

การสังเคราะห์สารประกอบตึบกอินทรีย์เป็นสารเพิ่มคุณภาพในน้ำมันหล่อลื่น



นางสาว ผ่องศรี ไวยาวัจฉัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาปิโตรเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2532


ISBN 974-576-985-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

017843

๒๕๓๒

SYNTHESIS OF ORGANOTIN COMPOUNDS AS LUBRICATING OIL ADDITIVES



Miss Pongsri Waiyavatjamai

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
Program of Petrochemistry

Graduate school
Chulalongkorn University


1989

ISBN 974-576-985-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การสังเคราะห์สารประกอบดีบุกอินทรีย์ เป็นสารเพิ่มคุณภาพในน้ำมันหล่อลื่น
โดย นางสาวพองศรี ไวยาวังมัย
สาขาวิชา ปีเตอร์เคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. เพียรพรรค ทศศร



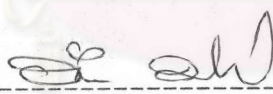
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชรากัย)

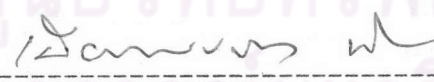
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



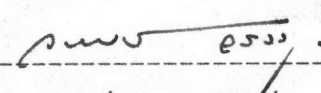
(รองศาสตราจารย์ ดร. กัทพรพรณ ประศาสน์สารกิจ)

ประธานกรรมการ



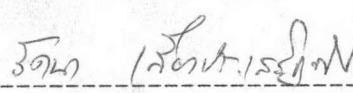
(อาจารย์ ดร. เพียรพรรค ทศศร)

อาจารย์ที่ปรึกษา



(รองศาสตราจารย์ ดร. วรพันธ์ อรรถยุกติ)

กรรมการ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัตนา เสียงประเสริฐกิจ)

กรรมการ

ผ่องศรี ไวยาวัจฉัย : การสังเคราะห์สารประกอบดีบุกอินทรีย์เป็นสารเพิ่มคุณภาพในน้ำมัน
หล่อลื่น (SYNTHESIS OF ORGANOTIN COMPOUNDS AS LUBRICATING OIL ADDITIVES)
อาจารย์ที่ปรึกษา : อ. ดร. เพียรพรต ทิศตร , 172 หน้า , ISBN 974-576-985-1

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการสังเคราะห์สารประกอบดีบุกอินทรีย์โดยวิธีกรินยาด์ เพื่อใช้เป็น
สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน และสารต้านการเกิดสนิม สารประกอบดีบุกอินทรีย์ที่สังเคราะห์
ได้แก่ เตตราบิวทิลทิน , เตตราออกทิลทิน , เตตราฟีนิลทิน , ไตรบิวทิลทินคลอไรด์ ,
ไตรออกทิลทินคลอไรด์ , ไตรฟีนิลทินคลอไรด์ , ไดบิวทิลทินไดคลอไรด์ , ไดฟีนิลทินไดคลอไรด์ ,
ไตรบิวทิลทินไดเอทิลไดไฮโอคาร์บาเมต , ไตรออกทิลทินไดเอทิลไดไฮโอคาร์บาเมต ,
ไตรฟีนิลทินไดเอทิลไดไฮโอคาร์บาเมต , ไดบิวทิลทิน บิส ไดเอทิลไดไฮโอคาร์บาเมต และ
ไดฟีนิลทิน บิส ไดเอทิลไดไฮโอคาร์บาเมต การศึกษาการละลายของสารประกอบดีบุกอินทรีย์
เหล่านี้ พบว่าสารประกอบของไดบิวทิลทินไดคลอไรด์ และ ไดบิวทิลทิน บิส ไดเอทิลไดไฮโอ-
คาร์บาเมต มีการละลายในน้ำมันหล่อลื่น ดีที่สุด เมื่อทดลองนำสารประกอบดีบุกอินทรีย์เหล่านี้
ละลายในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน ที่ใช้ในอุตสาหกรรม แล้วนำไปตรวจสอบคุณสมบัติการต้านปฏิกิริยา
ออกซิเดชันโดยวิธี TGA พบว่า เมื่อเติมสารประกอบของ ไดบิวทิลทิน บิส ไดเอทิลไดไฮโอ-
คาร์บาเมต เพิ่มขึ้น 0.1% ลงไป จะทำให้ค่าออกซิเดชันโปรดักส์ ลดลง 3.6 % จากน้ำมันหล่อลื่น
พื้นฐานที่ไม่ได้เติมสารเพิ่มคุณภาพใด ๆ ลงไป ส่วนสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ใช้ในอุตสาหกรรม
จะทำให้ค่าออกซิเดชันลดลง 3.9 % ส่วนคุณสมบัติต้านการเกิดสนิม โดยวิธี ASTM D 665 พบว่า
สารประกอบดีบุกอินทรีย์คลอไรด์ ทุกตัว ทำให้เกิดสนิม ปานกลาง-รุนแรง ในขณะที่สารประกอบ
ดีบุกอินทรีย์ที่มีหมู่อินทรีย์สี่หมู่ และสารประกอบดีบุกอินทรีย์ไดเอทิลไดไฮโอคาร์บาเมตจะทำให้เกิด
สนิมน้อย

