สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การสังเคราะห์เอสเทอร์จากกรดสเตียริกเพื่อใช้เป็นผลิตภัณฑ์หล่อลื่น

นางสาวอรนภา คุ้มกระโทก
นางสาวอารีญา ทับใบ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 43904
วัน, เดือน, ปี 17 ต.ค. 2545

.b.....
.i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

SYNTHESIS OF ESTERS FROM STEARIC ACID FOR USE AS LUBRICATING PRODUCTS

MISS ONNAPA KHUMKRATOK

MISS AREEYA TABBAI

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การสังเคราะห์เอสเทอร์จากกรดสเตียริกเพื่อใช้เป็นผลิตภัณฑ์หล่อลื่น
โดย	นางสาวอรนภา คุ้มกระโทก
	นางสาวอารีญา ทับใบ
ภาควิชา	เคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.วันฉัตร ชื่นชม

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

หัวหน้าภาควิชาเคมี

(ผศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย)

คณะกรรมการสอบโครงงาน

ประธานกรรมการ

(ผศ.ดร.ตะวัน สุขน้อย)

กรรมการ

(ดร.พัชนี เจริญยิ่ง)

กรรมการ

(ดร.วันฉัตร ชื่นชม)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การสังเคราะห์เอสเทอร์จากกรดสเตียริกเพื่อใช้เป็นผลิตภัณฑ์หล่อลื่น
นักศึกษา	นางสาวอรนภา คุ้มกระโทก รหัสนักศึกษา 41052100
	นางสาวอารีญา ทับใบ รหัสนักศึกษา 41052101
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม
พ.ศ.	2544
ผู้ควบคุมโครงงานพิเศษ	ดร.วันฉัตร ชื่นชม

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาการสังเคราะห์สารประกอบเอสเทอร์ ได้แก่ เดคซิลสเตียเรต เพื่อใช้เป็นผลิตภัณฑ์หล่อลื่นจากกรดสเตียริกกับเดคานอลด้วยปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชั่นในโทลูอีน โดยใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 130 ^{0}C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ได้ถูกทำให้บริสุทธิ์ด้วยการกลั่นลดความดัน ที่ความดันต่ำกว่า 20 มิลลิเมตรปรอท ได้เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ 92.57 เปอร์เซ็นต์ ตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของเดคซิลสเตียเรตด้วยเทคนิคฟูเรียร์-ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโทเมตรี เทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทร-สโกปี และตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ลักษณะโดยทั่วไป สมบัติทางความร้อนและจุดหลอมเหลว จากนั้นนำเดคซิลสเตียเรตที่สังเคราะห์ได้ไปเติมลงในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานเกรด SN150 และ SN500 ในอัตราส่วน 2.75 และ 2.61 g ต่อ 100 ml ตามลำดับ พบว่าเดคซิลสเตียเรตไม่ทำให้ดัชนีความหนืดของ SN150 เปลี่ยนแปลง แต่ใน SN500 ช่วยปรับปรุงดัชนีความหนืดให้เพิ่มขึ้น 3.125% ส่วนความหนืดและจุดไหลเทมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำเดคซิลสเตียเรตที่สังเคราะห์ได้ไปใช้เป็นสารเติมแต่งเพื่อปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากปิโตรเลียมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title of Special project	Synthesis of esters from stearic acid for use as lubricating products	
Student	Miss ONNAPA KHUMKRATOK	Student ID.41052100
	Miss AREEYA TABBAI	Student ID.41052101
Degree	Bachelor of Science	
Program	Chemical Industry	
Year	2001	
Advisor	Dr. VANCHAT CHUENCHOM	

ABSTRACT

The aim of this project was to synthesise decyl stearate from stearic acid and decanol by esterification reaction in the presence of toluene with concentrated sulfuric acid as a catalyst . The optimum condition of reaction was 130° C for 3 hours . The product obtained was purified by vacuum distillation at pressure below 20 mmHg and the yield of product was 92.57% . Decyl stearate was characterised by Fourier Transform Infrared Spectrophotometry and Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy that it gave expected spectroscopic properties. Thermal property and melting point of decyl stearate were determined. In addition, decyl stearate was added in lube base oil SN150 and SN500 by 2.75 and 2.61 g per 100 ml , respectively. It was found that decyl stearate did not change viscosity index of SN150 but in SN500 the viscosity index increased 3.125 % . For the viscosity and pour point, there were slightly changes. It was concluded that synthetic decyl stearate had potential to be used as additives for lube base oil .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ทางผู้จัดทำโครงงานพิเศษจึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ

ขอบพระคุณ ดร. วันฉัตร ชื่นชม ที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำตลอดจนให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานโครงงานพิเศษนี้มาโดยตลอด

ขอบพระคุณ ผศ.ดร. ตะวัน สุขน้อย ดร. พัชนี เจริญยิ่ง และอาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ให้คำปรึกษาในระหว่างการดำเนินงานโครงงานพิเศษ

ขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ช่วยอำนวยความสะดวกและช่วยเหลือในการทำโครงงานพิเศษ

ขอบพระคุณ ศูนย์วิจัยและเทคโนโลยีปตท. และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์

สุดท้ายขอขอบพระคุณบิดา มารดา และขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ให้กำลังใจตลอดการดำเนินโครงงานพิเศษ

อรนภา คุ้มกระโทก
อารีญา ทับใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
สัญลักษณ์และคำย่อ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 2 ทฤษฎี	
2.1 น้ำมันหล่อลื่น	4
2.2 สารเพิ่มคุณภาพ	6
2.3 องค์ประกอบของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน	6
2.4 หลักการหล่อลื่น	7
2.5 หน้าที่ของน้ำมันหล่อลื่น	10
2.6 คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน	10
2.7 ผลิตภัณฑ์หล่อลื่นสังเคราะห์	13
2.8 การสังเคราะห์สารประกอบเอสเทอร์	15
2.9 กระบวนการผลิตเอสเทอร์	17
2.10 สมบัติทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์หล่อลื่นเอสเทอร์	18
2.11 การนำไปใช้งาน	22
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย	
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	24
3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		หน้า
	3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	24
	3.4 วิธีการทดลอง	25
	3.4.1 ขั้นตอนการสังเคราะห์เอสเทอร์	25
	3.4.2 ขั้นตอนการทำให้ผลิตภัณฑ์บริสุทธิ์	26
	3.4.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์และทดสอบสมบัติของผลิตภัณฑ์เอสเทอร์	27
	3.4.4 ขั้นตอนการผสม	27
บทที่ 4	ผลการทดลองและวิจารณ์	
	4.1 การสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์เอสเทอร์	28
	4.2 การทำให้ผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้บริสุทธิ์	31
	4.3 การผสม Decyl stearate กับน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน (Lube Base Oil)	32
บทที่ 5	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	35
เอกสารอ้างอิง		37
ภาคผนวก ก	อินฟราเรดสเปกทรา	38
ภาคผนวก ข	นิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกทราและเทอร์โมแกรม	43
ภาคผนวก ค	สูตรโครงสร้างของสารเคมี	51
ภาคผนวก ง	สมบัติทางกายภาพของ Lube base Oil และ Synthetic Base Oil	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	ระบบหน่วยและอุณหภูมิที่ใช้ในการวัดความหนืดของน้ำมัน	11
ตารางที่ 2.2	การนำผลิตภัณฑ์หล่อลื่นสังเคราะห์ไปใช้งาน	14
ตารางที่ 2.3	สมบัติทางกายภาพของเอสเทอร์สังเคราะห์	15
ตารางที่ 2.4	ประเภทของเอสเทอร์	16
ตารางที่ 2.5	สมบัติทางกายภาพของ monooleate	18
ตารางที่ 4.1	สภาวะที่ใช้ในการสังเคราะห์เดคซิลสเตียเรต	28
ตารางที่ 4.2	สมบัติต่างๆ ของเดคซิลสเตียเรตที่สังเคราะห์ได้	32
ตารางที่ 4.3	ปริมาณเดคซิลสเตียเรตที่ละลายในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน ณ จุดอิ่มตัว	32
ตารางที่ 4.4	สมบัติทางกายภาพของสารผสมระหว่างเดคซิลสเตียเรตกับน้ำมัน-หล่อลื่นพื้นฐาน SN150 เปรียบเทียบกับน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน SN150	33
ตารางที่ 4.5	สมบัติทางกายภาพของสารผสมระหว่างเดคซิลสเตียเรตกับน้ำมัน-หล่อลื่นพื้นฐาน SN500 เปรียบเทียบกับน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน SN500	33
ตารางที่ ง1	สมบัติทางกายภาพของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน เกรด SN150	54
ตารางที่ ง2	สมบัติทางกายภาพของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน เกรด SN500	55
ตารางที่ ง3	สมบัติทางกายภาพของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานสังเคราะห์ประเภทเอสเทอร์ (Di-tridecyl adipate : DTDA)	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1	ผิวหน้าของชิ้นงานเมื่อดูด้วยตาเปล่าและดูด้วยกล้องขยาย	7
รูปที่ 2.2	ผิวหน้าของชิ้นงานที่มีสารหล่อลื่นเป็นฟิล์มเพื่อลดการเสียดสี	8
รูปที่ 2.3	แนวคิดพื้นฐานของความหนืดที่มีต่อแรงเสียดทาน	9
รูปที่ 3.1	การติดตั้งเครื่องมือในการสังเคราะห์	26
รูปที่ 4.1	^{13}C-NMR spectrum ของเดคซิลสเตียเรตที่ใช้เวลาในการสังเคราะห์ 4 ชั่วโมง	29
รูปที่ 4.2	^{13}C-NMR spectrum ของเดคซิลสเตียเรตที่ใช้เวลาในการสังเคราะห์ 3 ชั่วโมง	29
รูปที่ 4.3	^{13}C-NMR spectrum ของเดคซิลสเตียเรตที่ใช้โทลูอีน 50 ml ในการสังเคราะห์	30
รูปที่ ก1	IR spectrum ของ KBr	39
รูปที่ ก2	IR spectrum ของกรดสเตียริก	40
รูปที่ ก3	IR spectrum ของเดคานอล	41
รูปที่ ก4	IR spectrum ของเดคซิลสเตียเรตที่ได้จากการกลั่น	42
รูปที่ ข1	^{1}H-NMR spectrum ของกรดสเตียริก	44
รูปที่ ข2	^{13}C-NMR spectrum ของกรดสเตียริก	45
รูปที่ ข3	^{1}H-NMR spectrum ของเดคานอล	46
รูปที่ ข4	^{13}C-NMR spectrum ของเดคานอล	47
รูปที่ ข5	^{1}H-NMR spectrum ของเดคซิลสเตียเรตที่ได้จากการกลั่น	48
รูปที่ ข6	^{13}C-NMR spectrum ของเดคซิลสเตียเรตที่ได้จากการกลั่น	49
รูปที่ ข7	เทอร์โมแกรมของเดคซิลสเตียเรตบริสุทธิ์	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

^{o}C	องศาเซลเซียส
^{o}F	องศาฟาเราไฮน์
cSt	เซนติสโตก
mmHg	มิลลิเมตรปรอท
ml	มิลลิลิตร
ppm	หนึ่งในล้านส่วน
ν_{max}	เลขคลื่น
str.	stretching
s	sharp (FTIR) , singlet (FTNMR)
δ	chemical shift
t	triplet
m	multiplet
g	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย [1]

ปัจจุบันจากการที่อุตสาหกรรมได้มีการพัฒนาและขยายตัวไปอย่างรวดเร็ว ทำให้เครื่องจักรกล เครื่องยนต์ และกลไกส่งถ่ายกำลังทุกประเภทที่ใช้ในกระบวนการผลิตเข้ามามีบทบาทและมีการพัฒนาขึ้นตามลำดับ โดยได้มีการนำเอาเทคโนโลยีใหม่ๆมาใช้ในการออกแบบสร้างเครื่องจักรกลให้ทันสมัย มีประสิทธิภาพและสมรรถนะในการทำงานสูงขึ้น ทำงานได้รวดเร็วขึ้น สามารถผลิตชิ้นงานได้เป็นจำนวนมาก มีความเที่ยงตรงสูง ค่าใช้จ่ายน้อยลงและประหยัดพลังงานมากขึ้น จากการพัฒนาเครื่องจักรดังกล่าวทำให้ต้องมีการพัฒนาน้ำมันหล่อลื่นและสารหล่อลื่นต่างๆตามไปด้วย

เครื่องจักรสมัยใหม่ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมส่วนมากมีกำลังขับสูง รับแรงกดสูง หรือมีอุณหภูมิการทำงานสูง และในบางครั้งยังต้องทำงานติดต่อกันเป็นเวลานานโดยไม่มีการหยุดพัก ดังนั้นเครื่องจักรเหล่านี้จึงจำเป็นต้องหล่อลื่นด้วยน้ำมันที่มีคุณภาพดีเยี่ยมเพื่อช่วยลดความเสียดทาน ป้องกันการสึกหรอ การกัดกร่อน ซึ่งจะทำให้เครื่องจักรกลทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง และการใช้ผลิตภัณฑ์หล่อลื่นที่ถูกต้องจะช่วยลดความสิ้นเปลืองในการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรกล ช่วยเพิ่มผลผลิตและประหยัดค่าใช้จ่ายได้

จากแนวโน้มปริมาณการใช้สารหล่อลื่นที่เพิ่มขึ้นนี้เองทำให้สารหล่อลื่นสังเคราะห์เข้ามามีบทบาทมากขึ้น เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์หล่อลื่นที่มีสมบัติเฉพาะและพิเศษ เช่น ไม่ติดไฟ เสถียรต่อความร้อน ต้านทานการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าน้ำมันแร่ (mineral oil) นอกจากนี้ยังสามารถปรับปรุงคุณสมบัติให้เป็นไปตามที่ต้องการได้

สำหรับสารหล่อลื่นประเภทเอสเทอร์มีลักษณะเฉพาะคือ จุดไหลเท (pour point) ต่ำ ดัชนีความหนืด (viscosity index) สูง การระเหย (volatility) ต่ำ มีความเสถียรต่อความร้อน (thermal stability) ดี และตอบสนองกับสารเติมแต่ง (additives) ได้หลายชนิดเป็นอย่างดี เช่น สารต้านทานการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidants) สารยับยั้งการเกิดสนิม (rust inhibitors) เป็นต้น

ปัจจุบันเอสเทอร์ได้ถูกนำมาใช้ในงานหลายๆด้าน เช่น เครื่องยนต์เรือเดินสมุทร เครื่องอัดอากาศ (compressor) เครื่องทำความเย็น น้ำมันไฮดรอลิก น้ำมันเกียร์ และในรูปของกรีส นอกจากนี้ โมเลกุลของเอสเทอร์สามารถสลายตัวทางชีวภาพได้ ซึ่งถือเป็นข้อดีของเอสเทอร์ ฉะนั้นจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจมากที่จะค้นคว้าสารหล่อลื่นสังเคราะห์ตัวใหม่เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ

สำหรับกรดสเตียริก (stearic acid) นั้นเป็นกรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมันพืชทั่วไป ซึ่งจัดเป็นสารทางชีวภาพ จึงน่าที่จะนำมาเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์เอสเทอร์ที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเป็นแนวทางในการสังเคราะห์สารหล่อลื่นประเภทเอสเทอร์จากน้ำมันพืชโดยตรงต่อไป ทั้งนี้เพื่อพัฒนารูปแบบและคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น และลดปริมาณการใช้สารหล่อลื่นจากน้ำมันปิโตรเลียมในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ ศึกษาการสังเคราะห์เอสเทอร์โดยปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน (Esterification) ระหว่างกรดสเตียริกกับเดคานอล (decanol) เพื่อใช้เป็นผลิตภัณฑ์หล่อลื่นหรือใช้ร่วมกับผลิตภัณฑ์หล่อลื่นจากปิโตรเลียม

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1) สังเคราะห์เอสเทอร์จากกรดสเตียริกกับเดคานอล
2) ทดสอบเอกลักษณ์ของเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้ โดยใช้เทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี (FTNMR) เทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟาเรดสเปกโทรสโกปี (FTIR) และวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค Thermogravimetric analysis (TGA)
3) ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้เป็นผลิตภัณฑ์หล่อลื่นหรือใช้เป็นสารเติมแต่งในผลิตภัณฑ์หล่อลื่นอื่นๆ

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1) เอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้มีคุณสมบัติในการหล่อลื่น
2) เอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้มีคุณสมบัติดีพอที่จะนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับสารหล่อลื่นอื่นๆ ในอุตสาหกรรมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Short [2] ศึกษาวิธีการสังเคราะห์สารหล่อลื่นที่มีองค์ประกอบประเภทเดียวกับเอสเทอร์พอลิออลด้วยปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้ neopentyl alcohol , trimethylolethane , dipentaerythritol ester ทำปฏิกิริยากับกรดคาร์บอกซิลิกที่มีโครงสร้างเป็นโซ่กิ่ง ผลิตภัณฑ์เอสเทอร์ที่ได้มีสมบัติความลื่นดีกว่าพอลิไกลคอล มีความเสถียรครอบคลุมช่วงอุณหภูมิกว้างและมีความทนทานดี

Pierik [3] ศึกษาวิธีการสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์หล่อลื่นด้วยปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่นโดยตรงจากพอลิออลและกรดคาร์บอกซิลิก ผลิตภัณฑ์เอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้ คือ pentaerythritol partial ester ซึ่งเกิดจากกรดคาร์บอกซิลิกที่มีโซ่ตรง C_5 หรือโซ่กิ่ง C_7 ผลิตภัณฑ์หล่อลื่นเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้สามารถผสมเข้ากันได้ดีกับของไหลที่ใช้ในงานที่ปราศจากคลอรีน และสามารถยับยั้งการกัดกร่อนได้บางส่วน

Sabahi [4] ทำการเตรียมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นจากอนุพันธ์ของนีโอพอลิออลโดยการแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลอย่างน้อย 1 หมู่ ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสูตร –O-R-C(O)-OR’ เมื่อ R เป็นหมู่อัลคิลลีนที่ประกอบด้วยคาร์บอน 2-5 อะตอม และ R’ เป็นหมู่ไฮโดรคาร์บอนที่ประกอบด้วยคาร์บอน 1-10 อะตอม สารประกอบที่สังเคราะห์ได้นี้เป็นสารประเภทอีเทอร์-เอสเทอร์ซึ่งได้จากนีโอพอลิออล (พอลิไฮดริกแอลกอฮอล์) และเตรียมโดยการทำปฏิกิริยาระหว่างนีโอพอลิออลกับ α,β- unsaturated nitrile จากนั้นแยกเอาน้ำออกและแยกไนไทรล์จากผลิตภัณฑ์เอสเทอร์

