างก่อนนำมาใช้ในการไตเตรตต้องนำไปต้มที่อุณหภูมิ 60 – 65 องศาเซลเซียส และคนสารละลายตลอดเวลา ด้วย magnetic sterrer

ข. การเตรียม Titration Solvent

ใช้สารละลาย toluene ปริมาตร 500 cm^3 ละลายใน anhydrous isopropyl alcohol ปริมาตร 495 cm^3 เติมน้ำกลั่นลงไป ปริมาตร 5 cm^3 คนสารละลายให้ให้เป็นเนื้อเดียวกัน

ค. การเตรียม Standard alcoholic Potassium Hydroxide Solution (0.1 M)

เตรียมโดยใช้ Potassium hydroxide (Solid KOH) 6 g ละลายใน anhydrous isopropyl alcohol ปริมาตร 1 ลิตรนำมาให้ความร้อนอ่อนๆ เป็นเวลา 10 – 15 นาที คนสารละลายตลอดเวลาด้วย magnetic stirrer จากนั้น เติม bariumhydroxide ($Ba(OH)_2$) 2 gm ให้ความร้อนอ่อนๆ อีก 5 – 10 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องหลายๆ ชั่วโมง แล้วนำมากรองด้วย sintered – glass เก็บไว้ในขวดพลาสติก ก่อนนำมาใช้ต้องนำมาหาความเข้มข้นที่แน่นอน (standardized) ด้วย potassium acid phthalate

ง. การเตรียมสารละลาย Potassium Acid Phthalate (KHP)

อบ KHP ที่ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน desicator จากนั้นชั่ง KHP 0.7000 gm ละลายด้วยน้ำกลั่นต้ม ปริมาตร 50 cm^3

คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลาย KHP

KHP มี M.W. = 204.22

$$\text{จะมีเนื้อกรด} = \frac{0.7000}{204.22}$$

$$= 3.43 \times 10^{-3} \text{ mole}$$

สารละลาย 50 cm^3 มี KHP = 3.43×10^{-3} mole

ถ้าสารละลาย 1000 cm^3 มี KHP = $\frac{3.43 \times 10^{-3}}{50} \times 1000$

∴ สารละลาย KHP มีความเข้มข้น = 0.0686 M

จ. วิธีเตรียม Phenolphthalein indicator

ละลาย phenolphthalein 1 g ใน ethanol 60 cm^3 แล้วทำให้เจือจางเป็น 100 cm^3

ฉ. การเตรียม p – napthobenzein indicator

ละลาย p – naptholbenzein 1.0 g ใน titration solvent 100 cm^3

2.4.5.1 หาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย standard alcoholic potassium hydroxide ด้วย สารละลาย potassium acid phthalate (KHP)[35]

$$HK(C_8H_4O_4) + KOH \rightarrow NaK(C_8H_4O_4) + H_2O$$

นำสารละลาย KHP ซึ่งมีความเข้มข้น 0.0686 M ปริมาตร 50 cm^3 มาไตรเตรตกับสารละลาย standard alcoholic potassium hydroxide โดยใช้ phenolpthalein เป็น indicator ไตเตรต จนได้สีชมพู ผลที่ได้ แสดงดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 แสดงปริมาตรของการ ไตเตรต KHP ด้วย KOH

ครั้งที่	ปริมาตรของ KOH ใน burette (cm^3)		
	เริ่มต้น	สุดท้าย	ใช้ไป
1	0.00	42.50	42.50
2	0.00	42.48	42.48
3	0.00	42.47	42.47
เฉลี่ย			42.48

C_1 = ความเข้มข้นของ KOH (M) = ?

V_1 = ปริมาตรของ KOH (cm^3) = 42.48 cm^3

C_2 = ความเข้มข้นของ KHP (M) = 0.0686 M

V_2 = ปริมาตรของ KHP (cm^3) = 50.00 cm^3

สูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

แทนค่าในสูตร จะได้

$$C_1 \times 42.48 = 0.0686 \times 50$$

$$C_1 = \frac{0.0686 \times 50}{42.48}$$

$$= 0.0777 \text{ M}$$

∴ สารละลาย standard alcoholic potassium hydroxide มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.0777 M

5.4.5.2 ไตเตรตสารละลายตัวอย่างน้ำมันด้วย สารละลาย standard alcoholic potassium hydroxide

ชั่งตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่เตรียมไว้ในข้อ 2.4.5 มา 20 gm นำมาละลายด้วย titration solvent ซึ่งเตรียมตามข้อ 2.4.5 (ข) ปริมาตร 100 cm^3 เติม p-naptholbenzein indicator 0.5 cm^3 ไตเตรตด้วยสารละลาย standard alcoholic potassium hydroxide จนกระทั่งสีของ indicator เปลี่ยนจากสีส้มเป็นสีเขียว-น้ำตาล (สีส้มในกรด, สีเขียว-น้ำตาลในเบส) โดยในแต่ละตัวอย่างจะไตเตรต 3 ครั้ง และไตเตรตเทียบกับ blank ผลที่ได้แสดงในตาราง 2.8 และทำการทดลองในทำนองเดียวกัน แต่ใช้ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น 2 gm ผลที่ได้แสดงในตาราง 2.9

ตาราง 2.8 ปริมาตรของการไตเตรตสารละลายน้ำมันหล่อลื่น 20 gm ด้วย สารละลาย standard alcoholic potassium hydroxide

ปริมาตรของสารละลาย KOH ใน burette (cm^3)	ชนิดของสารละลายน้ำมันหล่อลื่น														
	ตัวอย่างที่ 1			ตัวอย่างที่ 2			ตัวอย่างที่ 3			ตัวอย่างที่ 4			Blank		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
เริ่มต้น	15.00	25.00	35.00	0.00	9.00	18.50	30.00	40.00	0.00	0.40	4.70	9.00	0.10	0.16	0.25
สุดท้าย	24.60	34.65	34.62	9.00	18.10	27.55	38.40	48.45	8.44	4.65	8.90	13.24	0.16	0.23	0.32
ใช้ไป	9.60	9.65	9.62	9.00	9.10	9.05	8.40	8.45	8.44	4.25	4.20	4.24	0.06	0.07	0.07
เฉลี่ย	9.62			9.05			8.43			4.23			0.06		

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตาราง 2.9 ปริมาตรของการไตเตรตสารละลายน้ำมันหล่อลื่น 2 gm ด้วย สารละลาย standard alcoholic potassium hydroxide

ปริมาตรของสารละลาย KOH ใน burette (cm^3)	ชนิดของสารละลายน้ำมันหล่อลื่น														
	ตัวอย่างที่ 1			ตัวอย่างที่ 2			ตัวอย่างที่ 3			ตัวอย่างที่ 4			Blank		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
เริ่มต้น	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	0.00	0.60	1.20	0.10	0.16	0.25
สุดท้าย	2.96	3.98	4.95	5.92	6.90	7.94	8.82	9.80	10.84	0.55	1.20	1.77	0.16	0.23	0.32
ใช้ไป	0.96	0.98	0.95	0.92	0.90	0.94	0.82	0.80	0.84	0.55	0.60	0.57	0.06	0.06	0.07
เฉลี่ย	0.96			0.92			0.82			0.57			0.06		

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

2.4.5.3 คำนวณค่า Total Acid Number (TAN)

TAN คือ จำนวนมิลลิกรัมของ KOH ที่ใช้ในการสะเทินกรดในน้ำมันหล่อลื่น 1 gm น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่นำมาใช้นั้นควรมีค่า Total acid number (TAN) ไม่ควรเกิน 2.5 ซึ่งมีสูตรในการคำนวณ คือ

$$\text{Total Acid Number, mg of KOH / g} = [(A - B)\,M \times 56.1\,] / W$$

ซึ่ง A = ปริมาตรของสารละลาย KOH ที่ใช้ในการไตเตรตสารตัวอย่าง (cm^3)

B = ปริมาตรของสารละลาย KOH ที่ใช้ในการไตเตรต blank (cm^3)

M = ความเข้มข้นของสารละลาย KOH (M)

W = น้ำหนักของสารตัวอย่าง (gm)

56.1 = มวลโมเลกุลของ KOH

ตัวอย่างการคำนวณค่า Total Acid Number

เช่น สารตัวอย่างที่ 1 ชั่งมา 20 g

A = 9.62 cm^3

B = 0.06 cm^3

M = 0.0777 M

W = 20 gm

$$\text{Total Acid Number (mg of KOH / gm)} = [(A - B)\,M \times 56.1\,] / W$$

แทนค่า $= [(9.62 - 0.06)\,0.0077 \times 56.1\,] / 20$

$= [(9.56 \times 0.0777) \times 56.1\,] / 20$

$$= \frac{0.7428 \times 56.1}{20}$$

$\therefore$ TAN = 2.08

ตาราง 2.10 ค่า Total Acid Number (TAN) จากการไตเตรต น้ำมันหล่อลื่นตัวอย่าง ด้วย สารละลาย KOH