เมื่อทำการทดสอบสารประกอบของไดบิวทิลทิน บิสไดเอทิลไดไฮโอคาร์บาเมต กับ
น้ำมันหล่อลื่นที่ได้จากการแยกไซ พบว่าสามารถต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ แต่เมื่อใช้กับน้ำมัน
หล่อลื่นใช้งานแล้วผ่านการบำบัดด้วยวิธี acid/clay ปรากฏว่าไม่ได้ผล



ภาควิชา สาขาวิชา
สาขาวิชา
ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

PONGSRI WAIYAVATJAMAI : SYNTHESIS OF ORGANOTIN COMPOUNDS AS
LUBRICATING OIL ADDITIVES. THESIS ADVISOR : PIENPAK TASAKORN
Ph.D , 172 pp. ISBN 974-576-985-1

Organotin compounds were synthesized by Grignard method ,
for use as lubricating oil anti-oxidant and anti-rust additive. The
following organotin compounds synthesized were tetrabutyltin , tetra-
octyltin, tetraphenyltin , tributyltin chloride , trioctyltin chloride ,
triphenyltin chloride , dibutyltin dichloride , diphenyltin dichloride ,
tributyltin diethyldithiocarbamate , trioctyltin diethyldithiocarbamate,
triphenyltin diethyldithiocarbamate , dibutyltin bis diethyldithio-
carbamate , diphenyltin bis diethyldithiocarbamate. A test on solubility
of organotin compound in lubricating oil base , indicated that dibutyltin
dichloride and dibutyltin bis diethyldithiocarbamate showed best results.
Anti-oxidant characteristics were investigated by TGA method , It was
found that dibutyltin bis diethyldithiocarbamate at 0.1 % wt in base oil
could reduce oxidation product 3.6 % comparable to a commercial anti-
oxidant which was 3.9 % base on additive-free base oil. A test for
anti-rust property , by ASTM D 665 , indicated that organotin chloride
caused moderate to severe rusting while low rusting was observed for
tetraorganotin and organotin diethyldithiocarbamate.

Dibutyltin bis diethyldithiocarbamate was added to dewaxed oil ,
it could be used satisfactorily as anti-oxidant. However , it was not
effective when used with reused lubricating oil treated by acid/clay
process.

ภาควิชา สาขาวิชาปิโตรเคมี - โพลีเมอร์
สาขาวิชา ปิโตรเคมี
ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อนิติ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม



กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. เพ็ญพรรณ ทิศคร อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา และความช่วยเหลือ เป็นอย่างดียิ่งทั้ง วิชาการ และ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ตลอดจนวิธีและขั้นตอนการทดลอง และ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัตนา เสียงประเสริฐกิจ ซึ่งกรุณาช่วยให้คำแนะนำเพื่อส่งเสริม งานวิจัยนี้ ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ดร. นิชัย ไตวิวิชัย ศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญ สิริสุนทร ดร. ไสภณ เรืองสำราญ และ ดร. อมร เพชรสม ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทำการทดลอง และขอขอบคุณเพื่อน, นิสิตปริญญาโทเคมี และผู้ช่วยวิจัยโครงการวิจัยโลหะดีบุกอินทรีย์ทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือ และช่วยเหลือตลอดการทดลอง