Suwanwuttiwat C. [5] สังเคราะห์ผลิตภัณฑ์หล่อลื่นประเภทเอสเทอร์พอลิออลจากกรดมอนอเบสิก เช่น กรดเฮปทาโนอิก กรดออกทาโนอิก กรดนาโนอิกและ 2-เอทิลเฮกซาโนอิกกับพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ เช่น นีโอเพนทิลไกลคอล ไทรเมทิลออลโพรเพนและเพนตะอีริทอล ด้วยปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันที่อุณหภูมิ 130°C ใช้เวลา 3 ชั่วโมง มีกรดซัลฟูริก 1% เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งพบว่าเอสเทอร์พอลิออลที่สังเคราะห์ได้จากไตรเมทิลออลโพรเพนมีสมบัติที่ดี และมีศักยภาพที่สามารถใช้เป็นน้ำมันหล่อลื่นในเครื่องทำความเย็นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

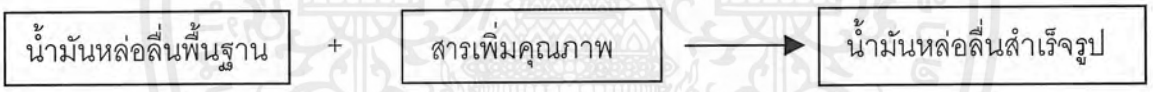
บทที่2
ทฤษฎี

สารหล่อลื่น (Lubricant) เป็นสารหรือวัสดุที่ใช้ในการหล่อลื่นชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล อาจอยู่ในรูปของของแข็ง ของแข็งที่บดเป็นผง ของเหลว และก๊าซ แต่ที่นิยมใช้จะอยู่ในลักษณะของของเหลว เช่น น้ำมันหล่อลื่น หรือสารที่มีลักษณะเหนียว เช่น จาระบี

2.1 น้ำมันหล่อลื่น [6]

น้ำมันหล่อลื่น (Lubricating oil) เป็นวัสดุหล่อลื่นที่มีลักษณะเป็นของเหลว โดยทั่วไปจะนำไปใช้หล่อลื่นชิ้นส่วนของเครื่องยนต์และเครื่องจักรกลที่มีลักษณะปิด เช่น ภายในห้องเพลา-ข้อเหวี่ยง ห้องเกียร์ และเฟืองท้าย เป็นต้น การผลิตน้ำมันหล่อลื่นเพื่อให้ได้น้ำมันหล่อลื่นสำเร็จรูปที่มีคุณภาพดีและเหมาะสมกับการใช้งานสำหรับเครื่องยนต์และเครื่องจักรกลแต่ละชนิดนั้น มีขั้นตอนในการผลิตแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1) การผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน (Lubricating base oil)
2) การเติมสารเพิ่มคุณภาพ (Additives) ลงในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน



น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน (base oil)

น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้กันในปัจจุบันสามารถแบ่งออกตามแหล่งที่มาได้ 3 ประเภท ได้แก่

1) น้ำมันพืชหรือสัตว์
2) น้ำมันแร่
3) น้ำมันสังเคราะห์

น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากพืชหรือสัตว์ (Vegetable or Animal base oil) น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานประเภทนี้ได้จากการสกัดมาจากพืชและไขมันสัตว์ ปัจจุบันไม่ค่อยนิยมนำมาใช้ในการผลิตน้ำมันหล่อลื่น เนื่องจากมีความคงตัวต่ำ เสื่อมสภาพได้ง่ายในขณะใช้งาน แต่จะนำมาใช้เป็นสารเพิ่มคุณภาพในน้ำมันหล่อลื่นแทน เพื่อเพิ่มความลื่น และเป็นตัวกลางทำให้น้ำมันสามารถรวมตัวกับน้ำได้ดีในการใช้งานในบางลักษณะ ตัวอย่างของน้ำมันประเภทนี้ ได้แก่ น้ำมันละหุ่ง น้ำมันปาล์ม น้ำมันหมู และน้ำมันปลา เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากปิโตรเลียมหรือน้ำมันแร่ (Petroleum or Mineral base oil) น้ำมันพื้นฐานประเภทนี้เป็นผลผลิตหนึ่งที่ได้จากการกลั่นน้ำมันและนำมาผ่านกระบวนการเพื่อปรับปรุงคุณภาพ เป็นน้ำมันพื้นฐานที่นิยมใช้ เนื่องจากมีราคาถูกและคุณภาพดี

น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากการสังเคราะห์ (Synthetic base oil) เป็นน้ำมันพื้นฐานที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้นด้วยกระบวนการทางเคมี เพื่อให้ได้โครงสร้างและคุณสมบัติตามที่ต้องการ เนื่องจากน้ำมันชนิดนี้มีราคาแพง จึงนิยมใช้ในงานพิเศษเฉพาะที่ต้องการคุณสมบัติพิเศษในด้านดัชนีความหนืดสูง จุดไหลเทต่ำ และมีการระเหยต่ำ เช่น น้ำมันหล่อลื่นสำหรับอากาศยาน น้ำมันสำหรับเครื่องทำความเย็นที่ต้องการจุดไหลเทต่ำมากๆ เป็นต้น ตัวอย่างของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานสังเคราะห์ ได้แก่

- โพลีแอลฟาโอเลฟิน (Polyalphaolefin : PAO) มีคุณสมบัติพิเศษ คือ มีค่าดัชนีความหนืดสูง จุดไหลเทต่ำ การระเหยตัวต่ำ และป้องกันการเกิดออกซิเดชันได้ดี นิยมนำมาผลิตเป็นน้ำมันเครื่องสำหรับรถยนต์ที่มีสมรรถนะสูง

- เอสเทอร์ (Ester) มีคุณสมบัติในการหล่อลื่นดี ทนต่อความร้อนสูง มีจุดไหลเทต่ำมาก มีหลายชนิด เช่น Dibasic acid ester, Polyol ester , Phosphate ester เป็นต้น นิยมนำมาใช้กับงานที่ต้องทำงานกับสภาวะที่อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงมากๆ เช่น น้ำมันหล่อลื่นเครื่องบินไอพ่น น้ำมันไฮดรอริกทนไฟ

- โพลิไกลคอล (Polyglycol) มีคุณสมบัติต้านทานการถ่ายเทความร้อนได้ดีมาก มีจุดเดือดสูง ดัชนีความหนืดสูง เหมาะสำหรับงานที่ต้องทำในสภาวะอุณหภูมิสูง เช่น ใช้เป็นน้ำมันเบรค น้ำมันไฮดรอลิกกันไฟ

- ซิลิโคน (Silicone) มีคุณสมบัติทนความร้อนสูง ความคงทนสูง แต่รวมตัวกับสาร เพิ่มคุณภาพ (Additives) อื่นๆได้ยาก นิยมใช้ทำน้ำมันเบรค

- ฮาโลจีเนตไฮโดรคาร์บอน (Halogenated hydrocarbon) ใช้ทำน้ำมันสำหรับเครื่องอัดออกซิเจน เพราะมีความอยู่ตัวทางเคมีและความอยู่ตัวเชิงความร้อนดีมาก

- โพลีเฟนนิลอีเทอร์ (Polyphenyl ether) ใช้ในงานที่ต้องทำในสภาวะที่อุณหภูมิสูงมาก (800°C) เช่น น้ำมันไฮดรอลิกในยานอวกาศ และมีความสามารถในการต้านทานต่อรังสีนิวเคลียร์ได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 สารเพิ่มคุณภาพ (Additives) [1]

เครื่องจักรกลและเครื่องยนต์ประเภทต่างๆได้รับการออกแบบให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ในขณะที่ขนาดของเครื่องจักรกลและเครื่องยนต์ถูกสร้างให้มีขนาดเล็กลง ทำให้น้ำมันหล่อลื่นที่นำมาใช้ในเครื่องจักรกลและรถยนต์มักประสบปัญหาทางด้านอุณหภูมิความเครียดสูง และภาระน้ำหนักสูง น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานล้วนๆที่ไม่มีสารเพิ่มคุณภาพจึงมีคุณภาพไม่ดีพอ ทำให้ไม่สามารถทำหน้าที่ต่างๆได้อย่างครบถ้วน อายุการใช้งานก็จะสั้นลงได้ ดังนั้นจึงต้องมีการเติมสารบางอย่างลงไปในน้ำมันหล่อลื่นแต่ละชนิดตามสภาพการใช้งานของเครื่องจักรกลและเครื่องยนต์นั้นๆในปริมาณที่พอดี เพื่อเพิ่มคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานให้มีคุณภาพดีเหมาะสมกับการใช้งานที่ต้องการ สารเพิ่มคุณภาพจะไปช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางด้านเคมีและด้านกายภาพของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานนั้นๆ

ประโยชน์ของการเติมสารเพิ่มคุณภาพชนิดต่างๆในน้ำมัน มีดังนี้

1. ปรับให้น้ำมันมีคุณสมบัติในการหล่อลื่นได้สมบูรณ์ตลอดอายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่น
2. ปรับค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นตามอุณหภูมิการทำงานที่แตกต่างกัน
3. ทำให้น้ำมันหล่อลื่นมีคุณสมบัติพิเศษเฉพาะอย่างซึ่งเหมาะกับการใช้งานในแต่ละประเภท
4. ช่วยลดการสึกหรอ และยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักรกลหรือเครื่องยนต์ให้ยาวนานขึ้น
5. ทำให้น้ำมันหล่อลื่นมีอายุการใช้งานนานขึ้น
6. ทำให้เครื่องจักรกลหรือเครื่องยนต์มีสมรรถนะในการทำงานสูงขึ้น

การนำน้ำมันหล่อลื่นต่างชนิดกันมาผสมกันเพื่อนำไปหล่อลื่นเครื่องจักรกลและเครื่องยนต์เป็นสิ่งที่ไม่สมควรกระทำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากสารเพิ่มคุณภาพที่มีอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นอาจทำปฏิกิริยาต่อกัน ทำให้เกิดการตกตะกอนและเสื่อมคุณสมบัติบางประการได้

2.3 องค์ประกอบของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน (Mineral oil) [4]

น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ซับซ้อน ประกอบด้วยจำนวนคาร์บอนอะตอม 25-40 อะตอมต่อโมเลกุล ในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานแต่ละชนิดจะมีปริมาณคาร์บอนอะตอมและลักษณะโครงสร้างที่แตกต่างกันออกไป สามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Paraffinic base oil เป็นน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่มีโครงสร้างเป็นสายโซ่ตรงและโซ่กิ่ง

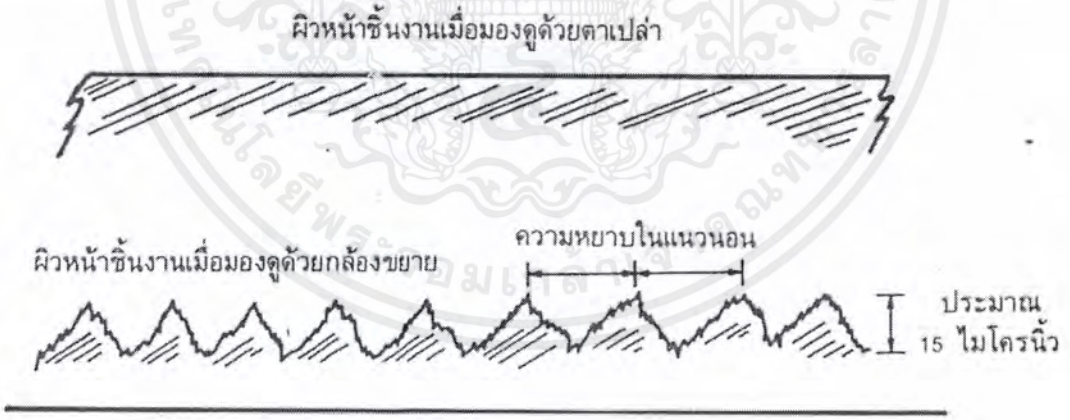
2. Naphthenic base oil เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีโครงสร้างเป็น พอลิไซคลิก และมีการเชื่อมต่อกันของวงไฮโดรคาร์บอนที่อิ่มตัว

3. Aromatic base oil เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีโครงสร้างเป็นวงที่ไม่อิ่มตัว มีทั้ง mono และ polynuclear aromatic

2.4 หลักการหล่อลื่น [1, 4, 6]

เมื่อวัตถุ 2 ชิ้นขึ้นไปเสียดสีกัน วัตถุทุกชิ้นมีคุณสมบัติเฉพาะตัวในการที่จะทำให้เกิดการเสียดทาน (friction) ในระดับต่างๆกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ ภาระที่กระทำ ความเร็วในการเสียดสีกันและรูปแบบในการเคลื่อนที่ เมื่อมีการเสียดสีกันมากขึ้นย่อมทำให้เกิดความร้อนสูงขึ้น จนอาจทำให้วัสดุที่เสียดสีกันชำรุดเสียหายได้ นอกจากจะมีสารหล่อลื่นมาเป็นตัวคั่นกลางการเสียดสีและระบายความร้อนของผิวหน้าของวัสดุทั้งสองนั้น ซึ่งอาจช่วยให้การชำรุดเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับวัสดุทั้งสองชิ้นนั้นลดลง

ในเครื่องยนต์หรือเครื่องจักรกลต่างๆไม่มีผิวหน้าของชิ้นงานใดที่สามารถทำให้เรียบอย่างแท้จริงได้ ถึงแม้ว่าจะมองดูด้วยตาเปล่าว่าเรียบแล้ว แต่เมื่อนำไปส่องดูด้วยกล้องขยายพบว่าผิวหน้าของชิ้นงานนั้นยังมีรอยขรุขระอยู่ ดังรูปที่ 2.1

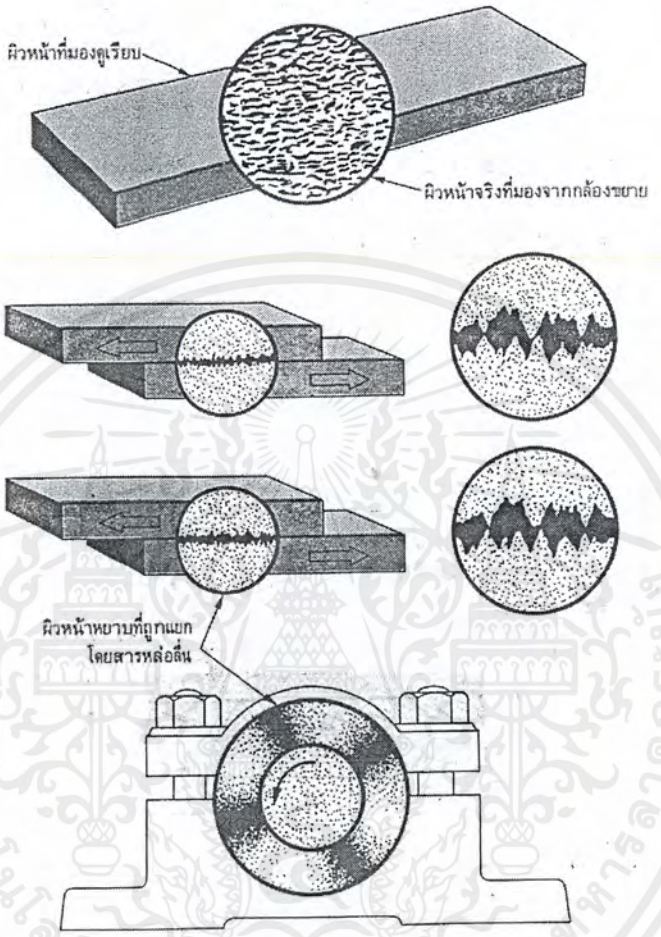


รูปที่ 2.1 แสดงผิวหน้าชิ้นงานเมื่อดูด้วยตาเปล่าและดูด้วยกล้องขยาย

เมื่อชิ้นงานดังในรูปที่ 2.1 มีการเคลื่อนไหวเสียดสีกันย่อมทำให้เกิดความร้อนและเกิดการสึกหรอของพื้นผิวได้ แต่ถ้ามีน้ำมันหล่อลื่นแทรกอยู่ระหว่างผิวหน้าของชิ้นงานทั้งสอง น้ำมันหล่อลื่นจะเป็นตัวกลางป้องกันไม่ให้ผิวหน้าของชิ้นงานกระทบกันโดยตรง และช่วยลดการสึกหรอได้ โดยความลื่นของน้ำมันจะช่วยให้ชิ้นงานทั้งสองเคลื่อนไหวผ่านกันได้สะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

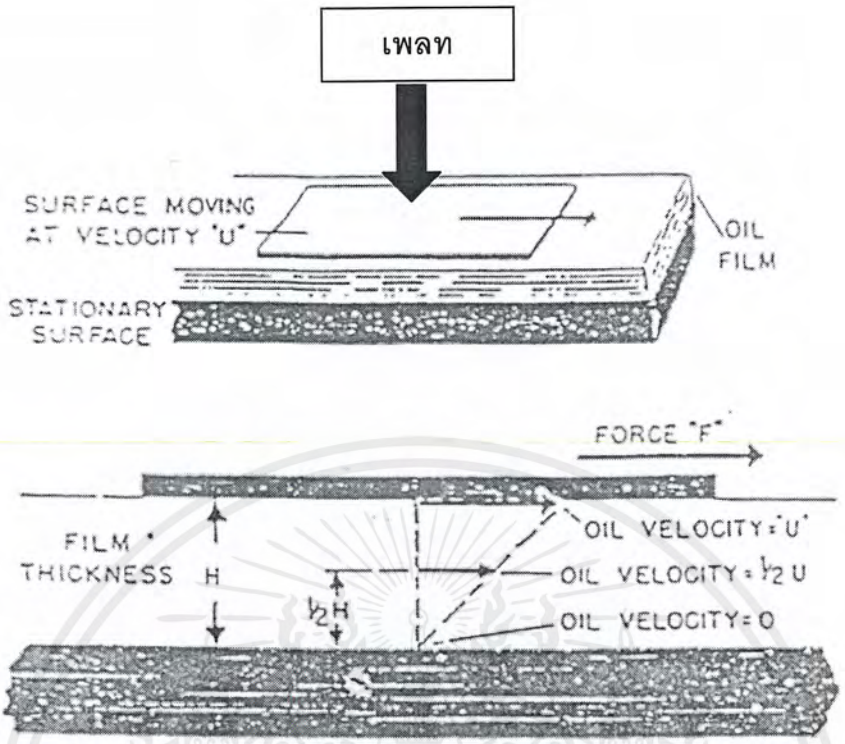
แผ่นบางๆของน้ำมันหล่อลื่นที่เคลือบผิวหน้าของชิ้นงานทั้งสอง เรียกว่า ฟิล์มน้ำมัน (oil film) สำหรับผิวหน้าของชิ้นงานที่เรียบเป็นพิเศษ การหล่อลื่นด้วยฟิล์มน้ำมันบางๆก็เป็นการเพียงพอแล้ว แต่สำหรับผิวหน้าที่หยาบหรือขรุขระมากๆจำเป็นต้องใช้ฟิล์มน้ำมันที่ค่อนข้างหนามาคั่นที่บริเวณผิวหน้าชิ้นงาน ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงผิวหน้าของชิ้นงานที่มีสารหล่อลื่นเป็นฟิล์มเพื่อลดการเสียดสี

คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันหล่อลื่น คือ ความหนืด (viscosity) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ใช้แสดงลักษณะการไหลของของเหลว หรืออาจหมายถึงความต้านทานการไหลของของเหลว ของเหลวที่มีค่าความหนืดต่ำจะไหลได้ง่ายกว่าของเหลวที่มีค่าความหนืดสูง พิจารณาดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงแนวคิดพื้นฐานของความหนืดที่มีต่อแรงเสียดทาน

จากรูปที่ 2.3 เพลทมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เหนือฟิล์มน้ำมัน ซึ่งน้ำมันจะติดอยู่กับทั้งพื้นผิวโลหะที่เคลื่อนที่และพื้นผิวที่อยู่กับที่ น้ำมันที่สัมผัสกับพื้นผิวที่เคลื่อนที่จะมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว (U) เท่ากับพื้นผิว ในขณะที่น้ำมันที่สัมผัสกับพื้นผิวที่อยู่กับที่ก็มีความเร็วเป็นศูนย์เช่นเดียวกัน

ฟิล์มน้ำมันจะถูกทำให้ยืดยาวขึ้นและน้ำมันแต่ละชั้นถูกลากโดยชั้นที่เหนือขึ้นไป ซึ่งแรงเสียดทานของความเร็ว (U) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะเหนือเฟสคงที่ โดยให้แรง F ไปที่เพลทเคลื่อนที่เพื่อให้เอาชนะแรงเสียดทานระหว่างชั้นของไหล ซึ่งแรงนี้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความหนืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 หน้าที่ของน้ำมันหล่อลื่น [5]

หน้าที่หลักและประโยชน์ของการใช้น้ำมันหล่อลื่นมีดังนี้

1. ช่วยหล่อลื่น โดยฟิล์มน้ำมันจะทำหน้าที่เคลือบผิวโลหะหรือชิ้นงานที่มีการเคลื่อนที่เพื่อไม่ให้เกิดการเสียดสีกันโดยตรงหรือเพื่อเป็นการลดการสึกหรอของชิ้นงาน น้ำมันหล่อลื่นที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติในการคงความหนาของฟิล์มน้ำมันให้คงที่ตลอดเวลาแม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงไป คือ ต้องไม่บางเกินไปเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และไม่หนาเกินไปเมื่ออุณหภูมิต่ำลง
2. ช่วยระบายความร้อน เมื่อเครื่องจักรหรือเครื่องยนต์ทำงานย่อมต้องมีความร้อนเกิดขึ้น โดยอาจเกิดจากการเสียดสีของชิ้นส่วนหรือเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในกระบอกสูบ ความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะถูกถ่ายเทไปยังน้ำมันหล่อลื่น และน้ำมันหล่อลื่นจะเป็นตัวระบายความร้อนออกมาทำให้อุณหภูมิของการทำงานลดลง ช่วยรักษาอุปกรณ์และชิ้นส่วนของเครื่องจักร
3. ช่วยรักษาความสะอาด ขณะที่ทำหน้าที่หล่อลื่น น้ำมันหล่อลื่นก็จะทำหน้าที่เป็นตัวทำความสะอาดชิ้นงานนั้นไปด้วย คือ จะชะล้างเขม่า ขจัดคราบสกปรกออกจากผิวโลหะและกระจายเขม่าสิ่งสกปรกไม่ให้รวมตัวกันเป็นก้อนซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการอุดตัน
4. ช่วยป้องกันการเกิดสนิมและการกัดกร่อน น้ำมันหล่อลื่นที่ดีต้องไม่มีสารที่เป็นอันตรายในการกัดกร่อนเอง นอกจากนี้เมื่อมีสารจากภายนอกที่อาจทำให้เกิดกรดได้ เช่น ก๊าซไอเสีย ละอองน้ำ หรือไอน้ำ น้ำมันหล่อลื่นที่ดีต้องมีคุณสมบัติในการทำให้กรดนั้นเจือจางลงจนไม่สามารถกัดกร่อนโลหะได้ และทำหน้าที่เคลือบผิวโลหะนั้นไว้ด้วย

นอกจากหน้าที่ที่กล่าวมาแล้ว น้ำมันหล่อลื่นยังมีคุณสมบัติอื่นๆอีกซึ่งขึ้นอยู่กับงานที่จะนำไปใช้ เช่น ไม่เกิดฟองง่าย สามารถรับแรงกดได้สูง ทนทานต่อการเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ เป็นต้น

2.6 คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน [1, 5, 7]

1. ความถ่วงจำเพาะ ในด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ค่าความถ่วงจำเพาะหรือความหนาแน่น เมื่อใช้พิจารณาร่วมกับคุณสมบัติอื่นๆ จะสามารถบ่งบอกได้ถึงองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์นั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) คือหน่วยของน้ำหนักต่อปริมาตรของเหลวที่อุณหภูมิ 15°C เทียบกับน้ำหนักของน้ำต่อปริมาตรน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน โดยปกติการรายงานผลจะมีอุณหภูมิกำกับอยู่ เช่น 60/60 °F
- ความถ่วง API คือหน่วยวัดที่ได้มีการพัฒนามาจากสถาบันปิโตรเลียมของประเทศสหรัฐอเมริกา (American Petroleum Institute) ค่า API Gravity มีความสัมพันธ์กับค่า Specific gravity ดังนี้

$$\text{API gravity} = \left[\frac{141.5}{\text{Specific gravity } 60/60\,^{\circ}\text{F}} \right] - 131.5$$

2. ความหนืด การทดสอบความหนืดเป็นการทดสอบเพื่อแบ่งประเภทของผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมกับการใช้งานกับเครื่องจักร และใช้เป็นเงื่อนไขในการจัดเก็บ การขนย้าย โดยที่ความหนืดหมายถึง ความข้นของน้ำมันโดยวัดที่อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่ง น้ำมันที่มีความหนืดต่ำจะไหลง่ายแต่เยื่อหล่อลื่นก็บางมากด้วย สำหรับน้ำมันที่มีความหนืดสูงย่อมไหลยาก และมีเยื่อหล่อลื่นหนากว่าหรือแข็งกว่าน้ำมันที่มีความหนืดต่ำ หน่วยวัดความหนืดมีหลายระบบและอุณหภูมิที่วัดก็ต่างกัน ซึ่งอาจสรุปได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงระบบหน่วยและอุณหภูมิที่ใช้ในการวัดความหนืดของน้ำมัน

ประเภทหรือระบบ	หน่วย	อุณหภูมิที่ใช้วัด
1. ระบบสากล(เมตริก)	เซนติสโตก (cSt)	40 °C และ 100 °C
2. สหรัฐอเมริกา	วินาทีเซย์โบลต์ (SUS) หรือ (SSU)	100 °F และ 210 °F
3. สหราชอาณาจักร	เรดวูด No.1 (RW1)	70 ,100 ,140 และ 210 °F
4. เยอรมันและแถบยุโรป	อิงเลอร์ (E°)	20, 50 และ 100 °C

3. ดัชนีความหนืด (viscosity index) ดัชนีความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเป็นตัวบ่งชี้ว่า น้ำมันหล่อลื่นชนิดนั้นๆมีความหนืดเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิอย่างไร ถ้าน้ำมันหล่อลื่นมีค่าดัชนีความหนืดมาก แสดงว่าน้ำมันหล่อลื่นชนิดนี้มีความหนืดเปลี่ยนแปลงน้อยเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป สำหรับน้ำมันหล่อลื่นที่มีค่าดัชนีความหนืดต่ำแสดงว่าน้ำมันหล่อลื่นชนิดนั้นความหนืดจะเปลี่ยนแปลงมากเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จุดไหลเท (pour point) คือ อุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันยังเป็นของเหลวที่พอที่จะไหลได้ การทดสอบทำตามวิธี ASTM D97 กล่าวคือ นำน้ำมันใส่หลอดแก้วแล้วแช่ให้เย็นลงเรื่อยๆและคอยเอาน้ำมันมาตรวจดูจนถึงจุดที่น้ำมันเริ่มแข็งตัวและไม่ไหลเมื่อถือหลอดตามแนวนอนเป็นเวลา 5 วินาที จุดไหลเทหรือจุดเริ่มไหลจะเป็นอุณหภูมิสูงกว่านี้ 3 °C จุดไหลเทที่วัดได้บอกให้ทราบว่าจะใช้น้ำมันในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำขนาดนั้นไม่ได้เพราะน้ำมันจะไม่ไหล ไขที่มีอยู่ในน้ำมันจะแยกตัวออกมาอุดตันทางเดินและหม้อกรองทำให้อุปกรณ์ทำงานไม่ได้ จุดไหลเทจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณลักษณะของไขที่มีอยู่ในน้ำมัน น้ำมันที่มีปริมาณไขสูงก็จะมีจุดไหลเทสูง

5. จุดวาบไฟ (flash point) คือ อุณหภูมิต่ำสุดของน้ำมันที่ทำให้เกิดไอน้ำเป็นปริมาณมากพอ และเมื่อสัมผัสเปลวไฟก็จะทำให้ลุกไหม้ทันที การหาจุดวาบไฟใช้วิธี ASTM D93 ซึ่งใช้เครื่องมือพิเศษสำหรับน้ำมันหล่อลื่น เรียกว่า Cleveland Open Cup (COC) จุดวาบไฟจะไม่มีผลต่อคุณภาพหรือการใช้งานโดยตรง แต่เป็นข้อกำหนดทางกฎหมายเพื่อความปลอดภัยจากการเกิดอัคคีภัยในการเก็บรักษาและการขนถ่าย เพราะถ้าเลยอุณหภูมิจุดนี้ไปแล้วก็จะเป็นจุดติดไฟ

จุดติดไฟ คือ จุดที่อุณหภูมิต่ำสุดของน้ำมันที่จะเกิดไอน้ำมันขึ้นและทำให้มีเปลวไฟลุกขึ้นอย่างต่อเนื่องอย่างน้อยไม่ต่ำกว่า 5 วินาที โดยทั่วไปจุดติดไฟจะสูงกว่าจุดวาบไฟประมาณ 5-35 องศาเซลเซียส

6. สี (color) การวัดสีใช้สำหรับการควบคุมการผลิต เนื่องจากสีเป็นลักษณะที่สำคัญในการบ่งชี้ถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำหรับผู้ใช้งานในบางกรณี สีอาจเป็นตัวบ่งบอกถึงความสะอาดของผลิตภัณฑ์ที่ได้ เมื่อผู้ใช้งานรู้จักเฉดสีของผลิตภัณฑ์เป็นอย่างดี เช่น เมื่อเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องจะสังเกตเห็นน้ำมันมีสีดำ แสดงว่าน้ำมันได้ชะล้างสิ่งสกปรกออกจากชิ้นส่วนเครื่องยนต์แล้ว อย่างไรก็ตาม สีจะไม่สามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำมันได้เสมอไปควรใช้คุณสมบัติอื่นๆ ประกอบในการตัดสินคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นๆด้วย

7. ความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation Stability) เป็นค่าที่บ่งชี้ถึงความคงตัวต่อการเก็บรักษา เนื่องจากน้ำมันเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ซับซ้อน เมื่อสารไฮโดรคาร์บอนสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศก็จะเกิดการทำปฏิกิริยากันซึ่งก่อให้เกิดกรดยางเหนียวและเกิดการเกาะของยางเหนียวในระบบการลำเลียงน้ำมัน ไส้กรอง ตลอดจนหัวฉีด นอกจากนี้ถ้าอุณหภูมิสูงอัตราการรวมตัวก็ยิ่งเกิดเร็วขึ้นอีก น้ำมันที่มีคุณภาพดีควรมีความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ผลิตภัณฑ์หล่อลื่นสังเคราะห์ [5, 7, 8, 9]

ผลิตภัณฑ์หล่อลื่นสังเคราะห์เริ่มมีการสังเคราะห์ตั้งแต่ต้นคริสตศักราช 1930 และได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ในสหรัฐอเมริกาได้มีการพัฒนากระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชันแบบมีตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) ของสารประกอบโอเลฟินเพื่อใช้เป็นผลิตภัณฑ์หล่อลื่นที่สามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิต่ำ แต่ผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้นี้ไม่เป็นที่นิยมในทางการค้าเนื่องจากมีราคาสูงเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์หล่อลื่นที่ได้จากน้ำมันแร่ (mineral oil)

ผลิตภัณฑ์หล่อลื่นสังเคราะห์ที่ถูกค้นพบในปัจจุบันสามารถนำไปใช้ในการหล่อลื่นประเภทต่างๆมากมาย เช่น รถยนต์ รถบรรทุก เรือเดินสมุทร การหล่อลื่นในอุตสาหกรรม รวมถึงการหล่อลื่นในเครื่องบินและยานอวกาศ

ผลิตภัณฑ์หล่อลื่นสังเคราะห์สามารถแบ่งประเภทได้ดังนี้

Synthesized Hydrocarbons (SHF)	:	Olefin oligomers
		Alkylated aromatics
		Cycloaliphatics
Organic Esters	:	Dibasic acid esters
		Polyol esters
		Polyesters
Others fluids	:	Polyglycols
		Phosphate esters
		Silicates
		Silicone
		Polyphenyl esters
		Fluorocarbons

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์หล่อลื่นสังเคราะห์สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงการนำผลิตภัณฑ์หล่อลื่นสังเคราะห์ไปใช้งาน

ขอบเขตของการใช้งาน	ผลิตภัณฑ์หล่อลื่นสังเคราะห์
Industrial	
Circulating oils	Polyglycol, SHF, Synthetic ester
Gear lubricants	Polyglycol, SHF
Hydraulic fluids	Phosphate ester, polyglycol
Compressor oils	Polyglycol, Synthetic ester, SHF
Gas turbine oils	SHF, synthetic ester
Grease	SHF
Automotive	
Passenger car engine oils	SHF, synthetic ester
Commercial engine oils	SHF, synthetic ester
Gear lubricant	SHF
Brake fluids	Polyglycol
Aviation	
Gas turbine oils	Synthetic ester
Hydraulic fluids	Phosphate ester, silicones, SHF
Grease	Silicones, synthetic ester, SHF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การสังเคราะห์สารประกอบเอสเทอร์

การสังเคราะห์เอสเทอร์เพื่อใช้เป็นสารหล่อลื่นนั้นเริ่มมีความสำคัญในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 เนื่องจากเยอรมันได้ใช้เอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้มาผสมกับน้ำมันแร่เพื่อทำการปรับปรุงคุณสมบัติในด้านการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำเพื่อใช้ทดแทนผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมที่ขาดแคลน และนำไปใช้เป็นสารหล่อลื่นในเครื่องยนต์ของเครื่องบิน โดยเริ่มนำไปใช้ตั้งแต่คริสตศักราช 1950 เมื่อนำเอสเทอร์ที่ใช้เป็นสารหล่อลื่นนี้มาเปรียบเทียบกับน้ำมันแร่ (mineral oil) เกรด SAE 10 พบว่าเอสเทอร์มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีมาก ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงสมบัติทางกายภาพของเอสเทอร์สังเคราะห์

Properties	Ester	Mineral oil
Viscosity		
@ 100 °C	4.6	5.2
@ 40 °C	21.0	29.5
@ -17.8 °C	474	--
@ -40 °C	5465	--
Viscosity index	140	102
Pour point (°C)	-57	20
Flash point (°C)	243	218
Distillation, % overhead @ 400 °C	3	20

เอสเทอร์และน้ำมันแร่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความหนืดใกล้เคียงกันที่ 100 องศาเซลเซียส แต่ผลิตภัณฑ์เอสเทอร์นั้นมีจุดไหลเทที่ต่ำกว่ามาก เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีของแข็งปนอยู่จึงทำให้สามารถไหลได้ที่อุณหภูมิต่ำมากๆ รวมถึงการมีดัชนีความหนืดสูงกว่า ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เอสเทอร์เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถใช้งานได้ดีแม้ในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมากก็ตาม นอกจากนี้เอสเทอร์ยังมีการระเหยต่ำ และสามารถละลายเข้ากันได้ดีกับสารเติมแต่งต่างๆ เอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้มีหลายประเภทดังแสดงในตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงประเภทของเอสเทอร์ [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.9 กระบวนการผลิตเอสเทอร์ [5, 7, 8, 9]

เอสเทอร์เป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยากันระหว่างแอลกอฮอล์และกรดอินทรีย์

$$\text{alcohol} + \text{organic acid} \rightleftharpoons \text{ester} + \text{water} \qquad (1)$$

ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาแบบผันกลับได้ (reversible) แต่สามารถควบคุมให้ปฏิกิริยาดำเนินไปอย่างสมบูรณ์ได้โดยใช้แอลกอฮอล์ที่มากเกินพอ (excess alcohol) และกำจัดน้ำออกจากปฏิกิริยาด้วย azeotropic agent เช่น โทลูอีน ไซลีน

แอลกอฮอล์และกรดอินทรีย์สามารถทำปฏิกิริยากันได้โดยใช้ความร้อน ซึ่งปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันนี้ แอลกอฮอล์สามารถทำปฏิกิริยากับกรดได้โดยตรงหรือเกิดในสภาวะที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา

ตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) ที่นิยมนำมาใช้ประกอบด้วย

- sulfuric acid
- p-toluene sulfuric acid
- tetra alkyl titanate
- anhydrous sodium sulfate
- phosphorus oxides
- stannous octanoate

ในปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอสเทอร์ หลังจากเกิดเอสเทอร์ขึ้นสมบูรณ์แล้ว กรดที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาจะถูกทำให้เป็นกลาง โดยใช้ sodium carbonate หรือ calcium hydroxide แล้วแยกตะกอนออกโดยการกรอง

สภาวะที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน (1) คือ 230 องศาเซลเซียส และความดัน 50-760 mmHg ในสภาวะนี้จะทำให้มีแอลกอฮอล์ระเหยออกมากับน้ำด้วย แต่จะถูกควบแน่นตกกลับลงไปได้เป็นของผสมที่แยกเป็น 2 ชั้น สามารถนำแอลกอฮอล์กลับเข้ามาในปฏิกิริยาได้