ชนิดของ น้ำมันหล่อลื่น	ค่า TAN เมื่อใช้ สารตัวอย่าง, 20 gm	ค่า TAN เมื่อใช้ สารตัวอย่าง, 2 gm	ค่า TAN เฉลี่ย
น้ำมันหล่อลื่นปรับปรุงจากปั๊มน้ำมัน	2.08	1.96	2.02
น้ำมันหล่อลื่นปรับปรุงจากอู่ซ่อมรถ	1.96	1.87	1.92
น้ำมันหล่อลื่นปรับปรุงจากยี่ห้อ penzoil	1.82	1.48	1.65
น้ำมันหล่อลื่นปรับปรุงจากยี่ห้อ penzoil (ใหม่)	0.91	1.11	1.01

2.4.6 ทดสอบด้านความหนืด (Viscosity test)

ความหนืด (viscosity) คือ ความต้านทานการไหลของน้ำมันโดยวัดที่อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่ง น้ำมันที่มีความหนืดต่ำจะไหลง่ายแต่เยื่อหล่อลื่นก็บางมากด้วย สำหรับน้ำมันที่มีความหนืดสูงจะไหลยากแต่จะมีเยื่อหนากว่า หรือแข็งแรงกว่าน้ำมันที่มีความหนืดต่ำ ซึ่งหน่วยความหนืดมีหลายระบบ แต่ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้หน่วยสากล ซึ่งมีหน่วยเป็นเซนติสโตก (cSt) และวัดที่อุณหภูมิ 40 ^{0}C (100 ^{0}F) และ 100 ^{0}C (210 ^{0}F)

ซึ่งในการวัดความหนืดของน้ำมันหล่อลื่น ในการทดลองครั้งนี้ใช้เครื่อง Saybolt Viscometer ซึ่งมีหน่วยเป็น Saybolt Universal Second, S.U.S (ดูรูป 2.12)

Saybolt Viscometer เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการหาค่าความหนืดจลน์ (kinematic viscosity) ที่หาได้จากเครื่องโดยตรง ซึ่งเป็นการจับเวลาการไหลของของไหล อุณหภูมิคงที่จากภาชนะทรงกระบอกของเครื่อง ผ่าน Orifice ลงสู่ขวดมาตราฐาน 60 cm^{3} เวลาที่จับได้ดังกล่าวมีหน่วยเป็นวินาที (second) เรียกว่า Saybolt Universal Second (S.U.S) ซึ่งสามารถคำนวณได้ 5 วิธี คือ

วิธีที่ 1 จากตารางที่ 1 ASTM D 2161[37]

วิธีที่ 2 หาจาก chart ในรูป 2.13

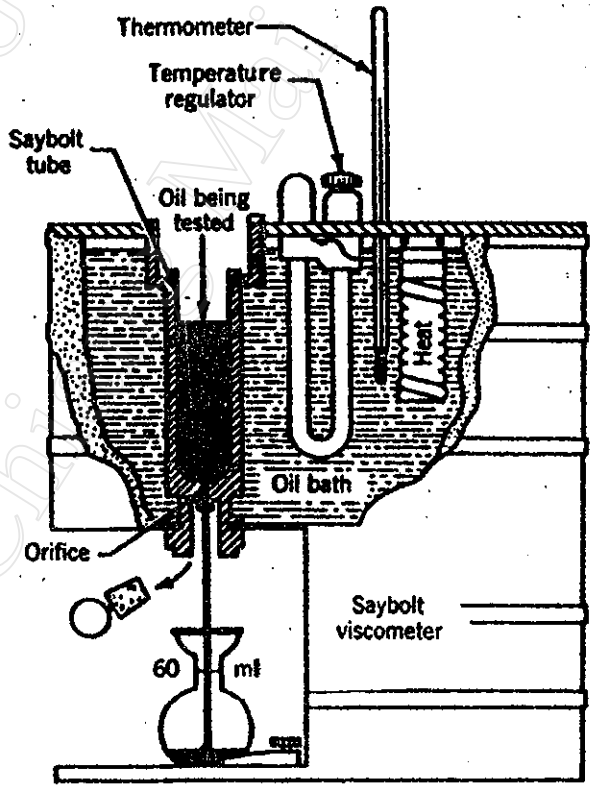
วิธีที่ 3 จากสูตร $V = 0.222t - (180/t)$

เมื่อ V = ความหนืดจลน์ (centistoke)

t = Saybolt Universal Second

ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

1. น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วจากปั๊มน้ำมัน (น้ำมันรวม)
2. น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วจากอู่ซ่อมรถ (น้ำมันรวม)
3. น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วยี่ห้อ Penzoil เบอร์ 40
4. น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วยี่ห้อ Esso 20w/50
5. น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วยี่ห้อ Castrol เบอร์ 40
6. น้ำมันหล่อลื่นที่ยังไม่ได้ใช้ยี่ห้อ Penzoil เบอร์ 40
7. น้ำมันหล่อลื่นที่ยังไม่ได้ใช้ยี่ห้อ Esso 20w/50
8. น้ำมันหล่อลื่นที่ยังไม่ได้ใช้ยี่ห้อ Castrol เบอร์ 40
9. น้ำมันหล่อลื่นที่ทำการปรับปรุงยี่ห้อ Penzoil เบอร์ 40
10. น้ำมันหล่อลื่นที่ทำการปรับปรุงยี่ห้อ Esso 20w/50
11. น้ำมันหล่อลื่นที่ทำการปรับปรุงยี่ห้อ Castrol เบอร์ 40



รูป 2.12 เครื่องมือวัดความหนืด Saybolt Viscometer

วิธีการใช้เครื่อง Saybolt Viscometer

1. ทำความสะอาดกระบอกบรรจุน้ำมันทดสอบและถ้วยตวงให้สะอาด
2. ตรวจจุกก๊อกปิด Orific ของกระบอกบรรจุน้ำมันทดสอบให้ปิดแน่น
3. บรรจุน้ำมันทดสอบให้ได้ระดับปากกระบอกบรรจุ (กระบอกเล็ก) ทั้งสองกระบอก พร้อมปิดฝากระบอก เสียบ Thermometer ให้เรียบร้อย
4. ตั้งอุณหภูมิการอุ่น โดยการหมุนปรับวงแหวน Thermo-Couple ให้อยู่ในตำแหน่ง 45^0C
5. ปรับ Heater Switch อยู่ในตำแหน่ง High
6. เปิด Main Supplys Switch ให้อยู่ในตำแหน่ง ON
7. เปิด Stirrer Switch ให้อยู่ในตำแหน่ง ON
8. แกว่ง Thermometer ในกระบอกน้ำมันทดสอบทุก 15 วินาที
9. วางถ้วยตวง 60 cm^3 ในตำแหน่งที่เครื่องกำหนด เมื่ออุณหภูมิน้ำมันทดสอบถึง 37.8 ^{0}C
10. เปิดฝากระบอกบรรจุน้ำมันทดสอบออกแล้ววางเทอร์โมมิเตอร์อยู่ในตำแหน่งเดิม
11. เปิดจุกก๊อก Orific พร้อมจับเวลาการไหลของน้ำมันทดสอบ จาก 0-60 cm^3 (เริ่มจับเมื่อน้ำมันหยดถึงถ้วยตวง)
12. ปรับวงแหวน Thermo-Couple ของอุณหภูมิสารอุ่น ให้อยู่ในตำแหน่ง 110 ^{0}C
13. ทำเหมือนข้อ 8 จนอุณหภูมิน้ำมันทดสอบได้ 98.9 ^{0}C ปฏิบัติการตามข้อ 10-11
14. เมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบ ทำความสะอาดน้ำมันทดสอบให้สะอาดเรียบร้อย ปิด Switch
15. ต่างๆและถอดปลั๊กไฟให้เรียบร้อย

ผลการทดสอบที่ได้แสดงในตารางที่ 2.11 ดังนี้

ตาราง 2.11 ผลการวัดความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วและน้ำมันหล่อลื่นที่ปรับปรุงแล้ว ด้วยเครื่อง Saybolt Viscometer

ชนิดของน้ำมันหล่อลื่นตัวอย่าง	ครั้งที่	อุณหภูมิ (^{0}C)	S.U.S. (sec)
1 ใช้แล้ว - ปั้ม	1	40	860
	2		854
	3		850
	4		865
	5		867
	เฉลี่ย		859
	1	100	135
	2		130
	3		140
	4		142
	5		137
	เฉลี่ย		137
2 ใช้แล้ว - อู่	1	40	720
	2		732
	3		725
	4		730
	5		729
	เฉลี่ย		727
	1	100	112
	2		120
	3		122
	4		129
	5		135
	เฉลี่ย		124

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตาราง 2.11 (ต่อ)

ชนิดของน้ำมันหล่อลื่นตัวอย่าง	ครั้งที่	อุณหภูมิ (^{0}C)	S.U.S. (sec)
3 Penzoil – ใช้แล้ว	1	40	710
	2		702
	3		698
	4		692
	5		697
	เฉลี่ย		700
	1	100	122
	2		129
	3		125
	4		116
	5		120
	เฉลี่ย		122
4 Esso - ใช้แล้ว	1	40	650
	2		645
	3		649
	4		652
	5		654
	เฉลี่ย		650
	1	100	119
	2		120
	3		125
	4		127
	5		120
	เฉลี่ย		122

ตาราง 2.11 (ต่อ)