ขอขอบพระคุณ ทนุอดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุน ด้านเงินทุนเพื่อการวิจัยนี้ ขอขอบคุณ บริษัท เอสโซ่สแตนดาร์ดประเทศไทย จำกัด ที่ได้สนับสนุน สารเคมี และขอขอบคุณกองควบคุมคุณภาพ การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย ในการช่วยตรวจสอบ คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ ศูนย์เครื่องมือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความร่วมมือในการวิจัย เป็นอย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณ คุณไพรัช บรรพชัยศรี รองกรรมการผู้จัดการใหญ่ บริษัท เมโทรแมชชีนเนอร์รี่ จำกัด ที่ได้ยินยอมให้ผู้วิจัยได้ใช้เวลาในการทำงานส่วนหนึ่งของบริษัท เพื่อมาใช้ในการทำวิจัย และ ขอขอบพระคุณ หัวหน้างาน และเพื่อน ๆ ที่ บริษัทเมโทรแมชชีนเนอร์รี่ จำกัด ทุกท่าน ที่คอยสนับสนุน และให้กำลังใจตลอดมา

ขอขอบพระคุณ คุณสุนทร วงศ์ทวีสุข ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิจัยนี้ด้วยดี ตลอดมา

ผ่องศรี ไวยาวัจมาย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
รายการตารางประกอบ	ง
รายการรูปประกอบ	จ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฉ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 มุมเหตุจูงใจการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....	3
2 น้ำมันหล่อลื่น	5
2.1 องค์ประกอบน้ำมันหล่อลื่น	5
2.2 คุณสมบัติสำคัญและวิธีทดสอบ	16
2.3 การแบ่งประเภทน้ำมันหล่อลื่น	19
2.4 วิธีการนำน้ำมันหล่อลื่นใช้งานแล้วกลับมาใช้ใหม่	24
3 ปฏิบัติการออกซิเดชัน	28
3.1 กลไกการเกิดปฏิกิริยา	28
3.2 ขั้นตอนการยับยั้งปฏิกิริยา	29
3.3 การจัดแบ่งชนิดของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน	33

สารบัญ (ต่อ)

บทที่

หน้า

3.4	การใช้ประโยชน์ของสารต้านปฏิกริยาออกซิเดชันในอุตสาหกรรมต่าง ๆ	38
3.5	การวัดค่าเสถียรภาพของน้ำมันหล่อลื่นต่อปฏิกริยาออกซิเดชันด้วย TGA	40
4	สารประกอบดีบุกอินทรีย์	47
4.1	สารประกอบดีบุกอินทรีย์ที่มีหมู่อินทรีย์สี่หมู่	48
4.2	สารประกอบดีบุกอินทรีย์ที่มีหมู่อินทรีย์สามหมู่	53
4.3	สารประกอบดีบุกอินทรีย์ที่มีหมู่อินทรีย์สองหมู่	58
4.4	สารประกอบดีบุกอินทรีย์ที่มีหมู่อินทรีย์หนึ่งหมู่	63
4.5	สารประกอบดีบุกอินทรีย์ที่มีดีบุกสองอะตอม	65
4.6	สารประกอบเชิงซ้อนดีบุกอินทรีย์	66
4.7	ความเป็นพิษของสารประกอบดีบุกอินทรีย์	67
5	การใช้สารประกอบดีบุกอินทรีย์และอนุพันธ์เป็นสารเพิ่มคุณภาพ ในน้ำมันหล่อลื่น	71
5.1	งานวิจัยในอดีต	71
5.2	สมมุติฐานเมื่อใช้เป็นสารต้านปฏิกริยาออกซิเดชัน	73
5.3	สมมุติฐานเมื่อใช้เป็นสารป้องกันสนิม	76
6	อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	79
6.1	อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	79
6.2	เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	84
6.3	สารเคมีที่ใช้	84