สำหรับ monoester เป็นผลิตภัณฑ์เอสเทอร์ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันระหว่าง monofunctional acid (เช่น oleic , stearic acid) กับ monofunctional alcohol (ปกติใช้แอลกอฮอล์ที่มีคาร์บอน 8-13 อะตอม ต่อ 1 โมเลกุล) monoester เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเฉพาะคือ มีความหนืดต่ำ ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์มอนอเอสเทอร์ที่ใช้ในการค้า เช่น monooleate esters ซึ่งมีคุณสมบัติ ดังตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

43904

ตารางที่ 2.5 แสดงสมบัติทางกายภาพของ monooleate

	Viscosity (cSt)		Viscosity	Pour
	At 40 °C	At 100 °C	index	point (°C)
Methyl	4.4	1.7	---	-12
Isobutyl	6.0	2.2	219	-50
2-Ethylhexyl	8.0	2.8	238	-35
Isooctyl	9.1	2.9	192	---
Decyl	10.2	3.4	246	-3

2.10 สมบัติทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์หล่อลื่นเอสเทอร์

ผลิตภัณฑ์หล่อลื่นที่ต้องการส่วนมากเป็นผลิตภัณฑ์หล่อลื่นที่มีคุณสมบัติพิเศษซึ่งสามารถตรวจวิเคราะห์ได้ในห้องปฏิบัติการ เช่น ความหนืด การระเหยด้วยการลดความดัน จุดวาบไฟ เป็นต้น

การตรวจวิเคราะห์สมบัติของผลิตภัณฑ์หล่อลื่น โดยเฉพาะสมบัติทางเคมีนั้นต้องเป็นไปด้วยความละเอียดรอบคอบ เพื่อให้ทราบสมบัติที่เฉพาะของผลิตภัณฑ์อย่างถูกต้องชัดเจน

การเปลี่ยนแปลงสารตั้งต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์เอสเทอร์พื้นฐานนั้นจะมีผลต่อสมบัติของผลิตภัณฑ์หล่อลื่น ดังนี้

- ความหนืด
- สมบัติการไหล
- ความลื่น
- ความเสถียรทางความร้อน
- ความเสถียรต่อปฏิกิริยาการรวมตัวกับน้ำ
- การละลาย
- การสลายตัวทางชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ความหนืด (viscosity) ผลิตภัณฑ์หล่อลื่นเอสเทอร์มีค่าความหนืดมากขึ้นเมื่อ

- เพิ่มน้ำหนักโมเลกุล โดย
  - การเพิ่มความยาวสายโซ่คาร์บอนของกรด
  - การเพิ่มความยาวสายโซ่คาร์บอนของแอลกอฮอล์
  - การเพิ่มปริมาณหมู่เอสเทอร์
- การเพิ่มขนาดหรือองศาความเป็นกิ่ง
- การมีโครงสร้างเป็นวงในโซ่หลักของโมเลกุล
- การเพิ่มอันตรกิริยาระหว่างขั้ว 2 ขั้ว

ข้อเสียของโมเลกุลที่มีสายโซ่ยาวมาก ๆ (หนืดมาก) คือ มีแนวโน้มที่เกิดแรงเฉือนขึ้น ส่งผลให้สายโซ่ของโมเลกุลแตกออกภายใต้แรงเค้นกลายเป็นโมเลกุลขนาดเล็กลง

2) สมบัติการไหล (Flow properties)

2.1) *การเพิ่มดัชนีความหนืด* (viscosity index : VI) ของผลิตภัณฑ์หล่อลื่นเอสเทอร์สามารถทำได้โดย

- การเพิ่มความยาวสายโซ่ของกรด
- การเพิ่มความยาวสายโซ่ของแอลกอฮอล์
- การเพิ่มความเป็นโซ่ตรงในโมเลกุล
- ไม่ใช้โครงสร้างแบบวงในโซ่หลัก
- โครงร่างของโมเลกุล เช่น ในสารประเภทพอลิออลเอสเทอร์มีค่าดัชนีความหนืดต่ำกว่าประเภทไดเอสเทอร์ เนื่องจากในโมเลกุลพอลิออลมีโครงร่างที่หนาแน่นกว่า

2.2) *จุดไหลเท* (pour point) ของผลิตภัณฑ์หล่อลื่นเอสเทอร์ มีค่าลดลงเมื่อ

- เพิ่มปริมาณความเป็นกิ่งของโมเลกุล
- ตำแหน่งของกิ่ง โมเลกุลที่มีกิ่งอยู่ตรงกลางของโมเลกุลจะมีจุดไหลเทที่ดีกว่าโมเลกุลที่มีกิ่งอยู่ที่ปลายโมเลกุล
- ลดความยาวสายโซ่คาร์บอนของกรด
- ลดความสมมาตรภายในของโมเลกุล

จากที่กล่าวมาข้างต้นพบว่าทั้งดัชนีความหนืดและจุดไหลเทนั้นต่างมีผลต่อสมบัติการไหลของผลิตภัณฑ์หล่อลื่นเอสเทอร์ ตัวอย่างเช่น การเพิ่มปริมาณความเป็นโซ่กิ่งในโมเลกุลเอสเทอร์เป็นการปรับปรุงจุดไหลเทของผลิตภัณฑ์หล่อลื่นเอสเทอร์ แต่ในขณะเดียวกันก็ทำให้ดัชนีความหนืดมีค่าลดลงซึ่งไม่เป็นผลดีต่อผลิตภัณฑ์หล่อลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ความลื่น (Lubricity)

หมู่เอสเทอร์เป็นหมู่ที่มีขั้วซึ่งจะมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของสารเติมแต่งประเภทต่อต้านการสึกหรอ โดยหมู่ที่มีขั้วนี้จะเข้าไปเคลือบพื้นผิวของโลหะแทนที่ของสารเติมแต่งทำให้สารเติมแต่งไม่สามารถทำหน้าที่ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตามเอสเทอร์ยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติในด้านความลื่นสูงเมื่อเทียบกับน้ำมันแร่

การแบ่งความเป็นขั้วและความไม่เป็นขั้วของเอสเทอร์สามารถทำได้โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$\text{Non-polarity index} = \frac{\text{total number of C atom x molecular weight}}{\text{number of carboxylic groups x 100}}$$

เมื่อดัชนีความไม่มีขั้ว (Non-polarity index) สูงขึ้น ความว่องไวต่อพื้นผิวโลหะจะลดลง เอสเทอร์ที่เตรียมได้จากกรดและแอลกอฮอล์สายโซ่ตรงจะมีความลื่นมากกว่าเอสเทอร์ที่เตรียมจากกรดและแอลกอฮอล์ที่มีโครงสร้างในสายโซ่กิ่ง

4) ความเสถียรทางความร้อน (Thermal stability)

จากค่าพลังงานพันธะของหมู่เอสเทอร์ที่วิเคราะห์ได้ สามารถบ่งบอกได้ว่าพันธะของเอสเทอร์มีความเสถียรทางความร้อนที่ดีกว่าพันธะของ C-C สำหรับเอสเทอร์ที่มีโครงสร้างเป็นแบบโซ่สั้นและตรงจะมีความเสถียรต่อความร้อนดีกว่าเอสเทอร์ที่มีโครงสร้างเป็นสายโซ่กิ่ง จุดวาบไฟของเอสเทอร์ที่เตรียมจากกรดที่มีโครงสร้างเป็นโซ่ตรงจะมีค่าสูงกว่าเอสเทอร์ที่เตรียมได้จากกรดที่มีโครงสร้างเป็นกิ่ง และการเพิ่มน้ำหนักโมเลกุลจะทำให้จุดวาบไฟของผลิตภัณฑ์นั้นๆมีค่าสูงขึ้น

5) ความเสถียรต่อปฏิกิริยาการรวมตัวกับน้ำ (Hydrolytic stability)

ความเสถียรต่อปฏิกิริยาการรวมตัวกับน้ำของเอสเทอร์นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 2 ประการ คือ

1. ตัวแปรในกระบวนการผลิต (processing parameters) ซึ่งประกอบด้วย
   - ค่าความเป็นกรด (acid value)
   - องศาของการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่น (degree of esterification)
   - ตัวเร่งที่ใช้ในปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่นและปริมาณที่เหลืออยู่ในเอสเทอร์หลังจากกระบวนการผลิตเสร็จสิ้นลงแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โครงสร้างของโมเลกุล (Molecular geometry)

โครงสร้างของโมเลกุลนั้นมีผลต่อความเสถียรต่อปฏิกิริยาการรวมตัวกับน้ำ โดยส่วนที่เป็นกรดที่มีความเกะกะจะทำให้ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเกิดได้ช้าลง ในขณะที่ส่วนของแอกอฮอล์มีผลต่อความเสถียรน้อยมาก

6) การละลาย (Solvency)

6.1) การเข้ากันได้กับสารเติมแต่งและสารหล่อลื่นอื่นๆ เอสเทอร์และน้ำมันแร่สามารถรวมตัวเข้ากันได้อย่างดี ทำให้เกิดผลดีดังต่อไปนี้

- ไม่มีปัญหาในการปนเปื้อน ดังนั้นเอสเทอร์จึงสามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์ได้ทุกประเภทเช่นเดียวกับน้ำมันแร่ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปผสมกับน้ำมันแร่ได้เป็นน้ำมันกึ่งสังเคราะห์ (semi-synthetics) เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติให้ดีขึ้น
- เทคโนโลยีของสารเติมแต่งนั้นมีรากฐานมาจากความต้องการในการปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำมันแร่ ซึ่งนำมาใช้ได้โดยตรงกับเอสเทอร์
- เอสเทอร์สามารถนำไปผสมกับสารหล่อลื่นสังเคราะห์ตัวอื่นๆ ได้ เช่น Polyalphaolefins (PAOs) ซึ่งทำให้โมเลกุลของเอสเทอร์มีความยืดหยุ่นมากขึ้น

6.2) การเข้ากันได้กับวัสดุยืดหยุ่นคล้ายยาง (อิลาสโตเมอร์) เมื่ออิลาสโตเมอร์สัมผัสกับสารหล่อลื่นทำให้เกิดอันตรกิริยาระหว่างสารหล่อลื่นกับสายโซ่พอลิเมอร์ ซึ่งอันตรกิริยาที่เกิดขึ้นนี้เกิดขึ้นทั้งทางเคมีและทางกายภาพ (แต่ในทางเคมีนั้นมีน้อยมาก) อันตรกิริยาทางกายภาพมีกระบวนการที่แตกต่างกัน 2 กระบวนการคือ

6.2.1) การดูดซึมสารหล่อลื่นของอิลาสโตเมอร์ เป็นสาเหตุให้เกิดการบวมตัว

6.2.2) การสกัดเอาส่วนที่ละลายกันได้ออกจากอิลาสโตเมอร์ ทำให้เกิดการหดตัว

องศาการบวมตัวของวัสดุอิลาสโตเมอร์ขึ้นกับ

- ขนาดของสารหล่อลื่น สารหล่อลื่นที่มีขนาดใหญ่จะมีองศาการบวมตัวน้อย
- การเคลื่อนที่ของสารหล่อลื่น สารหล่อลื่นที่มีโครงสร้างเป็นเส้นตรงสามารถแพร่เข้าไปในอิลาสโตเมอร์ได้เร็วกว่าสารหล่อลื่นที่มีโครงสร้างเป็นกิ่งหรือวง
- ความสามารถในการละลายของทั้งสารหล่อลื่นและอิลาสโตเมอร์
- ความเป็นขั้วของสารหล่อลื่น ใช้ดัชนีความไม่เป็นขั้วของสารหล่อลื่นเป็นตัวกำหนดแนวโน้มหรือรูปแบบในการบวมตัวของวัสดุอิลาสโตเมอร์

เอสเทอร์ที่มีขั้วนิยมนำไปใช้เป็นสารเพิ่มความนิ่มตัวในอุตสาหกรรม ในขณะที่พวกที่ไม่มีขั้วมีแนวโน้มทำให้อิลาสโตเมอร์แข็งขึ้นและหดตัวมากขึ้น ดังนั้นในการนำไปใช้งานจำเป็นต้องทำการผสมอย่างระมัดระวังให้ได้สัดส่วนที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) ด้านสิ่งแวดล้อม

ในสิ่งแวดล้อมสามารถเกิดมลพิษขึ้นได้หลายทาง เช่น การรั่วไหลของน้ำมันและการบรรจุน้ำมันเป็นการทำลายที่อยู่อาศัยของปลานานาชนิดและสัตว์น้ำอื่นๆด้วย

- ความเป็นพิษ ในประเทศเยอรมัน มีการแหล่งประเภทของวัสดุตามระดับความเป็นพิษต่อน้ำ (Water endangering potential or Wassergahrdungklasse , WGK) โดยมีค่าระหว่าง 0-3 ดังนี้

WGK 0 ไม่เป็นอันตรายต่อน้ำ

WGK 1 เป็นอันตรายต่อน้ำเล็กน้อย

WGK 2 เป็นอันตรายต่อน้ำ

WGK 3 เป็นอันตรายต่อน้ำมาก

ปกติแล้วเอสเทอร์จะมีค่าอยู่ในช่วง :

Polyols, polyoleates, C_{36} dimer ester, diesters	WGK 0
Phthalates and trimellitates	WGK 0 to 2

จากข้อมูลดังกล่าวแสดงว่าเอสเทอร์มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมาก

- ความสามารถของการสลายตัวทางชีวภาพ การสลายตัวของโมเลกุลเอสเทอร์นั้นเกิดจากปฏิกิริยาการไฮโดรไลซีส ปฏิกิริยาออกซิเดชันตรงตำแหน่งเบตาของสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนและปฏิกิริยาการรวมกับออกซิเจนของอะโรมาติก

2.11 การนำไปใช้งาน

1) น้ำมันเครื่อง : ปัจจุบันได้มีการนำเอาผลิตภัณฑ์หล่อลื่นสังเคราะห์มาใช้อย่างกว้างขวาง เช่น ของผสมระหว่าง polyalphaolefin กับ esters เนื่องจากสารหล่อลื่นสังเคราะห์มีคุณสมบัติที่เฉพาะเจาะจงมากกว่าสารหล่อลื่นที่ได้จากปิโตรเลียม ประโยชน์โดยทั่วไปของสารหล่อลื่นเอสเทอร์ คือ สามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิต่ำ ช่วยให้เครื่องยนต์สะอาด ป้องกันการสึกหรอของเครื่องยนต์และมีความหนืดคงตัว

2) น้ำมันเครื่องยนต์ 2 จังหวะ : สารหล่อลื่นประเภทเอสเทอร์ เช่น C_{36} dimer esters และ Polyoleates สามารถนำไปใช้ในเครื่องยนต์ 2 จังหวะได้ดีกว่าสารหล่อลื่นที่ได้จากน้ำมันแร่ เนื่องจาก

- ช่วยให้เครื่องยนต์มีการเผาไหม้ที่สะอาด การจุดระเบิดง่ายขึ้น

- จากการมีความเป็นขั้วของเอสเทอร์ ทำให้มีประสิทธิภาพในการหล่อลื่นได้มากกว่าผลิตภัณฑ์หล่อลื่นจากน้ำมันแร่

- เอสเทอร์เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีจุดไหลเทต่ำจึงสามารถใช้งานได้ดีกับเครื่องยนต์ในเขตหนาว นอกจากนี้เอสเทอร์ยังช่วยลดปริมาณควันที่ออกจากเครื่องยนต์ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) compressor oil : ในการหล่อลื่นเครื่องอัดลมพบว่านิยมนำสารหล่อลื่นประเภท diesters และ phthalates มาใช้ เนื่องจาก diesters นั้นมีคุณสมบัติป้องกันออกซิเดชันได้ดี มีการระเหยต่ำ และยังมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย การสูดหายใจและการสัมผัสกับผิวหนังของไอระเหยก็มีอันตรายน้อยกว่าน้ำมันแร่ นอกจากนี้เอสเทอร์ยังสามารถนำความร้อนได้ดีกว่าน้ำมันแร่ 5-10 %

4) Aviation oils : การหล่อลื่นเครื่องยนต์ในเครื่องบินนั้นถูกใช้ทั้งในด้านการทหารและพลเรือน คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นที่ต้องการในการหล่อลื่นเครื่องยนต์ในเครื่องบิน คือ การหล่อลื่น ความเสถียรต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน และอายุการใช้งานที่นาน ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ไม่พบในน้ำมันประเภทไฮโดรคาร์บอน ดังนั้นผลิตภัณฑ์หล่อลื่นประเภท diesters และ polyol ester จึงเข้ามามีบทบาทอย่างมากและมีการนำไปใช้กันอย่างแพร่หลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3
การดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1) สังเคราะห์เอสเทอร์จากปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันของกรดสเตียริกกับเดคานอล
2) ทำการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้ โดยใช้เทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์-สเปกโทรสโกปี (FTNMR) เทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟาเรดสเปกโทรสโกปี (FTIR) และศึกษาสมบัติทางความร้อนด้วยเครื่อง Thermogravimetric analyser (TGA)
3) นำผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้ไปผสมกับน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน (Lube Base Oil) แล้วศึกษาสมบัติของสารผสม ได้แก่ ความหนืด (ASTM D445) ดัชนีความหนืด (ASTM D2270) และจุดไหลเท (ASTM D97)

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1) กรดสเตียริก (Stearic acid) บริษัท Carlo Erba (Reagent grade)
2) เดคานอล (Decanol) บริษัท Fluka (97% GC)
3) โทลูอีน (Toluene) บริษัท Carlo Erba (Reagent grade)
4) กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid) บริษัท Merck
5) ซิลิโคนออยล์ (Silicone oil) บริษัท Fluka
6) น้ำกลั่น (Distilled water)
7) Lube Base Oil เกรด SN150 ESSO
8) Lube Base Oil เกรด SN500 ESSO

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1) เครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโทมิเตอร์ (Fourier Transform Infrared Spectrophotometer) รุ่น IFS 28 ของบริษัท Bruker เตรียมตัวอย่างโดยวิธีอัดด้วยโพแทสเซียมโบรไมด์ (KBr disk)
2) เครื่องนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรมิเตอร์ (Nuclear Magnetic Resonance Spectrometer) รุ่น NMR 300 Ultra Shield ของบริษัท Bruker ความถี่ 300 Hz. Chemical shifts อยู่ในหน่วย ppm ใช้เตตระเมทิลสไตรีน (TMS) เป็นมาตรฐาน
3) เครื่อง TGA
4) เครื่องวัดความหนืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) เครื่องหาจุดไหลเท
6) เครื่องหาจุดหลอมเหลว GALLENKAMP (SANYO)
7) เครื่องระเหยลดความดัน Rotary Vacuum Evaporator N-N series (EYELA)
8) เครื่องชั่ง TC-254 (Denver Instrument Company)
9) ชุดกรองลดความดัน B-169 (BUCHI)
10) เครื่องให้ความร้อนชนิดปั่นกวนได้
11) ชุดกลั่นลดความดัน
12) ขวดก้นกลม
13) คอนเดนเซอร์
14) กรวยแยก
15) บีกเกอร์
16) แท่งแก้วคน
17) เทอร์โมมิเตอร์
18) กระจกนาฬิกา
19) ช้อนตักสาร
20) กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์
21) กระบอกตวง
22) ขาตั้งพร้อมที่จับ
23) อ่างน้ำมัน