ชนิดของน้ำมันหล่อลื่นตัวอย่าง	ครั้งที่	อุณหภูมิ (^{0}C)	S.U.S. (sec)
5 Castrol – ใช้แล้ว	1	40	640
	2		645
	3		638
	4		642
	5		647
	เฉลี่ย		642
	1	100	120
	2		124
	3		130
	4		129
	5		126
	เฉลี่ย		126
6 (Penzoil – ใหม่)	1	40	480
	2		472
	3		470
	4		485
	5		480
	เฉลี่ย		477
	1	100	75
	2		73
	3		74
	4		76
	5		75
	เฉลี่ย		75

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตาราง 2.11 (ต่อ)

ชนิดของน้ำมันหล่อลื่นตัวอย่าง	ครั้งที่	อุณหภูมิ (^{0}C)	S.U.S. (sec)
7 (Esso – ใหม่)	1	40	490
	2		495
	3		500
	4		491
	5		496
	เฉลี่ย		494
	1	100	90
	2		92
	3		96
	4		91
	5		97
	เฉลี่ย		93
8 (Castrol – ใหม่)	1	40	485
	2		490
	3		492
	4		487
	5		489
	เฉลี่ย		489
	1	100	78
	2		76
	3		79
	4		77
	5		76
	เฉลี่ย		77

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตาราง 2.11 (ต่อ)

ชนิดของน้ำมันหล่อลื่นตัวอย่าง	ครั้งที่	อุณหภูมิ (^{0}C)	S.U.S. (sec)
9 Penzoil – ปรับปรุง	1	40	280
	2		275
	3		270
	4		274
	5		272
	เฉลี่ย		274
	1	100	53
	2		55
	3		54
	4		55
	5		60
	เฉลี่ย		55
10 Esso - ปรับปรุง	1	40	265
	2		269
	3		270
	4		274
	5		271
	เฉลี่ย		270
	1	100	52
	2		54
	3		55
	4		56
	5		50
	เฉลี่ย		53

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตาราง 2.11 (ต่อ)

ชนิดของน้ำมันหล่อลื่นตัวอย่าง	ครั้งที่	อุณหภูมิ (^{0}C)	S.U.S. (sec)
11 Castrol - ปรับปรุง	1	40	260
	2		262
	3		265
	4		267
	5		264
	เฉลี่ย		264
	1	100	52
	2		49
	3		55
	4		53
	5		56
	เฉลี่ย		53

จากตาราง 2.11 ซึ่งเป็นการทดสอบ Viscosity ซึ่งมีหน่วยเป็น S.U.S. (sec) นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่า Kinematic Viscosity โดยใช้ทั้ง 3 วิธี ซึ่งได้กล่าวไปแล้ว ค่า Kinematic Viscosity ที่ได้แสดงในตารางที่ 2.12 ซึ่งค่า kinematic viscosity (ความหนืดจลน์) คือการจับเวลาในการไหลของน้ำมันในหน่วย S.U.S. แล้วเปลี่ยนเป็นหน่วย เซนติสโตก (cSt) หรือ mm^2/s

ตาราง 2.12 แสดงค่า Kinematic Viscosity ของน้ำมันหล่อลื่นชนิดต่างๆ

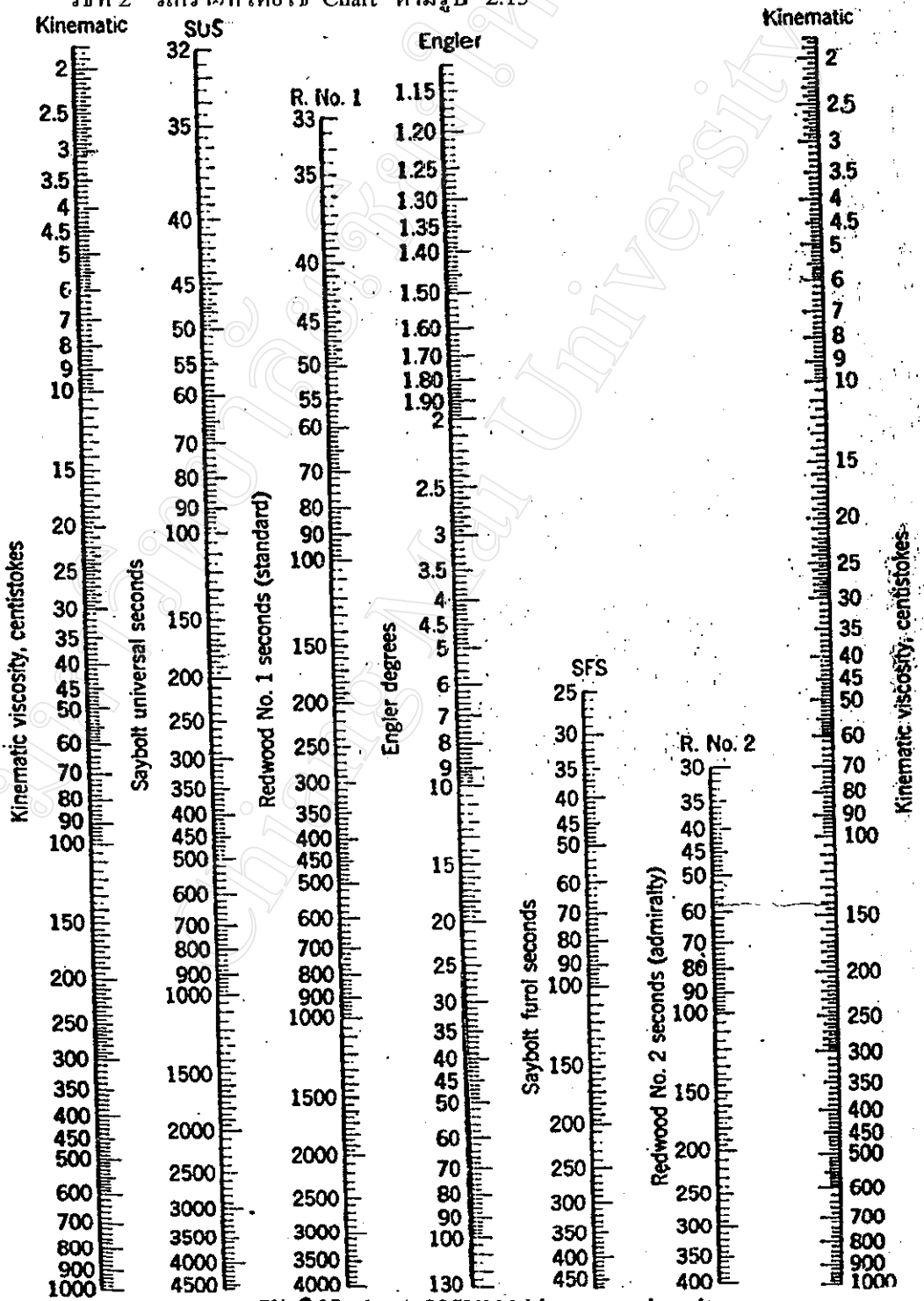
ชนิดของน้ำมันหล่อลื่น (ดูหน้า 46)	อุณหภูมิ (^{0}C)	S.U.S (sec)	kinematic viscosity (cSt)			
			จากตาราง ASTM D2161	จาก Chart รูป 2.12	จากสมการ $V = 0.222t - (180/t)$	เฉลี่ย
1	100	859	163.4	185.0	190.5	179.6
	210	137	28.81	27.0	29.1	28.3
2	100	727	155.4	158.0	161.2	158.2
	210	124	25.9	25.0	26.1	25.7
3	100	700	153.0	150.0	155.1	152.7
	210	122	25.5	24.0	25.6	25.0
4	100	650	140.4	140.0	144.0	141.5
	210	122	25.5	24.0	25.6	25.0
5	100	642	138.6	135.0	142.2	138.6
	210	126	26.0	26.0	26.5	26.2
6	100	477	103	97.0	105.5	101.8
	210	75	14.3	14.2	14.3	14.3
7	100	494	106.6	111.0	109.3	109.0
	210	93	18.7	19.0	18.7	18.8
8	100	489	105.6	95.0	108.2	102.9
	210	77	14.8	14.8	14.8	14.8
9	100	274	58.9	56.0	60.2	58.4
	210	55	8.70	8.8.0	8.9	8.8
10	100	270	60.1	55.0	59.3	58.1
	210	53	8.2	8.0	8.4	8.2
11	100	264	56.9	54.0	57.9	56.3
	210	53	8.2	8.0	8.4	8.2

วิธีการคำนวณหาค่า kinematic viscosity

kinematic viscosity

วิธีที่ 1 วิเคราะห์โดยใช้ตาราง ASTM D 2161 [37]

วิธีที่ 2 วิเคราะห์โดยใช้ Chart ตามรูป 2.13



รูป 2.13 chart การหาค่า kinematic viscosity

วิธีที่ 3 วิเคราะห์โดยใช้สูตร $V = 0.22t - (180/t)$

เมื่อ V = kinematic viscosity (sCt)

t = Saybolt Universal Second (sec)

เช่น น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ชนิดที่ 1 (ใช้แล้วจากปั๊ม)

มีค่า $t = 859 (100^0C)$

$$V = 0.222(859) - \frac{180}{859}$$

$$= 190.49 \text{ Cst}$$

และมี $t = 137 (40^0C)$

$$V = 0.222(137) - \frac{180}{137}$$

$$= 30.414 - 1.313$$

$$= 29.10 \text{ sCt}$$

ในการวิเคราะห์ kinematic viscosity

วิเคราะห์ดัชนีความหนืด (Viscosity Index, VI)