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
6.4	วิธีการทดลอง 85
6.4.1	บำบัดน้ำมันเครื่องใช้แล้วโดยวิธี Acid/Clay Treatment . 85
6.4.2	สังเคราะห์สารประกอบดีบุกอินทรีย์ที่มีหมู่อินทรีย์สี่หมู่ 87
6.4.3	สังเคราะห์สารประกอบดีบุกอินทรีย์ที่มีหมู่อินทรีย์สามหมู่ 89
6.4.4	สังเคราะห์สารประกอบดีบุกอินทรีย์ที่มีหมู่อินทรีย์สองหมู่ 90
6.4.5	สังเคราะห์สารประกอบดีบุกอินทรีย์ไดเอทิลไดไฮโอ- คาร์บาเบต 91
6.4.6	หาค่าการละลายของสารประกอบดีบุกอินทรีย์และอนุพันธ์ 93
6.4.7	ตรวจสอบคุณสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน 93
6.4.8	ตรวจสอบคุณสมบัติการป้องกันการเกิดสนิม 94
7	ผลการทดลอง การวิจารณ์ และ วิเคราะห์ผล 96
8	สรุปผลและข้อเสนอแนะ 140
8.1	สรุปผลการทดลอง 140
8.2	ข้อเสนอแนะ 141
เอกสารอ้างอิง 143
ภาคผนวก 146
ก.	อินฟราเรดสเปกตรัมของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ 147
ข.	H^1 NMR สเปกตรัมของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ 154
ค.	กราฟ TGA ของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ 159
ประวัติผู้เขียน 172

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
2.1	ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์และน้ำมันเกียร์เบอร์ SAE ต่าง ๆ.....	20
2.2	ความหนืดของน้ำมันเบอร์ ISO ต่าง ๆ.....	23
3.1	วิธีมาตรฐานที่ใช้ในการวัดค่าเสถียรภาพต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน.....	41
3.2	ค่าออกซิเดชันโปรดักส์และออกซิเดชันพอยท์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของ ZDDP...	45
4.1	คุณสมบัติทางกายภาพของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ที่มีหมู่อินทรีย์สี่หมู่.....	49
4.2	คุณสมบัติทางกายภาพของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ที่มีหมู่อินทรีย์สามหมู่.....	54
4.3	คุณสมบัติทางกายภาพของสารประกอบดีบุกอินทรีย์สองหมู่.....	59
4.4	สารประกอบดีบุกอินทรีย์สองหมู่ที่นิยมใช้ในเชิงพาณิชย์.....	62
4.5	คุณสมบัติทางกายภาพของสารประกอบดีบุกอินทรีย์หนึ่งหมู่.....	63
4.6	ความเป็นพิษของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ที่มีหมู่อินทรีย์สามหมู่.....	68
4.7	ความเป็นพิษของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ที่มีหมู่อินทรีย์สองหมู่.....	69
7.1	ผลของความร้อนที่มีต่อคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น.....	97
7.2	ผลของความเร็วยวรอบที่มีต่อคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น.....	100
7.3	ผลของเวลาที่ใช้งานที่มีต่อคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น.....	101
7.4	ผลของปริมาณกรดซัลฟูริกที่ใช้ต่อคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น.....	102
7.5	คุณสมบัติทางกายภาพของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ที่สังเคราะห์.....	104
7.6	ปริมาณธาตุในสารประกอบดีบุกอินทรีย์.....	108
7.7	โครงสร้างของสารประกอบดีบุกอินทรีย์จากอินฟราเรดสเปกตรัม.....	109
7.8	H^1 NMR data ของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ไดเอทิลไดโซโอคาร์บาเมต....	112
7.9	การเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตที่ได้จากการสังเคราะห์สารประกอบดีบุกอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ.....	113
7.10	ผลของความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ที่มีต่ออุณหภูมิการละลายและการตกตะกอน.....	117
7.11	สมการการละลายและการตกตะกอนของสารประกอบดีบุกอินทรีย์.....	131
7.12	ผลของชนิดน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่มีต่ออุณหภูมิการละลายและการตกตะกอน.....	132