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 ขั้นตอนการสังเคราะห์เอสเทอร์

1) จัดเตรียมอุปกรณ์ ดังรูปที่ 3.1
2) ชั่งกรดสเตียริกจำนวน 35.5875 กรัม (1/8 โมล) และโทลูอีน 50 มิลลิลิตร ลงในขวดก้นกลมขนาด 500 มิลลิลิตร
3) ใช้หลอดหยดเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 5 หยด (1% โมลของกรดสเตียริก) ลงในขวดก้นกลม
4) เติมเดคานอล 36 มิลลิลิตร (1/6 โมล , 50 % excess) ด้วยกรวยแก้วลงในขวดก้นกลม
5) ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ในอ่างน้ำมันซิลิโคน พร้อมทั้งปั่นกวนด้วยเครื่องปั่นกวนแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นเวลา 3 ชั่วโมง
6) เมื่อครบ 3 ชั่วโมงแล้ว ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
7) นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำให้เป็นกลาง โดยใช้วิธีการ 2 แบบ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

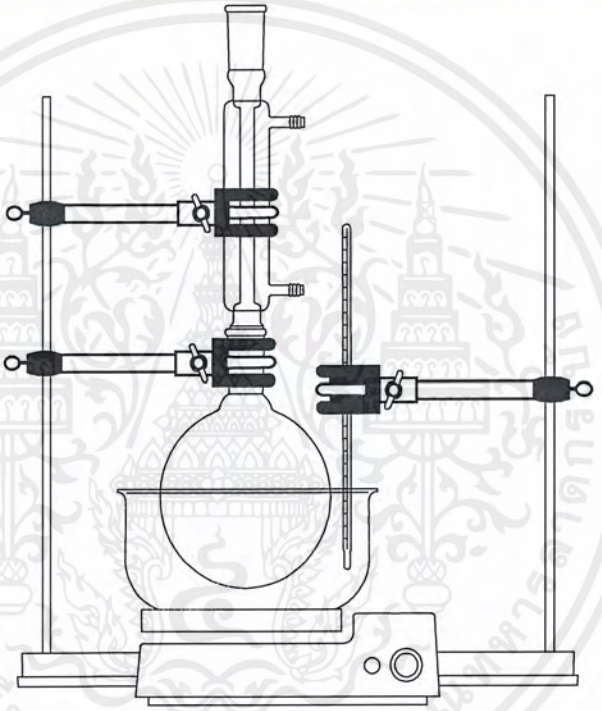
7.1 เติมด้วยสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) อิ่มตัว จนกระทั่งฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) หมดไป แล้วแยกชั้นน้ำออกด้วยกรวยแยก

7.2 ล้างด้วยน้ำกลั่น ครั้งละ 30 มิลลิลิตร ในกรวยแยก ไขชั้นน้ำออกมาแล้วทดสอบความเป็นกรดของชั้นน้ำด้วยกระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ จนกระทั่งชั้นน้ำไม่มีความเป็นกรด (pH = 7)

8) นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาแยกโทลูอีนออกโดยใช้เครื่องระเหยแบบลดความดัน

สภาวะที่ใช้ : อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส

ความดัน 15 มิลลิเมตรปรอท



รูปที่ 3.1 แสดงการติดตั้งเครื่องมือในการสังเคราะห์

3.4.2 ขั้นตอนการทำให้ผลิตภัณฑ์บริสุทธิ์

เนื่องจากการทดลองนี้ใช้เดคานอลที่มากเกินพอ จึงต้องมีการกำจัดเดคานอลที่มากเกินพอนี้ออกโดยใช้วิธีการกลั่นลดความดัน

สภาวะที่ใช้ : อุณหภูมิ 150-160 องศาเซลเซียส

ความดัน 0-20 มิลลิเมตรปรอท

ชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์ที่ได้พร้อมทั้งคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์และทดสอบสมบัติของผลิตภัณฑ์เอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้

ทำการวิเคราะห์และทดสอบสมบัติของผลิตภัณฑ์เอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้โดยใช้เทคนิคและเครื่องมือต่างๆ ดังนี้

- นิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี เตรียมตัวอย่างโดยละลายใน $CDCl_3$
- ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี เตรียมตัวอย่างโดยวิธีอัดด้วยโพแทสเซียมโบรไมด์ (KBr disk)
- เครื่อง Thermogravimetric analyser (TGA)
- เครื่องหาจุดหลอมเหลว

3.4.4 ขั้นตอนการผสม (Blending)

1.) ตวง Lube Base Oil SN 150 100 มิลลิลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์

2.) เติม decyl stearate ที่สังเคราะห์ได้ลงไป จนถึงจุดอิ่มตัว

3.) บันทึกน้ำหนักสารที่ทำให้สารละลายอิ่มตัว

4.) นำผลิตภัณฑ์ที่ผสมได้ไปทดสอบสมบัติ ดังนี้

- ความหนืด ที่ 40°C และ 100°C
- ดัชนีความหนืด
- จุดไหลเท

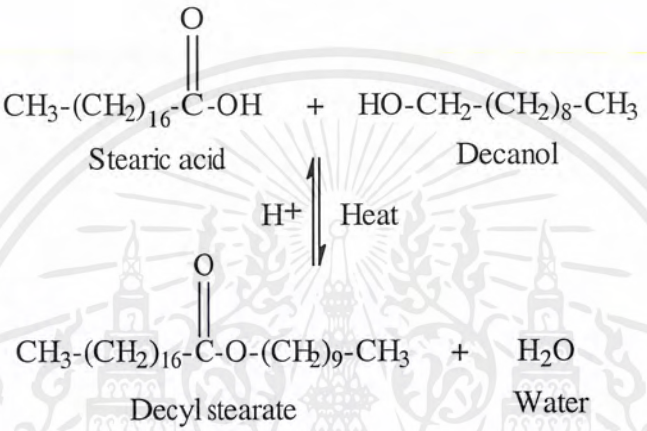
5.) ทำซ้ำข้อ 1-4 โดยใช้ Lube Base Oil SN 500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์เอสเทอร์

จากการทดลองสังเคราะห์เดคซิลสเตียเรตจากปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันระหว่างกรดสเตียริกกับเดคานอลในโทลูอีน (ตัวทำละลายและ azeotropic agent) โดยใช้กรดซัลฟูริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา สามารถเขียนปฏิกิริยาได้ ดังสมการ



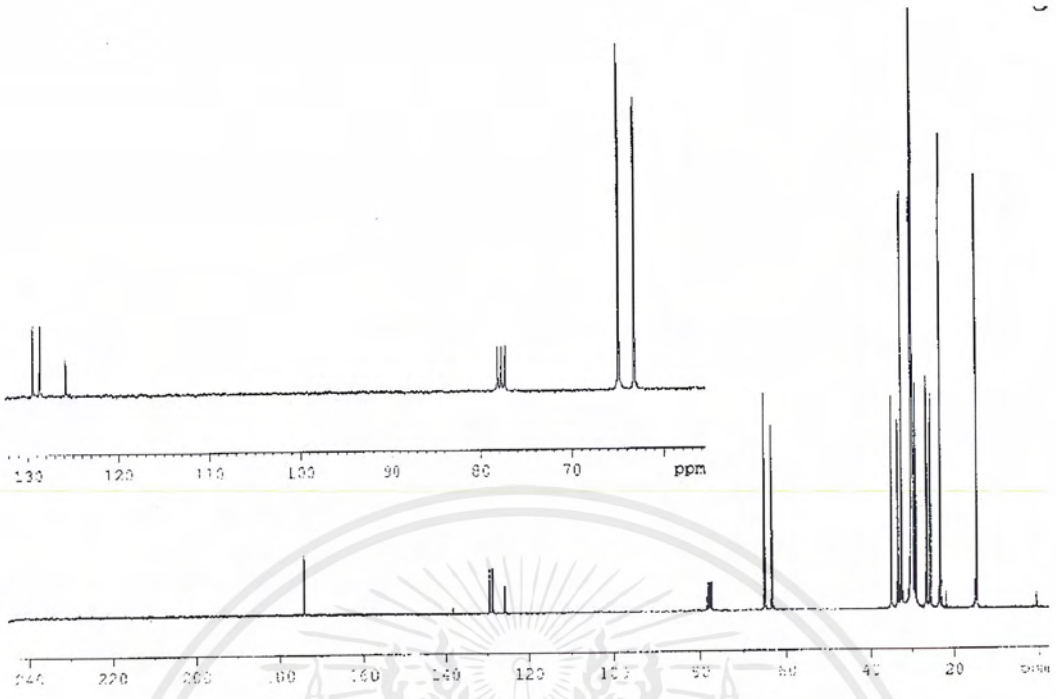
ในการทดลองได้ทำการสังเคราะห์เดคซิลสเตียเรตโดยปรับเปลี่ยนสภาวะต่างๆ ดังตารางที่ 4.1 เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์

ตารางที่4.1 สภาวะที่ใช้ในการสังเคราะห์เดคซิลสเตียเรต

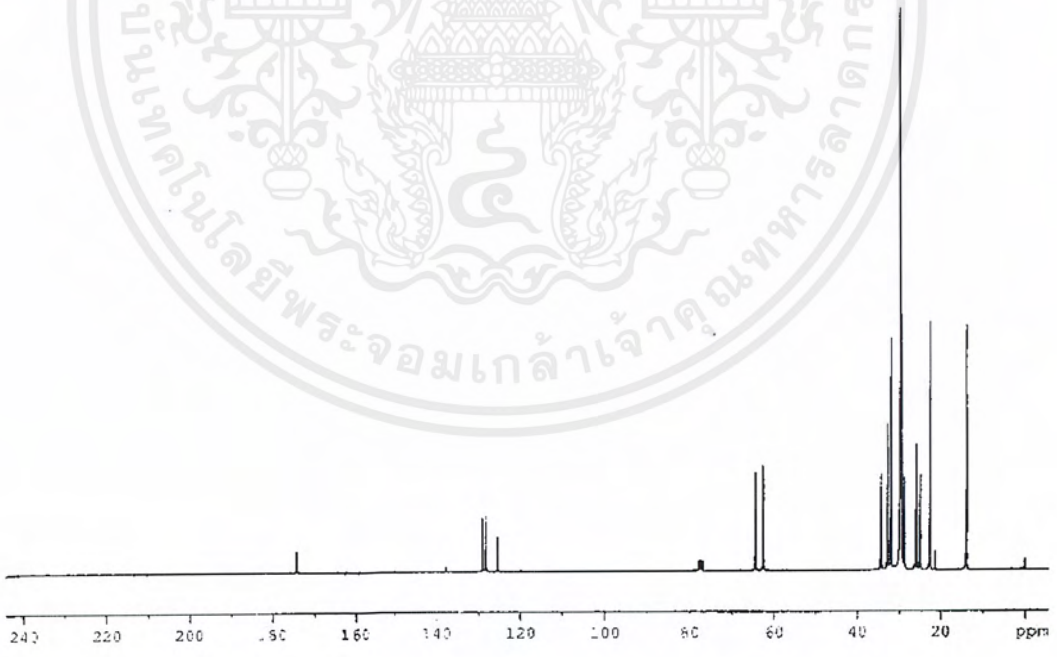
สภาวะที่	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณโทลูอีน (ml)	ปริมาณเดคานอล (% excess)
1	130	4	100	50
2	130	3	100	50
3	130	3	50	50
4	130	3	50	30

จากการสังเคราะห์เดคซิลสเตียเรตที่อุณหภูมิ 130° C เวลา 3 ชั่วโมงและ 4 ชั่วโมงในโทลูอีน 100 ml และปริมาณเดคานอล 50 % excess เท่ากัน พบว่า ปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ทั้ง 2 กรณี เพราะไม่มีกรดสเตียริกซึ่งเป็นสารตั้งต้นเหลืออยู่ ยืนยันโดย ^{13}C-NMR spectrum (รูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2) ไม่มีสัญญาณคาร์บอนของหมู่คาร์บอนิล (C=O) ปรากฏที่ 180 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดง ^{13}C-NMR spectrum ของเดคซิลสเตียเรตที่ใช้เวลาในการสังเคราะห์ 4 ชั่วโมง



รูปที่ 4.2 แสดง ^{13}C-NMR spectrum ของเดคซิลสเตียเรตที่ใช้เวลาในการสังเคราะห์ 3 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกระบวนการสังเคราะห์เดคซิลสเตียเรตและการสังเกต ^{13}C-NMR spectrum นั้น พบปัญหาต่างๆ ดังนี้

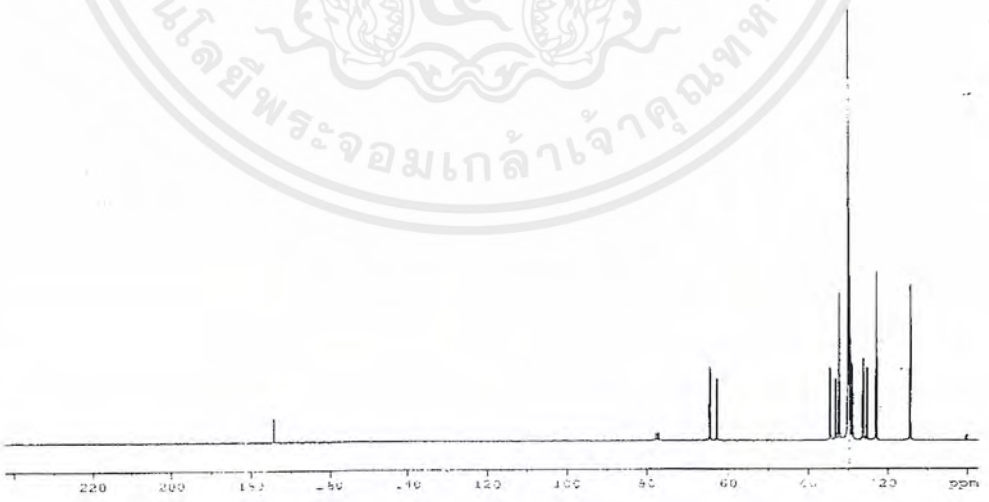
1. การกำจัดกรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. การกำจัดโทลูอีน
3. การกำจัดเดคานอลที่มากเกินพอ

1) การกำจัดกรดซัลฟูริกเข้มข้น

ในกระบวนการสังเคราะห์เดคซิลสเตียเรตนั้น หลังจากได้ผลิตภัณฑ์แล้วต้องทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นกลาง ซึ่งในขั้นต้นได้ทดลองทำให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) อิ่มตัว พบว่า เกิดไขสบู่ขึ้น ทำให้สารขุ่น จึงสังเกตฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นได้ยาก จึงเปลี่ยนวิธีเป็นการล้างด้วยน้ำกลั่น พบว่าไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการเกิดไขสบู่ และสามารถตรวจสอบความเป็นกรดได้ง่ายโดยใช้กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ ดังนั้นจึงเลือกวิธีทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นกลางด้วยการใช้น้ำกลั่นล้าง

2) การกำจัดโทลูอีน

เนื่องจากในขั้นตอนการระเหยโทลูอีนออกด้วยการระเหยแบบลดความดันนั้นทำได้ยาก ใช้เวลานาน และเมื่อตรวจสอบด้วย ^{13}C-NMR spectrum (รูปที่ 4.2) ก็ยังพบโทลูอีนเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีสัญญาณคาร์บอนของอะโรมาติกปรากฏที่ 125-129 ppm ดังนั้นจึงลดปริมาณโทลูอีนในการสังเคราะห์ลงจาก 100 ml เป็น 50 ml ที่อุณหภูมิ 130° C เวลา 3 ชั่วโมงเช่นเดิม พบว่าสามารถระเหยโทลูอีนออกได้หมด ยืนยันจาก ^{13}C-NMR spectrum (รูปที่ 4.3) ซึ่งไม่มีสัญญาณของอะโรมาติกปรากฏที่ตำแหน่ง 125-129 ppm



รูปที่ 4.3 แสดง ^{13}C-NMR spectrum ของเดคซิลสเตียเรตที่ใช้โทลูอีน 50 ml ในการสังเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การกำจัดเดคานอลที่มากเกินพอ

จากสภาวะที่ใช้สังเคราะห์เดคซิลสเตียเรตทั้งหมดข้างต้น เมื่อพิจารณา ^{13}C-NMR spectrum ของรูปที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 พบว่ามีสัญญาณของหมู่ methylene ที่ติดกับหมู่ไฮดรอกซิลปรากฏที่ 62 ppm แสดงว่า ทุกสภาวะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเดคานอลปนอยู่ ทั้งนี้เนื่องจากในการทำปฏิกิริยาได้ใช้เดคานอลในปริมาณที่มากเกินพอ (excess) ดังนั้นเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาจึงมีเดคานอลที่มากเกินพอนี้เหลืออยู่ อีกทั้งเดคานอลยังเป็นสารที่มีจุดเดือดสูง (220° C) มีโครงสร้างเป็นโซ่ตรงยาว จึงสามารถแทรกอยู่ในโมเลกุลของเดซิลสเตียเรตได้จึงทำให้กำจัดออกได้ยาก

จากปัญหาดังกล่าวจึงได้ทำการทดลองลดปริมาณเดคานอลลงเหลือ 30 % excess พบว่ายังคงมีสัญญาณของหมู่ methylene ที่ติดกับไฮดรอกซิลของเดคานอลปรากฏอยู่แต่สัญญาณน้อยลง แสดงว่าการลดปริมาณเดคานอลลงช่วยให้มีเดคานอลเหลือในผลิตภัณฑ์น้อยลง แต่ไม่สามารถกำจัดให้หมดไปได้ ทำให้เดคซิลสเตียเรตที่สังเคราะห์ได้ไม่บริสุทธิ์ จึงต้องมีการหาวิธีการทำให้ผลิตภัณฑ์บริสุทธิ์อีกในขั้นต่อไป

4.2 การทำให้ผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้บริสุทธิ์

เนื่องจากในการทดลองใช้เดคานอลในปริมาณที่มากเกินพอ ดังนั้นเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาจะมีเดคานอลเหลืออยู่ จึงต้องมีการกำจัดเดคานอลส่วนที่เหลือออกเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่บริสุทธิ์ด้วยวิธีการกลั่นลดความดัน

สภาวะที่ใช้ : ความดัน 0-20 มิลลิเมตรปรอท

พบว่า สามารถแยกเดคานอลออกได้ที่อุณหภูมิ 150-160 องศาเซลเซียส นำส่วนที่เหลือจากการกลั่นไปตรวจสอบด้วยเครื่อง FTIR และ FTNMR พบว่าได้เดคซิลสเตียเรตที่บริสุทธิ์ ดัง IR spectrum (รูปที่ ก4) และ NMR spectrum (รูปที่ ข5-ข6)

เดคซิลสเตียเรตที่สังเคราะห์ได้หลังจากทำให้บริสุทธิ์แล้วสามารถนำไปตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีด้วยเครื่อง FTIR และเครื่อง FTNMR ปรากฏสัญญาณต่างๆ ดังต่อไปนี้

IR spectrum ของ decyl stearate (รูปที่ ก4) ; (KBr) ν_{max} 2918 cm^{-1} (C-H str. , s), 1737 cm^{-1} (C=O str. , s) , 1472 cm^{-1} (C-H bending , s) , 1254 และ 1176 cm^{-1} (C-O-C ester , s)

^{1}H-NMR spectrum ของ decyl stearate (รูปที่ ข5) ; ($CDCl_3$) δ 4.05 ppm (2H , t , -O-CH_2) , 2.28 ppm (2H , t , CH_2-COO) , 1.61 ppm (2H , m , O-C-CH_2) , 1.25 ppm (44H , m, CH_2-C-COO) , 0.88 ppm (6H , t , -CH_3)

^{13}C-NMR spectrum ของ decyl stearate (รูปที่ ข6) ; ($CDCl_3$) δ 174 ppm (C=O) , 64 ppm (O-CH_2)

เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้ คือ 92.57 %

สำหรับสมบัติต่างๆ ของเดคซิสเตียเรตที่สามารถวิเคราะห์ได้เป็นดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงสมบัติต่างๆ ของเดคซิลสเตียเรตที่สังเคราะห์ได้

สมบัติ	ผลการวิเคราะห์
สถานะ	ของแข็ง
สี	ครีม
ลักษณะทั่วไป	เนื้อเนียนคล้ายเทียน ลื่น
จุดหลอมเหลว	40-41
Thermal stability (^{o}C)	245

จากตารางที่ 4.2 พบว่าเดคซิลสเตียเรตมีอุณหภูมิการสลายตัวสูง ทำให้สามารถนำเดคซิลสเตียเรตที่สังเคราะห์ได้ไปประยุกต์ใช้ในงานที่ต้องทำที่อุณหภูมิสูงได้

4.3 การผสมเดคซิลสเตียเรตกับน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน (Lube Base Oil)

จากการทดลองได้ทำการละลายเดคซิลสเตียเรตลงในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน (Lube base oil) ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าปริมาณเดคซิลสเตียเรตที่ผสมลงในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานทั้ง 2 ชนิด เป็นดัง ตารางที่ 4.3 ซึ่งเป็นปริมาณที่มากที่สุดที่ไม่ทำให้สารละลายขุ่น

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณเดคซิลสเตียเรตที่ละลายในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน ณ จุดอิ่มตัว

ชนิดของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน	ปริมาณ decyl stearate ที่ผสมได้ (g/100 ml. Lube base oil)
SN 150	2.75
SN 500	2.61

ขั้นตอนต่อมาได้นำสารผสมทั้งสองไปทดสอบสมบัติต่างๆ คือ ความหนืด (viscosity) ดัชนีความหนืด (viscosity index) และจุดไหลเท (Pour point) ได้ผลดังตารางที่ 4.4 และ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงสมบัติทางกายภาพของสารผสมระหว่างเดคซิลสเตียเรตกับน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน SN150 เปรียบเทียบกับน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน SN150

INSPECTION	TYPES OF PRODUCT	
	SN150	Decyl stearate+SN150
Viscosity Index	103	103
Viscosity @ 100°C (cSt)	5.227	5.04
Viscosity @ 40°C (cSt)	30.31	28.49
Pour point (°C)	-12	-8

ตารางที่ 4.5 แสดงสมบัติทางกายภาพของสารผสมระหว่างเดคซิลสเตียเรตกับน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน SN500 เปรียบเทียบกับน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน SN500

INSPECTION	TYPES OF PRODUCT	
	SN500	Decyl stearate+SN500
Viscosity Index	96	99
Viscosity @ 100°C (cSt)	10.33	10.43
Viscosity @ 40°C (cSt)	96.33	88.64
Pour point (°C)	-6	-6

จากผลการทดสอบตามตารางที่ 4.4 และ 4.5 สามารถวิเคราะห์สมบัติของสารละลายเปรียบเทียบกับน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานได้ดังนี้

1) ดัชนีความหนืด (Viscosity Index)

1.1 ดัชนีความหนืดของสารผสมระหว่างน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน SN150 กับเดคซิลสเตียเรตมีค่าเท่ากับดัชนีความหนืดของ SN150 แสดงว่าการเติมเดคซิลสเตียเรตในปริมาณ 2.75 กรัมต่อ 100 ml ไม่ช่วยปรับปรุงดัชนีความหนืดให้กับน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน SN150

1.2 ดัชนีความหนืดของสารผสมระหว่างน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน SN500 กับเดคซิลสเตียเรตมีค่าเพิ่มขึ้นจากน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน SN500 คิดเป็น 3.125% แสดงว่าเดคซิลสเตียเรต ที่เติมลงไปในปริมาณ 2.61 กรัมต่อ 100 ml นั้นช่วยปรับปรุงดัชนีความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน SN500 ให้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ความหนืด (Viscosity)

2.1) ความหนืดที่ 40 °C

ความหนืดของสารผสมระหว่างน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน SN150 กับเดคซิลสเตียเรต และสารผสมระหว่างน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน SN500 กับเดคซิลสเตียเรต มีค่าต่ำกว่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน SN150 และ SN500 ตามลำดับ เนื่องจากเดคซิลสเตียเรตที่เติมลงไปนั้นสามารถหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 40 °C ได้เป็นของเหลวที่มีความหนืดต่ำ ดังนั้นเมื่อผสมกับน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานแล้วนำมาทดสอบความหนืดที่ 40 °C จึงส่งผลให้ความหนืดโดยรวมลดลง

2.2) ความหนืดที่ 100 °C

ความหนืดของสารผสมระหว่างน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน SN150 กับเดคซิลสเตียเรต และสารผสมระหว่างน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน SN500 กับเดคซิลสเตียเรต มีค่าเปลี่ยนแปลงไปน้อยมากเมื่อเทียบกับค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน จึงอาจกล่าวได้ว่าการเติมเดคซิลสเตียเรตลงในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานในปริมาณ 2.61-2.75 g/100 ml นั้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดที่ 100 °C

3) จุดไหลเท (Pour point)

จุดไหลเทของสารผสมระหว่างน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน SN150 กับเดคซิลสเตียเรต มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนสารผสมระหว่างน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน SN500 กับเดคซิลสเตียเรต มีค่าเท่าเดิมเมื่อเทียบกับน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน SN150 และ SN500 ตามลำดับ เนื่องจากเดคซิลสเตียเรตมีสถานะเป็นของแข็งเมื่อผสมกับน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานซึ่งเป็นของเหลวหนืดและทดสอบที่อุณหภูมิต่ำ จึงทำให้สารผสมแข็งตัวเร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การสังเคราะห์เดคซิลสเตียเรตจากกรดสเตียริกกับเดคานอลสามารถทำได้ด้วยปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชั่นในโทลูอีน และใช้กรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา สภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยา คือ ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ในโทลูอีน 50 มิลลิลิตรและเดคานอลที่มากเกินพอในปริมาณ 30% โมล ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ได้จากปฏิกิริยาถูกทำให้เป็นกลางโดยการล้างด้วยน้ำกลั่น จากนั้นทำให้ได้เดคซิลสเตียเรตที่บริสุทธิ์ด้วยการกลั่นลดความดัน ได้เปอร์เซ็นผลิตภัณฑ์คิดเป็น 92.57 % ของสารตั้งต้น (กรดสเตียริก) จากสมบัติทางกายภาพที่วิเคราะห์ได้พบว่า เดคซิลสเตียเรตมีสมบัติเด่นในการทนทานต่ออุณหภูมิสูงได้ดี

จากการนำเดคซิลสเตียเรตไปละลายในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน (Lube Base Oil) เกรด SN150 และ SN500 ในอัตราส่วนน้ำหนักของเดคซิลสเตียเรตต่อปริมาณน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานเท่ากับ 2.75 และ 2.61 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตรตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณเดซิลสเตียเรตที่เติมได้ ณ จุดอิ่มตัว พบว่า เดคซิลสเตียเรตที่เติมลงไปนั้นไม่ทำให้ดัชนีความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน SN150 เปลี่ยนแปลงและทำให้ความหนืดที่ 40^{0}C ความหนืดที่ 100 ^{0}C และจุดไหลเทเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย ส่วนผลต่อน้ำมันพื้นฐานเกรด SN500 นั้นพบว่าเดคซิลสเตียเรตที่เติมลงไปทำให้ดัชนีความหนืดสูงขึ้นคิดเป็น 3.125% และทำให้ค่าความหนืดที่ 40 ^{0}C และค่าความหนืดที่ 100^{0}C เปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยแต่ไม่ทำให้จุดไหลเทของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานเปลี่ยนแปลง ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่า เดคซิลสเตียเรตที่สังเคราะห์ได้นี้สามารถนำไปใช้เป็นสารเติมแต่งในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานเพื่อใช้ในงานหล่อลื่นที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมากๆได้ อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการช่วยลดปริมาณการใช้ผลิตภัณฑ์หล่อลื่นจากปิโตรเลียมในอนาคตได้อีกทางหนึ่งด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้จากกรดสเตียริกกับเดคานอล มีสถานะเป็นของแข็งทำให้การนำไปใช้งานค่อนข้างยาก อีกทั้งสมบัติยังไม่ดีพอที่จะนำไปปรับปรุงหรือเป็นสารเติมแต่งในน้ำมันหล่อลื่นจากปิโตรเลียม ดังนั้นจึงน่าจะมีงานวิจัยเพื่อศึกษาในเรื่องต่อไป คือ

1. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผสมเดคซิลสเตียเรตกับน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานเพื่อเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพที่ดีที่สุด
2. ศึกษาการสังเคราะห์เอสเทอร์จากกรดสเตียริกกับแอลกอฮอล์ชนิดอื่นที่มีลักษณะเป็นโซ่กิ่งหรือประเภทไดออล ไกลคอล พอลิออล เป็นต้น พร้อมทั้งศึกษาสมบัติและความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานได้จริงหรือใช้เป็นสารเติมแต่งในน้ำมันหล่อลื่นจากปิโตรเลียม
3. ศึกษาการสังเคราะห์เอสเทอร์จากน้ำมันพืชซึ่งมีทั้งกรดสเตียริกและกรดไขมันชนิดอื่นๆเป็นองค์ประกอบ เพื่อศึกษาสมบัติและความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานได้จริงหรือใช้เป็นสารเติมแต่งในน้ำมันหล่อลื่นจากปิโตรเลียม
4. ศึกษาการสังเคราะห์เอสเทอร์จากกรดที่มีลักษณะเป็นโซ่กิ่งกับแอลกอฮอล์โซ่กิ่งหรือโซ่ตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

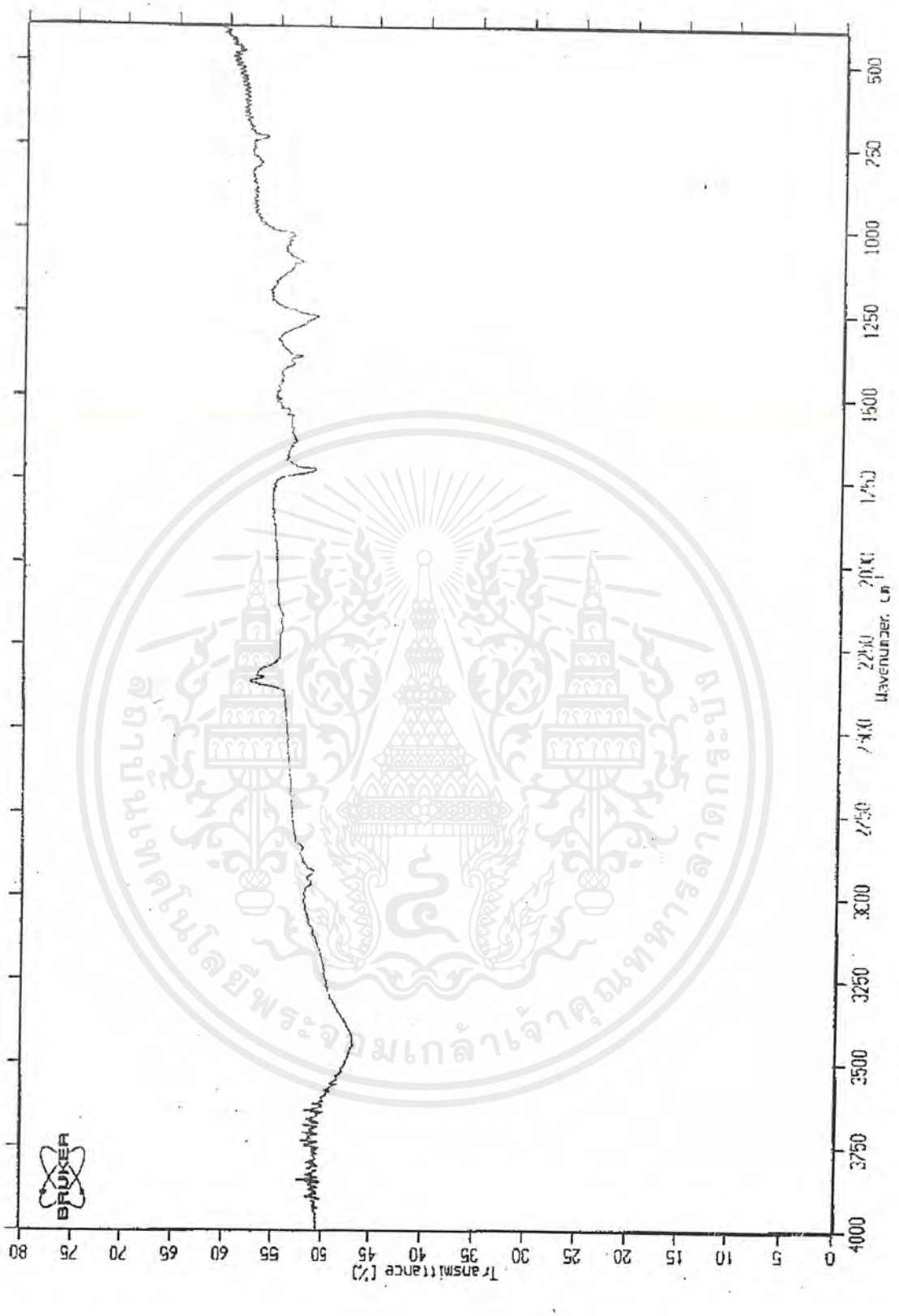
เอกสารอ้างอิง

1. ประเสริฐ เทียนนิมิตร, ขวัญชัย ลินทิพย์สมบูรณ์, ปานเพชร ชินินทร. *เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น*. บริษัทซีเอ็ดยูเคชันจำกัด มหาชน. กรุงเทพฯ. 2532
2. Short, G.D. *Lubricant Composition for Fluorinated Refrigerant*. EPO 498 152 A1 (1992).
3. Pierik, R.W. "*Lubricant*". EPO 458 584 A1 (1999).
4. Sabahi, M. " *Neopolyol Derivatives and Refrigeration Compositions* ". Comprising them. US 5,290,465 (1994)
5. โชคชัย สุวรรณวุฒิวัฒน์ "*การสังเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานประเภทเอสเทอร์พอลิออล*" วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาปิโตรเคมีและพอลิเมอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2540
6. *ความรู้เกี่ยวกับปิโตรเลียม*. ส่วนควบคุมคุณภาพ ส่วนบริการเทคนิคตลาดพาณิชย์ การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย. 2543
7. Gunderson,R.C.,and Hart, A.W. " *Synthetic Lubricants* " . London, Rienhold Publishing Corporation, 1999, pp. 93-101
8. Klamann, D. " *Lubrication and Related Products* ". Federal Republic of Germany : Verlag chemie, 1984, pp.130-133 and pp.219-230
9. Moetier, R.M., Orszulik, S.T. " *Chemistry & Technology of Lubricants* ". Great Britain, St Edmundsbery Press Ltd., 1992, pp.40-50
10. Miller,Robert W. " *Lubricants and their application* ". New York, McGraw-Hill, 1993, pp.139-148