ดัชนีความหนืด คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงความหนืดเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป ซึ่งน้ำมันที่มีดัชนีความหนืดสูง คืออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปมาก แต่ค่าความหนืดจะเปลี่ยนแปลงน้อย ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่มีของน้ำมัน แต่น้ำมันที่มีค่า VI ต่ำจะเปลี่ยนมาก

น้ำมันที่มีความหนืดเปลี่ยนแปลงไปมาก เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง เรียกว่า LOW VI

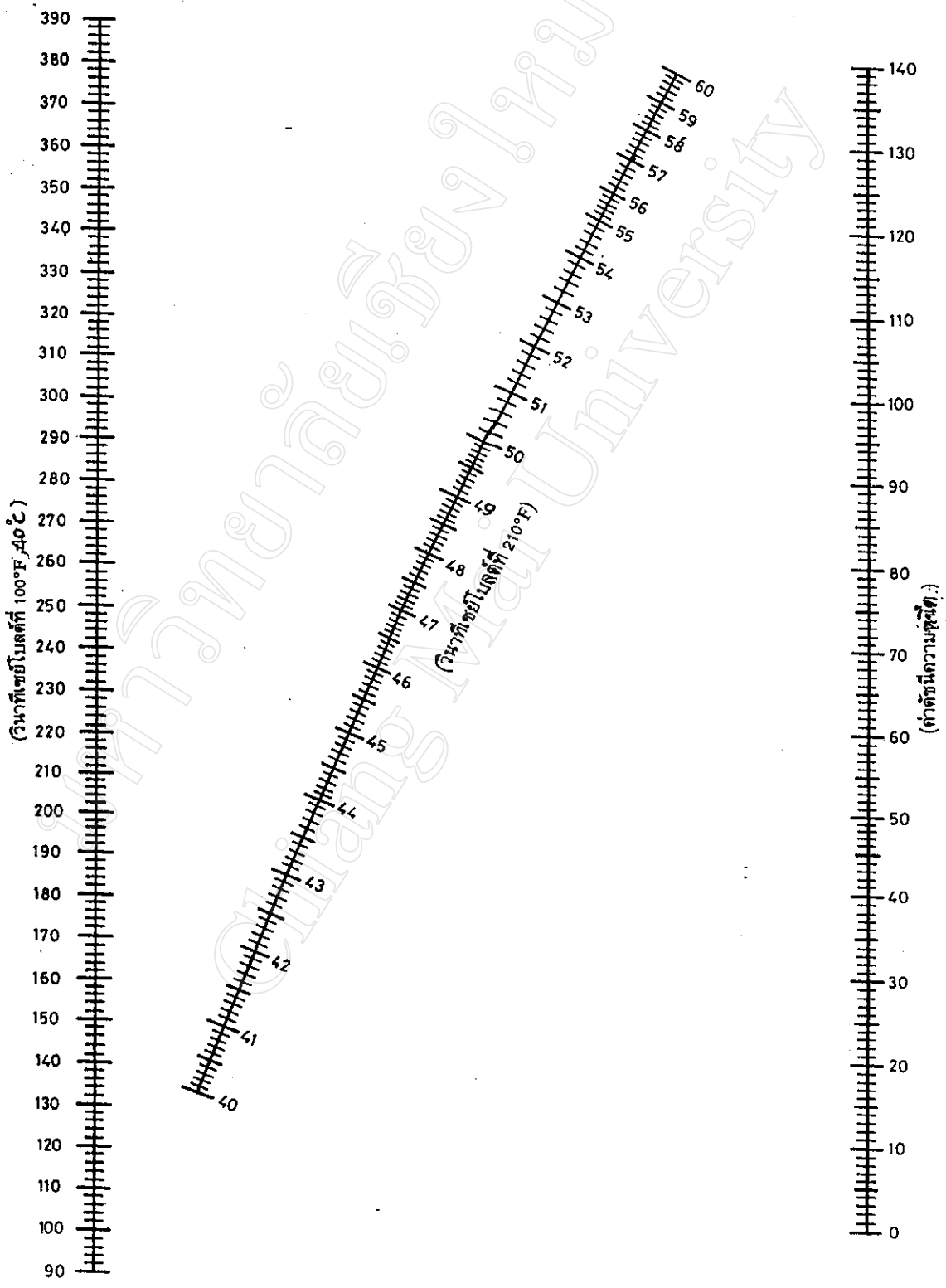
น้ำมันที่ความหนืดเปลี่ยนแปลงไปไม่มาก เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง เรียกว่า High VI

VI จะมีหน่วยตั้งแต่ 0 – 100 ถ้าตัวเลขยิ่งมา แสดงว่าเป็น High VI ซึ่งน้ำมันหล่อลื่นที่มีค่าดัชนีความหนืดสูงจะให้ประโยชน์ ดังนี้

- สตาร์ทเครื่องง่ายขณะเครื่องเย็น
- การไหลเวียนของระบบปั๊มส่งน้ำมันหล่อลื่นสะดวก
- สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยลงขณะอุ่นเครื่อง
- ลดการสึกหรอของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ เพราะการเคลือบขณะหล่อลื่นให้ผลสมบูรณ์ตามระดับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป

ค่า Viscosity Index สามารถวิเคราะห์ได้โดยใช้

1. chart แผนภูมิการหาค่า viscosity Index ดังรูป 2.14



รูป 2.14 แผนภูมิการหาค่า viscosity index, VI

ทำได้โดยการ fix จุด 2 จุด ที่แกน Viscosity 100^0F และแกน Viscosity 210^0F แล้วลากเส้นให้ตัดแกน Viscosity Index ซึ่งผลการวิเคราะห์ที่ได้ แสดงในตารางที่ 2.13

ตาราง 2.13 ค่า Viscosity Index

ชนิดน้ำมันหล่อลื่น	ค่า Viscosity Index	
	จาก Chart รูป 2.14	จากสูตร $VI = \frac{L-U}{L-H} \times 100$
1	> 120	139
2	> 120	141
3	> 120	143
4	> 120	143
5	> 120	143
6	> 120	148
7	> 120	149
8	> 120	145
9	> 120	ไม่สามารถคำนวณได้
10	> 120	ไม่สามารถคำนวณได้
11	> 120	ไม่สามารถคำนวณได้

2. วิเคราะห์ค่า Viscosity Index โดยการคำนวณ

$$VI = \frac{L-U}{L-H} \times 100$$

เมื่อ U คือความหนืดที่ 40^0C ของน้ำมันที่ต้องการหาค่า VI

L คือความหนืดที่ 40^0C ของน้ำมันมาตรฐานที่มีค่า VI = 0 และจะมีค่าความหนืดที่ 100^0C เหมือนกับน้ำมันที่นำมาหาค่า VI ที่ 100^0C

H คือความหนืดที่ 40^0C ของน้ำมันมาตรฐานที่มีค่า VI = 100 และจะมีค่าความหนืดเทียบเท่ากับน้ำมันที่จะนำมาหาค่า VI ที่ 100^0C

(ค่า L, H หาได้จากตารางที่ 2.14)

ตาราง 2.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดกับอุณหภูมิที่มีค่าดัชนีความหนืดสูงและต่ำ (หน่วยวินาทีเซย์โบลต์)

ค่าความหนืดที่ 100 °C (SUS)	H	L	L - H
60	425	780	355
65	514	976	462
70	604	1,182	578
75	697	1,399	702
80	791	1,627	836
85	888	1,865	977
90	986	2,115	1,129
95	1,087	2,375	1,288
100	1,189	2,646	1,457
105	1,294	2,928	1,634
110	1,401	3,220	1,819
115	1,510	3,523	2,013
120	1,620	3,838	2,218
125	1,733	4,163	2,430
130	1,848	4,498	2,650
135	1,965	4,845	2,880
140	2,084	5,202	3,118
145	2,205	5,570	3,365
150	2,328	5,949	3,621

ตัวอย่าง การหาค่า VI ของน้ำมันหล่อลื่นชนิดที่ 1

ซึ่งวัดความข้นใสที่ 40 °C ได้ = 859 S.U.S (จากตาราง 2.10)

100 °C ได้ = 137 S.U.S (จากตาราง 2.10)

VI = 100..... H = 2,013 (จากตาราง 2.13)

VI = 0 ..... L = 4,988 (จากตาราง 2.13)

U = 859

จากสูตร $VI = \frac{L-U}{L-H} \times 100$

$$= \frac{4,988-859}{4,988-2013} \times 100$$

$$= \frac{4,129}{2,975} \times 100$$

$$= 139$$

2.4.7 ปรับปรุงคุณภาพน้ำมันหล่อลื่นด้านความหนืด

นำน้ำมันหล่อลื่นที่ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกแล้ว มาทำการปรับปรุงด้านความหนืดเนื่องจากน้ำมันที่กำจัดสิ่งสกปรกออกแล้วนั้น มีความหนืดต่ำกว่ามาตรฐาน ดังนั้นจึงนำมาเติมสารพอลิเมอร์ คือ polypropylene และ polyisoprene มาเติมลงไปในน้ำมันหล่อลื่นที่ทำการปรับปรุงแล้วในอัตราส่วนต่างๆ แล้วนำไปวัดความหนืด