รายการตารางประกอบ (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
7.13	ค่า oxidation stability ของสารเพิ่มคุณภาพชนิดต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 0.1% ใน solvent 150.....	135
7.14	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า ออกซิเดชัน พอยท์ และ ออกซิเดชัน ไพรดักส์ กับความเข้มข้นของสารเพิ่มคุณภาพต่าง ๆ.....	136
7.15	ค่า ออกซิเดชัน พอยท์ และ ออกซิเดชัน ไพรดักส์ ของ $Bu_2Sn(dtc)_2$ ในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานชนิดต่าง ๆ.....	137
7.16	คุณสมบัติการป้องกันสนิมของสารเพิ่มคุณภาพชนิดต่าง ๆ.....	138


 ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	แผนภูมิการผลิตน้ำมันหล่อลื่น.....	7
2.2	โครงสร้างโมเลกุลของน้ำมันหล่อลื่น.....	8
2.3	โครงสร้างของสารประกอบปิโตรเลียมซัลฟอนิกแอซิด.....	10
2.4	โครงสร้างของสารชะล้างทำความสะอาด.....	11
2.5	โครงสร้างของเกลือโลหะที่อนุพันธ์ของฟีนอลถูกแทนที่ด้วยสารประกอบพวกไซ... ..	11
2.6	โครงสร้างโมเลกุลของสารกระจายเขม่า.....	13
2.7	โครงสร้างโมเลกุลของเอสเทอร์ที่ใช้เป็นสารกระจายเขม่า.....	13
2.8	โครงสร้างของสารเพิ่มดรรชนีความหนืด.....	14
2.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารกับอุณหภูมิที่จุดไหลเท.....	15
3.1	โครงสร้างโมเลกุลของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน.....	31
3.2	กราฟเปรียบเทียบการละลายของสารระหว่างปฏิกิริยาความร้อนและ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน.....	42
3.3	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าออกซิเดชันโปรดักส์ ซึ่งหาโดยวิธี TGA และ IP 306..	45
3.4	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารกับค่าออกซิเดชันโปรดักส์ที่หาโดย วิธี TGA.....	45
4.1	ปฏิกิริยาเคมีที่สำคัญของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ที่มีหมู่อินทรีย์สามหมู่.....	56
5.1	ปฏิกิริยาการเกิดสนิม.....	77
6.1	อุปกรณ์รายละเอียดแผนภาพถึงกาน.....	80
6.2	ถึงกานและฝาครอบที่ยังไม่ประกอบเข้าชุด.....	80
6.3	ถึงกานและฝาครอบที่ประกอบเข้าชุดแล้ว.....	80
6.4	เครื่องมือที่ใช้ในการสังเคราะห์สารประกอบดีบุกอินทรีย์.....	81
6.5	เครื่องมือที่ใช้หาการละลายและการตกตะกอนของสาร.....	82
6.6	เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติการป้องกันสนิม (รายละเอียดภายใน)....	83
6.7	เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติการป้องกันสนิม.....	83
7.1	ปริมาณผลผลิตของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่สังเคราะห์ได้.....	114

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
7.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ antioxidant กับอุณหภูมิ การละลาย.....	121
7.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ antioxidant กับอุณหภูมิ การตกตะกอน.....	121
7.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ $Zn(dtc)_2$ กับอุณหภูมิ การละลาย.....	122
7.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ $Zn(dtc)_2$ กับอุณหภูมิ การตกตะกอน.....	122
7.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ Bu_2SnCl_2 กับอุณหภูมิ การละลาย.....	123
7.7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ Bu_2SnCl_2 กับอุณหภูมิ การตกตะกอน.....	123
7.8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ $Bu_3Sn(dtc)$ กับอุณหภูมิ การละลาย.....	124
7.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ $Bu_3Sn(dtc)$ กับอุณหภูมิ การตกตะกอน.....	124
7.10	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ $Bu_2Sn(dtc)_2$ กับอุณหภูมิ การละลาย.....	125
7.11	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ $Bu_2Sn(dtc)_2$ กับอุณหภูมิ การตกตะกอน.....	125
7.12	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ Ph_4Sn กับอุณหภูมิ การละลาย.....	126
7.13	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ Ph_4Sn กับอุณหภูมิ การตกตะกอน.....	126