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

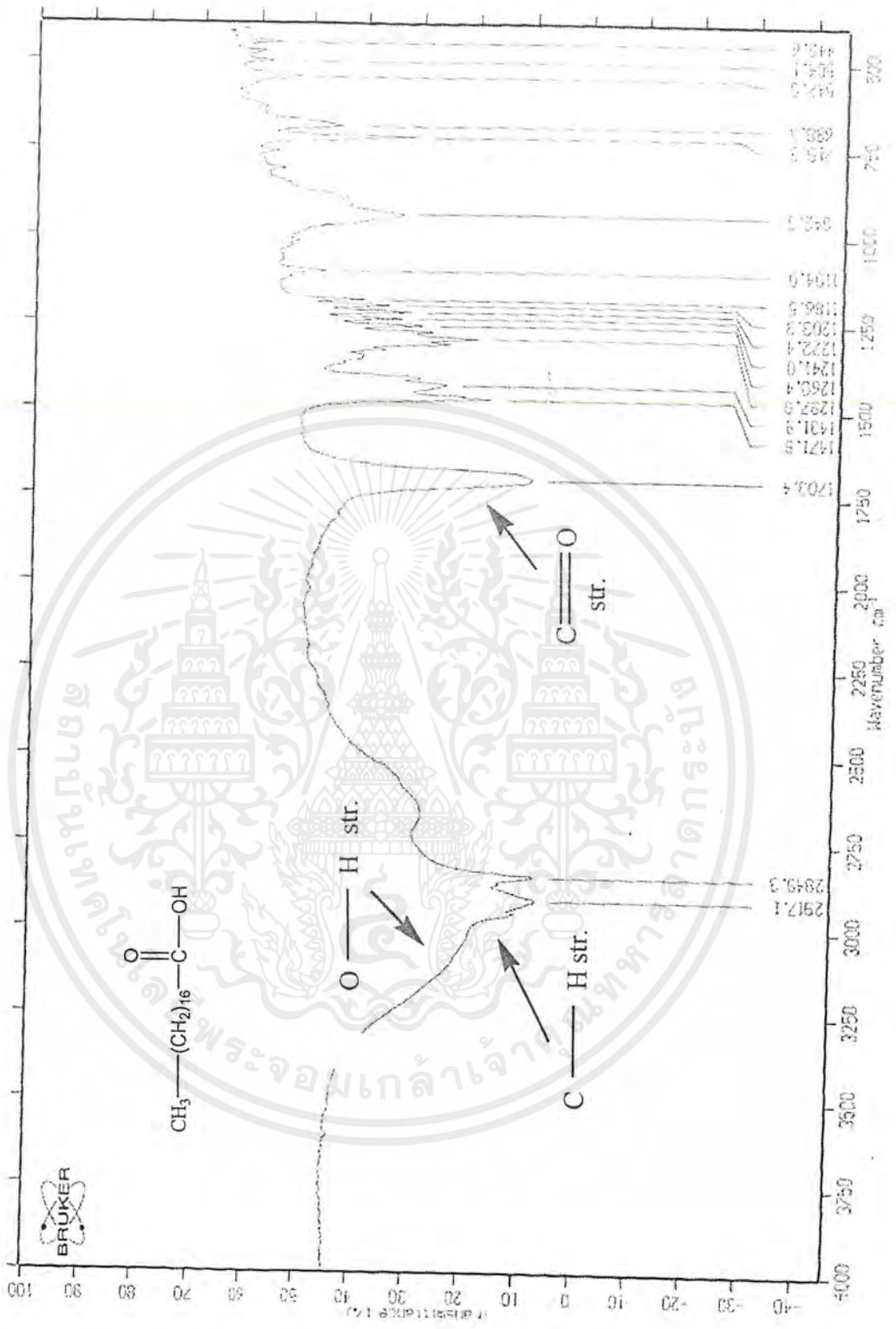
ภาคผนวก ก
อินฟาเรดสเปกตรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



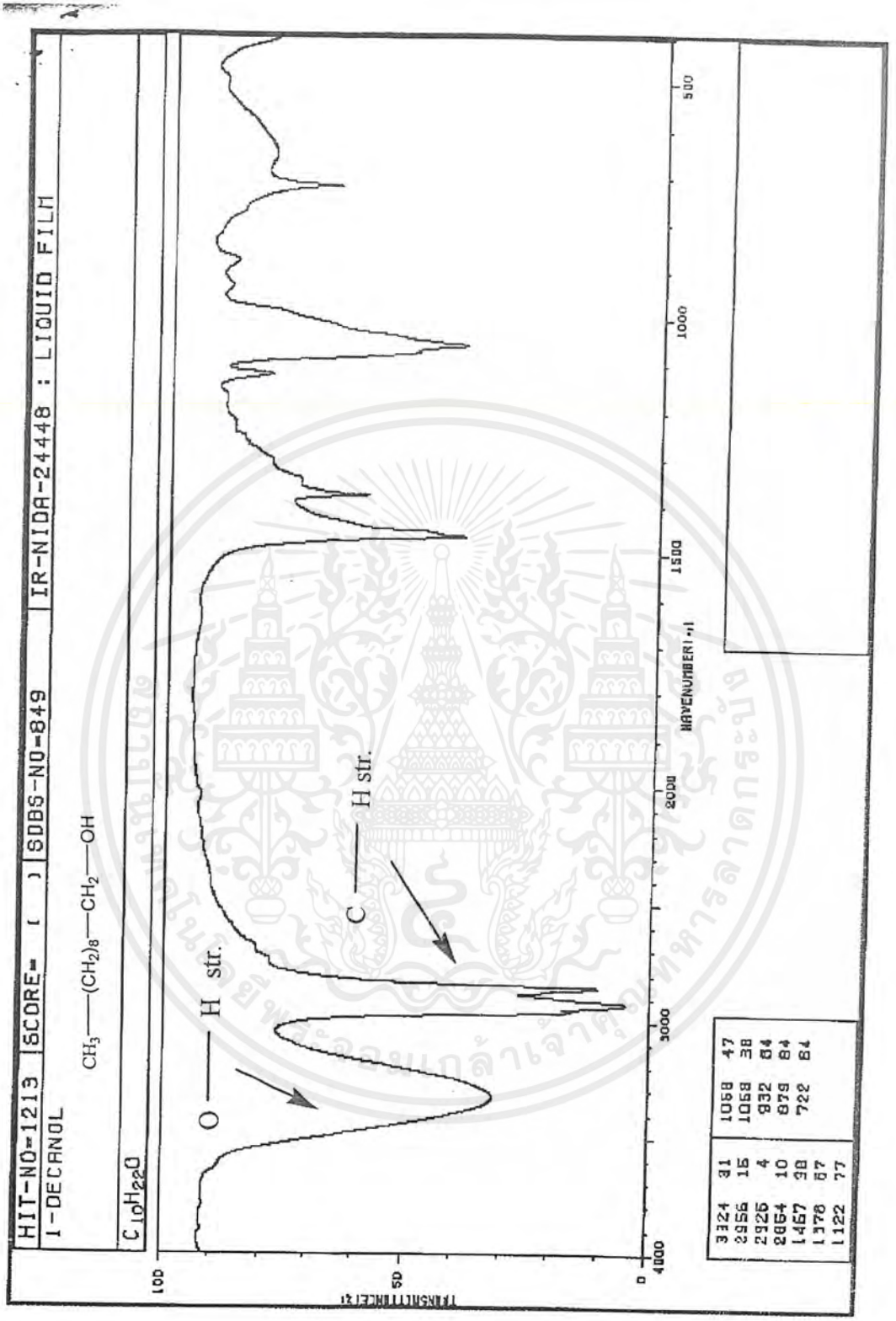
รูปที่ ก1 แสดง IR spectrum ของ KBr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



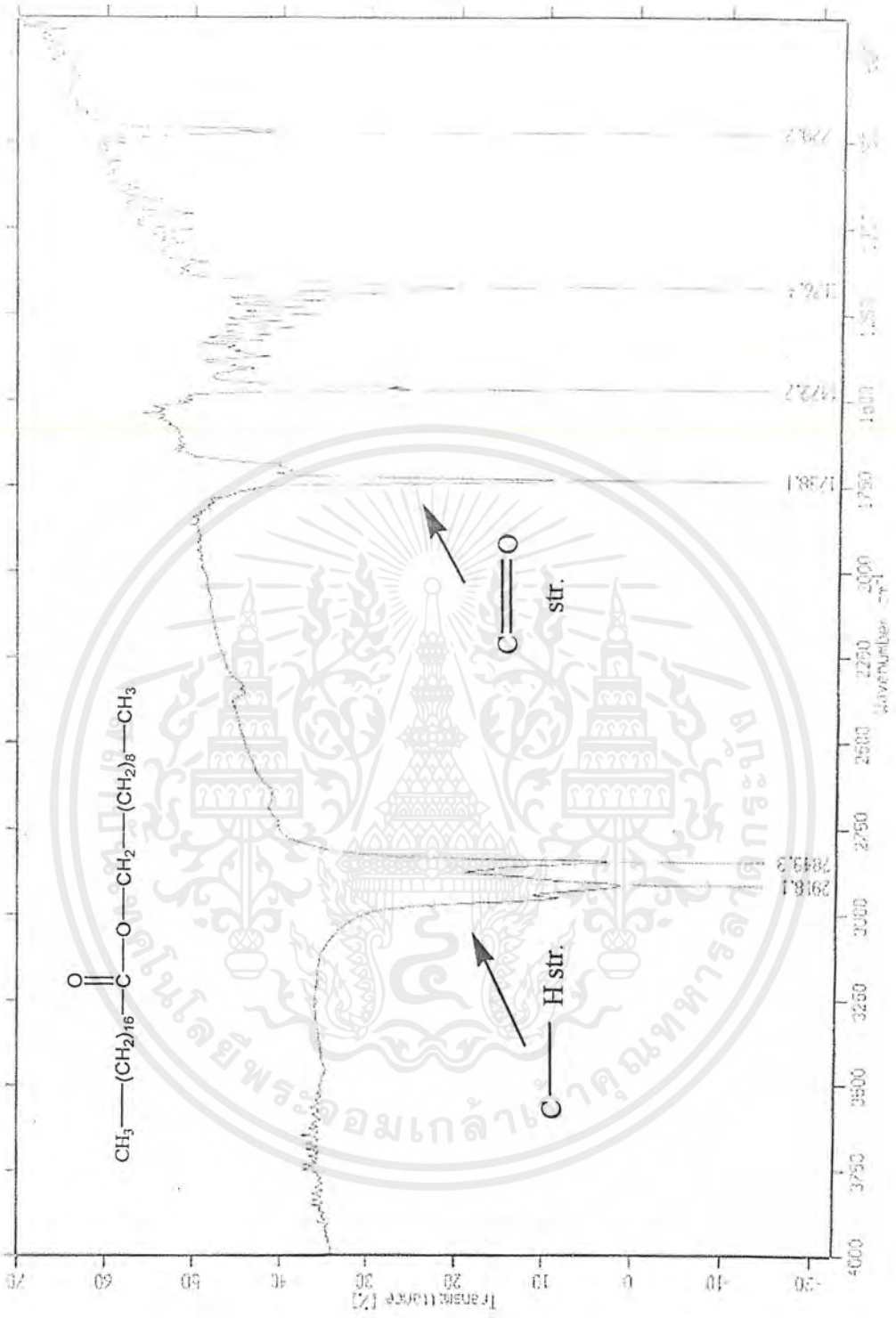
รูปที่ ก2 แสดง IR spectrum ของกรดสเตียริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก3 แสดง IR spectrum ของเดคานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

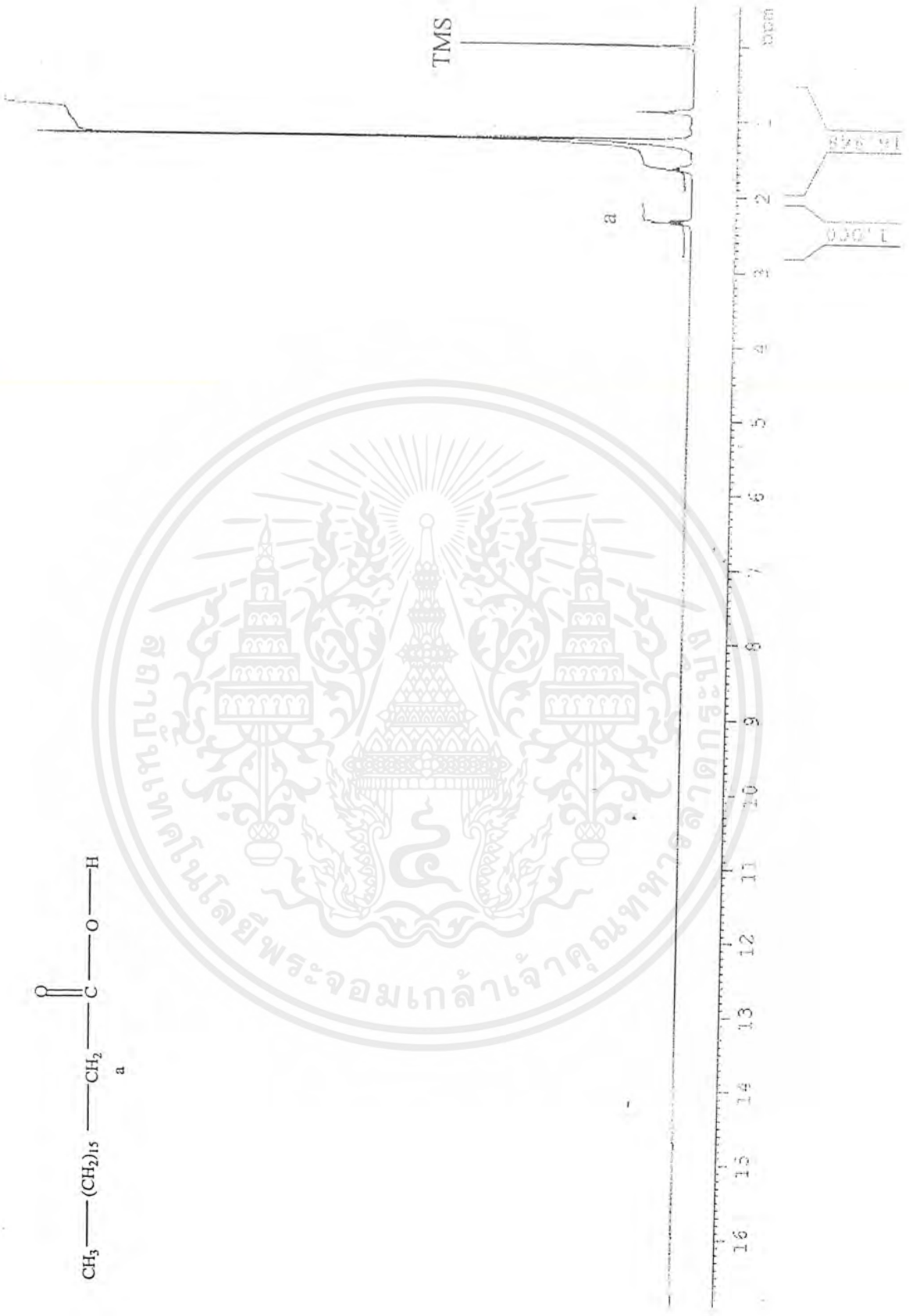


รูปที่ ก4 แสดง IR spectrum ของเดคซิลสเตียเรตที่ได้จากการกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

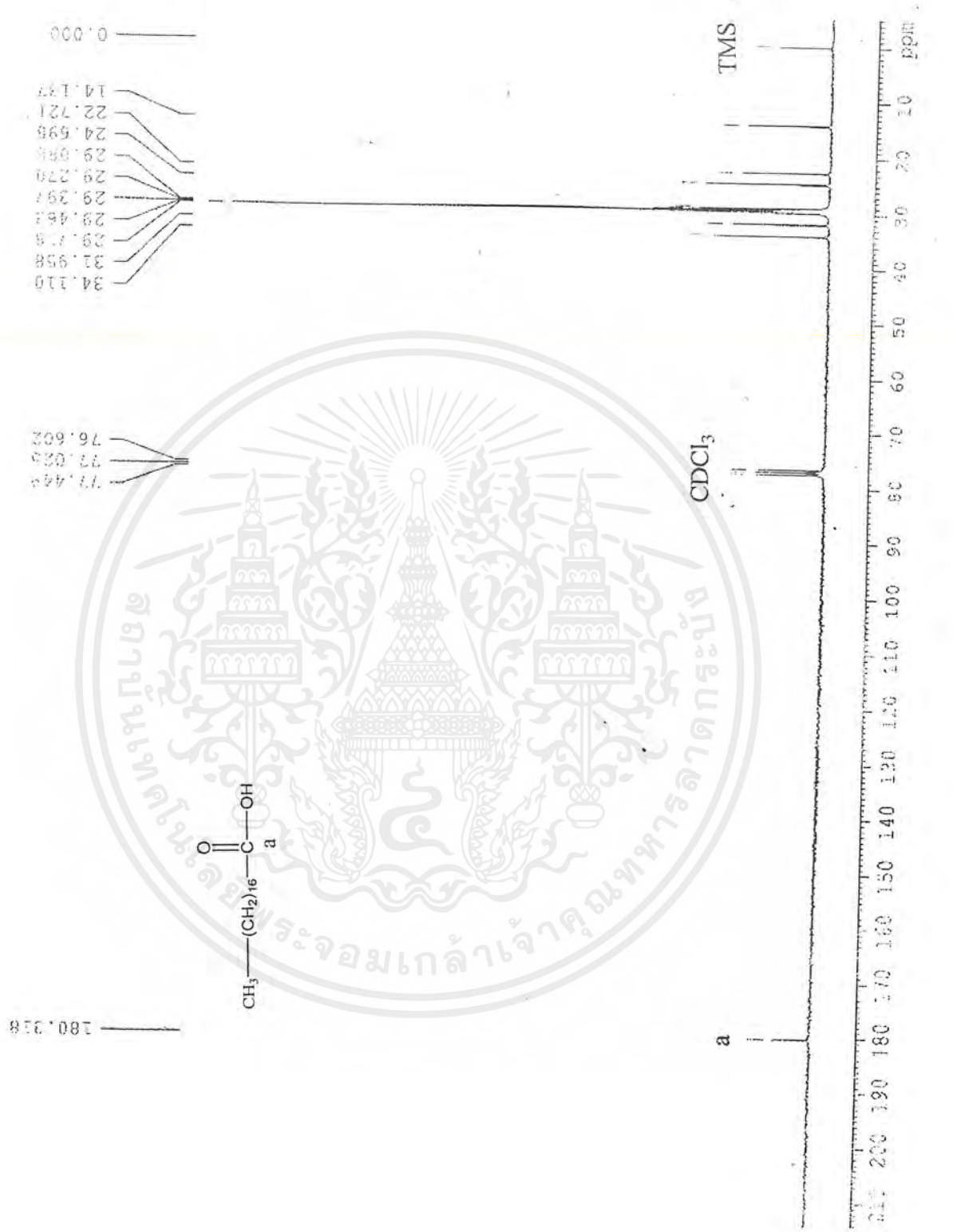
ภาคผนวก ข
นิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกตราและเทอร์โมแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข1 แสดง ^{1}H-NMR spectrum ของกรดสเตียริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

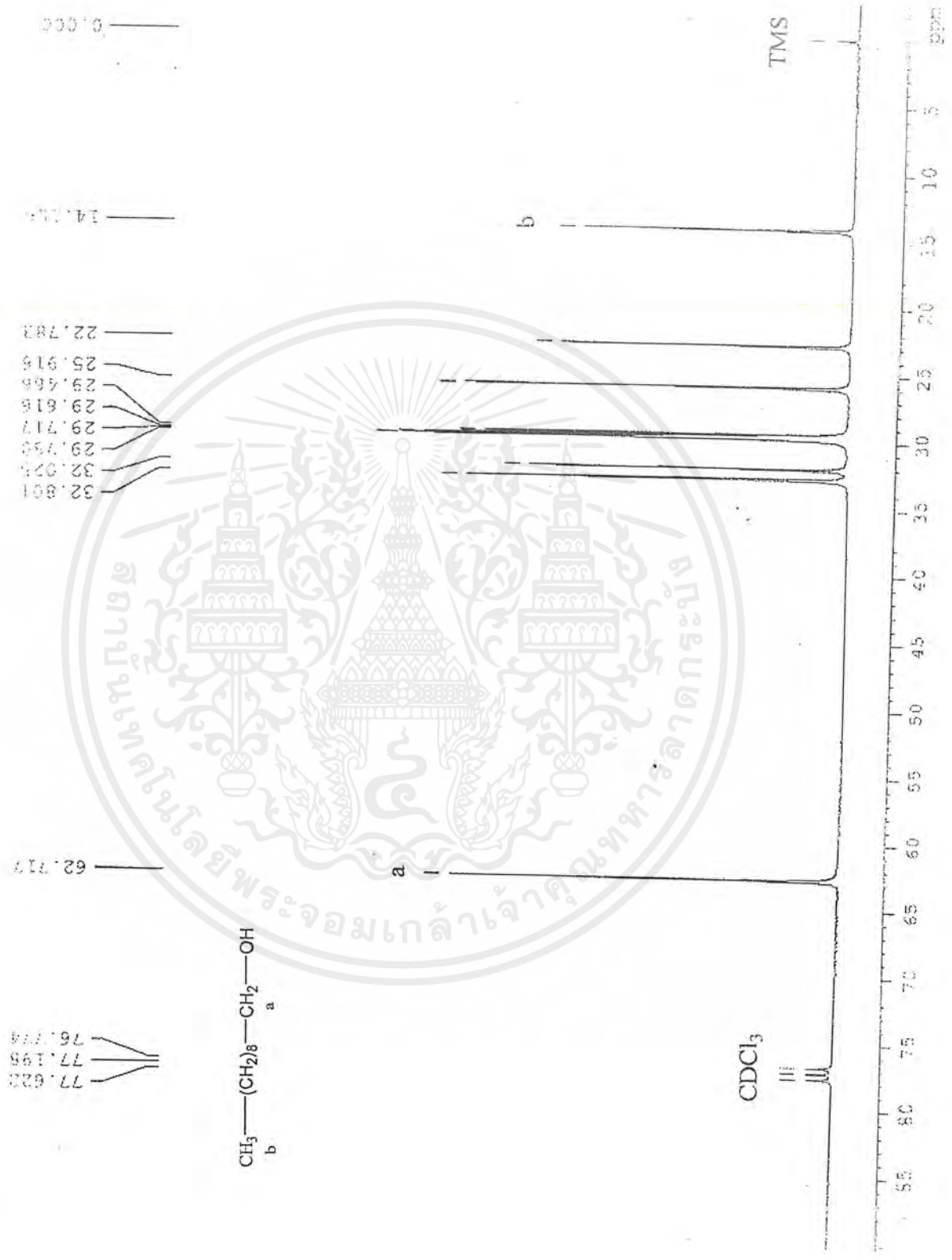


รูปที่ ข2 แสดง ^{13}C-NMR spectrum ของกรดสเตียริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

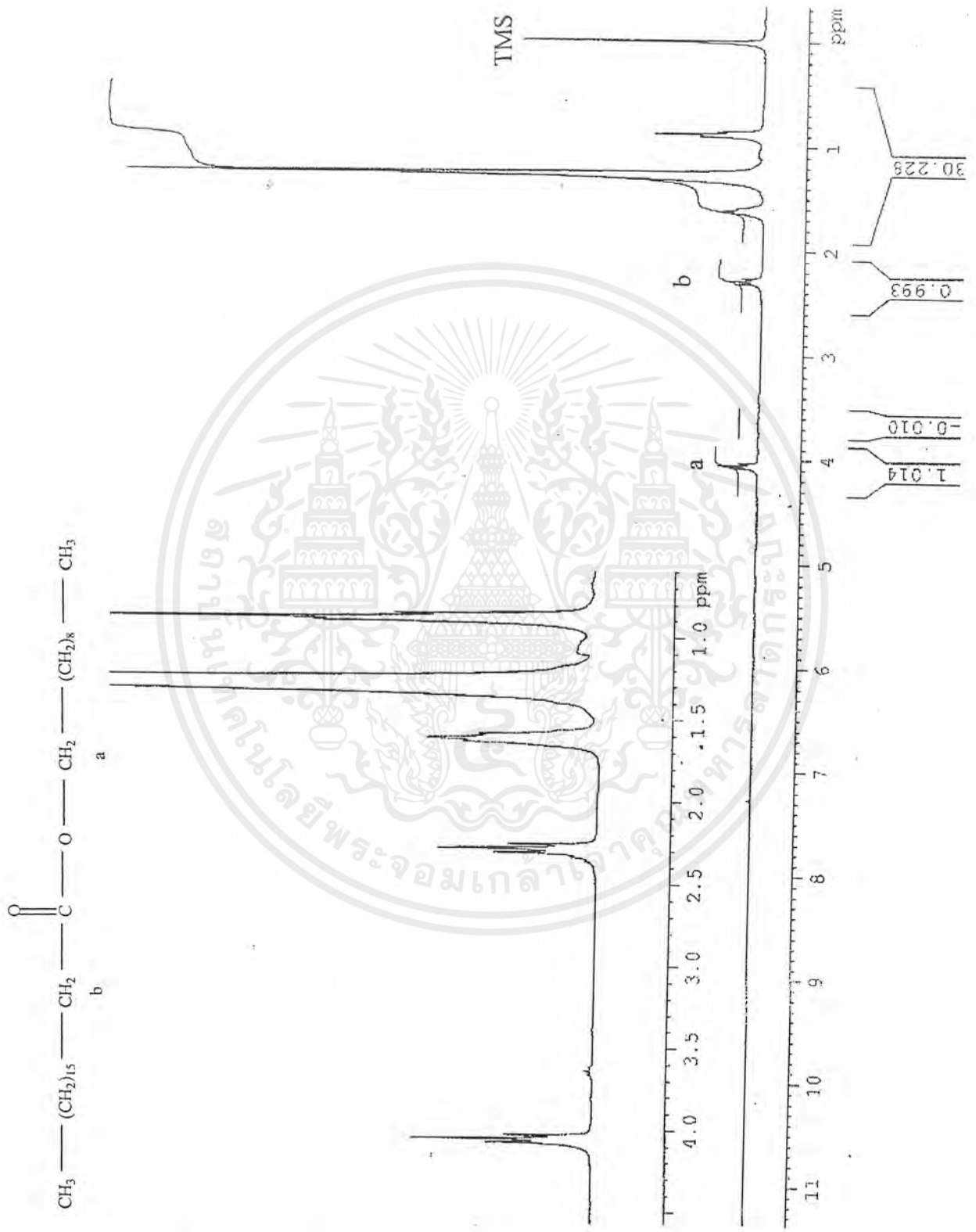
รูปที่ ข3 แสดง ^{1}H-NMR spectrum ของเดคานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



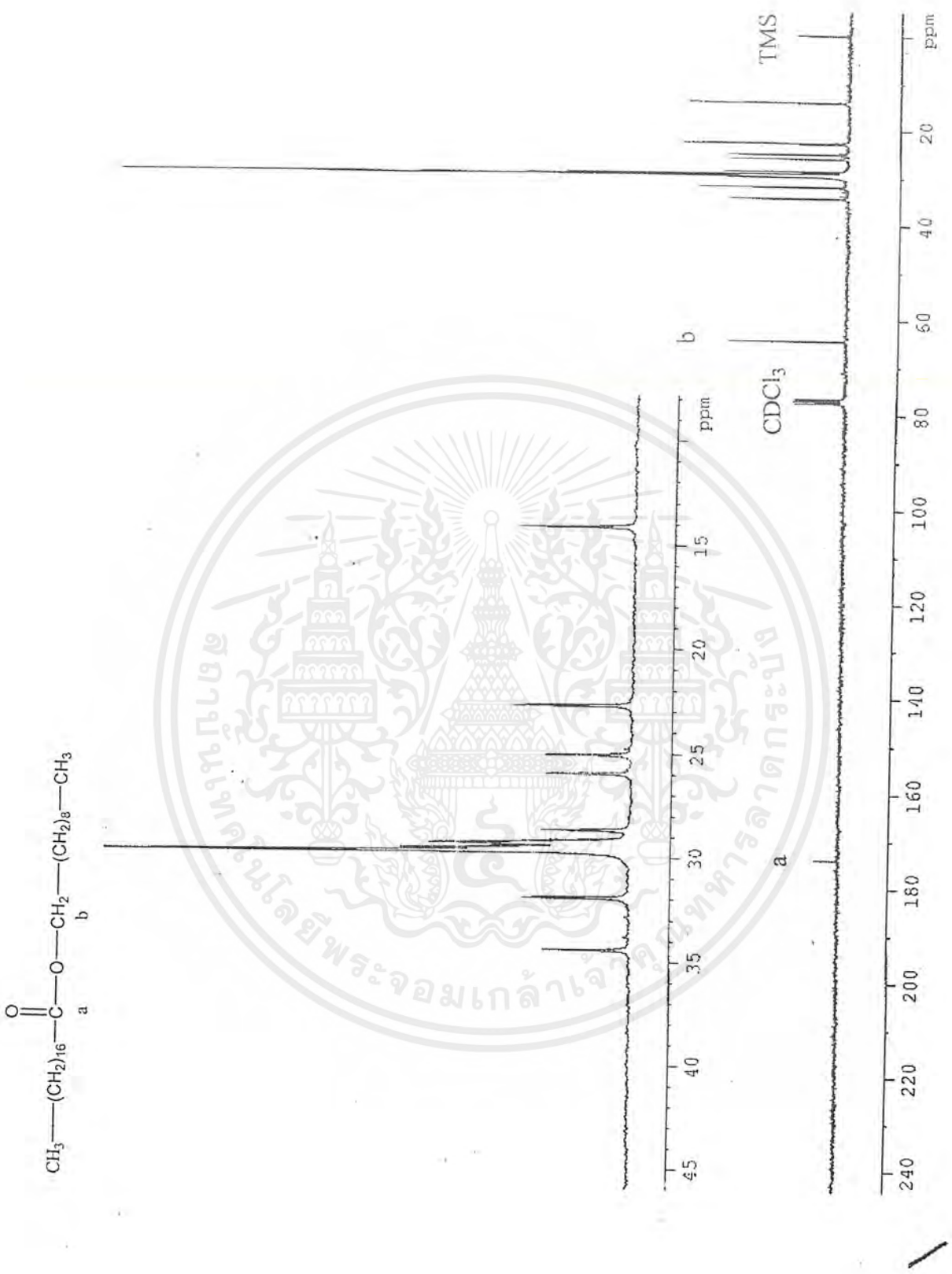
รูปที่ ข4 แสดง ^{13}C-NMR spectrum ของเดคานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



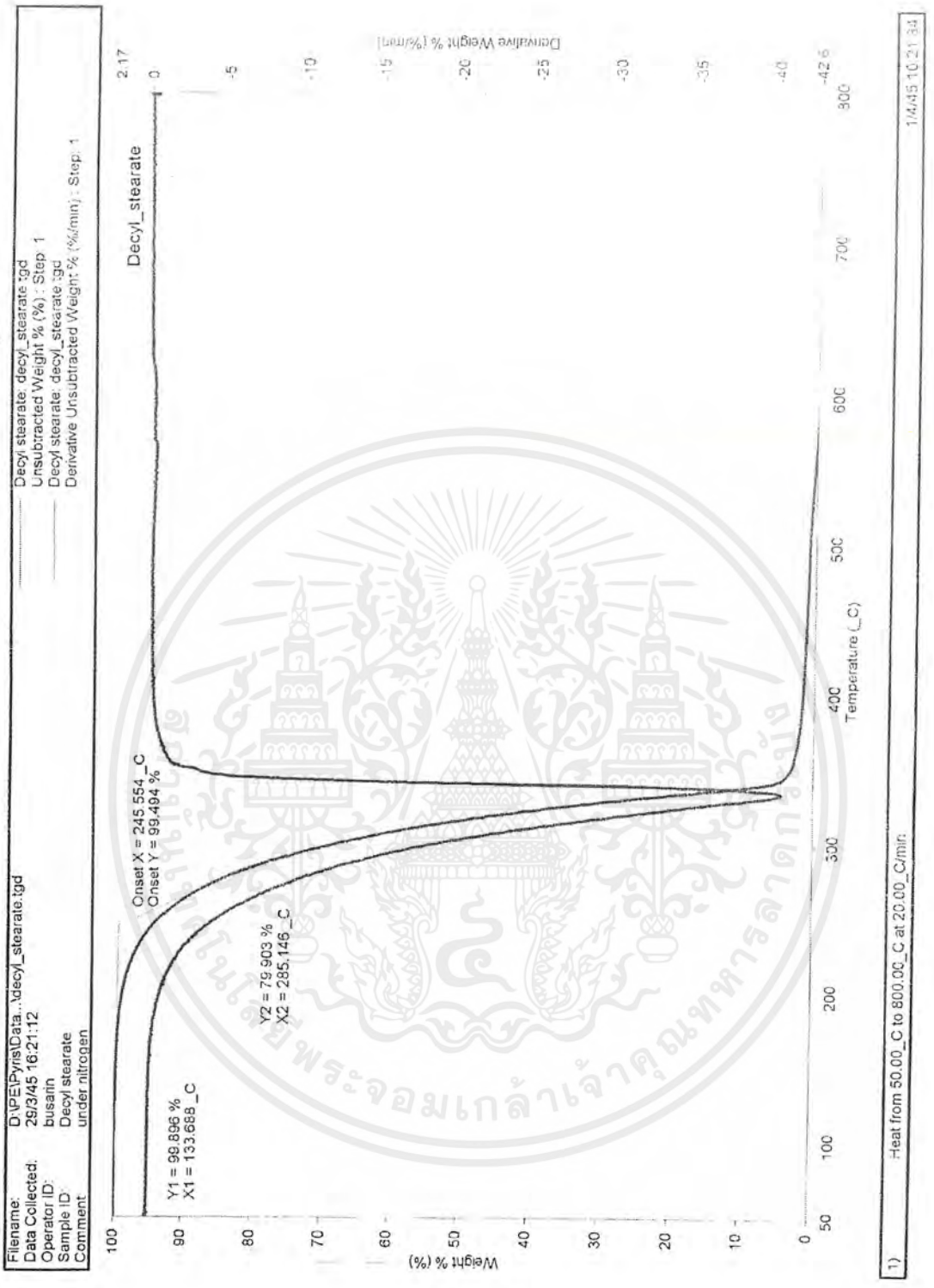
รูปที่ ข5 แสดง ^{1}H-NMR spectrum ของเดคซิลสเตียเรตที่ได้จากการกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข6 แสดง ^{13}C-NMR spectrum ของเดคซิลสเตียเรตที่ได้จากการกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



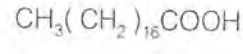
รูปที่ ข7 แสดง Thermogram ของเดคซิลสเตียเรตบริสุทธิ์

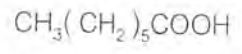
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

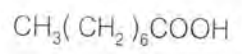
ภาคผนวก ค
สูตรโครงสร้างของสารเคมี

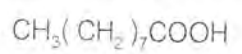
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

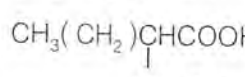
สูตรโครงสร้างของสารเคมี

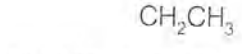

(Stearic acid)

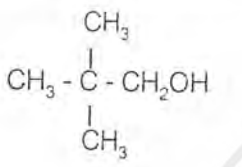

(Heptanoic acid)

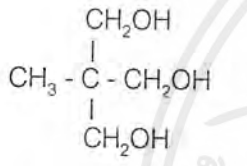

(Octanoic acid)

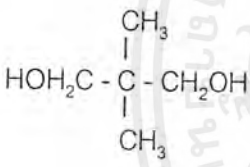

(Nanoic acid)

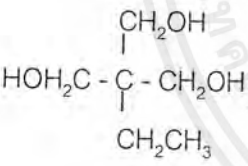

(2-Ethyl hexanoic acid)

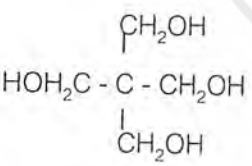

(Decanol)


(Neopentyl alcohol)


(Trimethylolethane)


(Neopentyl glycol)


(Trimethylol propane)


(Pentaerythritol)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
สมบัติทางกายภาพของ Lube Base Oil และ Synthetic Base Oil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง1 แสดงสมบัติทางกายภาพของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน เกรด SN150

Inspection	Method	Units	Spec Limits		Tank Batch S63130125
			Min	Max	
Appearance	Visual			B&C	B&C
CCR on 100% Sample	ASTM D189-97	WT%		0.05	0.01
Color - ASTM	ASTM D1500-98			1.5	L0.5
Corr-Cu (3Hr @100C)	ASTM D130-00			1	1B
API Gravity	ASTM D4052-96	API			30.8
Flash Point-COC	ASTM D92-98A	DEG.C	210		224
Pour point	ASTM D97M-96A	DEG.C		-9	-12
Sulfur	ASTM D2622-98	MASS%			0.55
Total Acid Number	ASTM D974-97	MG/GM		0.05	0.01
Viscosity Index	ASTM D2270M98		100		103
Viscosity @ 100C	ASTM D445-97	cSt			5.227
Viscosity @ 40C	ASTM D445-97	cSt	29.0	32.0	30.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง2 แสดงสมบัติทางกายภาพของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน เกรด SN500

Inspection	Method	Units	Spec Limits		Tank Batch S63130125
			Min	Max	
Appearance	Visual			B&C	B&C
CCR on 100% Sample	ASTM D189-97	WT%		0.20	0.07
Color - ASTM	ASTM D1500-98			3.0	L2.0
Corr-Cu (3Hr @100C)	ASTM D130-00			1	1B
API Gravity	ASTM D4052-96	API			27.8
Flash Point-COC	ASTM D92-98A	DEG.C	237		270
Pour point	ASTM D97M-96A	DEG.C		-6	-6
Sulfur	ASTM D2622-98	MASS%			0.78
Total Acid Number	ASTM D974-97	MG/GM		0.05	0.01
Viscosity Index	ASTM D2270M98		95		96
Viscosity @ 100C	ASTM D445-97	cSt			10.33
Viscosity @ 40C	ASTM D445-97	cSt	94	98	96.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง3 แสดงสมบัติทางกายภาพของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานสังเคราะห์ประเภทเอสเทอร์ (Di-tridecyl adipate , DTDA)

Inspection	Method	Units	Tank Batch
Specific gravity	ASTM D1298		0.917
Viscosity Index	ASTM D2270		139
Viscosity @ 100C	ASTM D445	cSt	5.3
@ 40C	ASTM D445	cSt	26.3
@ -40C	ASTM D445	cSt	19023
Pour point	ASTM D97	DEG.C	-54
Flash point	ASTM D92	DEG.C	244

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้