ได้นำ polymer ชนิดต่างๆมาทดสอบการละลายกับน้ำมันหล่อลื่นซึ่งผลที่เกิดขึ้น แสดงในตาราง 2.15

ตาราง 2.15 ทดสอบการละลายของ polymer

ชนิดของ polymer	การละลายที่อุณหภูมิห้อง	การละลายเมื่อให้ความร้อน
Polypropylene	ไม่ละลาย	ละลาย
Polymethyl methacrylate	ละลายเล็กน้อย	ไม่ละลาย
Polystyrene latex	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย
Polyvinyl alcohol	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย
Polycaprolactone	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย
Polyisoprene	ละลาย	ละลาย

สำหรับ polypropylene จะไม่ละลายในน้ำมันหล่อลื่นที่อุณหภูมิห้อง แต่จะละลายเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120 ^{0}C และเมื่อทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานานๆ (ประมาณ 1 สัปดาห์) polypropylene บางส่วนจะเกิดการตกตะกอน

วิธีเตรียม polymethyl methacrylate (PMMA)

ชั่งสาร polyvinyl alcohol 2 gm ละลายในน้ำกลั่น 100 cm^3 คนสารละลายให้เข้ากัน นำมาผสมลงใน methyl methacrylate 50 gm นำมา reflux ที่อุณหภูมิ 80-85 ^0C เป็นเวลา 40 นาที ทำให้เย็นด้วยน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 40^0C นำ polymer ที่ได้ล้างด้วยน้ำกลั่น แล้วนำไปอบให้แห้ง นมาชั่งน้ำหนักได้ 21.06 gm ซึ่ง polymethyl methacrylate ที่ได้จะมีลักษณะคล้ายแป้งเปียกแต่ถ้าในขณะที่ reflux นั้นเติม benzoyl peroxide หรือ potassium persulphate 1 spatula polymer ที่ได้จะมีสีขาวขุ่น เมื่ออบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100^0C จะได้ 19.87 gm

วิธีเตรียม Polyisoprene

นำ isoprene 10 gm มาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 40-45 ^0C isoprene จะเกิด polymerize ได้ polyisoprene ที่มีลักษณะเป็นเจลที่เหนียวหนืด นำมาชั่งน้ำหนักจะได้ 8.75 gm

ในการทดสอบวัดความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นที่ปรับปรุงแล้วและเติมสาร polypropylene ทำได้โดยใช้น้ำมันหล่อลื่นจากปั๊ม (cm^3) : polypropylene (gm) ในอัตราส่วน 100 : 0.1, 100 : 0.2, 100 : 0.3, 100 : 0.4, 100 : 0.5 มาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120^0C แล้วทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง รินเอาส่วนที่อยู่ด้านบนโดยไม่ให้ตะกอนของ polypropylene ติดมาด้วย นำไปวัดความหนืดโดยใช้ saybolt viscometer ซึ่งผลที่ได้แสดงในตารางที่ 2.16

สำหรับการทดสอบและวัดความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นที่ทำการปรับปรุงโดยการเติมสาร polyisoprene ลงไปในน้ำมันหล่อลื่น ในอัตราส่วนน้ำมันหล่อลื่น (cm^3) : polyisoprene (gm) 100: 1.0, 100 : 2.0, 100 : 3.0, 100 : 4.0, 100 : 5.0 โดยคนสารละลายให้เข้ากัน แล้วนำไปวัดความหนืด ซึ่งผลที่ได้แสดงในตารางที่ 2.19

ตาราง 2.16 ผลการวัดความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นที่ปรับปรุงเมื่อเติม polypropylene ในอัตราส่วนต่าง ๆ

ชนิดสารตัวอย่าง	ครั้งที่	อุณหภูมิ (^{0}C)	S.U.S (sec)
PP 0.1	1	40	396
	2		390
	3		394
	4		385
	5		390
	เฉลี่ย		391
	1	100	65
	2		67
	3		68
	4		69
	5		70
	เฉลี่ย		67
PP 0.2	1	40	415
	2		412
	3		410
	4		419
	5		420
	เฉลี่ย		415
	1	100	72
	2		74
	3		77
	4		75
	5		76
	เฉลี่ย		75

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตาราง 2.16 (ต่อ)

ชนิดสารตัวอย่าง	ครั้งที่	อุณหภูมิ (^{0}C)	S.U.S (sec)
PP 0.3	1	40	430
	2		432
	3		439
	4		428
	5		430
	เฉลี่ย		432
	1	100	76
	2		77
	3		76
	4		73
	5		72
	เฉลี่ย		75
PP 0.4	1	40	440
	2		442
	3		439
	4		435
	5		442
	เฉลี่ย		440
	1	100	79
	2		76
	3		77
	4		75
	5		70
	เฉลี่ย		75

ตารางที่ 2.16 (ต่อ)

ชนิดสารตัวอย่าง	ครั้งที่	อุณหภูมิ (^{0}C)	S.U.S (sec)
PP 0.5	1	40	440
	2		438
	3		442
	4		435
	5		439
	เฉลี่ย		439
	1	100	75
	2		76
	3		72
	4		75
	5		74
	เฉลี่ย		74

หมายเหตุ

PP 0.1 คือ น้ำมันหล่อลื่น 100 cm^3 + polypropylene 0.1 gm

PP 0.2 คือ น้ำมันหล่อลื่น 100 cm^3 + polypropylene 0.2 gm

PP 0.3 คือ น้ำมันหล่อลื่น 100 cm^3 + polypropylene 0.3 gm

PP 0.4 คือ น้ำมันหล่อลื่น 100 cm^3 + polypropylene 0.4 gm

PP 0.5 คือ น้ำมันหล่อลื่น 100 cm^3 + polypropylene 0.5 gm

จากความหนืดที่วัดได้ในหน่วย S.U.S. นำมาหาค่า kinematic viscosity ได้ดังตาราง 2.17

ตาราง 2.17 ค่า kinematic viscosity ที่หาได้จากวิธีต่างๆ

ชนิด	อุณหภูมิ (^{0}C)	S.U.S (sec)	kinematic viscosity			
			จากตารางที่ 1 ASTM D 2161	จาก Chart รูป 2.13	จากสูตร $v = 0.222t - (180/t)$	เฉลี่ย
PP 0.1	40	391	83.0	98.0	86.3	89.
	100	67	12.3	12.5	13.8	12.9
PP 0.2	40	415	89.0	88.0	91.7	89.6
	100	75	14.4	15.0	14.3	14.5
PP 0.3	40	432	92.7	105.0	95.5	97.7
	100	75	14.4	15.0	14.3	14.5
PP 0.4	40	440	94.4	110.0	97.3	100.6
	100	75	14.4	15.0	14.3	14.5
PP 0.5	40	439	94.2	110.0	97.1	100.4
	100	74	14.1	14.9	14.0	14.3

นำมาหาค่า viscosity index ได้ดังตาราง 2.18

ตาราง 2.18 ค่า viscosity index ของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ปรับปรุงโดยการเติม polypropylene ในอัตราส่วนต่าง ๆ

ชนิดน้ำมันหล่อลื่น	viscosity index		
	จากแผนภูมิ VI (รูป 2.14)	จากสูตร $VI = \frac{L-U}{L-H} X100$	เฉลี่ย
PP 0.1	125	149	137
PP 0.2	119	140	130
PP 0.3	135	137	136
PP 0.4	130	136	133
PP 0.5	130	123	127

ตาราง 2.19 ผลการวัดความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นที่ปรับปรุง
เมื่อเติม polyisoprene ในอัตราส่วนต่าง ๆ

ชนิดสารตัวอย่าง	ครั้งที่	อุณหภูมิ (^{0}C)	S.U.S (sec)
PI 1.0	1	40	285
	2		287
	3		289
	4		290
	5		292
	เฉลี่ย		287
	1	100	57
	2		58
	3		56
	4		57
	5		58
	เฉลี่ย		57
PI 2.0	1	40	317
	2		320
	3		325
	4		324
	5		320
	เฉลี่ย		321
	1	100	60
	2		62
	3		64
	4		63
	5		64
	เฉลี่ย		63

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ชนิดสารตัวอย่าง	ครั้งที่	อุณหภูมิ (^{0}C)	S.U.S (sec)
PI 3.0	1	40	380
	2		385
	3		389
	4		385
	5		389
	เฉลี่ย		386
	1	100	70
	2		72
	3		71
	4		74
	5		73
	เฉลี่ย		72
PI 4.0	1	40	450
	2		461
	3		455
	4		460
	5		464
	เฉลี่ย		458
	1	100	74
	2		76
	3		75
	4		76
	5		74
	เฉลี่ย		75

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ชนิดสารตัวอย่าง	ครั้งที่	อุณหภูมิ (^{0}C)	S.U.S (sec)
PI 5.0	1	40	528
	2		530
	3		535
	4		532
	5		538
	เฉลี่ย		533
	1	100	82
	2		84
	3		86
	4		87
	5		86
	เฉลี่ย		85