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
7.14	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ Ph_3SnCl กับอุณหภูมิ การละลาย..... 127
7.15	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ Ph_3SnCl กับอุณหภูมิ การตกตะกอน..... 127
7.16	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ Ph_2SnCl_2 กับอุณหภูมิ การละลาย..... 128
7.17	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ Ph_2SnCl_2 กับอุณหภูมิ การตกตะกอน..... 128
7.18	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ $\text{Ph}_3\text{Sn}(\text{dtc})$ กับอุณหภูมิ การละลาย..... 129
7.19	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ $\text{Ph}_3\text{Sn}(\text{dtc})$ กับอุณหภูมิ การตกตะกอน..... 129
7.20	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ $\text{Ph}_2\text{Sn}(\text{dtc})_2$ กับอุณหภูมิ การละลาย..... 130
7.21	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ $\text{Ph}_2\text{Sn}(\text{dtc})_2$ กับอุณหภูมิ การตกตะกอน..... 130
ก.1	อินฟราเรดสเปกตรัมของ Bu_4Sn 147
ก.2	อินฟราเรดสเปกตรัมของ Bu_3SnCl 147
ก.3	อินฟราเรดสเปกตรัมของ Bu_2SnCl_2 148
ก.4	อินฟราเรดสเปกตรัมของ $\text{Bu}_3\text{Sn}(\text{dtc})$ 148
ก.5	อินฟราเรดสเปกตรัมของ $\text{Bu}_2\text{Sn}(\text{dtc})_2$ 149
ก.6	อินฟราเรดสเปกตรัมของ Oct_4Sn 149
ก.7	อินฟราเรดสเปกตรัมของ Oct_3SnCl 150
ก.8	อินฟราเรดสเปกตรัมของ $\text{Oct}_3\text{Sn}(\text{dtc})$ 150
ก.9	อินฟราเรดสเปกตรัมของ Ph_4Sn 151

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.10	อินฟราเรดสเปกตรัมของ Ph_3SnCl 151
ก.11	อินฟราเรดสเปกตรัมของ Ph_2SnCl_2 152
ก.12	อินฟราเรดสเปกตรัมของ $\text{Ph}_3\text{Sn}(\text{dtc})$ 153
ก.13	อินฟราเรดสเปกตรัมของ $\text{Ph}_2\text{Sn}(\text{dtc})_2$ 153
ข.1	^1H NMR สเปกตรัม ของ $\text{Bu}_3\text{Sn}(\text{dtc})$ 154
ข.2	^1H NMR สเปกตรัม ของ $\text{Bu}_2\text{Sn}(\text{dtc})_2$ 155
ข.3	^1H NMR สเปกตรัม ของ $\text{Oct}_3\text{Sn}(\text{dtc})$ 156
ข.4	^1H NMR สเปกตรัม ของ $\text{Ph}_3\text{Sn}(\text{dtc})$ 157
ข.5	^1H NMR สเปกตรัม ของ $\text{Ph}_2\text{Sn}(\text{dtc})_2$ 158
ค.1	กราฟ TGA ของ Solvent 150 159
ค.2	กราฟ TGA ของ antioxidant ที่ความเข้มข้น 0.1% ใน solvent 150.. 159
ค.3	กราฟ TGA ของ antioxidant ที่ความเข้มข้น 0.25% ใน solvent 150. 160
ค.4	กราฟ TGA ของ antioxidant ที่ความเข้มข้น 0.5% ใน solvent 150.. 160
ค.5	กราฟ TGA ของ antioxidant ที่ความเข้มข้น 1.0% ใน solvent 150.. 161
ค.6	กราฟ TGA ของ antioxidant ที่ความเข้มข้น 2.0% ใน solvent 150.. 161
ค.7	กราฟ TGA ของ $\text{Zn}(\text{dtc})_2$ ที่ความเข้มข้น 0.1% ใน solvent 150..... 162
ค.8	กราฟ TGA ของ Bu_4Sn ที่ความเข้มข้น 0.1% ใน solvent 150..... 162
ค.9	กราฟ TGA ของ Bu_3SnCl ที่ความเข้มข้น 0.1% ใน solvent 150..... 163
ค.10	กราฟ TGA ของ Bu_2SnCl_2 ที่ความเข้มข้น 0.1% ใน solvent 150..... 163
ค.11	กราฟ TGA ของ Bu_2SnCl_2 ที่ความเข้มข้น 0.25% ใน solvent 150..... 164
ค.12	กราฟ TGA ของ Bu_2SnCl_2 ที่ความเข้มข้น 0.5% ใน solvent 150..... 164
ค.13	กราฟ TGA ของ Bu_2SnCl_2 ที่ความเข้มข้น 1.0% ใน solvent 150..... 165
ค.14	กราฟ TGA ของ Bu_2SnCl_2 ที่ความเข้มข้น 2.0% ใน solvent 150..... 165
ค.15	กราฟ TGA ของ $\text{Bu}_2\text{Sn}(\text{dtc})_2$ ที่ความเข้มข้น 0.1% ใน solvent 150.. 166
ค.16	กราฟ TGA ของ $\text{Bu}_2\text{Sn}(\text{dtc})_2$ ที่ความเข้มข้น 0.25% ใน solvent 150. 166