หมายเหตุ

PI 1.0 คือ น้ำมันหล่อลื่น 100 cm^3 + polyisoprene 1.0 gm

PI 2.0 คือ น้ำมันหล่อลื่น 100 cm^3 + polyisoprene 2.0 gm

PI 3.0 คือ น้ำมันหล่อลื่น 100 cm^3 + polyisoprene 3.0 gm

PI 4.0 คือ น้ำมันหล่อลื่น 100 cm^3 + polyisoprene 4.0 gm

PI 5.0 คือ น้ำมันหล่อลื่น 100 cm^3 + polyisoprene 5.0 gm

จากความหนืดที่วัดได้ในหน่วย S.U.S. นำมาหาค่า kinematic viscosity ได้ดังตาราง 2.20

ตาราง 2.20 ค่า kinematic viscosity ที่หาได้จากวิธีต่างๆ

ชนิด	อุณหภูมิ (^{0}C)	S.U.S (sec)	kinematic viscosity			
			จากตารางที่ 1 ASTM D 2161	จาก Chart รูป 2.13	จากสูตร $v = 0.222t - (180/t)$	เฉลี่ย
PI 1.0	40	287	61.9	62.0	63.1	62.3
	100	57	9.4	9.5	9.5	9.5
PI 2.0	40	321	69.2	70.0	70.1	69.7
	100	63	11.1	11.5	11.1	11.2
PI 3.0	40	386	83.2	84.0	85.2	84.1
	100	72	13.5	14.0	13.5	13.7
PI 4.0	40	458	98.8	99.0	101.3	99.6
	100	75	14.3	14.5	14.3	14.4
PI 5.0	40	533	115.0	115.0	118.0	116.0
	100	85	15.1	16.0	16.8	16.0

นำมาหาค่า viscosity index ได้ดังตาราง 2.21

ตาราง 2.21 ค่า viscosity index ของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ปรับปรุงโดยการเติม polyisoprene ในอัตราส่วนต่าง ๆ

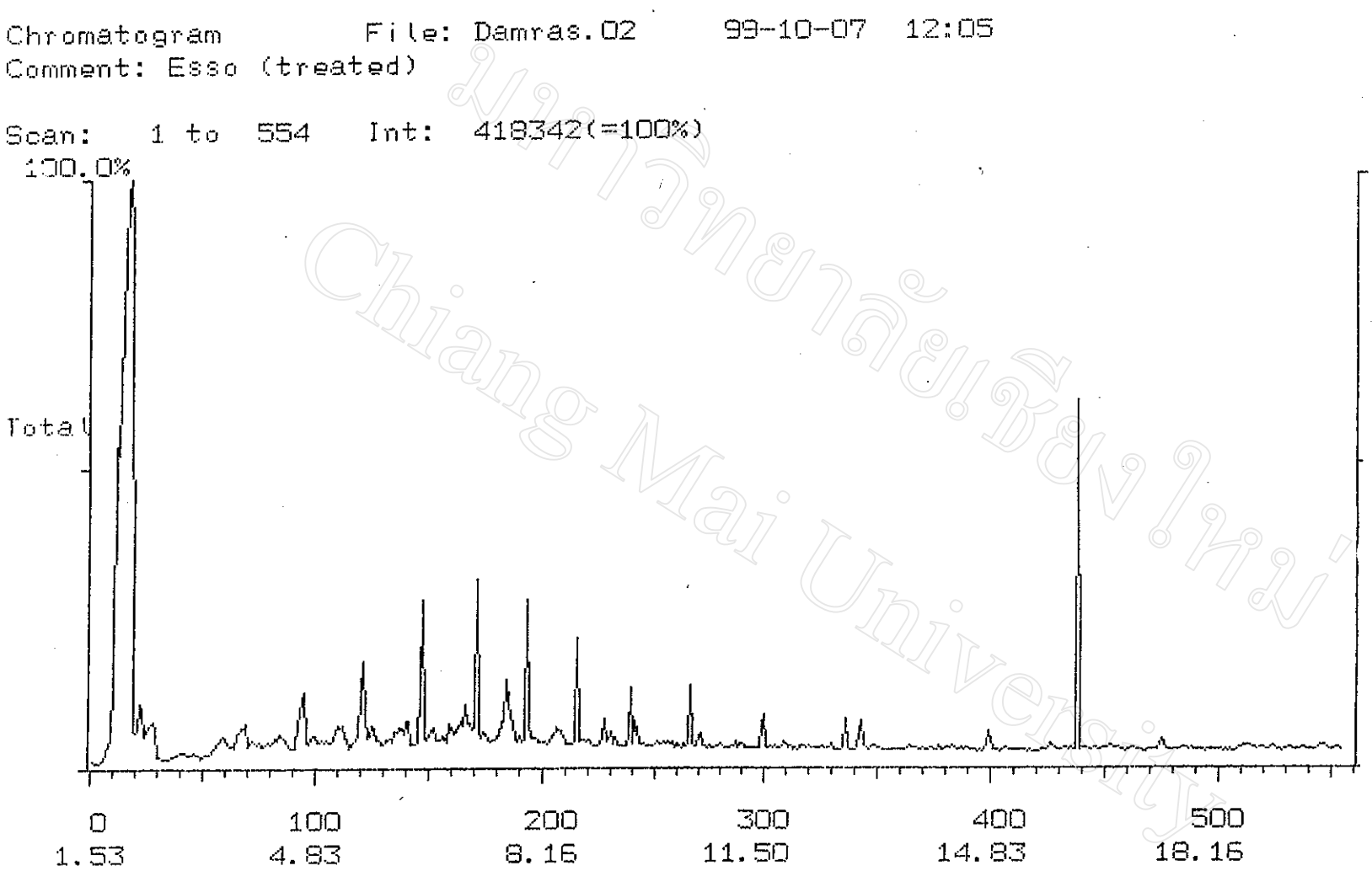
ชนิดน้ำมันหล่อลื่น	viscosity index	
	จากแผนภูมิ VI (รูป 2.14)	จากสูตร $VI = \frac{L-U}{L-H} X100$
PI 1.0	>120	ไม่สามารถคำนวณได้
PI 2.0	>120	147
PI 3.0	>120	139
PI 4.0	>120	134
PI 5.0	>120	136

2.4.8 การวิเคราะห์ส่วนประกอบน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปกโตรมิเตอร์ (GC – MS)

นำน้ำมันหล่อลื่นที่ทำการปรับปรุงสี น้ำมันหล่อลื่นที่เติม polymer (polypropylene) และน้ำมันหล่อลื่นที่ยังไม่ได้ใช้งานมาวิเคราะห์ดูความแตกต่างกัน โดยใช้น้ำมันยี่ห้อ Esso Penzoil และ Castrol ซึ่งก่อนนำไปวิเคราะห์ได้นำน้ำมันหล่อลื่นทุกตัวอย่างมาละลายใน dichloromethane แล้วผ่านในคอลัมน์ ซึ่งใช้ silica gel เป็นตัวดูดซับ เพื่อกำจัดออกไซด์ แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วย Gas chromatography ต่อเข้ากับ Mass spectrometer โดยใช้สภาวะการทดลองดังนี้

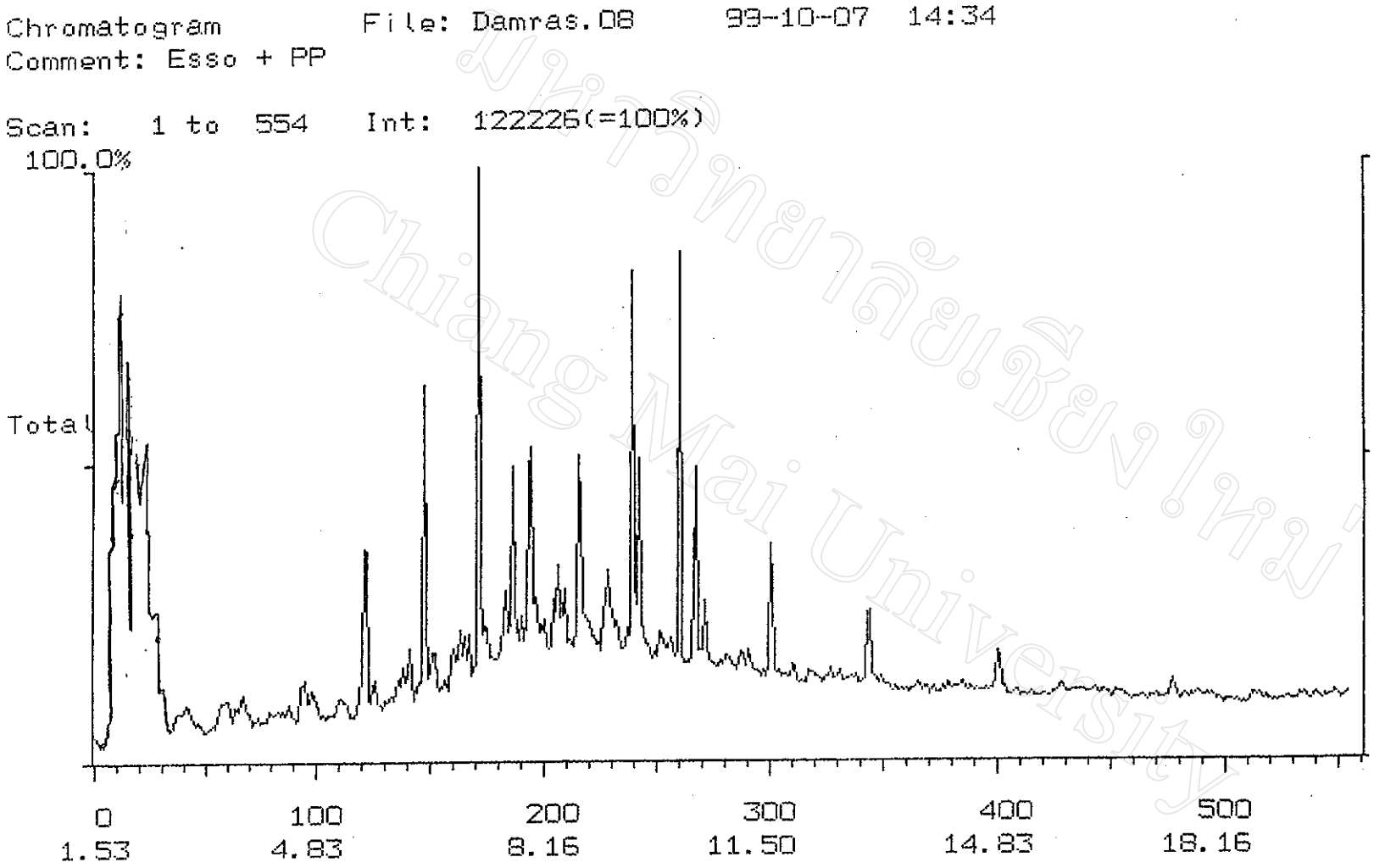
Ionization method	EI
Ionsource temperature	250
Ionization voltage	70 eV
Analyzer rods	Hyperbolic quadropole type
Sample inlet split time	0.5 min
Carrier gas	He 0.75 kg/cm^3
Column	DB-1(100% Dimethyl polysiloxane)
Temperature (^0C)	ยาว 30 เมตร
Injector	250
Initial temperature	60
Initial time	2 min
Rate	20 ^0C/min
Final temperature	200
Final time	6 min

ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงในรูป 15 - 20



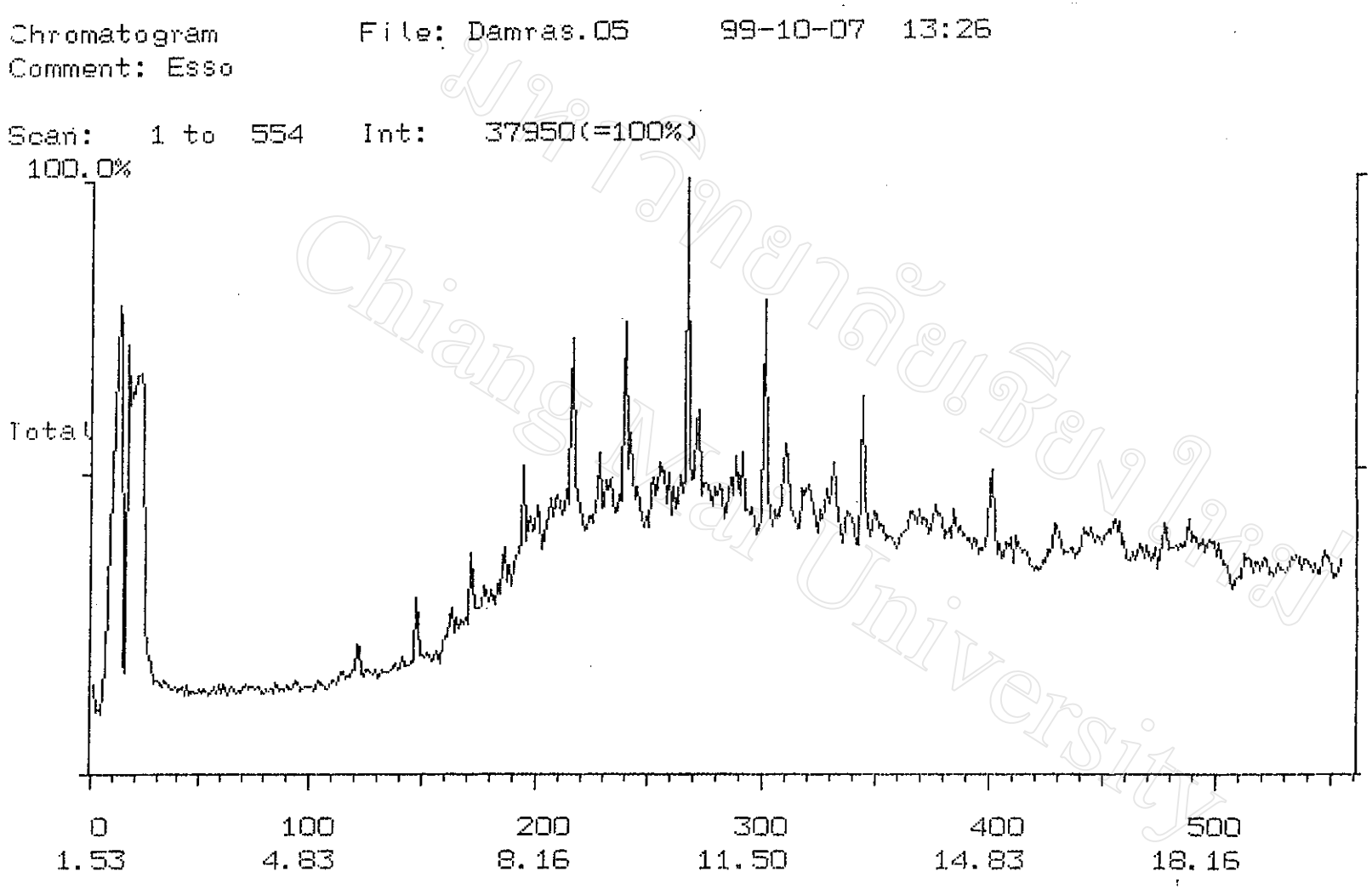
รูป 2.15 โครมาโตแกรมจาก GC – MS ของน้ำมันหล่อลื่นที่ปรับปรุง ยี่ห้อ Esso

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



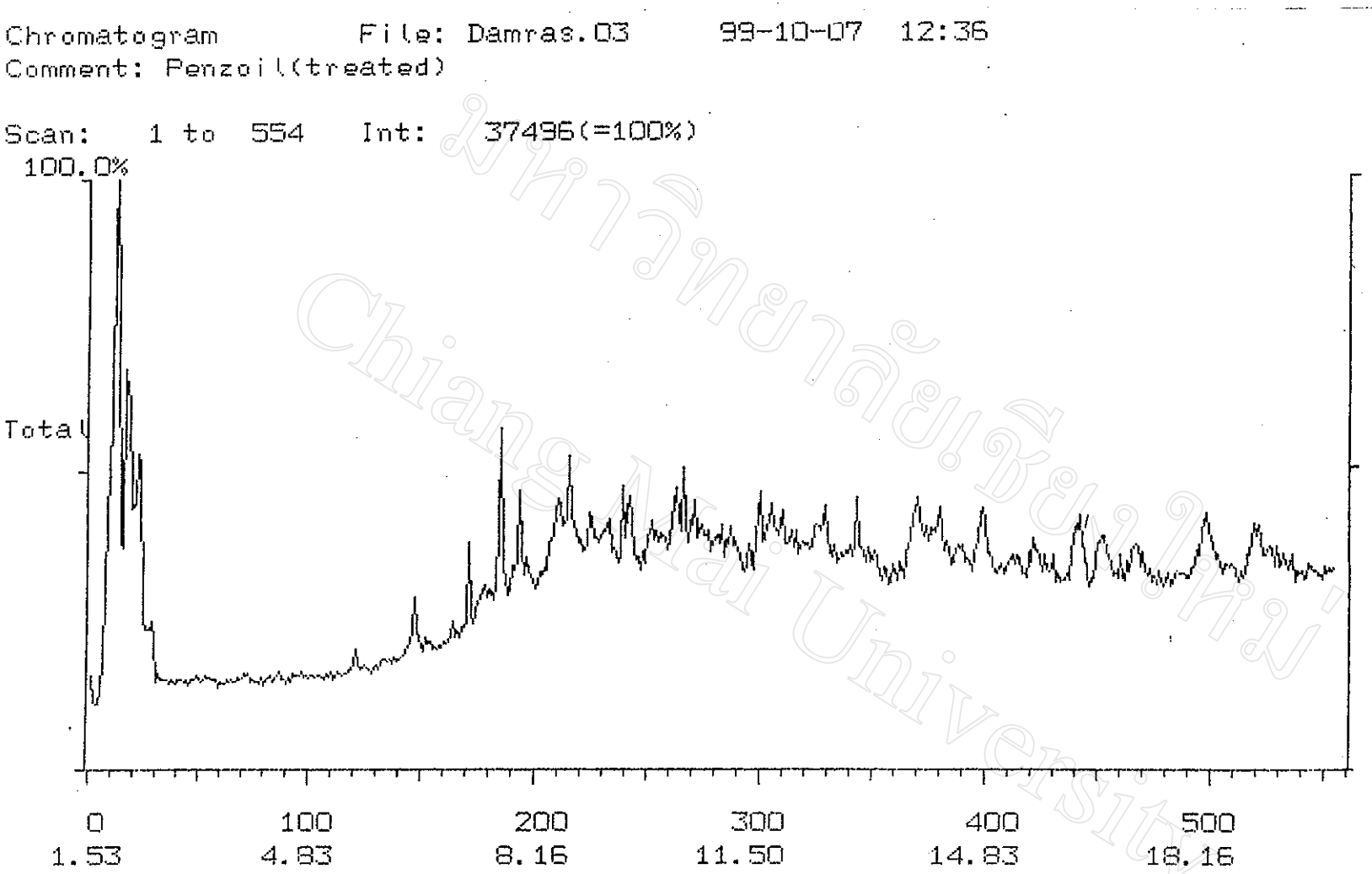
รูป 2.16 โครมาโตแกรมจาก GC – MS ของน้ำมันหล่อลื่นที่เติม polypropylene ยี่ห้อ Esso

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



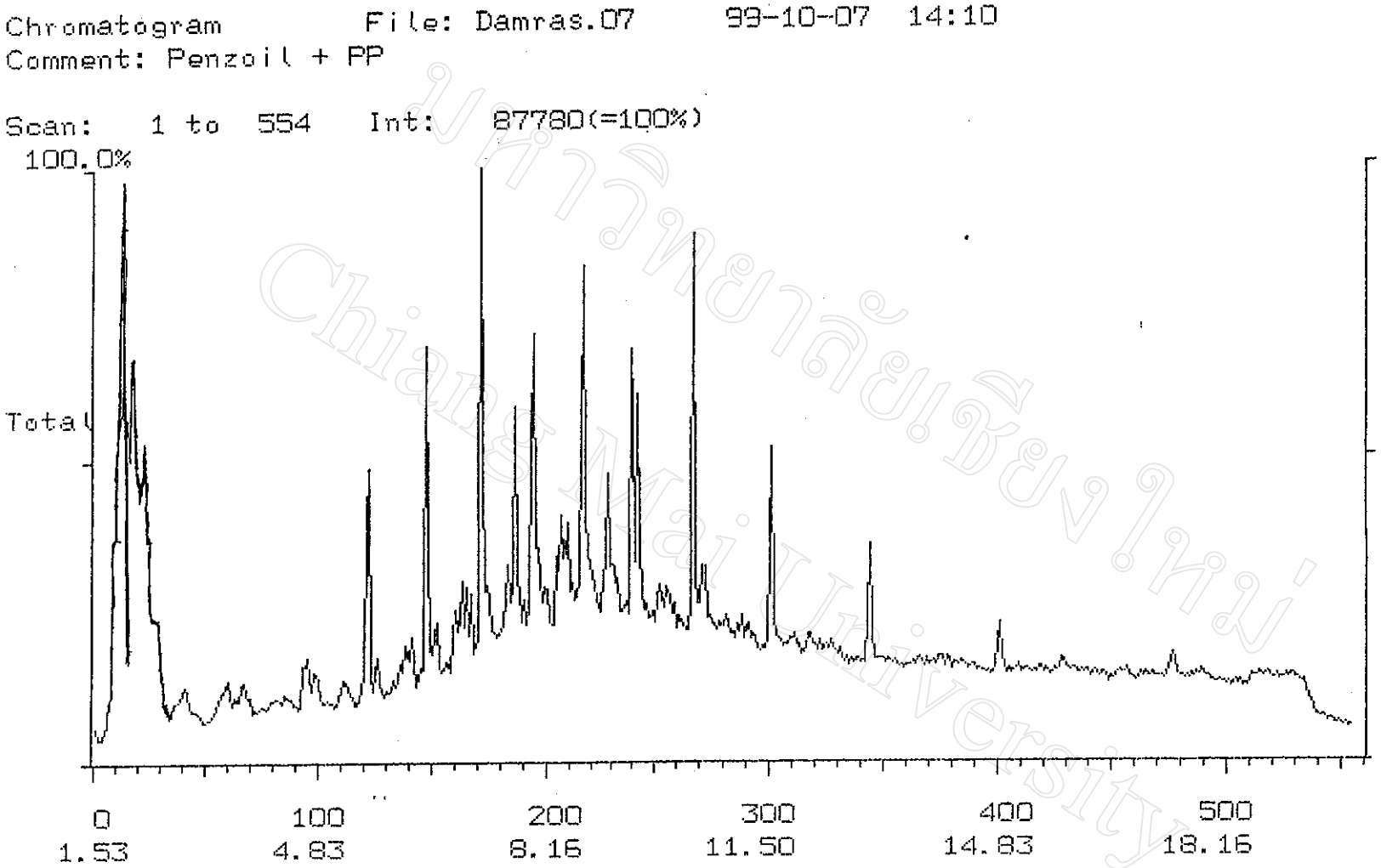
รูป 2.17 โครมาโตแกรมจาก GC – MS ของน้ำมันหล่อลื่นที่ยังไม่ได้ใช้งาน ยี่ห้อ Esso

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



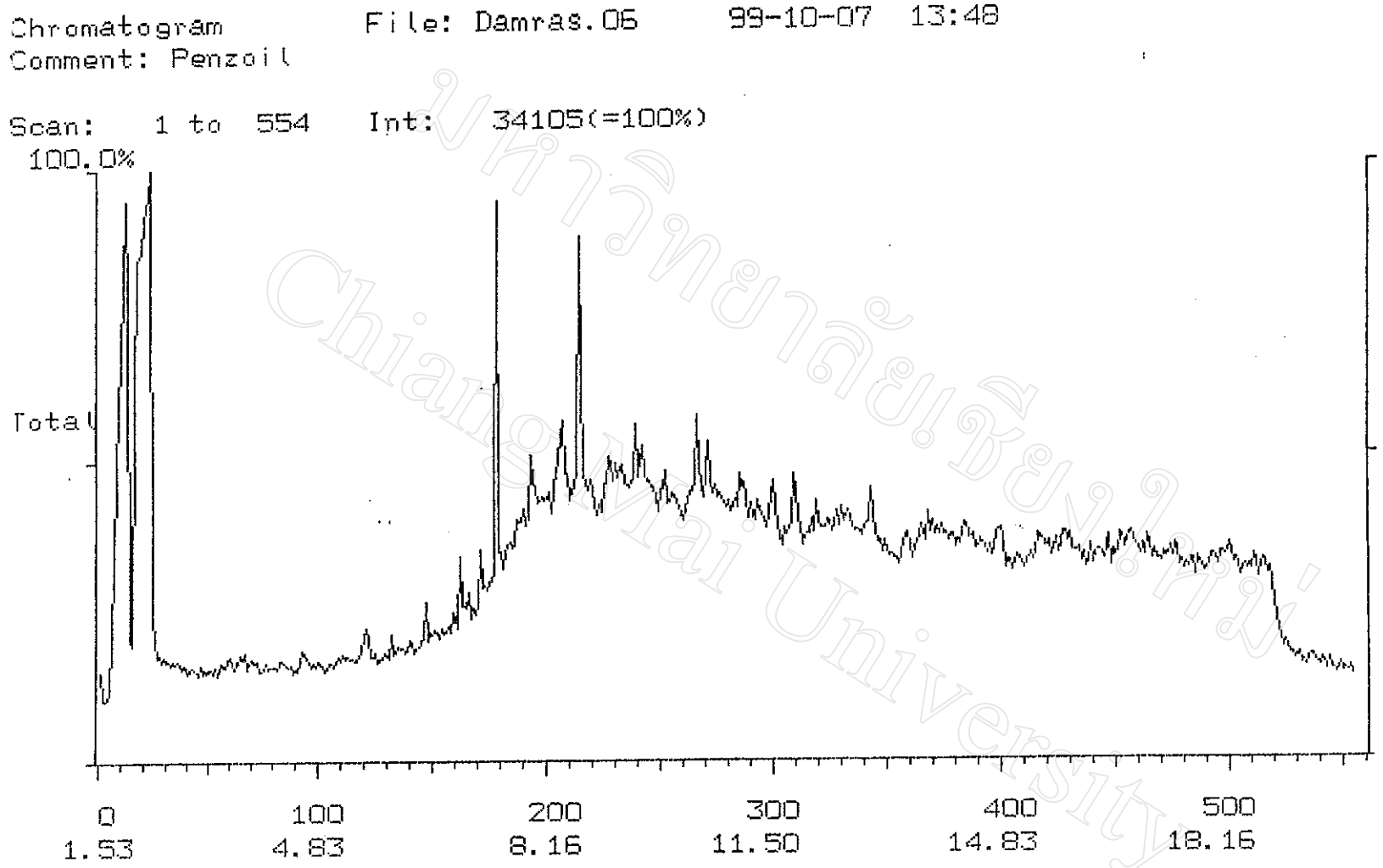
รูป 2.18 โครมาโตแกรมจาก GC – MS ของน้ำมันหล่อลื่นที่ปรับปรุง ยี่ห้อ Penzoil

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



รูป 2.19 โครมาโตแกรมจาก GC – MS ของน้ำมันหล่อลื่นที่เติม polypropylene ยี่ห้อ Penzoil

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



รูป 2.20 โครมาโตแกรมจาก GC – MS ของน้ำมันหล่อลื่นที่ยังไม่ได้ใช้งาน ยี่ห้อ Penzoil