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ค.17	กราฟ TGA ของ $Bu_2Sn(dtc)_2$ ที่ความเข้มข้น 0.5% ใน solvent 150.. 167
ค.18	กราฟ TGA ของ $Bu_2Sn(dtc)_2$ ที่ความเข้มข้น 1.0% ใน solvent 150.. 167
ค.19	กราฟ TGA ของ $Bu_2Sn(dtc)_2$ ที่ความเข้มข้น 2.0% ใน solvent 150.. 168
ค.20	กราฟ TGA ของ Oct_4Sn ที่ความเข้มข้น 0.1% ใน solvent 150..... 168
ค.21	กราฟ TGA ของ Oct_3SnCl ที่ความเข้มข้น 0.1% ใน solvent 150..... 169
ค.22	กราฟ TGA ของ $Ph_3Sn(dtc)$ ที่ความเข้มข้น 0.1% ใน solvent 150... 169
ค.23	กราฟ TGA ของ dewax base 170
ค.24	กราฟ TGA ของ $Bu_2Sn(dtc)_2$ ที่ความเข้มข้น 0.25% ใน dewax base.. 170
ค.25	กราฟ TGA ของ reused lube 171
ค.26	กราฟ TGA ของ $Bu_2Sn(dtc)_2$ ที่ความเข้มข้น 0.25% ใน reused lube..... 171

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญลักษณ์ และ คำย่อ

R	=	หมู่อัลคิล หรือ อัลริล
Et	=	หมู่เอทิล
Bu	=	หมู่บิวทิล
Oct	=	หมู่ออกทิล
Ph	=	หมู่ฟีนิล
Bu ₄ Sn	=	เตตราบิวทิลทิน
Bu ₃ SnCl	=	ไตรบิวทิลทินคลอไรด์
Bu ₂ SnCl ₂	=	ไดบิวทิลทินไดคลอไรด์
Bu ₃ Sn(dtc)	=	ไตรบิวทิลทินไดเอทิลไดไซโอคาร์บาเมต
Bu ₂ Sn(dtc) ₂	=	ไดบิวทิลทิน บิส ไดเอทิลไดไซโอคาร์บาเมต
Oct ₄ Sn	=	เตตราออกทิลทิน
Oct ₃ SnCl	=	ไตรออกทิลทินคลอไรด์
Oct ₃ Sn(dtc)	=	ไตรออกทิลทินไดเอทิลไดไซโอคาร์บาเมต
Ph ₄ Sn	=	เตตราฟีนิลทิน
Ph ₃ SnCl	=	ไตรฟีนิลทินคลอไรด์
Ph ₂ SnCl ₂	=	ไดฟีนิลทินไดคลอไรด์
Ph ₃ Sn(dtc)	=	ไตรฟีนิลทินไดเอทิลไดไซโอคาร์บาเมต
Ph ₂ Sn(dtc)	=	ไดฟีนิลทิน บิส ไดเอทิลไดไซโอคาร์บาเมต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย