สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาน้ำมันพืชผสมสารเติมแต่งสำหรับงานปั๊มขึ้นรูปโลหะ

THE STUDY OF VEGETABLE BASE - OILS FOR METAL FORMING

T 050168

โดย

นาย จำเฉอง คำพิคุล

นาย ชาญชัย วังทะพันธ์

นาย ฉวีสดิ์ สุวรรณมาโจ

นาย สุเจตน์ มนตรีวิบูลย์ชัย

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. มงคล มงคลวงศ์โรจน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 50168
วัน,เดือน,ปี 21 เม.ย. 2547

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์นี้ปีการศึกษา 2545

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาน้ำมันพืชผสมสารเติมแต่งสำหรับงานปั๊มขึ้นรูปโลหะ

THE STUDY OF VEGETABLE BASE - OILS FOR METAL FORMING

ผู้จัดทำ

1. นาย จำลอง คำพิกุล รหัสประจำตัว 43015413
2. นาย ชาญชัย วังทะพันธ์ รหัสประจำตัว 43015414
3. นาย สวัสดิ์ สุวรรณมาโจ รหัสประจำตัว 43015439
4. นาย สุเจตน์ มนตรีวิบูลย์ชัย รหัสประจำตัว 43015440

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. มงคล มงคลวงศ์โรจน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาน้ำมันพืชผสมสารเติมแต่งสำหรับงานปั๊มขึ้นรูปโลหะ

นาย จำลอง คำพิกุล 43015413
นาย ชาญชัย วังทะพันธ์ 43015414
นาย สวัสดิ์ สุวรรณมาโจ 43015439
นาย สุเจตน์ มนตรีวิบูลย์ชัย 43015440
รศ.ดร. มงคล มงคลวงศ์โรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ได้ทำการศึกษาน้ำมันพืชสองชนิด ได้แก่ น้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าว นำมาผสมสารเติมแต่งสี่ชนิด คือ สาร ซิงค์ไดไดล ไดไท โอเฟต โพลีไอโซบิวทีลีน เอ็กเทอร์เพรสเซอร์ และ กราไฟล์ ซึ่งจะผสมอย่างละ 1-2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักลงไปในน้ำมันพืชทั้ง 2 ชนิด โดยได้ออกแบบและสร้างชุดทดสอบไฮรดรอลิกส์ประกอบด้วยตัวพั้นช์ และ ดาย ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากทางบริษัท และติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดความหนาของฟิล์มน้ำมันและอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิที่ความดันต่างๆ พร้อมกันนั้นก็ทำการทดสอบหาความหนืด ความเค้นเฉือน ของน้ำมันที่ 40 และ 100 องศาเซลเซียส โดยเครื่องทดสอบความหนืดแบบแกนหมุน แล้วนำคุณสมบัติของน้ำมันพืชทดสอบที่ได้จาก สองวิธีข้างต้น มาเปรียบเทียบกับน้ำมันขึ้นรูปโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE STUDY OF VEGETABLE BASE - OILS FOR METAL FORMING

Chamlong Khamphikul

Chanchai Wangthapan

Sawat Suwannamajo

Sujeat Montreevibulchai

Assoc. Prof. Dr. Mongkol Mongkolwongrojn Advisor

ABSTARCT

This project is to study the vegetable oils as lubricant which are palm and coconut oils. Vegetable oils mixed with Zinc dialky dithiophate (ZDDP) 1-2 % by weight Polyisobutylene (PIB), Extreme pressure (EP) and Graphite. The hydraulic press was designed and construction in this project. Punch and die were supported from private company. Displacement sensor and Thermocouple were installed to measure oil film thickness and temperature at varying pressure conditions. Oil viscosity and shear stress was also tested using Rotational Viscometer at 40 and 100 °c. The potential of vegetable oils are compared with form oil for metal forming.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลายๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ ปริญญานิพนธ์เสร็จลงได้ ก็คือ อาจารย์ มงคล มงคลวิโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

ขอขอบคุณ บริษัท คาสตรอล (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สารเติมแต่งเพื่อนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบคุณ บริษัท สยามโลคัลพาร์ท จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์แม่พิมพ์และแผ่นเหล็กขึ้นรูป

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมาในทุกๆ ด้าน อันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณและขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นาย จำลอง คำพิกุล
นาย ชาญชัย วังทะพันธ์
นาย สวัสดิ์ สุวรรณมาโจ
นาย สุเจตน์ มนตรีวิบูลย์ชัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 วิธีการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 น้ำมันหล่อลื่น	3
2.1 หลักการหล่อลื่น	3
2.2 การหล่อลื่นของผิวที่ราบเรียบ	3
2.3 ชั้นหล่อลื่นที่สมบูรณ์	4
2.4 สารหล่อลื่น	4
2.5 ฟิล์มของสารหล่อลื่น	4
2.6 คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น	6
2.7 น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน	8
2.8 สารหล่อลื่นในงานดึงขึ้นรูปลึก	9
2.9 สารเพิ่มคุณภาพ	10
บทที่ 3 น้ำมันพืช	14
3.1 การผลิตน้ำมันพืชภายในประเทศ	14
3.2 องค์ประกอบของน้ำมันพืช	14
3.3 ประเภทของกรดไขมัน	15
3.4 กลไกของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของน้ำมันพืช	16
3.5 สารต้านทานาการเกิดออกซิเดชั่นในน้ำมันพืช	17
3. 6 คุณสมบัติของน้ำมันพืช	19
บทที่ 4 ทฤษฎีการขึ้นรูปโลหะ	23
4.1 กระบวนการขึ้นรูปโลหะ	23
4.2 Tribology Interaction	23
4.3 การลากขึ้นรูป	24
4.4 ผลของความร้อนต่อความหนืดของน้ำมันหล่อลื่น	26
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความหนืด	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
4.6 สารหล่อลื่นในกระบวนการขึ้นรูปโลหะ	28
4.7 หน้าที่ของส่วนสำคัญของแม่พิมพ์	29
4.8 การคำนวณเกี่ยวกับการขึ้นรูป	29
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง	35
5.1 วัตถุประสงค์	35
5.2 อุปกรณ์การทดลอง	35
5.3 วิธีการทดลอง	39
5.4 ผลการทดลอง	41
5.5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	47
บทที่ 6 การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	49
6.1 สรุปผลการทดลอง	49
6.2 ข้อเสนอแนะ	49
ภาคผนวก	51
ภาคผนวก ก กราฟแสดง Calibration curve ของ Gap sensor	52
ภาคผนวก ข คุณสมบัติของน้ำมันพืช	53
ภาคผนวก ค คุณสมบัติของสารเติมแต่ง	54
ภาคผนวก ง รูปอุปกรณ์การทดลอง	56
ภาคผนวก จ การออกแบบโครงสร้างเครื่องปั๊มขึ้นรูปโลหะ	59
บรรณานุกรม	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้าที่

บทที่ 2
ตารางที่ 2.1 หน่วยวัดความหนืดน้ำมันหล่อลื่นระบบต่าง ๆ 6
ตารางที่ 2.2 ความหนืดน้ำมันหล่อลื่นตาม SAE 7
ตารางที่ 2.3 สารหล่อลื่นที่ใช้กับการดึงขึ้นรูปลึก 10
ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงสารเพิ่มคุณภาพ 11
บทที่ 3
ตารางที่ 3.1 แสดงผลผลิตของน้ำมันพืช 14
ตารางที่ 3.2 แสดงโครงสร้างของกรดไขมันชนิดต่างๆ 15
ตารางที่ 3.3 ชนิดของกรดไขมันในน้ำมันพืช 16
ตารางที่ 3.4 แสดงปริมาณของสารโทโคฟีรอลในน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ 18
ตารางที่ 3.5 แสดงจุดหลอมเหลว ของน้ำมันพืช 20
ตารางที่ 3.6 แสดงค่าความหนืดของน้ำมันพืช 20
ภาคผนวก
ตารางที่ 1 คุณสมบัติของน้ำมันพืช 50
ตารางที่ 2 คุณสมบัติของสารเติมแต่ง 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้าที่

บทที่ 2
รูปที่ 2 .1 แสดงการลดความเสียดทานด้วยสารหล่อลื่น 3
บทที่ 3
รูปที่ 3.1 แสดงผลของการใส่สารต้านทานการเกิดออกซิเดชั่นในน้ำมันปาล์ม 19
รูปที่ 3.2 การดูดซับทางกายภาพของกรดไขมันบนผิวโลหะ 21
รูปที่ 3.3 การดูดซับทางเคมีของกรดไขมันบนผิวโลหะ 21
รูปที่ 3.4 การสร้างชั้นของสบู่ของกรดไขมันบนผิวโลหะ 22
บทที่ 4
รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะการลากขึ้นรูปโลหะ 24
รูปที่ 4.2 แสดงน้ำหนักที่เคลื่อนที่ถูกรองรับอยู่ด้วยฟิล์มน้ำมันหล่อลื่น 27
รูปที่ 4.3 แสดงขณะที่อุณหภูมิเปลี่ยนเท่ากัน ความหนืดของน้ำมัน ข. เปลี่ยนแปลงน้อยกว่า ก. 28
รูปที่ 4.4 แสดงรูปร่างและส่วนต่างๆ ของชิ้นงานที่ใช้ในการคำนวณ 31
รูปที่ 4.5 แสดงความหนาฟิล์มน้ำมันที่กระจายออกตามพื้นผิวส่วนโค้ง 32
รูปที่ 4.6 แสดงพื้นที่บริเวณแผ่นกลมแบนรางที่เป็นส่วนพื้นของถ้วย 33
บทที่ 5
รูปที่ 5.1 เครื่องวัดความหนืดแบบแกนหมุน 35
รูปที่ 5.2 ไดอะแกรมการทำงานของ Rheology lab test 36
รูปที่ 5.3 โครงสร้างของเครื่องปั๊มขึ้นรูปโลหะ 36
รูปที่ 5.4 ไดอะแกรมการทำงานของชุดทดสอบ 37
รูปที่ 5.5 อุปกรณ์วัดความหนาฟิล์มน้ำมัน 38
รูปที่ 5.6 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิติดตั้งที่ตัวบังคับแผ่นชิ้นงาน 38
รูปที่ 5.7 ลักษณะของเหล็กแผ่นหลังการปั๊มขึ้นรูป 39
รูปที่ 5.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความหนืดของ Form oil กับ Palm oil
เมื่อผสมสารเติมแต่งที่อุณหภูมิ 40 ° C 41
รูปที่ 5.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความหนืดของ Form oil กับ Coconut oil
เมื่อผสมสารเติมแต่งที่อุณหภูมิ 40 ° C 41
รูปที่ 5.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความหนืดของ Form oil กับ Palm oil
เมื่อผสมสารเติมแต่งที่อุณหภูมิ 100 ° C 42
รูปที่ 5.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความหนืดของ Form oil กับ Coconut oil
เมื่อผสมสารเติมแต่งที่อุณหภูมิ 100 ° C 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 5.12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเค้นเฉือนของ Form oil กับ Palm oil เมื่อผสมสารเติมแต่งที่อุณหภูมิ 40 ° C 43
รูปที่ 5.13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเค้นเฉือนของ Form oil กับ Coconut oil เมื่อผสมสารเติมแต่งที่อุณหภูมิ 40 ° C 43
รูปที่ 5.14 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเค้นเฉือนของ Form oil กับ Palm oil เมื่อผสมสารเติมแต่งที่อุณหภูมิ 100 ° C 44
รูปที่ 5.15 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเค้นเฉือนของ Form oil กับ Coconut oil เมื่อผสมสารเติมแต่งที่อุณหภูมิ 100 ° C 44
รูปที่ 5.16 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความหนาของฟิล์มน้ำมัน Form oil กับ Palm oil เมื่อผสมสารเติมแต่ง 45
รูปที่ 5.17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความหนาของฟิล์มน้ำมัน Form oil กับ Coconut oil เมื่อผสมสารเติมแต่ง 45
รูปที่ 5.18 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนของอุณหภูมิในการขึ้นรูปของ Form oil กับ Palm oil เมื่อผสมสารเติมแต่ง 46
รูปที่ 5.19 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนของอุณหภูมิในการขึ้นรูปของ Form oil กับ Coconut oil เมื่อผสมสารเติมแต่ง 46

ภาคผนวก

รูปที่ 1 กราฟแสดงการ Calibration curve ของ Gap sensor 52
รูปที่ 2 น้ำมันขึ้นรูปโลหะ (Form oil) 56
รูปที่ 3 น้ำมันปาล์มและสารเติมแต่งที่ใช้ทดลอง 56
รูปที่ 4 น้ำมันมะพร้าวและสารเติมแต่งที่ใช้ทดลอง 56
รูปที่ 5 เครื่องมือวัดทาง Rheology lab test 57
รูปที่ 6 เครื่องปั๊มขึ้นรูปโลหะ 57
รูปที่ 7 ชุดตัว Punch 57
รูปที่ 8 ชุดตัว Die 57
รูปที่ 9 การติดตั้ง Gap sensor เข้ากับตัว Punch 58
รูปที่ 10 การติดตั้ง Thermocouple เข้ากับตัว Die 58
รูปที่ 11 ชุดแปลงสัญญาณ 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในปัจจุบันนี้มีน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในงานอุตสาหกรรมมีอยู่มากมายหลายชนิดซึ่งส่วนใหญ่เป็นน้ำมันแร่ซึ่งได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ (Crude Oil)และน้ำมันสังเคราะห์ที่ได้มาจากกระบวนการทางเคมี ซึ่งมีผลต่อสิ่งแวดล้อมหลังการใช้งานแล้ว ทั้งในด้านการเก็บรักษา การทำลายทิ้งอีกทั้งยังทำให้ต้นทุนของสินค้านั้นมีราคาสูงเนื่องจากน้ำมันหล่อลื่นโดยทั่วไปนั้นต้องสั่งเข้ามาจากต่างประเทศ เนื่องด้วยในปัจจุบันนี้ยังไม่มีโรงกลั่นน้ำมันหล่อลื่นในประเทศ มีเพียงแต่ส่งน้ำมันพื้นฐานและสารเคมีเพิ่มคุณภาพเข้ามาจากต่างประเทศแล้วมาผสมกันเพื่อให้ได้ความหนืด และมีคุณภาพพิเศษที่เหมาะสมกับสภาพการใช้งานต่าง ๆ ได้

เนื่องด้วยน้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันพืชที่ย่อยสลายได้ง่าย ซึ่งลดการทำลายสิ่งแวดล้อมลงได้ ทั้งในระยะสั้นและในระยะยาว อีกทั้งยังลดปัญหาด้านการจัดเก็บและการทำลายลงไปได้มาก น้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าวยังสามารถหาได้ง่ายในประเทศไทย ทำให้ลดการนำเข้าจากต่างประเทศเป็นผลให้ลดการขาดดุลจากต่างประเทศได้

จากสาเหตุข้างต้นเป็นผลให้จัดทำปริญญานิพนธ์ เพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติของน้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าวที่มีผลต่อการนำไปใช้ในงานปั๊มขึ้นรูปโลหะ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาน้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าวให้สามารถเข้ามามีบทบาทในทางอุตสาหกรรมมากขึ้นและเป็นทางเลือกใหม่อีกทางหนึ่งในการใช้น้ำมันขึ้นรูปโลหะซึ่งเป็นน้ำมันหล่อลื่นชนิดหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันขึ้นรูปโลหะ (Form Oil)

1.2.2 ปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว เพื่อนำไปใช้งานเป็นน้ำมันขึ้นรูปโลหะ โดยการผสมสารเติมแต่ง (Additives)

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว และสารเติมแต่ง ที่เหมาะสมในการที่จะนำมาผสมเป็นน้ำมันขึ้นรูปโลหะ

1.3.2 ทดสอบน้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าวที่ผสมสารเติมแต่ง และน้ำมันขึ้นรูปโลหะ

1.3.3 นำผลจากการทดสอบมาเปรียบเทียบกันระหว่างน้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าวที่ผสมสารเติมแต่ง กับ น้ำมันขึ้นรูปโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อให้มีทางเลือกใหม่เกิดขึ้นในการใช้น้ำมันขึ้นรูปโลหะ

1.4.2 เพื่อนำปาล์มและมะพร้าวซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีอยู่ภายในประเทศให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.4.3 เพื่อเป็นการลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

1.5 วิธีดำเนินงาน

ในขั้นตอนแรกจะทำการออกแบบและสร้างโครงเครื่องปั๊มโลหะ โดยการออกแบบจะคำนึงถึงความแข็งแรงและงบประมาณ เป็นหลัก เมื่อสร้างโครงเครื่องปั๊มโลหะเสร็จก็จะนำ ชุด punch และ die มาติดตั้งเข้ากับโครงเครื่องปั๊มโลหะ

ในขั้นตอนของการทดลอง (บทที่ 5) จะทำการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันพืชผสมสารเติมแต่งแล้วนำผลที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบกับน้ำมันขึ้นรูปโลหะ โดยทำการศึกษาคุณสมบัติด้านต่างๆ ดังนี้

1) ความหนืด
2) ความเค้นเฉือน
3) ความหนาฟิล์มน้ำมัน
4) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการปั๊มโลหะ

โดยที่คุณสมบัติด้านความหนืดและ ความเค้นเฉือนจะหาได้จาก เครื่องวัดความหนืดแบบแกนหมุน (Rotational viscometer) ส่วนคุณสมบัติด้านความหนาฟิล์มน้ำมัน และ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการปั๊มโลหะจะหาได้จาก การทดสอบกับเครื่องปั๊มโลหะ หลังจากนั้นจะนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง(บทที่ 6) ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
น้ำมันหล่อลื่น

2.1 หลักการหล่อลื่น

ในการเลื่อนหรือเคลื่อนวัตถุชิ้นหนึ่งซึ่งวางอยูบนวัตถุชิ้นงาน เราต้องการเอาชนะความฝืดอันเป็นแรงต้านทานการเคลื่อนที่เกิดขึ้นระหว่างผิวที่สัมผัสกันของวัตถุสองชิ้นนั้นถ้าวัตถุทั้งสองเป็นของแข็งเราเรียกความฝืดนั้นว่า "ความฝืดระหว่างผิวของของแข็ง" ความฝืดดังกล่าวสามารถวัดและหาค่าได้ ความฝืดหรือแรงต้านทานในการเคลื่อนที่ เกิดจากสาเหตุใหญ่ 2 ประการคือ

1) ความหยาบของผิววัตถุที่สัมผัสกัน ถ้าผิวหยาบหรือขรุขระมากความฝืดก็มีมากแต่ถ้าผิวหยาบน้อยหรือขรุขระน้อย ความฝืดก็มีค่าน้อย

2) การขัดสีระหว่างผิววัตถุ ทำให้เกิดความร้อนถ้าการขัดสีเป็นไปอย่างรุนแรง ความร้อนที่เกิดอาจจะอุณหภูมิสูงพอที่จะทำให้ผิววัตถุทั้งสองเชื่อมติดเป็นเนื้อเดียวกัน ในการเคลื่อนที่ก็หมายถึงการที่จะทำลายความฝืดหรือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างผิววัตถุทั้งสอง

รูปที่ 2.1 แสดงการลดความเสียดทานด้วยสารหล่อลื่น

2.2 การหล่อลื่นของผิวที่ราบเรียบ

ถ้าพิจารณาเพียงผิวเผินเราอาจเข้าใจว่า ในการเลื่อนวัตถุชิ้นหนึ่งบนผิวของวัตถุอีกชิ้นหนึ่งโดยมีชั้นหล่อลื่นของน้ำมันคั่นอยู่ระหว่างผิวไปในทิศทางเดียวกันตลอด วัตถุที่เคลื่อนจะปาดเอาชั้นหล่อลื่นของน้ำมันออกหมด แต่ความเป็นจริงมิได้เป็นเช่นนั้น ในทางตรงกันข้าม ในการหล่อลื่นผิววัตถุที่มีความเร็วในการเคลื่อนที่พอสมควรแล้ว ความเร็วนั้นจะช่วยให้เกิดชั้นหล่อลื่นขึ้นเอง และรักษาความหนาของชั้นหล่อลื่นไว้ได้อีกด้วย ทั้งนี้ความหนืดของผิวหล่อลื่นนั้นจึงจะทำให้เกิดมีการหล่อลื่นแบบสมบูรณ์เกิดขึ้นในและนอกจากนี้จะขึ้นอยู่กับการออกแบบชิ้นส่วนหล่อลื่นให้มีลักษณะดังนี้

1) ขอบหน้าของวัตถุที่เคลื่อนที่จะต้องป้านหรือมน เพื่อป้องกันมิให้ขูดน้ำมันออก

2) จะต้องมีช่องว่างระหว่างผิวสัมผัสเพียงพอ เพื่อให้น้ำมันช่วยพยุงผิวทั้งสองให้ห่างกันได้

3) พื้นผิวสัมผัสของวัตถุที่เคลื่อนที่จะต้องกว้างพอที่จะพยุงตัวลอยบนชั้นหล่อลื่นของน้ำมันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ชั้นหล่อลื่นที่สมบูรณ์

ก่อนที่วัตถุจะเคลื่อนที่ ผิวพื้นล่างจะต้องรองรับน้ำหนักของวัตถุไว้ทั้งหมด ดังนั้นแรงต้านทานการเคลื่อนที่จะสูงเนื่องจากไม่มีชั้นหล่อลื่นอยู่ระหว่างผิวสัมผัส เมื่อวัตถุเริ่มเคลื่อนที่ขอบหน้าของวัตถุจะปะทะกับน้ำมันก่อน ความหนืดของน้ำมันจะมีความสำคัญที่จุดนี้ เนื่องจากความหนืดเป็นคุณสมบัติต้านทานการไหลอยู่แล้วน้ำมันจึงพยายามจะอยู่กับที่ พร้อมกับวัตถุมีขอบหน้ามน วัตถุจึงลื่นไถลไปบนชั้นของน้ำมันบาง ๆ นั้นได้

2.4 สารหล่อลื่น (Lubrication)

เป็นสารที่ใช้ในการหล่อลื่นชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของแข็ง ของแข็งที่บดเป็นผงกึ่งของแข็งของเหลว ของเหลวและ ก๊าซ แต่สารหล่อลื่นที่นิยมใช้กันมากจะอยู่ในลักษณ์ของของเหลวเช่น น้ำมันหล่อลื่น หรือสารที่มีลักษณะเหนียว เช่น น้ำมันหล่อลื่นหรือสารที่มีลักษณะเหนียว เช่น จารบี เป็นต้น

หน้าที่ของสารหล่อลื่น (Function of Lubrications) โดยทั่ว ๆ ไปหน้าที่ของสารหล่อลื่นมีดังนี้

1) ลดความฝืด หรือความเสียดทาน (Control Friction)
2) ลดการสึกหรอ (Control Wear)
3) ระบายความร้อน (Control Temperature)
4) ลดการกัดกร่อนและป้องกันสนิม (Control Corrosion)
5) เป็นฉนวนไฟฟ้า (Insulated Electric)
6) ถ่ายทอดกำลังงาน (Transmit Power)
7) ลดการกระแทก (Damper Shock)
8) ช่วยทำความสะอาดสิ่งสกปรกไม่ให้ติดกับชิ้นโลหะ (remove Contaminants)
9) ทำหน้าที่เป็นซีล (Form a Seal)ป้องกันไม่ให้ผิวของโลหะสัมผัสเมื่อชิ้นส่วนเคลื่อนที่

ถ้าชิ้นงาน 2 ชิ้น มีการเคลื่อนไหวเสียดสีกัน ย่อมทำให้เกิดความร้อน เกิดการสึกหรอ แต่ถ้ามีน้ำมันหล่อลื่นเป็นตัวกันอยู่ระหว่างผิวหน้าชิ้นงานทั้งสอง ความลื่นของน้ำมันจะช่วยให้ชิ้นงานทั้งสอง เรียกว่าฟิล์มน้ำมัน (Oil Film) สำหรับผิวหน้าของชิ้นงานที่เรียบเป็นพิเศษ การหล่อลื่นฟิล์มด้วยน้ำมันบาง ๆ ก็เป็นการเพียงพอแล้ว แต่สำหรับผิวหน้าที่หยาบหรือขรุขระมาก ๆ จำเป็นจะต้องใช้ฟิล์มน้ำมันที่ค่อนข้างหนามาคั่นที่บริเวณผิวหน้าชิ้นงาน

2.5 ฟิล์มของสารหล่อลื่น (Lubricant Film) แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1) ฟิล์มแบบแห้ง (Dry Film) เป็นฟิล์มสารหล่อลื่นแข็ง ส่วนมากจะใช้ในการหล่อลื่นแข็ง เช่น แกรไฟท์หรือโมลิบดีนั่มไดซัลไฟด์ ซึ่งทำหน้าที่รองรับผิวหน้าสัมผัสของชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ โดยที่สารหล่อลื่นแข็งเหล่านี้จะทำหน้าที่ลดแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของเครื่องจักร เช่นแหวนลูกสูบของปั๊มลมที่ทำด้วยแกรไฟท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ฟิล์มแบบแปียก (Wet Film) ซึ่งก็คือฟิล์มน้ำมัน เป็นฟิล์มที่ใช้เป็นหลักในการหล่อลื่นเครื่องจักรกล ฟิล์มน้ำมัน (แบบเปียก) ที่ใช้ในการหล่อลื่นเครื่องจักรกล แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

2.1) ฟิล์มชนิดกึ่งสมบูรณ์ (Boumdary Film) เป็นฟิล์มน้ำมันที่เกิดขึ้นเนื่องจากการหล่อลื่นที่ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันหล่อลื่นเป็นผลมาจากการออกแบบเครื่องจักรให้มีสมรรถนะในการทำงานสูงดังนั้นฟิล์มน้ำมันจึงต้องมีความแข็งแรงทนทานและมีแรงเกาะยึดดีเป็นพิเศษ เพื่อให้คงทนต่อสภาพการทำงานของเครื่องจักรได้ เช่น การหล่อลื่นเฟืองท้ายต้องใช้น้ำมันที่ทนต่อแรงกดดันได้สูง ลักษณะของฟิล์มน้ำมันแบบกึ่งสมบูรณ์นี้ยังแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

2.1.1) แบบโพล่าร์ (Polar Type) ลักษณะของฟิล์มน้ำมันแบบนี้จะเป็นฟิล์มน้ำมันที่มีสารเพิ่มคุณภาพผสมอยู่ จะช่วยให้โมเลกุลของสารไฮโดรคาร์บอนไปจับตัวร่วมกันที่ผิวของโลหะอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับขนแปรง ทำให้ช่วยลดการสึกหรอที่จะเกิดขึ้นบริเวณผิวสัมผัส

2.1.2) แบบอีพี (EP Type) เป็นฟิล์มน้ำมันที่สารเพิ่มคุณภาพประเภทคลอรีนซัลเฟสหรือฟอสเฟต ซึ่งสารเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับผิวสัมผัสของโลหะที่มีอุณหภูมิสูง ๆ ทำให้ได้เป็นแผ่นฟิล์มเหนียวที่เคลือบผิวโลหะอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งฟิล์มชนิดนี้จะลดการสึกหรอให้กับชิ้นส่วนได้ดี

2.2) ฟิล์มชนิดสมบูรณ์ (Full Film) เป็นฟิล์มที่ให้การหล่อลื่นบริเวณผิวสัมผัสดีที่สุดหรือสมบูรณ์ที่สุดโดยผิวสัมผัสของโลหะจะลอยตัวหรือแยกออกจากกันโดยเด็ดขาด ซึ่งจะช่วยลดการสึกหรอและความร้อนที่จะเกิดขึ้น แต่จะมีแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นเนื่องจากความหนืดของฟิล์มน้ำมัน ลักษณะของฟิล์มน้ำมันชนิดนี้จะคล้ายกันการทำงานของตลับลูกปืน คือแผ่นฟิล์มบางๆ จะทำหน้าที่คล้ายกับลูกปืนเล็ก ๆ จำนวนมากที่พยายามยกผิวสัมผัสให้พ้นออกจากกัน เช่นการหล่อลื่นระหว่างเพลาและแบริ่ง ซึ่งช่วยลดการสึกหรอและความร้อน แต่จะมีความเสียดทานเกิดขึ้นเนื่องจากความหนืดของน้ำมัน ฟิล์มชนิดสมบูรณ์ (Full Film) แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

2.2.1) เกิดจากแรงดันภายใน (Hydro Dynamic Fluid Film) เป็นฟิล์มที่เกิดจากแรงดันของปั๊มน้ำมัน สร้างแรงดันน้ำมันเข้าไปในช่องว่างยกผิวสัมผัสให้แยกจากกันหรือเป็นอิสระต่อกันเช่น เพลาของเครื่องจักรขนาดใหญ่ ก่อนสตาร์ทเครื่องถ้าปั๊มน้ำมันเข้าไปหล่อเลี้ยง ก็จะช่วยลดแรงในการสตาร์ทลงได้มาก

2.2.2) เกิดจากแรงดันภายนอก (Hydro Dynamic Fluid Film) เป็นฟิล์มที่เกิดขึ้นจากแรงดันของปั๊มน้ำมัน สร้างแรงดันน้ำมันเข้าไปในช่องว่างยกผิวสัมผัสให้แยกจากกันหรือเป็นอิสระต่อกัน เช่น เพลาของเครื่องจักรขนาดใหญ่ ก่อนสตาร์ทเครื่องถ้าปั๊มน้ำมันเข้าไปหล่อเลี้ยง ก็จะช่วยลดแรงในการสตาร์ทลงได้มาก

นอกจากนั้นยังมีลักษณะของฟิล์มน้ำมันอีกแบบหนึ่งที่เรียกว่า อีเอชดี (Elasto Hydro Dynamic ; EHD) ซึ่งหมายถึง การที่ผิวสัมผัสยุบตัวเนื่องจากรับแรงกดมากเป็นพิเศษบนพื้นที่เล็ก ๆ การยุบตัวทำให้พื้นที่ที่รับน้ำหนักขยายตัวเพิ่มขึ้น และความข้นในของน้ำมันหล่อลื่นเพิ่มขึ้นในเวลาเดียวกันเนื่องจากอยู่ภายใต้แรงกดดันสูง ทำให้ความสามารถในการรับน้ำหนักของน้ำมันหล่อลื่นเพิ่มขึ้นในพื้นที่ที่ยุบตัวลงนั้นทำให้เกิดแผ่นหรือฟิล์มน้ำมันที่สมบูรณ์ สามารถแยกหน้าสัมผัสของชิ้นงานออกจากกันได้ การหล่อลื่นแบบนี้จะพบในการหล่อลื่นพวกเกียร์และลูกปืน เนื่องจากมีผิวหน้าโค้งทำให้พื้นที่ที่ต้องรับน้ำหนักมีขนาดเล็กเท่านั้น ด้วยแรงกดดันสูงและพื้นที่ที่รับแรงเล็ก ซึ่งฟิล์มน้ำมันไม่น่าจะรับน้ำหนักทั้งหมดไว้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ปรากฏว่าผิวหน้าเกิดการยุบตัวทำให้ขยายพื้นที่ในการรับน้ำหนักและเพิ่มความข้นใสให้กับน้ำมันหล่อลื่นขึ้นได้

2.6 คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น

ความหนืดเป็นคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของน้ำมันหล่อลื่นในการที่จะไหลแทรกซึมเข้าไปอยู่ระหว่างช่องว่างระหว่างผิวสัมผัส ซึ่งอาจจะเป็นแบริ่งและเพลาเพื่อรับแรงกดและทำการหล่อลื่นโดยทั่วไป ความหนืดของของเหลวคือ ความต้านทานในการไหลนั่นเอง เช่น น้ำเชื่อมมีความหนืดสูงกว่าน้ำจึงไหลได้ช้ากว่า น้ำมันหล่อลื่นที่ผลิตออกจำหน่ายมีความหนืดอยู่ในระดับต่าง ๆ กัน เรียกว่า เกรดต่าง ๆ ซึ่งแต่ละระดับจะเหมาะกับการหล่อลื่นงานและเครื่องจักรแต่ละชนิด

ความหนืด (Viscosity) หรือความข้นใสคือ ความต้านทานการไหลของน้ำมันหล่อลื่น เป็นคุณสมบัติสำคัญของน้ำมันหล่อลื่นมีการแปรกลับอุณหภูมิของน้ำมัน ถ้าอุณหภูมิต่ำน้ำมันจะข้นให้เยื่อหล่อลื่นที่หนา ถ้าอุณหภูมิสูงน้ำมันจะใสให้เยื่อหล่อลื่นที่บาง หน่วยวัดความหนืดมีหลายระบบและอุณหภูมิที่วัดก็แตกต่างกัน

ตารางที่ 2.1 หน่วยวัดความหนืดน้ำมันหล่อลื่นระบบต่าง ๆ

ระบบของความข้นใส	หน่วย/ปริมาณของน้ำมันที่วัด	อุณหภูมิที่ใช้ * ฟ (* ซ)	ประเทศที่นิยมใช้
คิเนแมติก (Kinematic)	Stoke (ST) หรือ Centistoke (cSt)	104(40)และ 212(100)	ทั่วโลก (ระบบสากลเมตริก)
เซโบล์ท ยูนิเวอร์แซล (Saybolt Universal)	Saybolt Universal (SSU)Secounds (SUS)/ 60 ml (SUS)	100 (38) และ 210 (99)	สหรัฐอเมริกา
เรดวูดเบอร์ 1 (Redwood No. 1)	Redwood Secounds No. 1 / 60 ml (RW 1)	701(21), 100(38) และ 140 (60)	สหราชอาณาจักร
เองเลอร์ (Engler)	Engler degree */200 ml (E*)	68 (20), 122(50)และ 212(100)	เยอรมันและประเทศที่ใช้มาตราเมตริก

หมายเหตุ : ปัจจุบันนิยมใช้หน่วยวัดความหนืดหรือความข้นใสเป็นเซนติสโตก (cSt)

$$* \text{Engler degree} = \frac{\text{เวลาน้ำมัน 200 ml ไหลผ่าน Orifice}}{\text{เวลาที่น้ำจำนวนเท่ากันไหลผ่าน Orifice}}$$

เครื่องวัดความหนืด (Viscometer) แบบที่ใช้กันแพร่หลายมากที่สุดได้แก่ คิเนแมติก (Kinematic Viscometer) ซึ่งเป็นหลอดแก้วรูปตัว U มีรูวัดความหนืด (Orifice) อยู่ภายในและมีกระเปาะสำหรับบรรจุน้ำมัน วิธีวัดความหนืดจับเวลาที่น้ำมันหล่อลื่นจำนวนหนึ่ง ไหลผ่านรูวัดความหนืดตามอุณหภูมิที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วคำนวณหาค่าความหนืดจากเวลาที่วัดได้กับค่าคงที่ (Constant) ของเครื่องวัดความหนืดนั้น ความหนืดที่หาด้วยวิธีนี้เรียกว่า ความหนืดคิเนแมติก มีหน่วยเป็น เซนติสโตก = (Centistoke = cSt) คือ 1 St เทียบเท่ากับ 100 cSt

เครื่องวัดความหนืดแบบอื่นๆ ส่วนมากมีวิธีวัดคล้ายกันคือ จับเวลาที่น้ำมันจำนวนหนึ่งไหลผ่านรูวัดความหนืดที่อุณหภูมิที่กำหนด เวลาที่วัดคิดเป็นวินาที

ดัชนีความหนืด (Viscosity Index = V.I.) คือ ค่าบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของความหนืดเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน น้ำมันหล่อลื่นที่มีดัชนีความหนืดสูงจะเปลี่ยนแปลงความหนืดน้อย เมื่ออุณหภูมิการใช้งานเปลี่ยนไป ซึ่งเป็นคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น น้ำมันหล่อลื่นที่มีดัชนีความหนืดต่ำในขณะที่อุณหภูมิต่ำ น้ำมันหล่อลื่นมักมีความหนืดสูง ชิ้นส่วนเครื่องจักรเคลื่อนไหวลำบากแต่พอใช้งานสักพักหนึ่งอุณหภูมิสูงขึ้นความหนืดกลับลดต่ำลงมาก ทำให้เยื่อหล่อลื่นบางลง ซึ่งเป็นสาเหตุให้เครื่องจักร สึกหรอได้

ตารางที่ 2.2 ความหนืดน้ำมันหล่อลื่นตาม SAE

เบอร์น้ำมันเครื่อง	ความหนืด(cP) ที่อุณหภูมิ (๐ซ) สูงสุด		ความหนืด cSt ที่ 100 ๐ซ	
	ที่ข้อเหวี่ยงหมุนได้	ที่สามารถปั๊มได้	ต่ำสุด	สูงสุด
0 W	3,250 ที่ – 35	30,000 ที่ - 35	3.8	-
5 W	3,500 ที่ –30	30,000 ที่ - 30	3.8	-
10 W	3,500 ที่ –20	30,000 ที่ - 20	4.1	-
15 W	3,500 ที่ –20	30,000 ที่ - 20	5.6	-
20 W	4,500 ที่ – 10	30,000 ที่ - 15	5.6	-
25 W	6,000 ที่ – 5	30,000 ที่ - 10	9.3	-
20	-	-	5.6	ไม่เกิน 9.3
30	-	-	9.3	ไม่เกิน 12.5
40	-	-	12.5	ไม่เกิน 16.3
50	-	-	16.3	ไม่เกิน 21.9
60	-	-	21.9	ไม่เกิน 26.1

หมายเหตุ : 1. cP = Centipoise = cSt x ความหนาแน่นของน้ำมัน

2. เบอร์ที่ตามด้วย W เป็นน้ำมันเครื่องเขตหนาว (Winter)

3. ในประเทศไทยใช้น้ำมัน SAE 30 , 40 และ 50

4. น้ำมัน SAE 10 W ใช้กับระบบไฮโดรลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน (Base Oil)

น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้มีอยู่สามประเภทได้แก่ น้ำมันพืชหรือสัตว์ น้ำมันแร่ และน้ำมันสังเคราะห์ แต่ส่วนใหญ่แล้วใช้น้ำมันแร่เพราะมีคุณภาพดีเพียงพอ หาง่าย และราคาถูก น้ำมันชนิดอื่นจะใช้ในงานที่ต้องการคุณสมบัติพิเศษ ๆ บางอย่าง เท่านั้น

1) น้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ (Vegetable or Animal Base Oils) น้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ที่ได้จากธรรมชาติมักมีความอยู่ตัวทางเคมีต่ำเกิดเสื่อมสภาพได้ง่ายในขณะใช้งานจึงต้องผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพ ซึ่งราคาก็จะแพงขึ้นมาก จึงหมดความนิยมไป น้ำมันพืชที่คุ้นเคยได้แก่ น้ำมันละหุ่ง น้ำมันปาล์ม น้ำมันสัตว์ ที่เคยใช้กันได้แก่ น้ำมันหมู น้ำมันปลา ปัจจุบันมีการใช้น้ำมันพืชหรือสัตว์เป็นน้ำมันพื้นฐานน้อยมาก และใช้เฉพาะในงานหล่อลื่นที่ต้องการคุณสมบัติพิเศษบางประการเท่านั้น ส่วนใหญ่มักจะใช้เป็นตัวเติมเพิ่มคุณภาพให้น้ำมันหล่อลื่นที่ทำมาจากน้ำมันปิโตรเลียม เช่น เพื่อเพิ่มความลื่นและความสามารถในการเข้ากับน้ำ เป็นต้น

2) น้ำมันแร่ (Mineral Oils) เป็นน้ำมันพื้นฐานที่ใช้กันมากที่สุดเพราะนอกจากคุณภาพดีแล้วราคายังถูกด้วย น้ำมันแร่ได้จากการเอาส่วนที่อยู่ก้นหอกลั่นบรรยากาศออกมาผ่านกระบวนการกลั่นภายใต้สูญกาศ แยกเอาน้ำมันหล่อลื่นชนิดในและชนิดข้นออกมา ที่เหลือเป็นกากก็นำไปผลิตยางมะตอย ชนิดและปริมาณของน้ำแร่ที่แยกออกมาได้ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันดิบพวกพาราฟฟินนิค (Paraffinic) มักจะมีไขมันสูง ต้องผ่านกระบวนการขจัดเอาไขออก น้ำมันแร่ที่ได้จากการกลั่นแยกภายใต้สูญญากาศนี้ปกติมักจะมีคุณภาพที่ไม่ดีพอที่จะนำมาใช้ผลิตน้ำมันหล่อลื่น ต้องผ่านกระบวนการต่าง ๆ เพื่อขจัดเอาสารที่ไม่ต้องการออกเพื่อให้มีความอยู่ตัวเชิงเคมีและเชิงความร้อนดี

น้ำมันแร่ที่นำมาใช้ทำน้ำมันหล่อลื่นมีทั้งข้นและใสหลายระดับ แบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามลักษณะของการเปลี่ยนแปลงความข้นใสตามอุณหภูมิคือ

2.1) ประเภทที่มีดัชนีความข้นใสสูง (High Viscosity Index,HVI)

2.2) ประเภทที่มีดัชนีความข้นใสปานกลาง (Medium Viscosity Index,MVI)

2.3) ประเภทที่มีดัชนีความข้นใสต่ำ (Low Viscosity Index,LVI)

น้ำมันแร่ที่มีดังนีความข้นใสสูงได้มาจากการกลั่นน้ำมันดิบประเภทพาราฟินนิก (Paraffinic) ส่วนน้ำมันแร่ที่มี ดัชนีความข้นใสปานกลางและต่ำ ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ ประเภทแนฟทานิก (Naphthanic)

3) น้ำมันสังเคราะห์ (Synthetic Base Oils) เป็นน้ำมันที่สังเคราะห์ขึ้นโดยกระบวนการทางเคมีวัสดุเริ่มต้นที่ใช้มักจะมาจากน้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันสังเคราะห์ที่ใช้กันอยู่มีหลายชนิดแต่ราคาค่อนข้างแพงใช้เป็นน้ำมันพื้นฐานเฉพาะในงานพิเศษที่ต้องการคุณสมบัติพิเศษด้านดัชนีความข้นใสสูง จุดไหลเทต่ำ และมีการระเหยต่ำ เป็นต้น น้ำมันสังเคราะห์ที่ใช้กันมากมีดังนี้

3.1) พวกโพลีอัลฟาโอเลฟิน (Polyalphaolefins ; PAO) ซึ่งมีดัชนีความข้นใสสูงมาก มีจุดไหลเทต่ำมาก มีการระเหยตัวต่ำ และความต้านทานต่อปฏิกิริยาอ๊อกซิเดชั่นดี นิยมใช้กันมากขึ้นเพราะมีราคาเริ่มต้นถูกลงและผลิตได้ง่าย

3.2) พวกเอสเตอร์ (Ester) ทั้งพวกไดเอสเตอร์ (Diester) และคอมเพลก เอสเตอร์ (Complex Ester) ใช้เป็นน้ำมันพื้นฐานในงานที่ต้องการประสบกับสภาวะอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงมาก ๆ เช่น น้ำมันเทอร์ไบน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเครื่องยนต์ไอพ่น พวกเอสเตอร์ (Ester) มีดัชนีความข้นใสสูงมาก มีการระเหยตัวต่ำ และมีความอยู่ตัวดี ฟอสเฟต เอสเตอร์ (Phosphate Esters) ก็ใช้ทำพวกน้ำมันไฮดรอลิกที่ไม่ติดไฟ หรือที่เรียกว่า น้ำมันทนไฟ

3.3) พวกซิลิโคน (Silicones) ใช้ในงานอุณหภูมิสูง

3.4) พวกฮาโลเจนเนเตด ไฮโดรคาร์บอน (Halogenated Hydrocarbon) เช่น คลอโรฟลูออไรคาร์บอน (Chlorofluorocarbons) หรือสารซีเอฟซี (CFC) ใช้ทำน้ำมันเครื่องอัดออกซิเจนเพราะมีความอยู่ตัวทางเคมีและความร้อนดีมาก

3.5) พวกโพลีฟีนิล เอสเตอร์ (Polyphenyl Ethers) มีความอยู่ตัวทางความร้อนสูงมาก มีความต้านทานต่อรังสีนิวเคลียร์ ใช้ในงานที่อุณหภูมิสูงถึง 500 °C เช่น เป็นน้ำมันไฮดรอลิกในยานอวกาศ เนื่องจากมีความอยู่ตัวเชิงความร้อนสูงมาก และมีความสามารถในการต้านทานต่อรังสีนิวเคลียร์ได้ด้วย

2.8 สารหล่อลื่นในงานดึงขึ้นรูปลึก

การเลือกสารหล่อลื่นที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการขึ้นรูป ขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาทำชิ้นงานสภาพผิวของวัสดุ รวมทั้งสภาพผิวของวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์ด้วย สารหล่อลื่นที่ใช้กันทั่วไปกับงานดึงขึ้นรูปลึก ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.3 สารที่ใช้เป็นตัวผสม ตัวอย่าง เช่น กราไฟต์ ซิ้งซัลไฟด์ ปูนขาว ซอล์ก ฮาโลเจน และสารประกอบของฟอสฟอรัส หรืออาจเป็นตะกั่วออกไซด์ขาว สารหล่อลื่นที่กล่าวมาถูกใช้ผสมกับน้ำมันเครื่องเพื่อเป็นส่วนช่วยให้สารเหล่านั้นรวมตัวกันได้เมื่ออยู่ภายใต้แรงกดดันสูงสารหล่อลื่นที่อยู่ในรูปของแข็ง (Solid lubrication) ได้แก่ สารสบู่ (Metal soap) โมลิบดีนั่มไดซัลไฟด์ และ กราไฟต์เหลว (Colloidal graphite) ได้ถูกใช้ในงานดึงขึ้นรูปลึกด้วย สารดังกล่าวมานี้สามารถที่จะปกป้องการสัมผัสโดยตรงระหว่างดายกับแผ่นชิ้นงานโดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุจำพวก ออกเทน ไนติก ตัวอย่าง เช่น [X 5 CrNi18 9 (AISI 304 SS)] สามารถที่จะใช้กระบวนการดึงขึ้นรูปได้โดยปราศจากรอยขีดข่วน เมื่อใช้แม่พิมพ์ที่ทำจากเหล็กแม่พิมพ์ 210 Cr 46 (AISI D3) เพียงแต่ใช้ สารสบู่ (Metal soap) หล่อลื่นเท่านั้น ผิวงานสำเร็จจากการตรวจวัดพิสูจน์แล้วว่า อนุภาคองค์ประกอบที่ผิวของชิ้นงานรูปถ้วยที่ได้ผ่านการดึงขึ้นรูปด้วย สารหล่อลื่นแคดเมียมสเทียเรท (Cadmium stearate) ที่บนชิ้นงานชี้ให้เห็นว่าไม่มีการสัมผัสกันโดยตรงระหว่างแผ่นงานกับดาย เมื่อวัสดุที่ใช้กับงานดึงขึ้นรูปแล้วยังปรากฏว่ามีการขึ้นรูปได้ยากลำบาก เช่น การขึ้นรูปชิ้นงานที่มีรูปร่างแบบสี่เหลี่ยม หรือขึ้นรูปถ้วยลึก ดังนั้นอาจจำเป็นต้องใช้สารหล่อลื่นช่วย เช่น การเคลือบด้วยฟอสเฟส (Phosphatecoating)ในการเพิ่มการหล่อลื่นของตัวมันเองเพื่อป้องกันการเกิดลาย (Fretting) ส่วนประกอบของการขึ้นรูปกับชิ้นงานที่มีรัศมีด้านล่างขนาดใหญ่มากนั้นจะต้องการสารหล่อลื่นที่จะช่วยคงรูปความหนาไว้ มิฉะนั้นมันอาจทำให้ชิ้นงานที่จะขึ้นรูปได้ไม่สม่ำเสมอกัน ในการดึงขึ้นรูปแผ่นฟอยล์ที่ทำจากพลาสติก (PVC ,PTFE) สามารถทำให้สำเร็จในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นรูปร่างส่วนประกอบแบบง่าย ๆ ของวัสดุที่มีความเหนียวแน่น บางครั้งการใช้แผ่นงานที่ทำจาก Stainless – Steel และเคลือบด้วยพลาสติกฟิล์ม ซึ่งอาจจะเป็นการจุ่มหรือ การสเปรย์ ค่าขีดจำกัดอัตราส่วนการขึ้นรูปที่มีค่ามากสามารถใช้ได้ ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานระหว่างรัศมีพั้นช์กับแผ่นงานมีอัตราสูงขึ้น (จากพั้นช์ที่มีผิวหยาบ และพื้นที่บริเวณนี้ไม่มีสารหล่อลื่น) และแรงเสียดทานระหว่างแผ่นงานกับดายมีอัตราต่ำสุดเท่าที่เป็นไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 สารหล่อลื่นที่ใช้กับการดึงขึ้นรูปลึก ความหมายของตัวย่อ: E-สารผสมเหลว G-กราไฟต์ S-น้ำมันสบู่ Sa- เกลือ T-ไขสบู่ Mo-น้ำมันแร่ FC-สารประกอบไขมัน P-โพลีเมอร์ Es-เกลืออินทรีสาร CC-การเคลือบด้านตรงข้าม Wa-แวกซ์ Cl- สารเพิ่มคลอรีน EP- สารเพิ่มแรงดันสูงสุด MoS2-โมลิบดินั่มไดซัลไฟด์ FO- น้ำมันไขมัน L-ลาโนลีน สีย้อมสบู่ = Pigmented soaps

วัสดุและโลหะผสม	ขึ้นรูปเย็น	ขึ้นรูปร้อน
อลูมิเนียม	สารละลายสังเคราะห์ MO+ FO,E,L ซัสเพนชั่น , Wa ซัสเพนชั่น, สารละลายของ S	G ซัสเพนชั่น (สารแขวนลอย)
ทองแดง	E + FO , MO + FO, S ซัสเพนชั่น ,Wa ซัสเพนชั่น ,T ซัสเพนชั่น และสารละลายสังเคราะห์	ผงสีผสมน้ำมัน (Pigmented pastes) G ซัสเพนชั่น
แมกนีเซียม	สารละลาย + FC, MO + FC	G + MoS2 , S +Wa, T + G
นิเกิล	E, MO + EP, Cl Wa, CC + S	G ซัสเพนชั่น ,MoS_2 ซัสเพนชั่น, การเคลือบเรซิ่นกับ + Sa
โลหะทนไฟ	แผ่นทองแดง	MoS_2 , G ซัสเพนชั่น
เหล็ก ผสมคาร์บอน., โลหะผสมต่ำ	E , S เหลว ,Wa , FO + MO, P, CC + S , MoS_2 หรือ G ในจาระบี, สารละลาย สังเคราะห์	G ซัสเพนชั่น
สแตนเลส	FO + MO ,Wa, P, MO + EP ,สีย้อมสบู่, CC + S	G ซัสเพนชั่น
ไตเตเนียม	Wa , P ,สีย้อมสบู่ ,CC + S	G and MoS_2 ซัสเพนชั่น

2.9 สารเพิ่มคุณภาพ (Additives)

เครื่องจักรกลและเครื่องยนต์ในปัจจุบันได้รับการออกแบบให้มีขนาดเล็กลง ทำงานเร็วขึ้นและภาวะน้ำหนักก็สูงขึ้น น้ำมันหล่อลื่นในเครื่องจักรเครื่องยนต์ดังกล่าวมักต้องประสบกับสภาวะด้านอุณหภูมิความเครียด และภาวะน้ำหนักสูง น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานล้วน ๆ มักจะยังมีคุณภาพดีไม่เพียงพอที่จะทำหน้าที่ต่าง ๆ ให้ได้ครบถ้วน โดยมีอายุการใช้งานที่ยืนนานตามสมควรดังนั้น จึงต้องมีการเติมสารบางอย่างทั้งในด้านชนิดและปริมาณที่พอดีเพื่อเพิ่มคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานให้ดีเหมาะสมกับงานที่ต้องการ การเพิ่มคุณภาพ อาจใช้เพิ่มคุณสมบัติเชิงเคมีหรือคุณสมบัติเชิงกายภาพของน้ำมันพื้นฐาน

น้ำมันหล่อลื่นมักจะผลิตขึ้นมาเพื่อใช้งานเฉพาะอย่าง เช่น น้ำมันเครื่องยนต์ น้ำมันเกียร์ น้ำมันไฮโดรลิค เป็นต้น ในการที่จะผลิตน้ำมันหล่อลื่นชนิดใดชนิดหนึ่งมานั้น จะมีการพิจารณาถึงหน้าที่ที่น้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หล่อลื่นนั้นจะต้องกระทำ และสภาวะต่าง ๆ ที่น้ำมันหล่อลื่นนั้นจะต้องประสบในขณะทำงานหล่อลื่น จากนั้นจึงสามารถกำหนดคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นก็ต้องการ แล้วจึงเลือกสรรน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานและชนิด / ปริมาณของสารเพิ่มคุณภาพที่เหมาะสมเพื่อผลิตน้ำมันหล่อลื่นให้มีคุณภาพดีเหมาะสมกับงานที่ต้องการ จากนั้นจึงมีการทดสอบกับงานจริง และประเมินผลเพื่อให้แน่ใจว่าน้ำมันหล่อลื่นดังกล่าวมีคุณภาพดีตรงตามต้องการ น้ำมันหล่อลื่นแต่ละชนิดจึงใช้น้ำมันพื้นฐาน ชนิดและปริมาณของสารเพิ่มคุณภาพไม่เหมือนกัน ดังนั้น การเลือกใช้งานจึงต้องเลือกให้ถูกชนิดด้วย น้ำมันจึงจะสามารถทำการหล่อลื่นได้มีประสิทธิภาพ ในการเลือกใช้น้ำมันหล่อลื่นสำหรับงานใดงานหนึ่งนั้นจะต้องพิจารณาทั้งด้านความข้นใสและด้านสมรรถนะหรือคุณสมบัติประกอบกัน จะพิจารณาเฉพาะด้านใดด้านหนึ่งไม่ได้ ดังนั้น จึงมีการกำหนดมาตรฐานของน้ำมันหล่อลื่นทั้งทางด้านความข้นใส เช่น มาตรฐานความข้นใส SAE น้ำมันเครื่องยนต์ และมาตรฐานความข้นใส ISO สำหรับน้ำมันอุตสาหกรรม และทางด้านสมรรถนะ เช่น มาตรฐานด้านสมรรถนะของน้ำมันเครื่องยนต์ดีเซล และเบนซินของสมาคม API / ASTM / SAE มาตรฐานด้านสมรรถนะของน้ำมันเกียร์รถยนต์ของ API เป็นต้น

เนื่องจากสารคุณภาพต่าง ๆ ที่เติมในน้ำมันหล่อลื่นนั้น เป็นสารเคมีซึ่งปกติแล้วถ้าไม่เป็นกรดอ่อนก็เป็นด่างอ่อน ที่เป็นกลางก็มีอยู่บ้าง ความซับซ้อนในการออกสูตรน้ำมันหล่อลื่นอยู่ตรงที่การเลือกสรรสารเพิ่มคุณภาพชนิดต่าง ๆ ที่จะต้องมาอยู่ด้วยกันแล้วไม่เกิดปฏิกริยาเคมีต่อกันและบางครั้งก็ช่วยเสริมคุณสมบัติซึ่งกันและกัน ดังนั้นโดยปกติแล้วการนำน้ำมันต่างชนิดกันมาผสมปะปนกันจึงเป็นสิ่งที่ไม่ควรกระทำ เพราะมีความเสี่ยงที่สารเคมีเพิ่มคุณภาพในน้ำมันทั้งสองชนิดนั้นเกิดทำปฏิกริยาต่อกันตกตะกอนและเสื่อมคุณสมบัติไปได้ นอกจากจะได้มีการทดสอบอย่างแน่ชัดแล้วว่าน้ำมันทั้งสองชนิดสามารถปะปนกันได้

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงสารเพิ่มคุณภาพ

ประเภทของสารเพิ่มคุณภาพ	ชนิดของสารเคมีที่สามารถเพิ่มคุณสมบัติต่าง ๆ	เหตุผลที่ใช้
<u>สารเพิ่มคุณภาพเชิงเคมี</u> สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Anti – Oxidants)	- Zine Dialky Dithiophosphate - Bis – Phenols - Aromatic Amines	ใช้กับน้ำมันหล่อลื่นในงานที่มีอุณหภูมิสูงและน้ำมันสัมผัสกับอากาศหมุนเวียน ใช้ลดการเกิดวานิชและตะกอนจากน้ำมันยืดอายุการใช้งานของน้ำมัน
สารป้องกันการกัดกร่อน (Corrosion Inhibitors)	- High Base Additives. Sulfonates ,Phosphates - Zine Dialkyl Dithiophosphates - Phosphosulfurized Terpenes	ใช้เพื่อป้องกันการกัดกร่อนของสารเคมี เช่น กรดที่จะกระทำต่อผิวชิ้นส่วนเครื่องกล เช่น ในเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) ตารางแสดงสารเพิ่มคุณภาพ

ประเภทของสารเพิ่มคุณภาพ	ชนิดของสารเคมีที่สามารถเพิ่มคุณสมบัติต่าง ๆ	เหตุผลที่ใช้
สารป้องกันสนิม (Anti – Rust Additives)	- Polar Compounds such as Metallicsoaps,Esters,Ethers - Organic Acid - Amines	ใช้เพื่อป้องกันสนิมในงานที่อาจมีความชื้นหรือน้ำเข้ามาสัมผัสผิวโลหะ
สารป้องกันการสึกหรอ (Anti – Wear Additives)	- Zinc Dialky Dithiophosphate - Tricresyl Phosphate	ป้องกันการสึกหรอของผิวชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่รับภาระน้ำหนักสูงซึ่งมักจะเกิด Boundary Lubrication ขึ้นบ่อย ๆ
สารรับแรงกดสูง (Extreme Pressure Additives)	- Organic Compounds of Sulfur, Phosphorus or Chlorine Lead Naphthenate, Lead Soap	ใช้เพิ่มความแข็งแรงของฟิล์มน้ำมันและเพิ่มความสามารพในการรับภาระน้ำหนัก ป้องกันการสึกหรอและหลอมติดในภาวะน้ำหนักสูง
สารชะล้างและกระจายสิ่งสกปรก (Detergentsand Dispersants)	- Metallic Sulfonates,Phenates and phosphates - Amines, phenol - Alkyl substituted salieylates - Succinimides	ใช้ชะล้างสิ่งสกปรกออกจากผิวชิ้นส่วนเครื่องจักร และกระจายมิให้รวมตัวเป็นโคลน ตะกอนจำเป็นสำหรับน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์
สารที่เป็นด่าง (Alkaline Agents)	- Overbased metailic sulfonates,phenates and phosphates	ใช้ทำลายกรดที่เกิดจากการเผาไหม้กำมะถันในเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สันดาปภายใน
สารลดปฏิกิริยาเร่งของผิวโลหะ (Metal Deactivators)	- Zinc Dialky Dithiophosphate - Metal Phenates OrganicNitrogenCompound	ใช้ลดและป้องกันผลจากปฏิกิริยาเร่งของผิวโลหะต่างๆเช่น ทองแดง ตะกั่ว เหล็ก โครเมี่ยม ในเครื่องจักรกลที่กระตุ้นให้น้ำมัน ทำปฏิกิริยากับอ๊อกซิเจนทำให้น้ำมันเสื่อมสภาพช้าลง
สารเปลี่ยนแปลงความฝืด (Friction Modifires)	- Molybdenum Disulfide - Amides , Amines - Faty Acid esters	ใช้เปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ความฝืดของผิวชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่สัมผัสกับน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) ตารางแสดงสารเพิ่มคุณภาพ

ประเภทของสารเพิ่มคุณภาพ	ชนิดของสารเคมีที่สามารถเพิ่มคุณสมบัติต่าง ๆ	เหตุผลที่ใช้
<u>สารเพิ่มคุณภาพเชิงกายภาพ</u> สารเพิ่มดัชนีความข้นใส (Viscosity – Index Improver)	- Polyisobutylene - Methacrylate - Acrylatecopolymers	ใช้ลดอัตราการเปลี่ยนแปลงความข้นใสตามอุณหภูมิของน้ำมันใช้ในน้ำมันมัลติเกรด
สารลดจุดไหลเท (Pour Point Depressants)	- Methacrylate polymer - Wax alkylated phenol its polymers	ใช้ลดจุดไหลแข็งตัวของน้ำมันซึ่งเกิดขึ้นเพราะไขในน้ำมันแยกตัวเป็นผลึกโดยป้องกันมิให้ผลึกไขเกาะตัวกันเป็นกลุ่มทำให้น้ำมันสามารถไหลได้ในอุณหภูมิต่ำ
สารป้องกันฟอง (Anti - foamants)	- Solicone polymer - Organic polymer	ใช้ป้องกันการเกิดฟองถาวรเมื่อน้ำมันถูกหมุนเวียน ใช้ในระบบ เช่น ในอ่างน้ำมันเครื่องเกียร์ไฮรดรอลิค
สารเพิ่มความลื่นและความแข็งแรงของฟิล์มน้ำมัน (Oiliness & film strength)	- Lard oil - Oleic acid - Tallow , Sperm oil - Blown rapeseed oil synthetic esters of fatty acid	ใช้เพิ่มความลื่นและเพิ่มความแข็งแรงของฟิล์มน้ำมัน และทำให้น้ำมันเข้ากับน้ำได้บ้าง
สารช่วยให้น้ำมันเข้ากับน้ำ (Emulsifiers)	- Surfactant - Soap of fats and fatty acid - Sodium sulfonates polar compounds	ใช้ลดแรงดึงผิวระหว่างน้ำกับน้ำมันทำให้น้ำมันสามารถแขวนตัวเป็นเม็ดละเอียดในน้ำใช้ใส่ในน้ำมันสบู่
สารหล่อลื่นที่เป็นของแข็ง (Solid lubricants)	- Graphite - Molybdenum disulfide	ใช้เพิ่มคุณสมบัติในการหล่อลื่นในสภาวะอุณหภูมิสูงมาก และภาระน้ำหนักกระแทกกระทั้น
สารหล่อลื่นที่เป็นของแข็ง (Solid lubricants)	- Graphite - Molybdenum disulfide	ใช้เพิ่มคุณสมบัติในการหล่อลื่นในสภาวะอุณหภูมิสูงมาก และภาระน้ำหนักกระแทกกระทั้น
สี (Dyes)	- Alkylated aniline dyes - Azo dyes - Anthraquinone dyes	ใช้เติมเพื่อให้น้ำมันหล่อลื่นและจารบีมีสีตามต้องการเพื่อสังเกตแยกชนิดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
น้ำมันพืช

3. 1 การผลิตน้ำมันพืชภายในประเทศ

ในระยะเวลาที่ผ่านมาผลผลิตน้ำมันพืชในประเทศไทยมักไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการผลิตไม่ค่อยมีประสิทธิภาพ ทำให้ผลผลิตที่ได้มีน้อย ต่อมาได้มีการนำเอาเครื่องจักรมาช่วยในการผลิตทำให้สามารถผลิตน้ำมันพืชได้มากขึ้น สำหรับผลผลิตที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดได้แก่ น้ำมันปาล์ม รองลงมาได้แก่ น้ำมันละหุ่ง น้ำมันมะพร้าว ใยถั่วเหลือง น้ำมันรำข้าว และน้ำมันถั่วเหลือง ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 แสดงผลผลิตของน้ำมันพืช (หน่วย:เมตริกตัน)

ชนิดของน้ำมันพืช	ผลผลิต *		
	2522	2523	2524
น้ำมันมะพร้าว	14,965	19,000	14,000
น้ำมันถั่วลิสง	3,028	14,000	12,000
น้ำมันรำข้าว	10,288	16,500	14,000
น้ำมันถั่วเหลือง	6,104	13,200	11,000
น้ำมันเมล็ดนุ่น	1,979	6,200	5,000
น้ำมันเมล็ดฝ้าย	5,455	3,000	2,500
น้ำมันปาล์ม	12,000	16,000	20,000
น้ำมันละหุ่ง	2,704	13,000	17,000
อื่น ๆ	4,000	5,500	5,000
รวม / เฉลี่ย	60,523	106,400	100,000

*ที่มา : ฝ่ายวิชาการ ธนาคารแห่งประเทศไทย

3. 2 องค์ประกอบของน้ำมันพืช

น้ำมันพืชเป็นสารอินทรีย์จำพวกหนึ่ง ซึ่งส่วนประกอบของกลีเซอรอล (Glycerol) กับกรดไขมัน (faty acid) ดังนี้

$$\begin{array}{lll} H_2C-OH & OH-OCR' & H_2C-OOCH \\ HC-OH + & OH-OCR'' \longrightarrow & H_2C-OOCH + 3\,H_2O \\ H_2C-OH & OH-OCR''' & H_2C-OOCH \end{array}$$

กลีเซอรอล กรดไขมัน ไตรกลีเซอไรด์

เมื่อ R ' ,R '',R ''' = โซ่ของกรดไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. 3 ประเภทของกรดไขมัน

กรดไขมันเป็นสาร ซึ่งประกอบด้วยหมู่ คาร์บอกซิล (carboxyl group) ต่ออยู่กับโซ่ไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon chain) ในโมเลกุลของกรดไขมันอาจมีการจับกันระหว่างธาตุของคาร์บอนทั้ง 1 บอนด์ และ 2 บอนด์ โดยพวกที่มี 1 บอนด์ จะเป็นกรดไขมันอิ่มตัว (Saturated) พวกที่มี 2 บอนด์ จะเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated)

1) กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acids)

กรดไขมันอิ่มตัวเป็นกรดไขมันที่ไม่มีพันธะคู่ (double bond) อยู่ในโครงสร้าง ซึ่งคาร์บอนแต่ละตัวบนสายโซ่จะต่ออยู่กับไฮโดรเจน อย่างน้อย 2 ตัว หากในน้ำมันพืชมีกรดไขมันอิ่มตัวอยู่มากจะทำให้น้ำมันพืชนั้นเป็นไขมัน ตัวอย่างของกรดไขมันอิ่มตัวนี้ได้แก่ กรดสเตียริก (Stearic acid) กรดปาล์มมิติก (Palmitic acid) กรดลอริก (Lauric) และ กรดไมรีสติก (Myristic) เป็นต้น โครงสร้างของกรดไขมันเหล่านี้ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.2

2) กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acids)

กรดไขมันไม่อิ่มตัว ที่โซ่ไฮโดรคาร์บอนจะประกอบด้วยพันธะคู่ตั้งแต่ 1 คู่พันธะขึ้นไป ซึ่งตำแหน่งของพันธะคู่ของกรดไขมันแต่ละชนิดก็จะแตกต่างกันออกไป โดยถ้ามีพันธะเดียวคั่นอยู่ระหว่างพันธะคู่จะเรียกพันธะแบบนี้ว่า พันธะเดี่ยวสลับคู่ (Conjugate double bond) ดังแสดงเป็นตัวอย่างดังนี้

$-CH=CH-CH=CH-CH=$ พันธะ

$-CH=CH-CH_2-CH=CH-$ พันธะคู่แบบห่าง (Isolate double bond)

ตารางที่ 3.2 แสดงโครงสร้างของกรดไขมันชนิดต่างๆ

ชื่อของกรดไขมัน	จำนวนคาร์บอน	สูตรโครงสร้าง
กรดลอริก (Lauric)	C 12	$CH_3-(CH_2)_{10}-COOH$
กรดไมรีสติก (Myristic)	C 14	$CH_3-(CH_2)_{12}-COOH$
กรดปาล์มมิติก (Palmitic)	C 16	$CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$
กรดสเตียริก (Stearic)	C 18	$CH_3-(CH_2)_{16}-COOH$
กรดโอลีอิก (Oleic)	C 18:1	$CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$
กรดลิโนลีอิก (Linoleic)	C 18:2	$CH_3-(CH_2)_4-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$
กรดลิโนลีนิก (Linolenic)	C 18:3	$CH_3-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 ชนิดของกรดไขมันในน้ำมันพืช

No.fo Carbon Atoms	Name of acid	Coconut oil	Palm kernel oil	Palm oil	Cotton-seed oil	Rape-seed oil	Tallow (beef)	Tallow (mutton)	Lard	Soybean oil
Saturated Acids										
12	Lauric	44-51	47-52	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
14	Myristic	13-19	14-18	0.5-3	1	1	3-6	4-10	1-2	1
16	Palmitic	8-11	7-9	32-45	26-31	1-5	25-37	24-38	22-31	10
18	Stearic	1-3	1-3	4-7	3-5	1-3	14-29	15-30	16-24	2
Total (Typical)		92	81	40-50	28-35	3-8	50-55	52-57	35-40	13
Unsaturated Acids										
Monounsaturated										
18	Oleic	5-8	11-19	38-53	19-26	14-38	26-50	38-48	38-44	29
Diununsaturated										
18	Linoleic	1.0-2.5	0.5-2	6-12	37-50	10-22	1-3	. . .	4-9	51
22	Erucic	. . .	. . .	. . .	. . .	40-64	. . .	. . .	. . .	. . .
Triunsaturated										
18	Linolenic	. . .	. . .	. . .	. . .	8-12	. . .	. . .	1-2	7
Total (Typical)		8	19	50-60	60-70	92-97	44-52	40-50	60-65	87

3. 4 กลไกของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของน้ำมันพืช (Oxidation Mechanisms)

น้ำมันพืชเป็นสารประกอบอินทรี (Organic compound) สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิไดเซชั่นได้ง่ายกว่า ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาอาจเป็นปฏิกิริยาแบบลูกโซ่ (Chain reaction) ซึ่งจะประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นเริ่มต้น (initiatin) เป็นขั้นตอนที่มีการเกิดอนุมูลอิสระ หรือที่เรียกว่า radical chain reaction

$$RH + O_2 \longrightarrow R^*$$

เมื่อ RH คือ กรดไขมัน

R* คือ alkyl radical

RO_2 * คือ alkylperoxy radical

2) ขั้นแพร่กระจาย (Propabation) เป็นขั้นตอนที่อนุมูลอิสระ หรือ free radical จับกับโมเลกุลของออกซิเจนเกิดเป็น เปอร์ออกซิอิสระ (peroxy radical) ซึ่งจำทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของกรดไขมัน (RH) เพื่อเกิดเป็น เปอร์ออกไซด์ และอนุมูลอิสระตัวใหม่ (R*) ซึ่งสามารถจับโมเลกุลของออกซิเจน (O2) ในอากาศได้อีกด้วย ปฏิกิริยาจะดำเนินต่อไปเรื่อย ๆ จนกว่า ออกซิเจน หรือ RH จนหมดไป ส่วนสารเปอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ออกไซด์ที่ได้จะเป็นสารที่ไม่เสถียรซึ่งจะสลายตัวได้ง่าย สารเปอร์ออกไซด์เหล่านี้จะเป็นตัวทำให้เกิดตะกอน (sludge) หรือ ยางเหนียว (gum) ในน้ำมันพืช

$$R^* + O_2 \longrightarrow RO_2^*$$

$$RO_2^* + RH \longrightarrow ROOH\ (peroxy) + R^*$$

$$ROOH \longrightarrow RO^* + OH^*$$

$$2ROOH \longrightarrow RO_2^* + H_2O$$

$$RO^* + RH \longrightarrow ROH + R^*$$

3) ขั้นสิ้นสุด (Terminal) ของปฏิกิริยา เป็นขั้นที่อนุมูลอิสระหรือ free radical เข้าทำปฏิกิริยากันเอง ได้สารที่ไม่ไวต่อการทำปฏิกิริยา (nonradical products) ซึ่งเกิดจาก

ก. อนุมูลอิสระของ Peroxy radicals (RO2*) เข้าทำปฏิกิริยากันเองดังนี้

$$2RO_2^* \longrightarrow RO_4R$$

ข. เกิดการ cross terminal ของ alkyl radical (R*) กับ peroxy radicals (RO2*) ดังนี้

$$R^* + RO_2^* \longrightarrow RO_2R$$

ค. เกิดการทำปฏิกิริยากันเอง ของ alkyl radical (R*) ด้วยกันเองดังนี้

$$2R^* \longrightarrow R-R$$

3.5 สารต้านทานการเกิดออกซิเดชั่นในน้ำมันพืช

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า น้ำมันพืชเป็นสารประกอบอินทรี จึงสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดไดเซชั่นได้ง่าย โดยเฉพาะถ้าในน้ำมันพืชมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่ในโมเลกุลมาก จะเกิดปฏิกิริยาออกซิไดเซชั่นได้ง่าย ดังนั้นจึงได้มีการพยายามหาสารที่จะมาช่วยยับยั้งหรือ หน่วงให้การเกิดปฏิกิริยาออกซิไดเซชั่นเกิดได้ช้าลง หรือไม่เกิดขึ้นเลย

โดยปรกติในน้ำมันพืชจะมีสารต้านทานการเกิดออกซิไดเซชั่นอยู่ในโมเลกุลของน้ำมันพืชด้วย เช่น สารโทโคฟีรอล (Tcopherol) และอื่น ๆ เป็นต้น ซึ่งในน้ำมันพืชแต่ละชนิดก็จะมีปริมาณของสารมากน้อยไม่เท่ากัน ดังแสดงในตารางที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

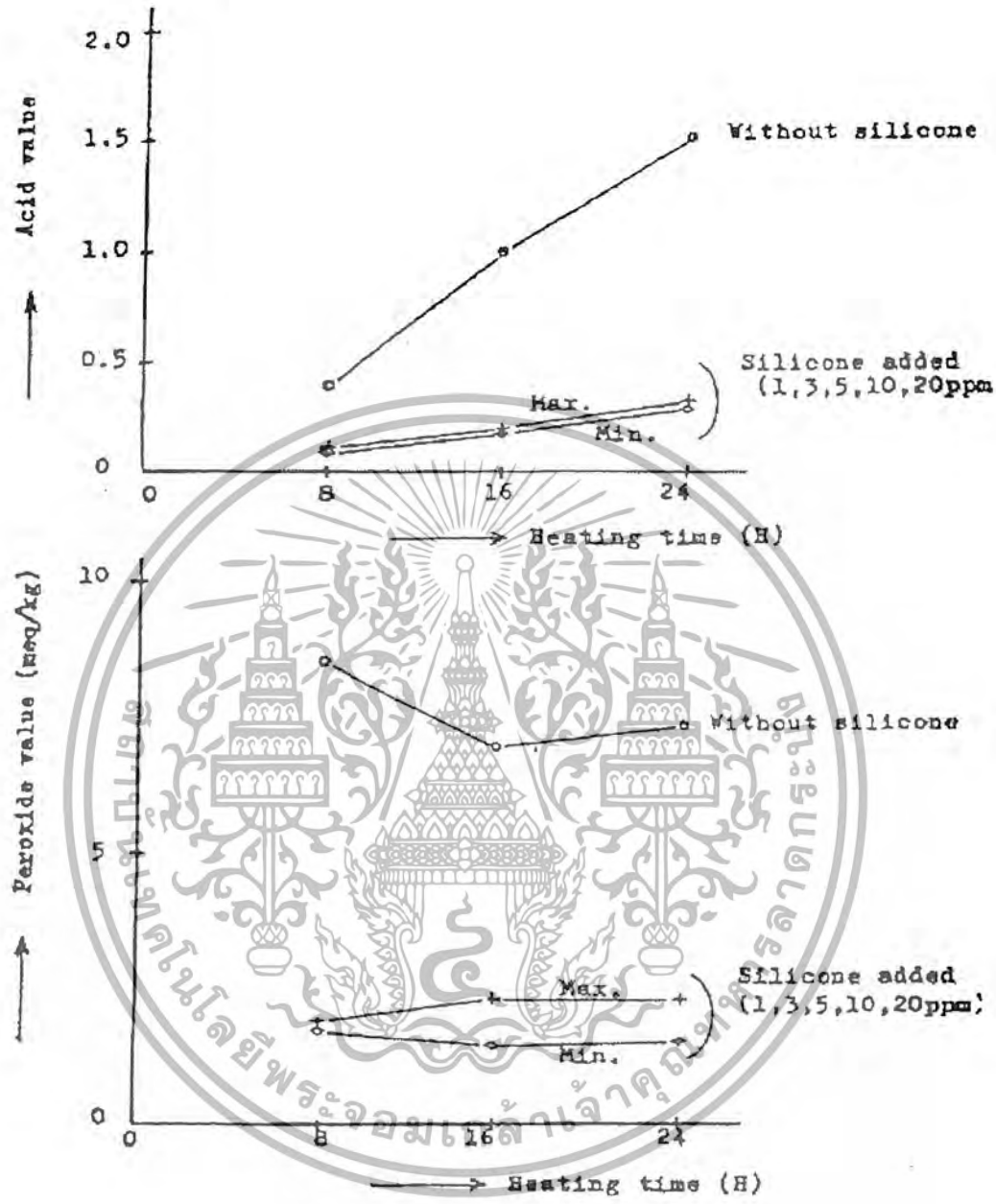
50168

ตารางที่ 3.4 แสดงปริมาณของสารโทโคฟีรอลในน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ

	Tocpherols (mg / kg)						
	α - T	β - T	γ - T	δ -T	Total	α - T_3	γ - T_3
Anchovy					60		
Capelin					45		
Cocoa butter	11		170	17		2	
Coconut				4		20	
Corn	134	18	412	39			
Cottonseed	573	40	317	10			
Ground nut	169	5	144	13			
Lard	7					2	
Menhaden					30		
Olive	93		7				
Palm	279		61			274	398
Rape	70	16	178	7			
Safflower	477		44	10			
Sesame	12	6	244	32			
Soyabean	116	34	737	275			
Sunflower	608	17	11				

สารต้านทานการเกิดออกซิเดชั่นที่มีอยู่ในน้ำมันพืชนั้นอาจถูกทำลายหรือสูญเสียไปในระหว่างขั้นตอนกระบวนการผลิต ดังนั้นจึงได้มีการเติมสารต้านทานการเกิดออกซิเดชั่นเพิ่มเข้าไปในน้ำมันพืชด้วยสารที่เติมเข้าไปจะไปยับยั้ง หรือเข้าไปหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) ซึ่งอาจเป็น ตอนเริ่มต้น(initiation) หรือในขั้นตอนการแพร่กระจาย (Propagation) ก็ได้ ขึ้นอยู่กับประเภทและชนิดของสารต้านทานการเกิดออกซิเดชั่นนั้น สารต้านทานการเกิดออกซิเดชั่นกับอากาศมีอยู่ก้วยกันกลายชนิดซึ่งแต่ละชนิดก็มีโครงสร้างที่แตกต่างกันออกไป ในรูปที่ 3.1 เป็นการแสดงผลของการใช้น้ำมันซิลิโคน (silicone)เป็นสารต้านทานการเกิดออกซิเดชั่นใส่ลงในน้ำมันปาล์ม(5) จากรูปจะเห็นว่าค่าของกรด และค่าเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะมีค่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันพืชที่ไม่ได้ใส่น้ำมันซิลิโคน และจากการวิจัยของ Freeman(10) พบว่าการผสมน้ำมันซิลิโคนลงไปในน้ำมันพืชยังสามารถป้องกันการเกิดฟองได้ด้วยซึ่งโดยปรกติจะใช้ในปริมาณน้อยโดยประมาณ 1-2 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงผลของการใส่สารต้านทานการเกิดออกซิเดชั่นในน้ำมันปาล์ม

3. 6 คุณสมบัติของน้ำมันพืช

1) จุดหลอมเหลว (Melting point)

คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันพืชที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งได้แก่จุดหลอมเหลว ซึ่งในตารางที่ 3.6 จะเห็นว่าน้ำมันปาล์มมีจุดหลอมเหลวสูง จึงทำให้น้ำมันปาล์มปรากฏเป็นไขมันเหลว ที่อุณหภูมิ 35 ส่วนน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันถั่วเหลือง จะมีจุดหลอมเหลวอยู่ที่ประมาณ 25 °และ -16°C ตามลำดับซึ่งต่ำกว่าน้ำมันปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 แสดงจุดหลอมเหลว ของน้ำมันพืช

ชนิดของน้ำมันพืช	จุดหลอมเหลว, °C
น้ำมันปาล์ม	35°C
น้ำมันมะพร้าว	25°C
น้ำมันถั่วเหลือง	16°C

2) ค่าความหนืด (Viscosity)

ค่าความหนืดเป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงความสามารถในการต้านทานการไหล หากน้ำมันพืชมีค่าความหนดต่ำก็จะไหลได้ง่ายและให้ชั้นฟิล์มน้ำมันที่บาง ส่วนในน้ำมันพืชที่มีค่าความหนืดสูง ก็จะให้ชั้นฟิล์มที่หนากว่า ค่าความหนืดของน้ำมันพืชในแต่ละชนิดก็จะมีค่าแตกต่างกันออกไปดังแสดงไว้ใน ตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.6 แสดงค่าความหนืดของน้ำมันพืช

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความหนืด , mPa,s		
	น้ำมันมะพร้าว	น้ำมันถั่วเหลือง	น้ำมันปาล์ม
25	51.7	52.3	73.3
40	31.7	33.4	42.3
60	18.5	20	23.7
80	11.1	12.9	12.9
100	9.5	9.09	9.09

3) การดูดซับของน้ำมันพืชกับโลหะ (Adsorption)

จากที่กล่าวมาข้างต้นแล้วว่าในน้ำมันพืชจะประกอบไปด้วยโมเลกุลของกรดไขมัน (fatty acid) ซึ่งจะประกอบไปด้วยหมู่ที่มีขั้ว (Polar group) ซึ่งก็คือส่วนของ – COOH และในหมู่ที่ไม่มีขั้ว (non polar group) คือ ส่วนของ – CH_3 ซึ่งการมีขั้วของกรดไขมันในน้ำมันพืชนี้จะมมีความสำคัญอย่างมากต่อกลไกการยึดเกาะของกรดไขมันกับผิวของโลหะ กลไกการยึดเกาะของกรดไขมันนี้เราเรียกว่า การดูดซับ (Absorption) ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

3.1) การดูดซับทางกายภาพ (Physical absorption หรือ Physisoption)

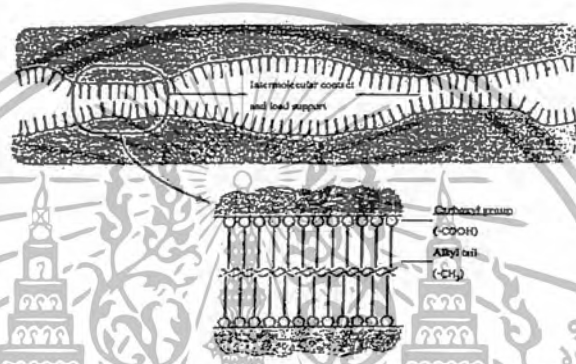
การดูดซับทางกายภาพของกรดไขมันบนผิวโลหะนี้ เกิดจากการที่หมู่ที่มีขั้ว (-COOH) หันขั้วเข้าหาผิวโลหะ อันเนื่องมาจากแรงดึงดูดทางฟิสิกส์ หรือที่เรียกกันว่าแรงวานเดอวาลล์ (van derwalls) ในขณะเดียวกันก็จะเอาส่วนที่ไม่มีขั้ว (- CH3) หันเข้าหาส่วนที่ไม่มีขั้วของโมเลกุลพวกเดียวกัน ทำให้เกิดการเรียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

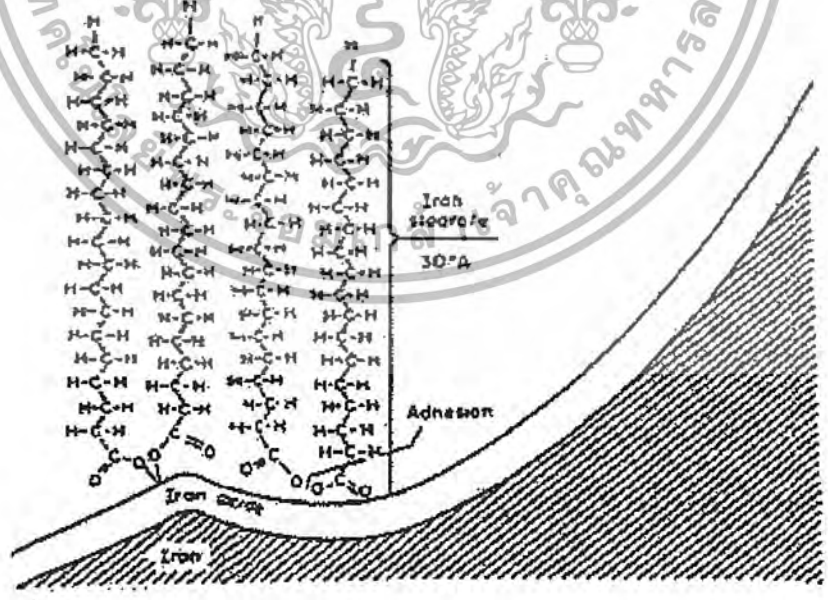
ตัวกันอย่างเป็นระเบียบของโมเลกุลของกรดไขมันตลอดพื้นผิวโลหะ ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ซึ่งความสามารถในการดูดซับทางกายภาพนี้จะขึ้นอยู่กับขั้ว (Polar) โมเลกุลของกรดไขมันชนิดนั้น ๆ ด้วย

3.2) การดูดซับทางเคมี (Chemical adsorption หรือ Chemisorption)

การดูดซับทางเคมีของกรดไขมันบนผิวโลหะนี้ เกิดจากการทำปฏิกิริยากันของกรดไขมันกับโลหะ ซึ่งจะได้สารประกอบของโลหะ หรือที่เรียกว่าออกไซด์ ยกตัวอย่างเช่น การเกิดปฏิกิริยากันของกรดสเตียริก (stearic acid) กับโลหะที่เป็นเหล็ก จะก่อให้เกิดสารประกอบของโลหะที่เรียกว่าเหล็กสเตียเรท (Iron stearate) และสบู่ของโลหะ หรือเหล็กออกไซด์ ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ซึ่งจะเห็นว่า การดูดซับทางเคมีนี้จะทำให้เกิดการสร้างชั้นของสบู่โลหะซึ่งจะก่อตัวเป็นชั้นบาง ๆ (surface layer) ล้อมรอบผิวโลหะนั้นไว้



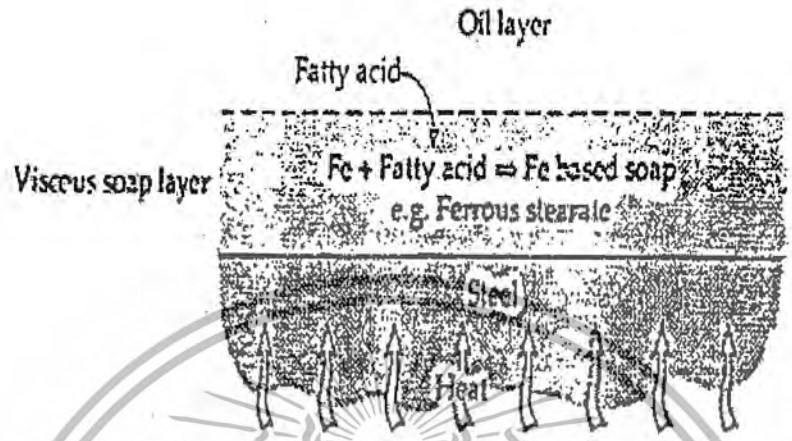
รูปที่ 3.2 การดูดซับทางกายภาพของกรดไขมันบนผิวโลหะ



รูปที่ 3.3 การดูดซับทางเคมีของกรดไขมันบนผิวโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดูดซับทางเคมีนี้อาจจะมีการสร้างชั้นสบู่ของกรดไขมันบนผิวโลหะขึ้น ซึ่งจากรูปที่ 3.4 ได้แสดงให้เห็นว่า การดูดซับทางเคมีนี้จะมีการสร้างชั้นสบู่ของกรดไขมันบนผิวโลหะ ซึ่งจะก่อตัวเป็นชั้นบาง ๆ ตลอดรอบพื้นผิวของโลหะ



รูปที่ 3.4 การสร้างชั้นของสบู่ของกรดไขมันบนผิวโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4
ทฤษฎีการขึ้นรูปโลหะ

4.1 กระบวนการขึ้นรูปโลหะ

การขึ้นรูปโลหะ คือ การนำเอาชิ้นงานแท่งโลหะหรือแผ่นโลหะมาทำการเปลี่ยนรูปโดยให้แรงกระทำแล้วทำให้เกิดความเค้นบนชิ้นงานในแนวแกนเดียวหรือหลายแนวแกนในช่วงการเปลี่ยนรูปอย่างถาวรของโลหะนั้น โดยที่ปริมาณไม่เปลี่ยนแปลง

การจำแนกประเภทของการขึ้นรูปโลหะตามความเค้นที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานแบ่งได้ 5 ประเภท คือ

1) Compressive forming ชิ้นงานได้รับแรงกระทำแล้วทำให้เกิดความเค้นอัดบนชิ้นงานในแนวแกนเดียวหรือหลายแนวแกนในช่วงการเปลี่ยนรูปร่างอย่างถาวรของโลหะ

2) Tensile forming ชิ้นงานได้รับแรงกระทำแล้วทำให้เกิดความเค้นบนชิ้นงาน

3) Combine tensile and compressive forming ชิ้นได้รับแรงกระทำแล้วทำให้เกิดทั้งความเค้นดึงและความเค้นอัด

4) Forming by bend ชิ้นงานได้รับแรงกระทำแล้วทำให้เกิดความเค้นดึงและความเค้นอัดเกิดขึ้นในพื้นที่เดียวกัน

5) Forming by shearing ชิ้นงานได้รับภาวะแรงเฉือนกระทำแล้วทำให้เกิดความเค้นเฉือนในแนวแกนเดียวหรือหลายแนวแกนภายในช่วงการเปลี่ยนรูปอย่างถาวรของโลหะ

4.2 Tribology Interaction

Tribology คือ ศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพื้นผิวที่มีการสัมผัสกัน โดยที่มีการเคลื่อนที่สัมพัทธ์กันโดยจะศึกษาเกี่ยวกับแรงเสียดทาน สารหล่อลื่น และ การสึกหรอซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อที่จะลดแรงในส่วนที่ไม่จำเป็นออกไป

แรงเสียดทาน จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเคลื่อนที่สัมพัทธ์กันระหว่างผิวหน้าแม่พิมพ์กับชิ้นงาน หรือ เกิดจากความเร็วของแม่พิมพ์และชิ้นงานไม่เท่ากัน หรือเกิดจากกระบวนการขึ้นรูปโลหะเอง เช่น simple upsetting หรือเกิดจากลักษณะทั้งสองข้างต้นพร้อมกัน

คำจำกัดความของแรงเสียดทาน Leonardo da vinci เป็นผู้ให้คำจำกัดความเป็นคนแรกซึ่งเขาได้กล่าวว่า Friction คือสิ่งที่ต้านการเคลื่อนที่ต่อมา Amonton ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับแรงเสียดทานและได้ตั้งกฎขึ้นมา 2 ข้อ มีใจความดังนี้

1) แรงเสียดทานจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับแรงในแนวตั้งฉาก

2) แรงเสียดทานจะไม่ขึ้นกับพื้นที่ผิวสัมผัส

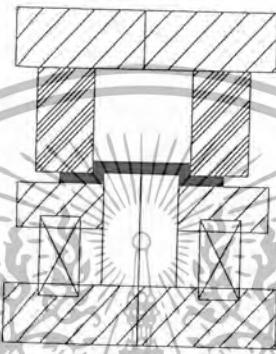
แต่ในปัจจุบันพบว่ากฎข้อที่ 1 จะไม่เป็นจริงในกรณีที่ใช้แรงในแนวตั้งฉากสูงๆ เพราะถ้าให้แรงกดมากๆ ชิ้นงานจะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปซึ่งต้องใช้พลังงานส่วนหนึ่ง ส่วนกฎข้อที่ 2 จะใช้ไม่ได้กับวัสดุที่ยืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หยุ่นได้ แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีผู้ใดสามารถตั้งกฎที่ดีกว่า Amonton กฎเหล่านี้จึงยังเป็นที่ยอมรับและใช้กันอยู่ ขบวนการขึ้นรูปโลหะ ก็ยังยอมรับการใช้กฎของ Amonton และ Tresca's model

4.3 การลากขึ้นรูป (Drawing)

4.3.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับลากขึ้นรูป



รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะการลากขึ้นรูปโลหะ

1) ตัวแปรที่เกี่ยวกับการงอและการทำให้ตรง (**Bending and Straightening Variables**)

ตัวแปรหลักที่ทำให้แรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปเพิ่มขึ้นหรือลดลงเนื่องจากการงอและการทำให้ตรงคือ

1.1) รัศมีของพั้นช์ ซึ่งได้ถูกสร้างขึ้นบนแท่งพันช์ขนาดของรัศมีที่ใช้จะถูกคำนวณโดยวิศวกรทางด้านการผลิตหรือวิศวกรออกแบบดาย์ รัศมีของพั้นช์ที่ใช้ในการลากขึ้นรูปใหม่ครั้งสุดท้าย (last redraw) จะเป็นตัวกำหนดรัศมีของถ้วยที่ต้องการทำขึ้นมา ในขณะที่ทำการลากขึ้นรูปจะต้องมีการแต่งส่วนโค้งที่รัศมีของดาย์บ่อยๆ รัศมีที่เล็กกว่าจะต้องใช้แรงในการงอสูงกว่า

1.2) รัศมีของดาย ซึ่งได้ถูกสร้างขึ้นมาบนแท่งดายมีลักษณะคล้ายกับรัศมีของพั้นช์ รัศมีของดายจะเป็นตัวกำหนดตำแหน่งการงอครั้งแรกของชิ้นงาน ถ้าใช้รัศมีของดาย์เล็กไปอาจจะต้องใช้แรงในการงอสูงขึ้นเกือบเท่ากับแรงที่ทำให้ตรง

1.3) องศาของการขึ้นรูป ตามปรกติแล้วชิ้นงานจะถูกอัดขึ้นรูปเป็นมุม 90 องศา แต่อาจจะทำให้เล็กลงหรือเพิ่มขึ้นได้โดยทำมุมที่ผิวหน้าของดาย์กับแนวระดับซึ่งตามปรกติแล้ววิธีการแบบนี้ไม่นิยมใช้ในการลากขึ้นรูปถ้วย มุมของการงอซึ่งได้ทำที่รัศมีของดายน้อยกว่า 90 องศา จะทำให้แรงที่ใช้น้อยลง ที่มุมนี้แผ่นชิ้นงานได้ถูกกดให้เป็นรูปร่างคล้ายจานโดยแผ่นยึดชิ้นงานก่อนที่แท่งพันช์จะลงมาสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ตัวแปรที่เกี่ยวกับความเสียดทาน (Friction variable)

มีตัวแปรหลายๆ อย่างที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแรงเสียดทานทั้งในรูปแบบของความเสียดทานนิ่งและความเสียดทานเคลื่อน ตัวแปรเหล่านี้จะทำให้แรงที่ใช้ปกติหรือสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานเปลี่ยนไป ซึ่งได้แก่

2.1) สารหล่อลื่น ซึ่งได้ถูกนำไปใช้ที่แผ่นชิ้นงานหรือผิวหน้าของดาย์ก่อนที่จะลากขึ้นรูป สารหล่อลื่นที่มีคุณสมบัติลื่นตัวได้ดีจะช่วยลดความเสียดทาน สารหล่อลื่นที่มีคุณสมบัติด้านทานต่อความดันสูงได้ดีจะเป็นการเพิ่มความเสียดทานการเลือกใช้สารหล่อลื่นเป็นหน้าที่ของวิศวกรหรือหัวหน้าช่างด้านการผลิต

2.2) แรงของแผ่นยึดชิ้นงาน ซึ่งเป็นแรงที่ใช้ปรกติแต่จะเป็นสาเหตุให้ความเสียดทานเพิ่มขึ้น ตามปรกติแล้วตัวแปรนี้จะถูกควบคุมโดยผู้ตั้งดาย์หรือหัวหน้าช่างด้านการผลิตแต่จะระบุขนาดที่ใช้โดยผู้ออกแบบดาย์

2.3) ความเรียบของผิวหน้าโลหะแผ่นที่นำมาใช้ขึ้นรูปทั้งสองด้าน ซึ่งจะระบุขนาดโดยผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ ถ้ากำหนดค่าความหยาบของผิวหน้าไว้เป็นค่าสูงจะทำให้เกิดแรงเสียดทานมากขึ้น คุณสมบัติของผิวหน้าที่ทำขึ้นโดยขบวนการรีดขึ้นรูปเรียกว่าเทมเปอร์ (temper) หรือสกินพาส (Skin pass)

2.4) ความเรียบของผิวหน้าของพั้นช์, ดาย และแผ่นยึดชิ้นงานซึ่งได้ถูกทำขึ้นมาระหว่างการสร้างแม่พิมพ์ ตามปรกติแล้วจะไม่ระบุขนาดเอาไว้ในการออกแบบดาย หลังจากที่การผลิตได้เริ่มต้นแล้วตัวแปรนี้จะถูกควบคุมโดยแผนกบำรุงรักษาดาย์

3) ตัวแปรที่เกี่ยวกับการอัด (Compression Variables)

ตัวแปรนี้มีผลกระทบกระเทือนถึงแรงที่ใช้ในการบีบหรืออัดและเป็นการยากที่จะเข้าใจ การอัดที่ถูกต้องนั้นใช้เพื่อลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโลหะแผ่นโดยทำให้โลหะไหลตัวไปบนรัศมีของดาย์ ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการอัดคือ

1) เปอร์เซ็นต์การลดตัว (Percent of Reduction) ของเส้นผ่านศูนย์กลางหรือเส้นรอบรูป ซึ่งคำนวณได้จากการเปรียบเทียบขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นชิ้นงานและเส้นผ่านศูนย์กลางของพันช์ ขนาดของเปอร์เซ็นต์นี้ได้ถูกกำหนดขึ้นมาเพื่อใช้ประมาณค่าปริมาณของการอัดที่จะต้องถูกกระทำ ตัวแปรนี้จะอยู่ในความรับผิดชอบของวิศวกรขบวนการผลิตหรือผู้ออกแบบดาย

2) ความลึกของการลากขึ้นรูปหรือความสูงของดาย ซึ่งจะชี้ให้เห็นถึงความแปรเปลี่ยนของการอัดที่ต้องการ ถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางของถ้วยภายหลังจากการลากขึ้นรูปแล้วไม่ถูกทำให้เปลี่ยนแปลงขนาดอีกจะเห็นว่า ถ้วยที่มีความลึกกว่าต้องการแผ่นชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่กว่า ดังนั้นการบีบตัวที่ต้องใช้จึงสูงกว่าในการลากขึ้นรูปครั้งแรก (first draw) และการลากขึ้นรูปใหม่ (redraw) ครั้งต่อไป ตัวแปรนี้จะเป็นหน้าที่ความรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิดชอบของผู้ออกแบบดาย แต่ถ้าเป็นการลากขึ้นรูปใหม่ครั้งสุดท้ายแล้วจะเป็นหน้าที่ของผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์

3) ความเหนียวของโลหะแผ่นหรือความสามารถในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างโดยปราศจากการแตก แม้ว่าความเหนียวคือการวัดคุณสมบัติภายใต้แรงดึงแต่มันก็จะชี้ให้เห็นถึงความสามารถในการอัดและการถูกตีขึ้นรูปด้วย ความเหนียวได้ถูกวัดโดยการทดสอบทางดึง (Tensile test) ในรูปเปอร์เซ็นต์รวมของการยืดหยุ่นตัว, การยืดหยุ่นตัวในรูปแบบเดียวกัน, และอัตราส่วนของการดึงต่อความแข็งแรงล้าตัว เนื่องจากความเหนียวเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของวัสดุ ดังนั้นผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์จะต้องระบุถึงรายละเอียดของวัสดุที่ใช้

4) ความแข็งแรงล้าตัว ซึ่งเป็นจุดที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงอย่างถาวรของโลหะได้บังเกิดขึ้น ความแข็งแรงล้าตัวต่ำเป็นสิ่งที่ต้องการของขบวนการลากขึ้นรูป เพราะจะทำให้การลากขึ้นรูปเริ่มต้นขึ้นได้โดยไม่เกิดการฉีกขาดอย่างรุนแรงของโลหะที่บริเวณใกล้กับรัศมีของดาย์ ตัวแปรนี้สามารถควบคุมได้โดยการตั้งมาตรฐานเฉพาะของวัสดุขึ้นมา ความแข็งแรงสามารถที่จะทำให้ลดลงได้โดยการอบคืนตัว (anneal) แผ่นชิ้นงาน

5) ความหนาของแผ่นชิ้นงานที่มีความสัมพันธ์กับเส้นผ่านศูนย์กลางของมันโดยจะส่งผลไปถึงแรงที่ใช้อัด อัตราส่วนของความหนาต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นชิ้นงานที่ใช้จะถูกควบคุมโดยผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ แผ่นชิ้นงานที่หนากว่าเกือบจะไม่ทำให้เกิดการย่นตัวทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้แผ่นยึดชิ้นงานจะเป็นกานช่วยลดความเสียดทานที่เกิดจากแผ่นชิ้นงานได้

6) อุณหภูมิของแผ่นชิ้นงานระหว่างการลากขึ้นรูป อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้โลหะอ่อนตัวลงเป็นการลดแรงที่ใช้ในการบีบหรืออัด แต่จะไปทำให้ความแข็งแรงทางดึงของแผ่นโลหะลดลงอาจจะเป็นผลทำให้เกิดการฉีกขาดได้ง่าย การแก้ปัญหาอันนี้ก็คือ ให้ความร้อนเฉพาะบริเวณพื้นที่ของแผ่นชิ้นงานที่ถูกอัดเท่านั้น

การวิเคราะห์ตัวแปรที่เกี่ยวกับการงอ

ตัวแปรอันดับแรกที่จะถูกประเมินสำหรับการงอก็คือ รัศมีของพันช์และดาย์ขณะที่รัศมีของพันช์เปลี่ยนไปแรงที่พันช์ใช้จะถูกบันทึกเอาไว้ ซึ่งน่าแปลกใจผลที่เกิดขึ้นไม่มีอะไรเปลี่ยนแปลงเลยสาเหตุที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่า รัศมีของพันช์นั้นจะมีผลต่อแรงที่ใช้ในการงอก้นถ้วยในขั้นสุดท้ายเล็กน้อยเท่านั้น

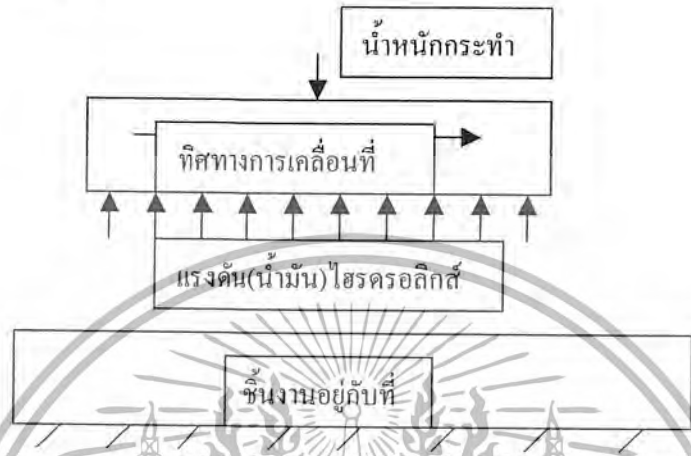
4.4 ผลของความร้อนต่อความหนืดของน้ำมันหล่อลื่น

น้ำมันจะใสลงเมื่ออุณหภูมิสูงและข้นขึ้นเมื่ออุณหภูมิต่ำ ค่าความหนืดค่าใดค่าหนึ่งที่บอกไว้จะต้องมีค่าของอุณหภูมิกำกับไว้ด้วยเสมอ อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปเรียกว่า "ดัชนีความหนืด" ของน้ำมัน

น้ำมันชนิดที่หนึ่งมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดน้อยกว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดของน้ำมันชนิดที่สองเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปเท่ากันเรียกว่า น้ำมันชนิดที่หนึ่งมีดัชนีความหนืดสูงกว่าของน้ำมันชนิดที่สอง น้ำมันที่มีดัชนีความหนืดสูงถือว่าเป็นน้ำมันหล่อลื่นที่ดีการลดความฝืดด้วยการหล่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลื่นซึ่งแบ่งออกเป็นหลักใหญ่ๆ ได้ 2 ลักษณะ ถ้าหากแรงกดระหว่างผิวหล่อลื่นไม่มากนักการหล่อลื่นที่เกิดขึ้นจะเป็นแบบ "ไฮโดรไดนามิค" คือการหล่อลื่นแบบสมบูรณ์ แต่ถ้าแรงกดระหว่างผิวหล่อลื่นสูงมากๆ การหล่อลื่นนั้นจะเป็นแบบไม่สมบูรณ์



รูปที่ 4.2 แสดงน้ำหนักที่เคลื่อนที่ถูกรองรับอยู่ด้วยฟิล์มน้ำมันหล่อลื่น

1) ผลอันเนื่องมาจากความหนืด

ความหนืดของน้ำมันจะช่วยมิให้น้ำมันที่เป็นชั้นหล่อลื่นอยู่ระหว่างผิวถูกรีดออก ความหนืดเป็นคุณสมบัติต้านทานการไหลอยู่แล้วน้ำมันจึงพยายามจะอยู่กับที่ ความหนาของชั้นหล่อลื่นจะขึ้นอยู่กับความหนืดของน้ำมัน

2) ความฝืดภายในของเหลว

ความหนืดเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับสารหล่อลื่น ถ้าความหนืดของน้ำมันน้อยเกินไปชั้นหล่อลื่นจะหนาไม่เพียงพอ ถ้าความหนืดของน้ำมันมากเกินไป ทำให้เกิดความฝืดภายในของเหลวมากจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นในน้ำมัน ฉะนั้นการใช้น้ำมันจะต้องเลือกให้มีความหนืดพอเหมาะ

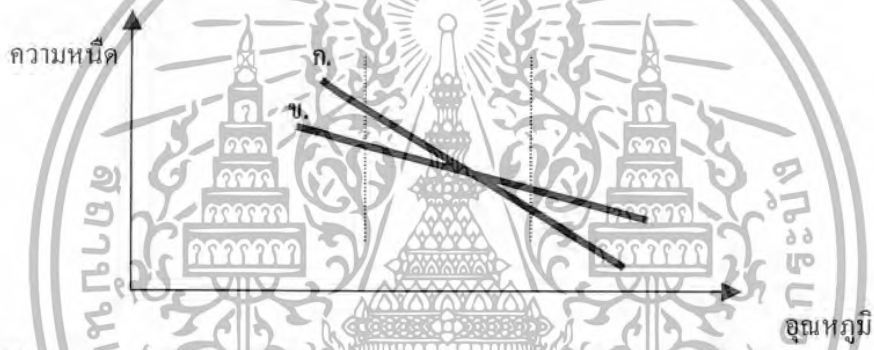
3) แรงยึดระหว่างชั้นของเหลว

เมื่อชั้นของของเหลวไหลด้วยความเร็วไม่เท่ากัน ชั้นที่ติดกับผิวโลหะที่อยู่กับที่จะมีความเร็วเกือบเป็นศูนย์และชั้นต่อไป จะมีความเร็วเป็นปฏิภาคโดยตรงกับระยะทางห่างจากผิวของวัตถุที่อยู่กับที่ การเคลื่อนที่ของแต่ละชั้นจึงต้องเลื่อนไถลไปบนชั้นที่ชิดกันที่มีความเร็วต่ำ ปรากฏการณ์เช่นนี้ต้องเอาแรงชนิดหนึ่งเพื่อเอาชนะ "แรงยึดระหว่างชั้นของเหลว" ซึ่งเรียกว่า "แรงเฉือน" ผลรวมของแรงยึดระหว่างชั้นของของเหลวนี้เรียกว่า "ความฝืดภายในของของเหลว" ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความหนืด แรงยึดระหว่างชั้นของของเหลวต่อหน่วยพื้นที่เรียกว่า "ความเครียดของความเชือดเฉือน"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความหนืด

คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันหล่อลื่นอีกอย่างหนึ่งคือ ความสามารถในการปรับคุณสมบัติของมันเองให้เข้ากับการใช้งานที่มีสภาพเปลี่ยนไปได้ดี ความร้อนที่เกิดจากความฝืดภายในของน้ำมันก็จะมากขึ้นทำให้ความหนืดของน้ำมันต่ำลงและพอเหมาะกับสภาพใหม่ของการหล่อลื่นได้ดี ในทำนองเดียวกันน้ำมันที่ข้นเกินไปจะทำให้ความร้อนมากและก็จะลดความหนืดลงได้มากเหมือนกัน แต่อย่างไรก็ตามความสมดุลย์ของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและความหนืดที่ลดลงก็ยังไม่เป็นไปได้ด้วยดีเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันที่มีความหนืดพอเหมาะดังนั้นจึงไม่ควรละเลยต่อการเลือกใช้น้ำมันหล่อลื่นให้มีความหนืดที่เหมาะสม อัตราการเปลี่ยนแปลงของความหนืดเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปเท่ากันของน้ำมันแต่ละชนิดแตกต่างกันน้ำมันที่ใส่ลงน้อยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและข้นน้อยเมื่ออุณหภูมิต่ำ ถือว่าน้ำมันชนิดนี้มีค่าของ "ดัชนีความหนืด" สูง ฉะนั้นสำหรับงานที่มีสภาพการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมากๆ ต้องเลือกใช้น้ำมันที่ดีดัชนีความหนืดสูง



รูปที่ 4.3 แสดงขณะที่อุณหภูมิเปลี่ยนเท่ากัน ความหนืดของน้ำมัน ข. เปลี่ยนแปลงน้อยกว่า ก.

4.6 สารหล่อลื่นในกระบวนการขึ้นรูปโลหะ

สารหล่อลื่นและสารประกอบที่ใช้ในการลากขึ้นรูป (drawing compound) หลายชนิดได้ถูกนำมาทดลองใช้ ถ้าสารหล่อลื่นชนิดใดใช้แรงที่พันช์เพื่อลากขึ้นรูปน้อยก็แสดงให้เห็นว่าแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นขณะนั้นน้อยด้วย ถ้วยใบแรกได้ถูกทดลองโดยไม่มีการใส่สารหล่อลื่นเพิ่มเติมเข้าไป จะมีก็เพียงแต่น้ำมันที่เกิดจากการรีด (mill oil) โลหะแผ่นเคลือบอยู่ที่ผิวหน้าของแผ่นชิ้นงานเท่านั้น น้ำมันนี้จะทำหน้าที่เป็นสารหล่อลื่นแทน เมื่อใช้สารหล่อลื่นหรือสารประกอบที่ดีขึ้นแรงที่พันช์ใช้จะลดลงถึง 26 % โดยที่การลากขึ้นรูปถ้วยยังคงประสพผลสำเร็จ

การใช้เปอร์เซ็นต์การลดตัวที่มากที่สุดเท่าที่สามารถจะทำได้คือ 54.5 % ซึ่งใช้ร่วมกับรัศมีของดายที่ใหญ่ ในการทดสอบครั้งนี้ได้ใช้สบู่เป็นสารหล่อลื่นแต่ถ้าหากเปลี่ยนเป็นใช้ขี้ผึ้งโครีเนทเต็ด (chlorinated wax) ซึ่งนิยมเรียกกันว่า ฮอนนี่ (honey) แล้ว เปอร์เซ็นต์การลดตัวจะทำได้มากที่สุดถึง 55.5 % เทคนิคของการกำหนดเปอร์เซ็นต์การลดตัวย่อมขึ้นอยู่กับชนิดของสารหล่อลื่นที่ใช้ด้วย เมื่อใช้ขี้ผึ้งโครีเนทเต็ดจะทำให้เกิดรอยย่นบนถ้วย ดังนั้นจึงต้องใช้แรงของแผ่นยึดชิ้นงานเพิ่มขึ้นอีก 50 % เพื่อป้องกันการเกิดรอยย่นนั้นเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้สารหล่อลื่นที่หนักกว่าจะทำให้แผ่นยึดชิ้นงานอยู่ห่างจากแผ่นชิ้นงานและรอยย่นอาจจะเกิดขึ้นได้ คุณสมบัติของสารหล่อลื่นในกระบวนการขึ้นรูปโลหะประกอบด้วยคุณสมบัติต่างๆดังต่อไปนี้

1) ลดแรงเสียดทาน

2) แยกผิวแม่พิมพ์กับชิ้นงาน , ลดการสึกหรอของแม่พิมพ์, ป้องกันผิวงาน

3) ช่วยระบายความร้อนระหว่างผิวชิ้นงานในงานขึ้นรูปเย็น

4) ช่วยรักษาความร้อน ลดความร้อนที่สูญเสียในงานขึ้นรูปร้อน

5) ควบคุมผิวงานสำเร็จ

6) Reactivity กับผิวชิ้นงานหรือแม่พิมพ์

7) Control stability

8) สามารถใช้งานได้ง่าย ล้างออกได้ง่าย

9) ปลอดภัย ราคาถูก

4.7 หน้าที่ของส่วนสำคัญของแม่พิมพ์

1) กระบอกยึดแม่พิมพ์

เวลาประกอบแม่พิมพ์ส่วนบนเข้ากับเครื่องอัด ทำโดยนำเอาด้ามชุดยึดแม่พิมพ์สวมเข้าไปที่ก้านกระบอกสูบของเครื่องและยึดแน่น กระบอกยึดแม่พิมพ์จะต้องสวมเข้าพอดีกับก้านกระบอกสูบของเครื่อง

วิธีในการยึดกระบอกยึดแม่พิมพ์เข้ากับก้านกระบอกสูบมีดังต่อไปนี้

1.1) ทำการคว้านกระบอกยึดแม่พิมพ์ทั้งหัวท้ายให้ได้ขนาดตามก้านกระบอกสูบและด้ามดาย

1.2) ทำเป็นเกลียวยึดติดกับก้านกระบอกสูบและแม่พิมพ์

2) แผ่นพันช์ (Punch plate)

แผ่นพันช์ใช้เป็นตัวยึดพันช์ให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ พันช์ที่มีรูปร่างอ่อนแอจะใช้วิธีอัดแน่นกับรูที่แผ่นพันช์ ถ้าเป็นพันช์ขนาดใหญ่จะใช้ยึดให้แน่นด้วยสกรู และให้อยู่ในตำแหน่งโดยใช้สลัก (dowelpin) สองตัว

3) พันช์ (Punch)

เนื่องจากงานอัดโลหะแผ่นซึ่งกระทำโดยใช้พันช์และดาย พันช์จึงเป็นส่วนที่สำคัญส่วนหนึ่ง พันช์จะต้องทำการชุบแข็งเพื่อรักษารูปร่าง ขนาด ความคม และทนทานต่อการสึกหรอ ในงานอัดโลหะพันช์จะต้องรับแรงกระแทกขนาดหนักและซ้ำกันเป็นเวลานานเช่น พันช์ตัดแผ่นเปล่าซึ่งอาจหักหรือคดได้ ฉะนั้นจึงทำด้วยเหล็กคุณภาพสูงซึ่งทนต่อการสึกหรอ ไม่หักหรืองอได้ง่ายเนื่องจากความหยาบของผิวหน้าพันช์จะมีอิทธพลต่อคุณภาพของชิ้นงานโดยตรงดังนั้นจึงต้องตกแต่งผิวหน้าของพันช์ให้เรียบ

4) ดาย (Die)

ดายต้องการคุณสมบัติเช่นเดียวกับพันช์ คือมีความแข็งและทนต่อการสึกหรอ

4.8 การคำนวณเกี่ยวกับการขึ้นรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8.1 การคำนวณหาความโตของแผ่นเปล่า

กำหนดให้ $D = (d_2^2+4d_1h)^{1/2}$

D = ความโตของแผ่นเปล่า

d2 = ความโตขอบ

d1 = ความโตส่วนอัดขึ้นรูป

h = ความสูง

สูตรนี้การกำหนดขนาดคิดจากจุดศูนย์กลางของความหนาของแผ่นวัสดุ แต่ถ้าความหนาของวัสดุมากขึ้น และชิ้นงานอัดขึ้นรูปมีขนาดใหญ่การกำหนดขนาดใช้วัดจากความโตนอก

ถ้าต้องการให้การคำนวณหาความโตของแผ่นเปล่าให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้นควรจะต้องพิจารณาค่า R และ r ด้วย

กำหนดให้ R = รัศมีกลางส่วนปาก (mean radius)

r = รัศมีกลางส่วนก้น

โดยใช้สูตร $D = (d_2^2 + 4d_1[h-(0.43\ R+0.43\ r)])^{1/2}$

ในกรณีที่การคำนวณหาขนาดแผ่นเปล่าค่อนข้างยุ่งยากสำหรับการอัดขึ้นรูปงานลักษณะอื่นที่ไม่ใช่รูปทรงกระบอก ให้ทำแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปแล้วทำการทดลองอัดขึ้นรูปแผ่นเปล่า ทำการปรับขนาดแผ่นเปล่าจนได้การอัดขึ้นรูปที่เหมาะสม

4.8.2 แรงกดสำหรับตัวยึดแผ่นเปล่า

ในการอัดขึ้นรูปแรงกดสำหรับตัวยึดแผ่นเปล่าเป็นส่วนสำคัญในการป้องกันไม่ให้เกิดรอยย่นที่งาน วิธีทำให้เกิดแรงกดที่ตัวยึดแผ่นเปล่ามีหลายวิธี เช่น ใช้ยาง ยางสังเคราะห์ สปริง ลมอัด ไฮดรอลิกส์และอื่นๆ

ในการใช้ยางและสปริง แรงกดจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในขณะทำการอัดขึ้นรูป ซึ่งทำให้เกิดปัญหาในการอัดขึ้นรูป แต่เป็นที่นิยมใช้กันสำหรับการอัดขึ้นรูปงานขนาดเล็ก เนื่องจากการใช้ง่ายและสะดวก

แรงกด P_N ที่ใช้สำหรับตัวยึดแผ่นเปล่า

$$P_N = F_n \times P_n$$

F_n เป็นพื้นที่ของแผ่นเปล่าได้จากการหักพื้นที่พันช์ออก ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F_n = \frac{\P}{4}(D_2 - d_2)$$

P_n เป็นแรงกดต่อพื้นที่ 1 ตาราง mm. ซึ่งได้จากตาราง

4.8.3 การคำนวณถึงการกระจายแรงดัน

การกระจายแรงดันที่เกิดขึ้นในฟิล์มสารหล่อลื่นสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

รูปที่ 4.4 แสดงรูปร่างและส่วนต่างๆ ของชิ้นงานที่ใช้ในการคำนวณ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1) บริเวณส่วนโค้งด้านข้างของถ้วย

สมการเรย์โนลด์ที่ใช้คือ

$$\frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{h^3}{12\mu}\frac{\partial p}{\partial x}\right] = \frac{\partial}{\partial x}(Uh) + \frac{\partial h}{\partial t} \qquad (1)$$

เมื่อคิดว่าพื้นที่ผิวสัมผัสทีความหยาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{\partial}{\partial x}\left[\phi_x \frac{h^3}{12\mu}\frac{\partial p}{\partial x}\right] = U\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{U_1-U_2}{2}\sigma\frac{\partial \phi_s}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial t} \quad (2)$$

ค่าความหยาบของพื้นผิว

$$\sigma = (\sigma_1^2 + \sigma_2^2)^{1/2} \quad (3)$$

pressure และ shear flow facrtor

$$\phi_x = 1 - \frac{3}{2}\left[\frac{\sigma}{h}\right]^2 \quad (4)$$

$$\phi_s = \frac{3}{2}\frac{\sigma}{h}\frac{\sigma_1^2-\sigma_2^2}{\sigma^2} \quad (5)$$

ในบริเวณส่วนโค้งของการปั๊มขึ้นรูปโลหะความหนาฟิล์มน้ำมันจะกระจายตามพื้นผิวส่วนโค้งดังรูปที่ 4.5

รูปที่ 4.5 แสดงความหนาฟิล์มน้ำมันที่กระจายออกตามพื้นผิวส่วนโค้ง

และเป็นไปตามสมการ

$$h = h_1 + \frac{X^2}{2R} \quad (6)$$

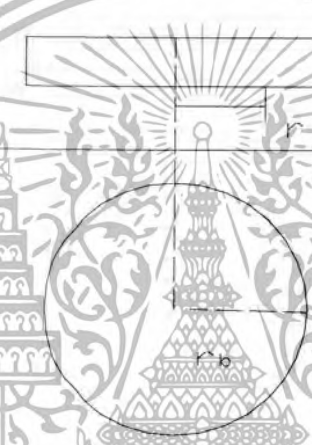
กำหนดสมการเงื่อนไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$X = 0\ ,\ h = h_1,\ p = p_0,\ \partial p/\partial x = 0,\ x = \alpha,\ h=\alpha,\ p=0 \qquad (7)$$

เมื่อแทนค่าสมการ (3) ถึงสมการ (6) ลงในสมการ (2) แล้วอินทิเกรทตามเงื่อนไข (7)

$$\left[1-\frac{3}{2}\left[\frac{\sigma}{h}\right]\right]\frac{h^3}{12\mu}\frac{\partial p}{\partial x} = U\frac{X^2}{2R} + \frac{3}{4}(U_1-U_2)(\sigma_1^2+\sigma_2^2)\left[\frac{1}{h}-\frac{1}{h_1}\right] \qquad (8)$$



รูปที่ 4.6 แสดงพื้นที่บริเวณแผ่นกลมแบนราบที่เป็นส่วนพื้นของถ้วย

2) บริเวณแผ่นกลมแบบราบที่เป็นส่วนพื้นของถ้วย

ถ้าพื้นผิวขนานแกนสมมาตรและความดันเป็นฟังก์ชันของรัศมีดังนี้

$$\frac{\partial}{\partial r}\left[rh^3\frac{\partial p}{\partial r}\right] = -12\mu rU \qquad (9)$$

เมื่อคิดว่าพื้นที่ผิวสัมผัสมีความหยาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{\partial}{\partial r}\left[\phi_x r h_l^{\,3}\frac{\partial p}{\partial r}\right] = -12\mu r U \qquad (10)$$

อินทิเกรทจะได้

$$\frac{\partial}{\partial r}\left[\phi_x r h_l^{\,3}\frac{\partial p}{\partial r}\right] = -12\mu r U \qquad (11)$$

เมื่อ r = 0, A = 0

$$\frac{\partial p}{\partial r} = \frac{-6\mu r U}{\phi_x h_l^{\,3}} \qquad (12)$$

อินทิเกรทอีกครั้งจะได้

$$p = \frac{-3\mu r^2 U}{\phi_x h_l^{\,3}} + B \qquad (13)$$

เมื่อ p = 0, r = r_b

$$B = \frac{-3\mu r_b^{\,2} U}{\phi_x h_l^{\,3}} \qquad (14)$$

$$p = \frac{3\mu U}{\phi_x h_l^{\,3}}\left(r_b^{\,2} - r^2\right) \qquad (15)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

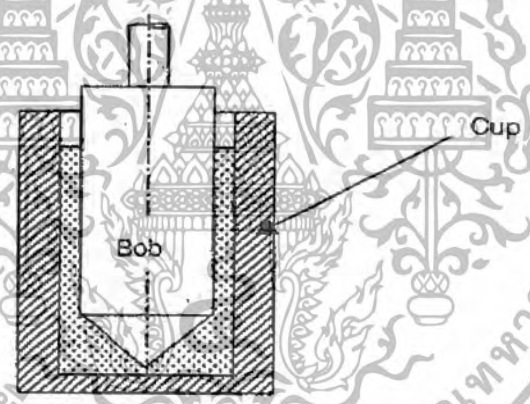
บทที่ 5
การทดลอง

การทดลองเรื่อง การศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันพืชผสมสารเติมแต่งสำหรับงานปั๊มขึ้นรูปโลหะ
THE STUDY OF VEGETABLE - BASE OILS FOR METAL FORMING

5.1 วัตถุประสงค์ ทำการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันพืชผสมสารเติมแต่ง ในการปั๊มขึ้นรูปโลหะ ประกอบด้วยคุณสมบัติ ด้านความหนืด ความเค้นเฉือน ความหนาฟิล์มน้ำมัน อุณหภูมิในการปั๊มขึ้นรูปที่ความดันต่างๆ นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับน้ำมันขึ้นรูปโลหะ (Form oil)

5.2 อุปกรณ์การทดลอง

5.2.1 เครื่องมือวัดความหนืดแบบแกนหมุน



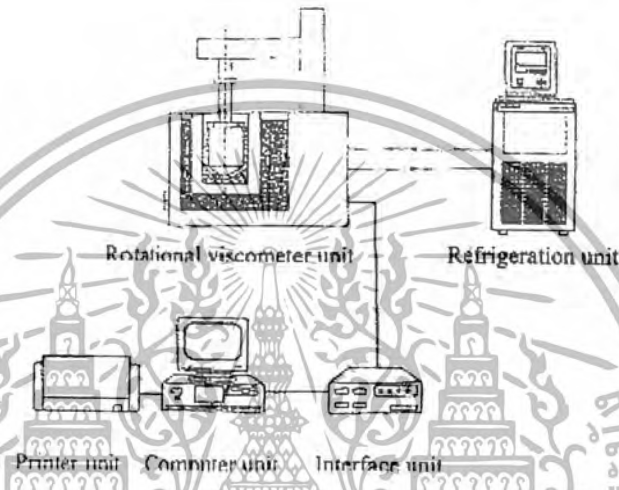
รูปที่ 5.1 เครื่องวัดความหนืดแบบแกนหมุน

เครื่องวัดความหนืดแบบแกนหมุน(Rotational Viscometer)นี้ จะประกอบไปด้วยทรงกระบอกสองอันที่มีรัศมีต่างกัน โดยทรงกระบอกอันในจะเป็นท่อทรงกระบอกตันที่หมุนอยู่ภายในท่อทรงกระบอกกลวงที่อยู่กับที่ ในการใช้งานจะใส่ของเหลวลงไประหว่างช่องว่างของท่อทรงกระบอกทั้งสอง เมื่อท่อทรงกระบอกอันในหมุนจะทำให้ของเหลวเคลื่อนที่ภายใต้ความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นจากการหมุนของทรงกระบอกอันใน และเกิดอัตราความเครียดเฉือนเกิดขึ้น

การทดลองทางรีโอโลยีได้ทำการทดลองที่ห้อง Lubrication Laboratory ของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบยี่ห้อ PHYSIGA รุ่น RHEOLAB MC 120 ซึ่งออกแบบและสร้างขึ้นตามมาตรฐาน DIN 53019 มีรายละเอียดของอุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่ ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

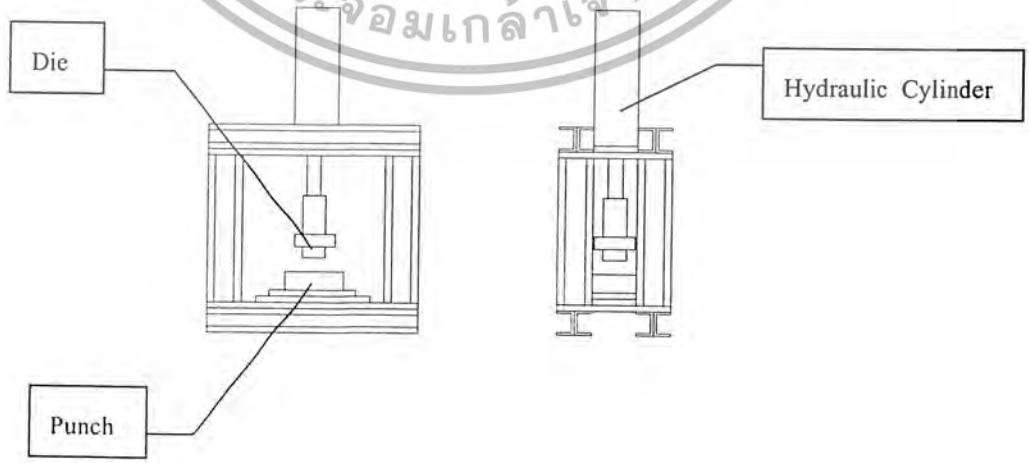
1) Rotational viscometer unit
2) Refrigeration unit
3) Interface unit
4) Computer unit
5) Printer unit



รูปที่ 5.2 ไดอะแกรมการทำงานของ Rheology lap test

5.2.2 เครื่องปั๊มขึ้นรูปโลหะ

1) โครงสร้าง เครื่องปั๊มขึ้นรูปโลหะประกอบไปด้วยกระบอกสูบไฮรดรอลิกส์ ชุด punch และ die ซึ่งมีขนาดดังนี้



รูปที่ 5.3 โครงสร้างของเครื่องปั๊มขึ้นรูปโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

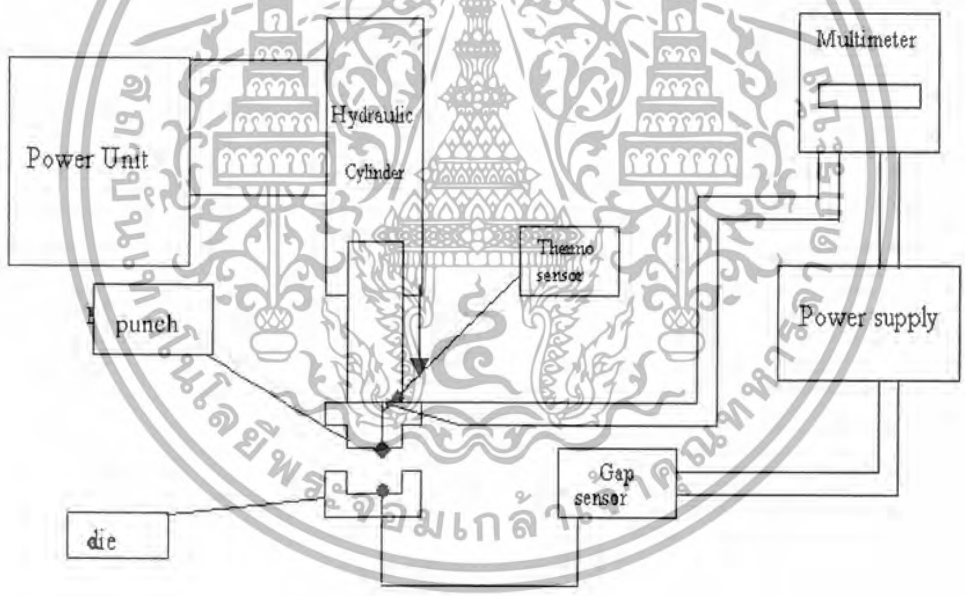
1) ขนาดเครื่องปั๊มขึ้นรูปโลหะ ความ กว้าง x ยาว x สูง 30 x 60 x120 มม.

2) เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบไฮรดรอลิกส์ 110 มม.

3) ระยะชัก 450 มม.

4) เส้นผ่านศูนย์กลาง punch 40 มม.

2) การทำงาน เมื่อจะทำการปั๊มอัดโลหะแผ่น โดยที่ชุด power unit จะใช้ วาล์วควบคุมความดัน (pressure control valve) ควบคุมการทำงานของลูกสูบให้เลื่อนขึ้นลงตามความดันที่กำหนดโดยจะมี Gap sensor ติดตั้งที่ตัว punch เพื่อทำการตรวจวัดความหนาฟิล์มน้ำมันและ Thermocouple ติดตั้งที่ตัวบังคับแผ่นชิ้นงาน เพื่อทำการตรวจวัดอุณหภูมิในการปั๊มโลหะแผ่น และจะแสดงค่าที่ได้จากการวัดทาง มัลติมิเตอร์ โดยมี ชุด power suppy จะเป็นตัวจ่ายกระแสให้วงจรทำงานดังไดอะแกรมการทำงานรูปที่ 5.4

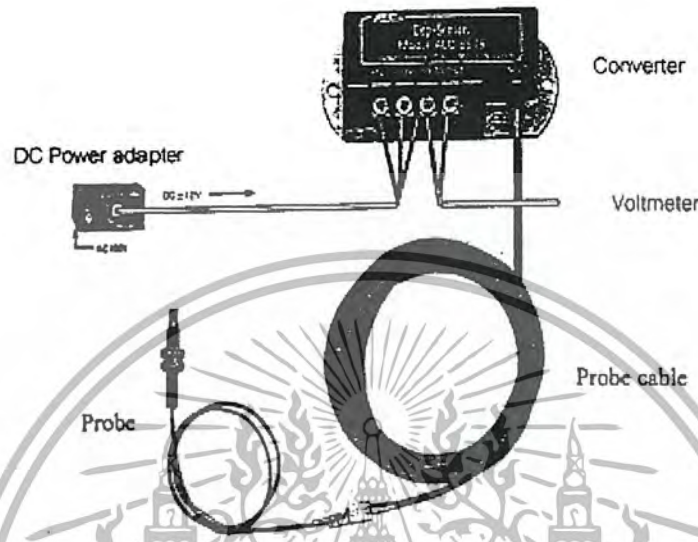


รูปที่ 5.4 ไดอะแกรมการทำงานของชุดทดสอบ

5.2.3 อุปกรณ์วัดความหนาฟิล์มน้ำมัน (Gap sensor)

อุปกรณ์วัดความหนาฟิล์มน้ำมัน ในการทดลองนี้ใช้ Gap sensor ยี่ห้อ AEC รุ่น AEC 5505 สามารถใช้วัดในช่วง 0-0.2 มิลลิเมตรใช้กับแหล่งจ่ายไฟขนาด 12 โวลต์ (DC) 40 มิลลิแอมป์ (mA) มีลักษณะและส่วนประกอบดังแสดงในรูปที่ 5.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 อุปกรณ์วัดความหนาฟิล์มน้ำมัน

5.2.4 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (Thermocouple)

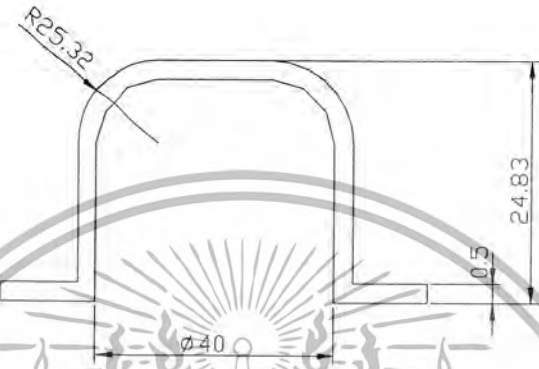
อุปกรณ์วัดอุณหภูมิจะใช้ขดลวด Thermocouple เป็นตัวส่งสัญญาณอุณหภูมิที่ได้จากการปั๊มโลหะแผ่นให้ มัลติมิเตอร์แสดงค่าอุณหภูมิออกมา ซึ่งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิติดตั้งที่ตัวบังคับแผ่นชิ้นงานดังรูปที่ 5.6

รูปที่ 5.6 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิติดตั้งที่ตัวบังคับแผ่นชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.5 แผ่นเหล็กขึ้นรูปโลหะ

แผ่นเหล็กขึ้นรูปโลหะใช้แผ่นเหล็กชนิดเหนียวพิเศษ เส้นผ่านศูนย์กลางก่อนปั๊มขึ้นรูป 82.68 มม. หลังทำการปั๊มขึ้นรูปจะได้ลักษณะดังรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 แสดงลักษณะของแผ่นเหล็กขึ้นรูปโลหะหลังทำการปั๊มขึ้นรูป

5.2.6 น้ำมันพืชทดสอบ

น้ำมันพืชที่นำมาศึกษาในปริญญานิพนธ์นี้เป็นน้ำมันพืชที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ แล้ว แต่ยังมิได้ผ่านกระบวนการเติมสารเติมแต่งใดๆ น้ำมันพืชที่จะนำมาทดสอบนี้ได้แก่ น้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าว โดยนำน้ำมันพืชแต่ละชนิดดังกล่าวมาทำการเติมสารเติมแต่งสี่ ประเภท ได้แก่ สาร Zine Dialky Dithiophate (ZDDP) สาร Extreme Pressure (EP) สาร Polyisobutelene (PIB) และ Graphite โดยจะทำการเติม 1-2 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก

5.3 วิธีการทดลอง

5.3.1 ขั้นตอนการผสมสาร

น้ำมันปาล์ม ประกอบด้วยสารเติมแต่งโดยเปอร์เซ็นต์ น้ำหนัก ดังนี้

Palm

Palm +ZDDP 1%+EP 1%

Palm +ZDDP 2%+EP 2%

Palm +ZDDP 2%+EP 2%+PIB 2%

Palm +ZDDP 2%+EP 2+PIB 2%+ Graphite 0.05 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันมะพร้าว ประกอบด้วยสารเติมแต่งโดยเปอร์เซ็นต์ น้ำหนัก ดังนี้

Coconut

Coconut +ZDDP 1%+EP 1%

Coconut +ZDDP 2%+EP 2%

Coconut +ZDDP 2%+EP 2%+PIB 2%

Coconut +ZDDP 2%+EP 2+PIB 2%+ Graphite 0.05 %

5.3.2 ขั้นตอนการทดสอบหาค่าความหนืดและความเค้นเฉือนของน้ำมันพืช

1) นำน้ำมันมะพร้าว,น้ำมันปาล์มและน้ำมันขึ้นรูปโลหะทดสอบกับเครื่องทดสอบแบบแกนหมุน (Rotational Viscometer) บันทึกผลค่าที่ได้

2) นำน้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าวที่ผสมสารเติมแต่งทดสอบกับเครื่อง ทดสอบแบบแกนหมุน บันทึกค่าที่ได้แล้วนำผลมาเปรียบเทียบกับน้ำมันขึ้นรูปโลหะ

5.3.3 ขั้นตอนการทดสอบหาความหนาของฟิล์มน้ำมันและอุณหภูมิของน้ำมันพืช

1) นำน้ำมันพืชที่ไม่ได้ผสมสารเติมแต่งมาทาบนแผ่นโลหะแล้วนำไปปั๊มอัดขึ้นรูปที่ความดันต่างๆแล้วจดบันทึกค่าที่ได้

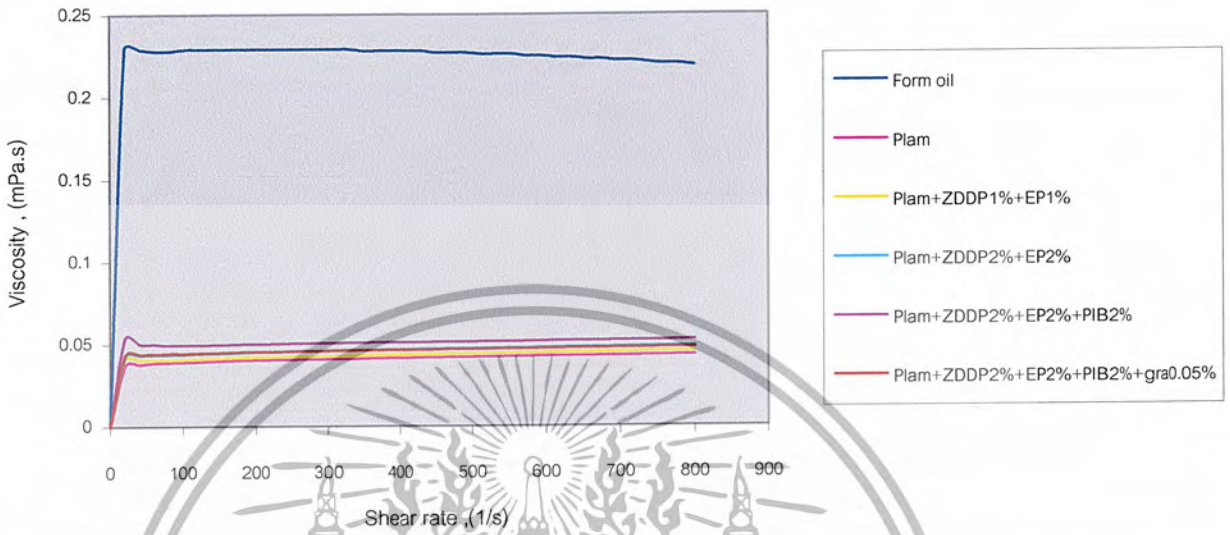
2) นำน้ำมันพืชที่ผสมสารเติมแต่งมาทาบนแผ่นโลหะแล้วนำไปปั๊มอัดขึ้นรูปที่ความดันต่างๆแล้วจดค่าบันทึก

3) นำน้ำมันขึ้นรูปทาบนแผ่นโลหะแล้วนำไปปั๊มอัดขึ้นรูปจดบันทึกค่าที่ได้แล้วนำไปเปรียบเทียบเพื่อใช้อ้างอิงกับน้ำมันที่ผสมสารเติมแต่งอื่นๆ

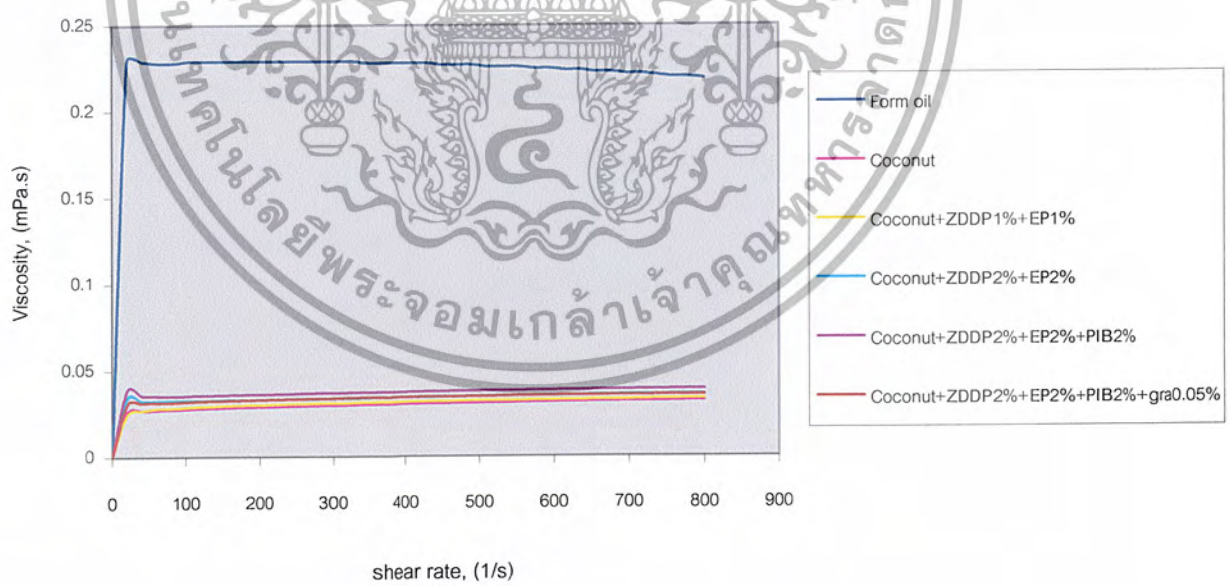
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ผลการทดลอง

5.4.1 ความหนืดที่อุณหภูมิ 40 °C



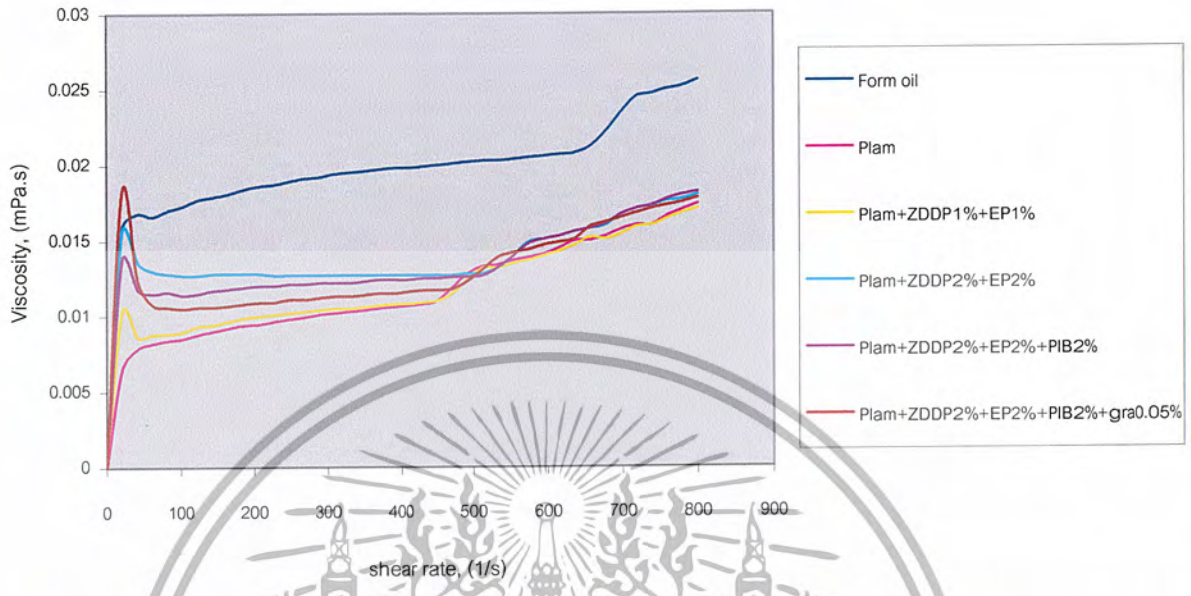
รูปที่ 5.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความหนืด ของ Form oil กับ Plam oil เมื่อผสมสารเติมแต่งที่อุณหภูมิ40°C



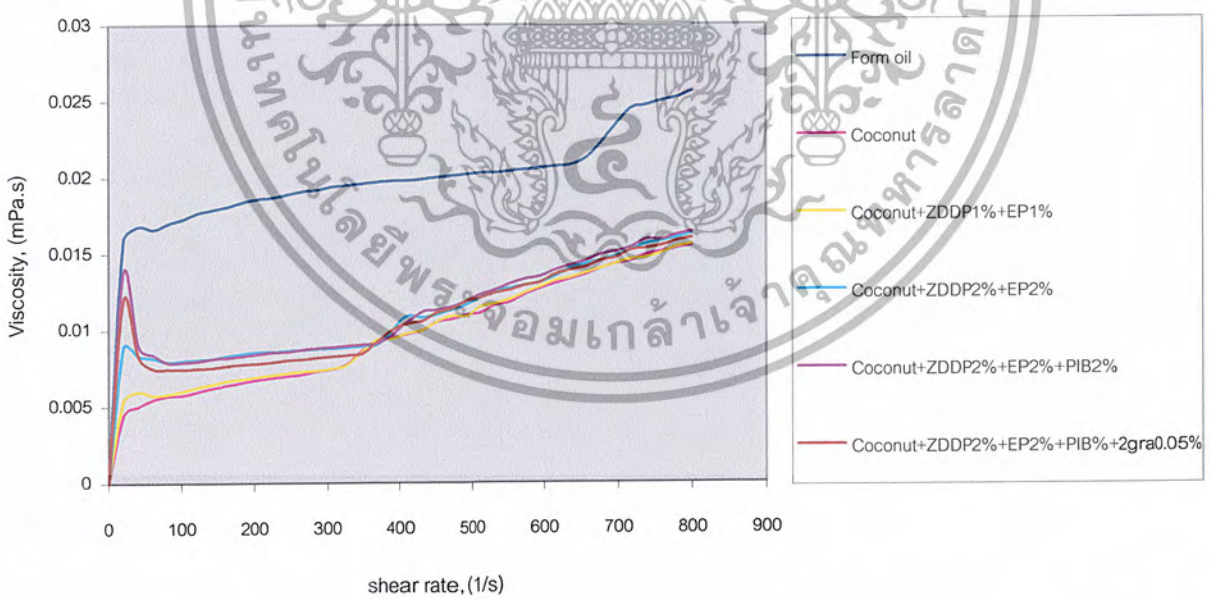
รูปที่ 5.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความหนืด ของ Form oil กับ Coconut oil เมื่อผสมสารเติมแต่งที่อุณหภูมิ40°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.2 ความหนืดที่อุณหภูมิ 100 °c



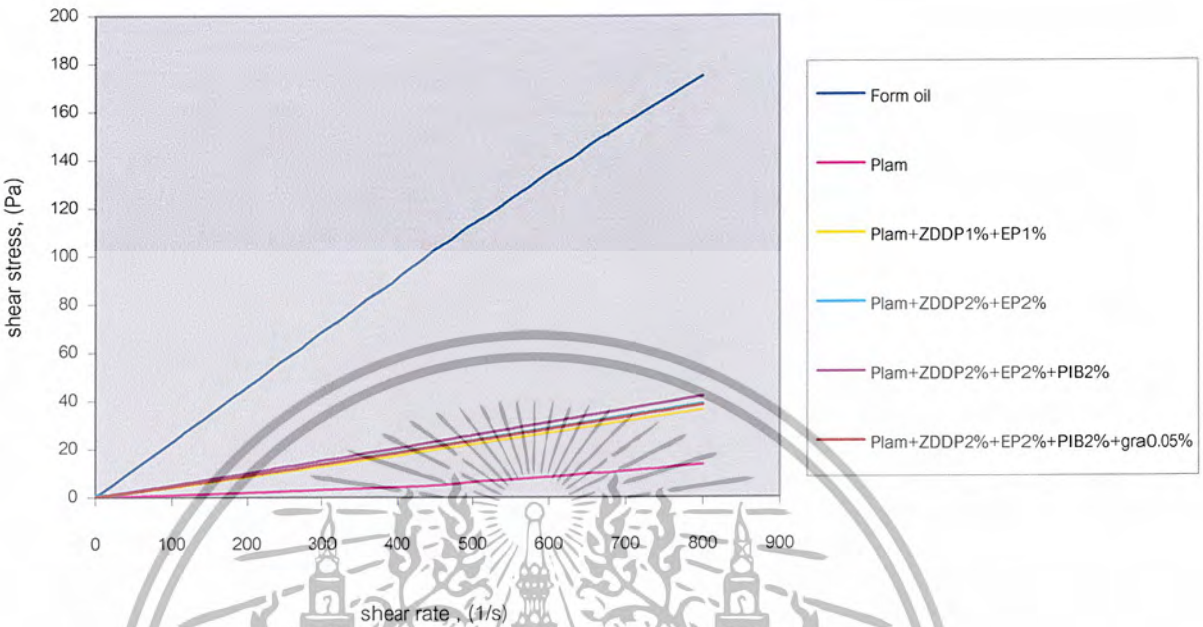
รูปที่ 5.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความหนืด ของ Form oil กับ Plam oil เมื่อผสมสารเติมแต่งที่อุณหภูมิ 100 °c



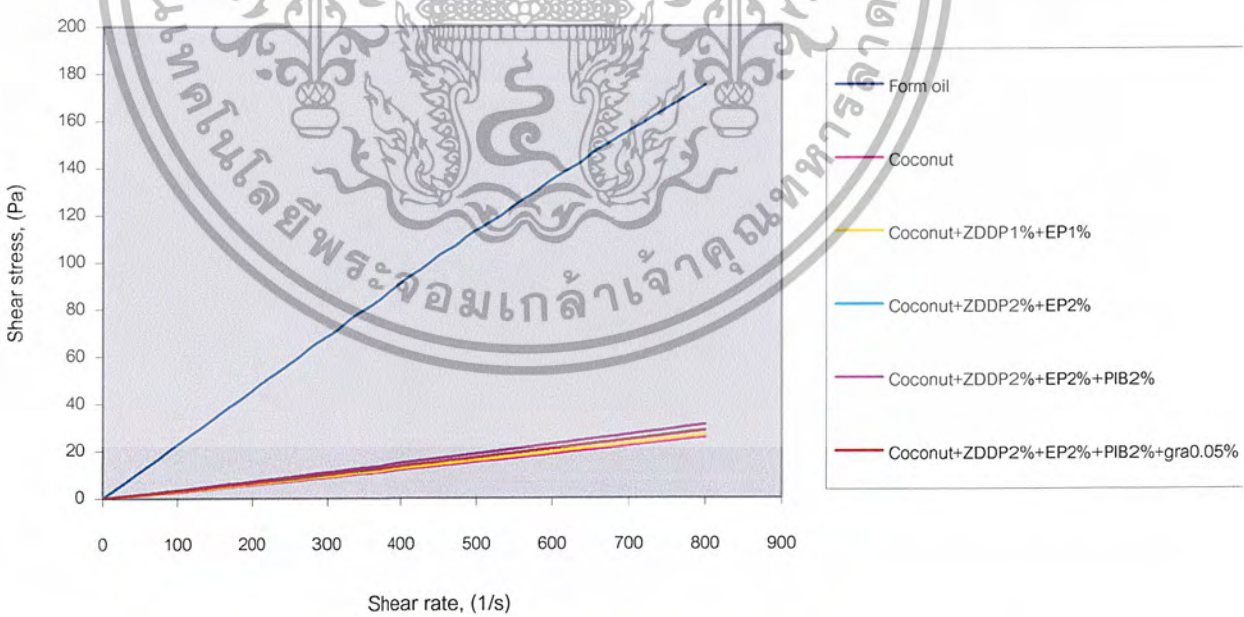
รูปที่ 5.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความหนืดของ Form oil กับ Coconut oil เมื่อผสมสารเติมแต่งที่อุณหภูมิ100°c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.3 ความเค้นเฉือนที่อุณหภูมิ 40 °c



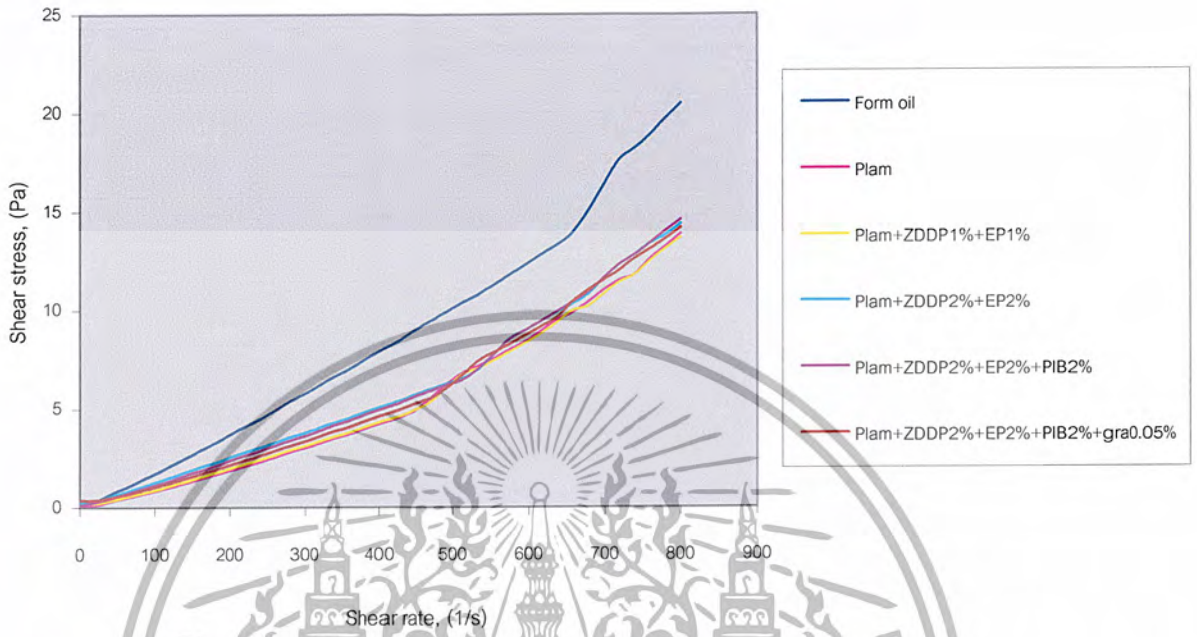
รูปที่ 5.12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเค้นเฉือนของ Form oil กับ Plam oil เมื่อผสมสารเติมแต่งที่อุณหภูมิ40°c



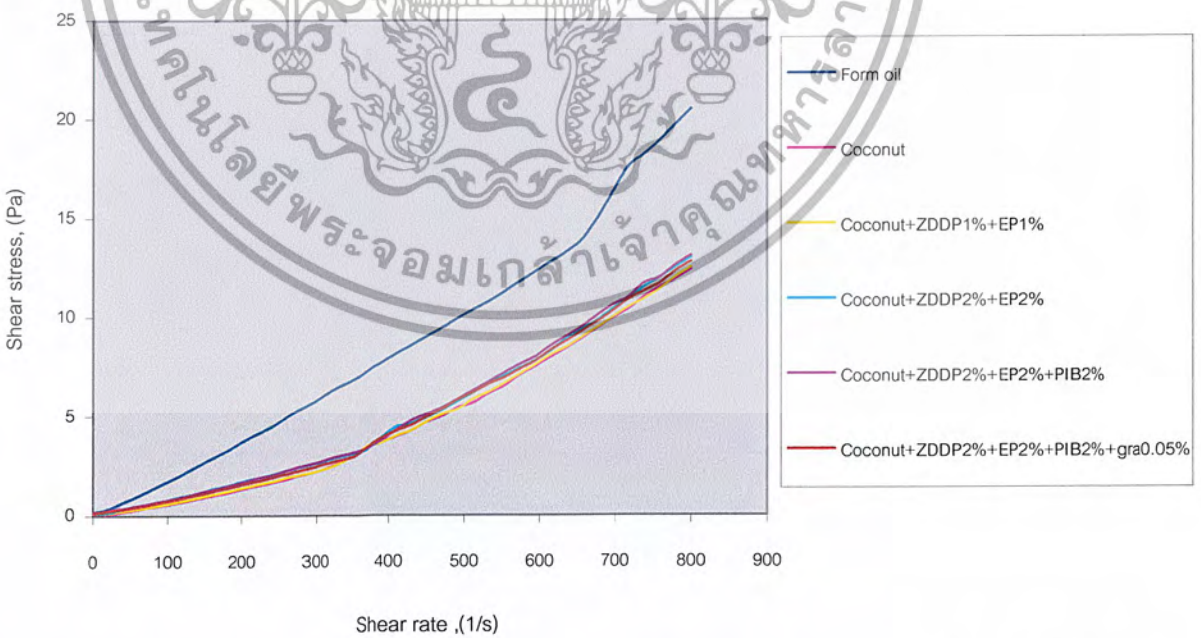
รูปที่5.13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเค้นเฉือนของForm oil กับCoconut oilเมื่อผสมสารเติมแต่งที่อุณหภูมิ40 °c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.4 ความเค้นเฉือนที่อุณหภูมิ100°c



รูปที่5.14 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเค้นเฉือนของForm oil กับ Plam oil เมื่อผสมสารเติมแต่งที่อุณหภูมิ100 °c

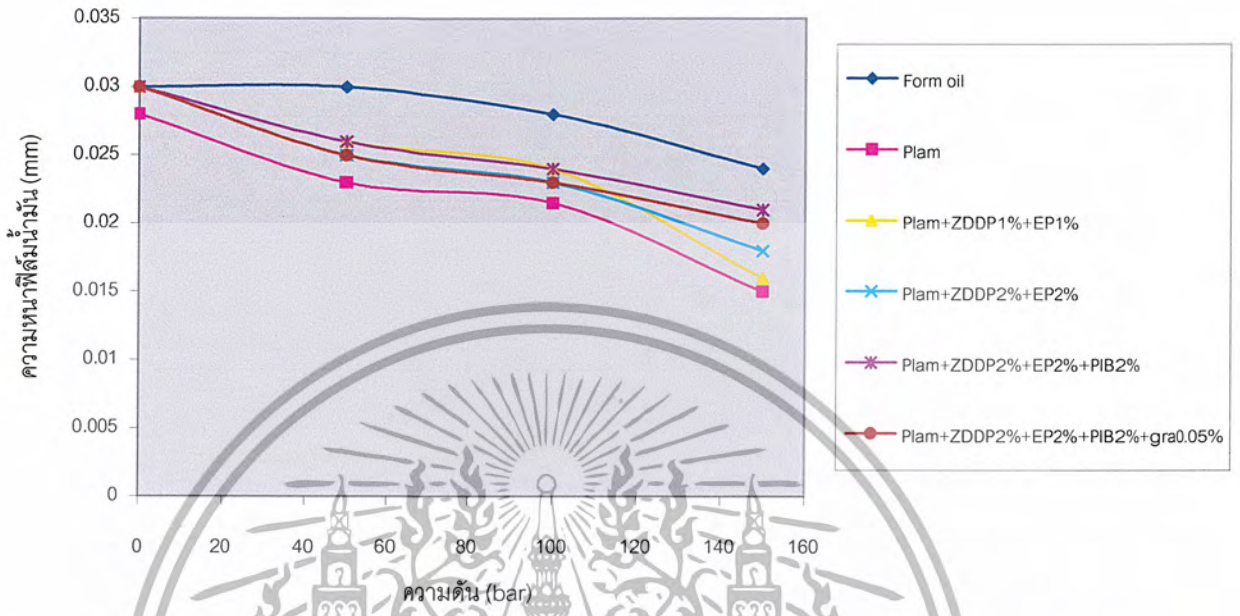


รูปที่ 5.15 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเค้นเฉือนของ Form oil กับCoconut oilเมื่อผสมสารเติมแต่งที่อุณหภูมิ

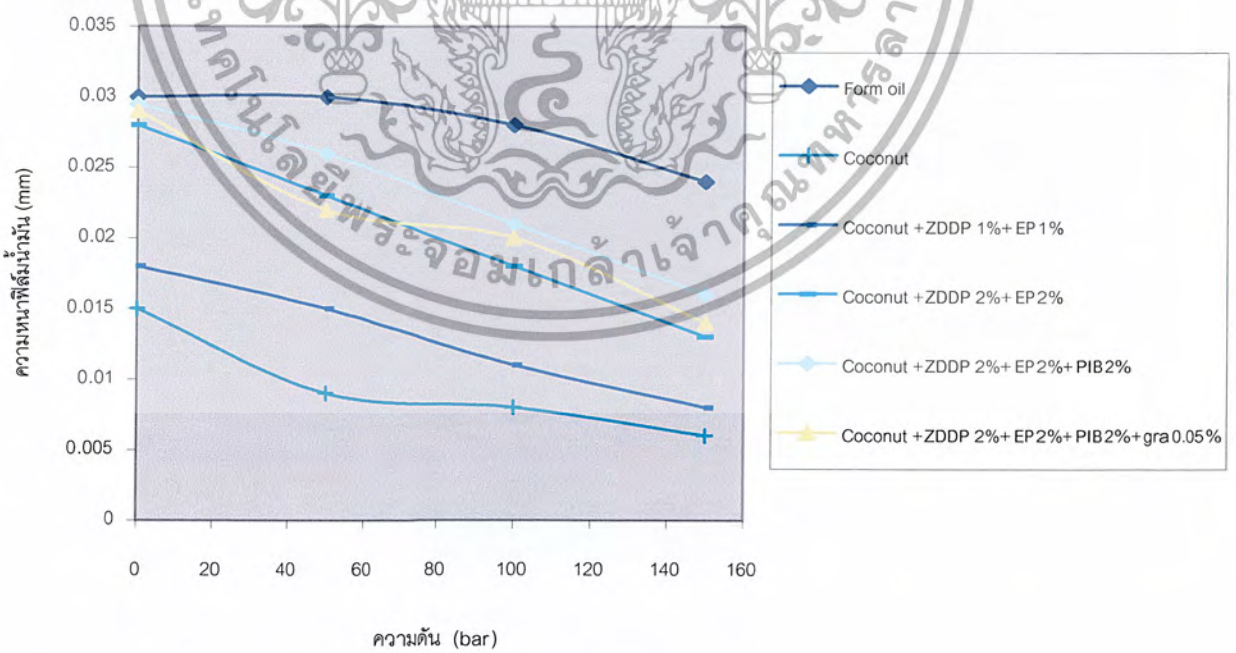
100°c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.5 ความหนาของฟิล์มน้ำมัน



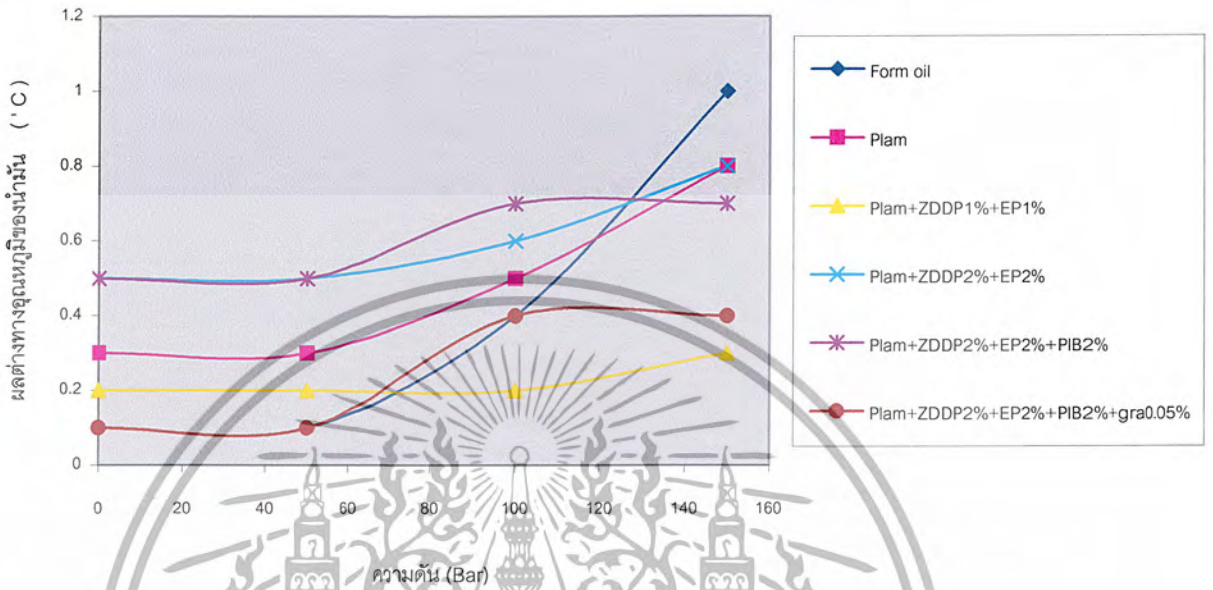
รูปที่ 5.16 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความหนาของฟิล์มน้ำมัน ของ Form oil กับ Plam oil เมื่อผสมสารเติมแต่ง



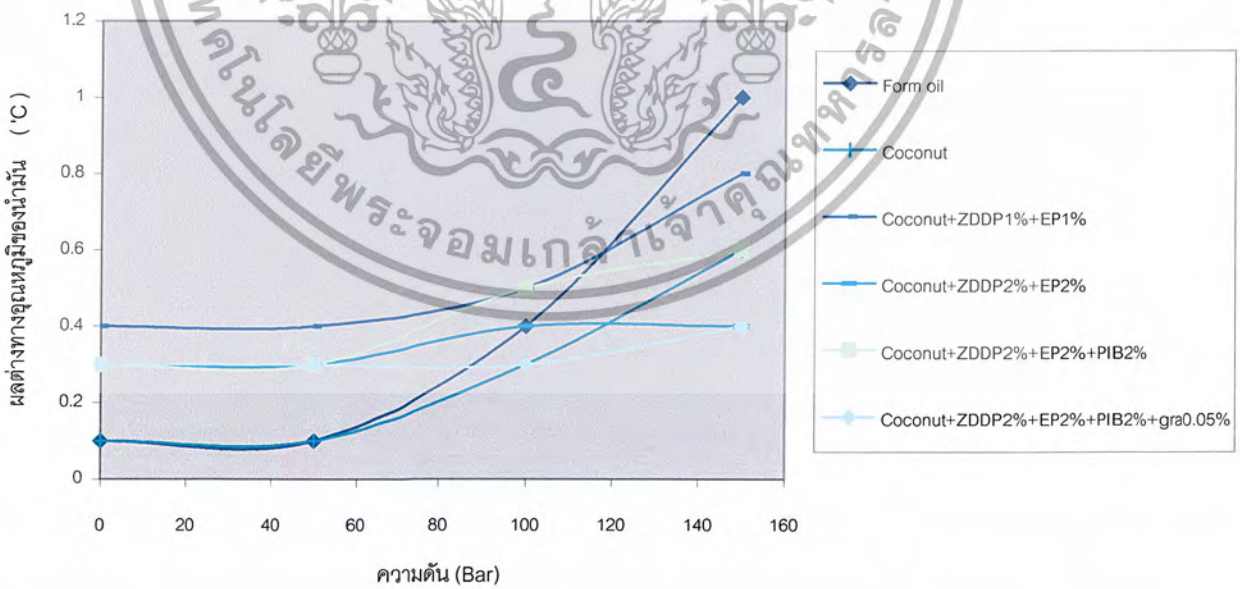
รูปที่ 5.17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความหนาของฟิล์มน้ำมัน ของ Form oil กับ Coconut oil เมื่อผสมสารเติมแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.6 การเปลี่ยนของอุณหภูมิในการขึ้นรูป



รูปที่5.18 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนของอุณหภูมิในการขึ้นรูปของForm oilกับPlam oilเมื่อผสมสารเติมแต่ง



รูปที่5.19 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนของอุณหภูมิในการขึ้นรูปของForm oil กับ Coconut oil เมื่อผสมสารเติมแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.5.1 ความหนืดที่อุณหภูมิที่ 40 °c

จะพบว่าน้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าวที่ผสมสาร ZDDP 2%+EP 2%+PIB 2%จะให้คุณสมบัติใกล้เคียงกับ Form oil มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าวที่ผสมสารเติมแต่งอื่นๆทั้งนี้เป็นเพราะว่า น้ำมันพืชที่ผสมสาร PIB จะทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นสูงกว่าน้ำมันพืชที่ไม่ผสมสาร PIB จึงทำให้น้ำมันพืชที่ผสมสาร PIB สามารถรับภาระการหล่อลื่นได้ดีขึ้น

5.5.2 ความหนืดที่อุณหภูมิที่ 100 °c

เมื่ออุณหภูมิทดสอบสูงขึ้นจะทำให้ความหนืดของน้ำมันพืชทดสอบทดสอบทั้งหมดลดลงรวมทั้ง Form oil ด้วยสังเกตจากเส้นกราฟไม่คงที่ที่อัตราความเค้นเฉือนเพิ่มขึ้น

ที่อัตราความเค้นเฉือนต่ำ น้ำมันปาล์มที่เติมสาร ZDDP 2%+EP2%+PIB 2%+ Graphite 0.05 %จะให้ค่าความหนืดสูงกว่าน้ำมัน Form oil ทั้งนี้เป็นเพราะว่า กราไฟล์เป็นสารที่ช่วยให้คุณสมบัติด้านการหล่อลื่นเพิ่มขึ้นที่ภาวะอุณหภูมิสูงขึ้น

ที่อัตราความเค้นเฉือนต่ำน้ำมันมะพร้าวที่ผสมสาร ZDDP 2%+EP2%+PIB 2%+ Graphite 0.05 % จะให้ค่าความหนืดมากกว่าน้ำมันมะพร้าวที่ผสมสารอื่นๆแต่ยังไม่สูงกว่า Form oil เหมือนกับน้ำมันปาล์มที่ผสมสารเติมแต่งเดียวกันทั้งนี้เป็นเพราะน้ำมันปาล์มมีความหนืดสูงกว่า น้ำมันมะพร้าว

5.5.3 ความเค้นเฉือนที่อุณหภูมิ 40 °c

ลักษณะของกราฟจะเป็นเชิงเส้นตรง เมื่ออัตราความเค้นเฉือนเพิ่มขึ้นค่าความเค้นเฉือนก็จะเพิ่มขึ้นด้วย คุณสมบัติของน้ำมันพืชทดสอบที่ให้ผลใกล้เคียงกับ Form oil มากที่สุด คือ น้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าวที่เติมสาร ZDDP2%+EP2%+PIB 2% ส่วนน้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าวที่ไม่ผสมสารใดเลยจะให้คุณสมบัติต่ำสุดทั้งนี้เป็นเพราะว่า สาร ZDDP และ PIB จะช่วยให้น้ำมันพืชรักษาความหนืดได้ดีขึ้น

5.5.4 ความเค้นเฉือนที่อุณหภูมิ 100 °c

เมื่ออุณหภูมิทดสอบสูงขึ้นจะทำให้น้ำมันพืชทดสอบมีคุณสมบัติด้านความหนืดน้อยลงทำให้ค่าความเค้นเฉือนต่ำลงกว่าที่อุณหภูมิ 40 °c ที่อัตราความเค้นเฉือนสูงขึ้นน้ำมันปาล์มที่ผสมสาร ZDDP2%+EP2%+PIB 2% ให้ผลใกล้เคียงกับ Form oil มากที่สุด

ส่วนน้ำมันมะพร้าวผสมสารเติมแต่งจะให้ความเค้นเฉือนต่ำกว่าน้ำมันปาล์มผสมสารเติมแต่ง ตัวที่ให้ผลใกล้เคียงกับ Form oil มากที่สุด คือน้ำมันมะพร้าวผสมสาร ZDDP2%+EP2%+PIB 2%

5.5.5 ความหนาของฟิล์มน้ำมัน

จากผลที่ได้จะพบว่า น้ำมันปาล์มที่ผสมสาร ZDDP2%+EP2%+PIB 2% มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับ Form oil มากที่สุดเพราะ สาร EP และ PIB เป็นสารที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของฟิล์มน้ำมันทำให้น้ำมันมีการจับตัวแน่นขึ้น ส่วนน้ำมันปาล์มที่เติมสาร ZDDP 2%+EP2%+PIB 2%+ Graphite 0.05 % จะให้คุณสมบัติรองลงมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะพบว่าฟิล์มของน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการทดสอบจะบางกว่าฟิล์มของน้ำมันปาล์ม พฤติกรรมของน้ำมันมะพร้าวที่เติมสาร ZDDP2%+EP2%+PIB 2% ให้ผลใกล้เคียงกับ Form oil มากที่สุด แต่ก็ยังด้อยกว่าน้ำมันปาล์มที่ผสมสารเดียวกัน

จากการทดสอบน้ำมันพืชทดสอบ ความหนาของฟิล์มน้ำมันมีแนวโน้มบางลงอย่างรวดเร็วเมื่อความดันในการปั๊มสูงขึ้นสารที่ช่วยรักษาความหนาของฟิล์มน้ำมันเช่นสาร EP และ PIB จึงเป็นสารเติมที่ดีเมื่อใช้งานที่ภาระสูงๆ

5.5.6 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

จากผลที่ได้จะพบว่า น้ำมันปาล์มที่ผสมสาร ZDDP 2%+EP2%+PIB 2%+ Graphite 0.05 % ที่ความดันต่ำจะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิใกล้เคียงกับ Form oil มากเพราะน้ำมันยังรักษาคุณสมบัติไว้ได้อยู่แต่เมื่อความดันในการปั๊มสูงขึ้นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะลดต่ำลงกว่า Form oil มาก

จะพบว่าที่ความดันต่ำน้ำมันพืชทดสอบจะให้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสูงกว่า Form oil แต่เมื่อความดันเพิ่มขึ้นการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะลดลงน้อยกว่า Form oil ทั้งนี้เพราะว่าForm oil มีคุณสมบัติในการหล่อลื่นดีกว่าอุณหภูมิถือว่าเป็นคุณสมบัติที่บอกถึงความสามารถของน้ำมันที่ใช้ในการขึ้นรูปได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันพืชผสมสารเติมแต่งสำหรับงานปั๊มขึ้นรูปโลหะ โดยน้ำมันพืชทดสอบเป็นน้ำมันพืชพื้นฐาน (based oil) ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์แล้วได้แก่ น้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าว สารเติมแต่งที่ใช้เติมลงในน้ำมันแต่ละชนิดได้แก่ สาร ซิงค์ไดไคล ไดไทโอเฟต (ZDDP), โพลีไอโซบิวทีลีน (PIB), เอ็กเทอร์เพรสเซอร์(EP) และ กราไฟล์ (PIB) นำน้ำมันพืชที่ผสมสารเติมแต่งเหล่านี้มาทำการทดสอบหาคุณสมบัติทางด้าน ความหนืด ความเค้นเฉือน ความหนาฟิล์มน้ำมันและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในขณะปั๊มขึ้นรูปโลหะนำผลที่ได้มาการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับน้ำมันขึ้นรูปโลหะ (Form oil) ซึ่งทำให้สามารถสรุปผลการทดลอง ดังต่อไปนี้

6.1 สรุปผลการทดลอง

ในการทดสอบน้ำมันพืช 2 ชนิดได้แก่น้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าวพบว่าน้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าวที่ไม่ได้ผสมสารเติมแต่งใดๆจะมีคุณสมบัติทางด้านการปั๊มอัดขึ้นรูปโลหะด้อยกว่า Form oil ไม่ว่าจะเป็นคุณสมบัติ ด้านความหนืด ความเค้นเฉือน ความหนาของฟิล์มน้ำมันและการเปลี่ยนทางอุณหภูมิ แต่เมื่อเราได้ทำการผสมสารเติมแต่งเพิ่มเข้าไปโดยเปอร์เซนต์ของน้ำหนัก สารเติมแต่งที่ใช้มีอยู่ 4 ชนิดได้แก่ ZDDP,EP,PIB และกราไฟล์ เข้าไปในน้ำมันพืชทั้ง 2 ชนิดดังที่กล่าว สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ในการทดลองปั๊มอัดขึ้นรูปโลหะแผ่นกับเครื่องปั๊มขึ้นรูปโลหะซึ่งมีต้นกำลังคือชุดPower unit หาความหนาของฟิล์มน้ำมันและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปกับความดัน และผลที่ได้จากการทดสอบกับเครื่องทดสอบความหนืดแบบแกนหมุนเพื่อหาค่าความหนืดและความเค้นเฉือนพบน้ำมันปาล์มผสมสาร ZDDP2%+EP2%+PIB2% ให้คุณสมบัติทางด้านการปั๊มอัดขึ้นรูปโลหะใกล้เคียงกับ Form oil มากที่สุด รองลงมาได้แก่น้ำมันปาล์มผสมสารZDDP2%+EP2%+PIB2% +กราไฟล์0.05%

จากข้อสรุปข้างต้นจะกล่าวได้ว่าน้ำมันปาล์ม มีคุณสมบัติทางด้านความหนืดที่ดีกว่าน้ำมันมะพร้าวจึงทำให้มีความหนาของชั้นฟิล์มน้ำมันมากกว่าของน้ำมันมะพร้าวและมีการเกิดการ Oxidation น้อยกว่าน้ำมันมะพร้าว ดังนั้นน้ำมันปาล์มที่ผสมสารเติมแต่งสามารถที่จะถูกนำไปพัฒนาให้ดียิ่งขึ้นเพื่อใช้ทดแทนการใช้น้ำมันขึ้นรูปที่มีราคาแพงอีกทั้งยังย่อยสลายตัวยากและทำลายสิ่งแวดล้อม

6.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองที่ได้พบว่าแนวโน้วของค่าที่ได้บางค่าไม่เป็นไปตามที่น่าจะเป็น ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากปริมาณของสารเติมแต่งน้อยไป รวมทั้งอาจเป็นผลมาจากสภาวะแวดล้อมภายในห้องทดสอบไม่สามารถควบคุมให้คงที่แน่นอนได้ ดังเช่นอุณหภูมิเป็นต้น อีกทั้งอาจมีความคลาดเคลื่อนจากเครื่องมือที่ใช้ในการวัดหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า เนื่องจากสัญญาณรบกวนจากสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด การอ่านและการจดบันทึกค่า รวมทั้งการปรับตั้งเครื่องมือทดสอบต่างๆ ดังนั้นหากต้องการให้ผลการทดลองได้ค่าที่ใกล้เคียงยิ่งขึ้นควรที่จะจัดหาเครื่องมือที่มีความเที่ยงตรงสูงและกำจัดสัญญาณการรบกวนจากสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด

ในการที่เราใช้น้ำมันพืชมาผสมสารเติมแต่งเราต้องพิจารณาถึงราคาต้นทุนของสารเติมแต่งถ้าเรานำมาผสมกับน้ำมันพืชมากๆก็จะมีคุณสมบัติทางด้านการปั๊มอัดขึ้นรูปที่ดีเท่ากันหรือดีกว่า Form oilแต่ก็ไม่คุ้มกับราคาต้นทุนของสารเติมแต่ง อย่างไรก็แล้วแต่ ปริญญานิพนธ์นี้ไม่ได้ทำการศึกษาถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารเติมแต่งที่ผสมในน้ำมันพืชสำหรับงานขึ้นรูปโลหะ อีกทั้งสารเติมแต่งมีมากมายหลายชนิดที่จะทำให้คุณสมบัติด้านต่างๆดีขึ้น ดังนั้นปริญญานิพนธ์นี้จึงเป็นเบื้องต้นของการศึกษาเพื่อที่จะพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

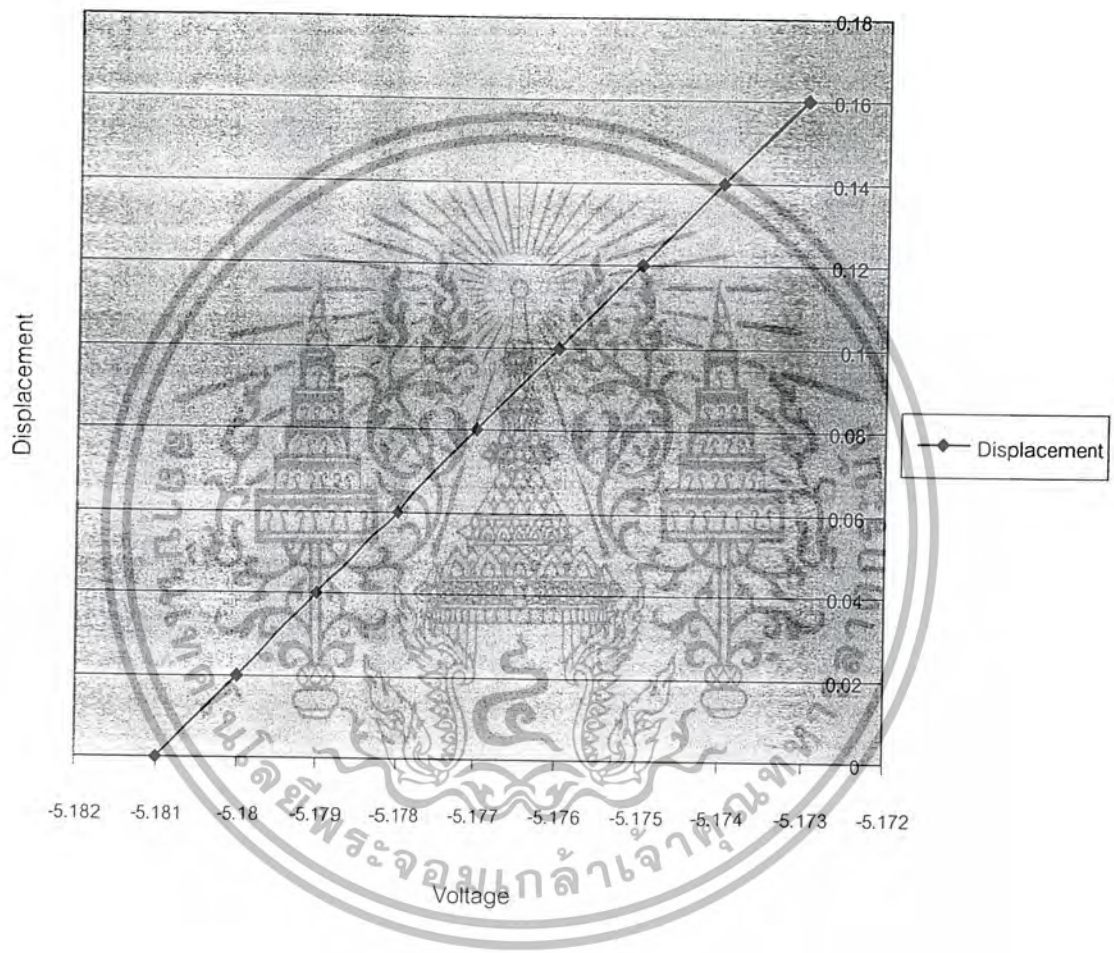
ภาคผนวก

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

กราฟแสดงการ Calibration curve ของ Gap sensor



รูปที่ 1 กราฟแสดงการ Calibration curve ของ Gap sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
คุณสมบัติของน้ำมันพืช

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของน้ำมันพืช

คุณสมบัติ	น้ำมันปาล์มรีไฟน์	น้ำมันมะพร้าวรีไฟน์
ความหนืดสัมบูรณ์ ,mPa.s		
@ 25 ° C	71.6	5839
@ 40 ° C	42.3	33.5
@ 60 ° C	26.7	19.8
@ 80 ° C	12.9	12.5
@ 100 ° C	9.09	10.3
ความหนืดจลน์ ,cSt	30.92	29.79
@ 40 ° C	6.5	6.06
@ 100 ° C		
จุดหลอมเหลว (Melting point)	35 ° C	25 ° C
ค่าไอโอดีน (Iodine number) , g	44-60	7.5-10
ค่าซาปอนนิฟิเคชั่น (Saponification number) ,mg	190-195	246-265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
คุณสมบัติของสารเติมแต่ง

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของสารเติมแต่ง

ประเภทของสารเติมแต่ง	คุณสมบัติ
สารเพิ่มดัชนีความหนืด Polyisobutelene Polymethacrylate Styrene based polyester Styrene based copolymer Ethylene propylene copolymer	เป็นสารที่ช่วยลดอัตราการเปลี่ยนแปลงความหนืดเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป ช่วยให้น้ำมันหล่อลื่นสามารถใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิที่ต่างๆกัน
สารต้านทานการเกิดออกซิเดชั่นกับอากาศ Zinc dithiophosphate Phenate sulfide Phospho sulfide Aromatic amine Sulfurized esters Hindered phenol	เป็นสารที่ใช้หน่วง หรือต้านทานการรวมตัวกับออกซิเจนในอากาศ ไม่ให้ทำปฏิกิริยากับน้ำมันโดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูงๆ
สารช่วยกระจายเขม่าตะกอน Polyisobutenyl succinimide Polyisobutenyl succinic ester	สารชนิดนี้จะทำหน้าที่คอยจับสิ่งสกปรก หรือสิ่งแปลกปลอมที่ปนอยู่ในน้ำมันให้รวมตัวกันอยู่ที่ก้นอ่างน้ำมัน ในรูปของตะกอนน้ำมัน หรือวานิช
สารต้านทานการสึกหรอ Zinc dithiophosphate Dithiocarbamate Alkaline detergent	เป็นสารที่ช่วยลดการสึกหรอที่เกิดจากการกัดกร่อน
สารป้องกันการเกิดสนิม Alkaline detergent Alkenylsuccnic acid Alkelate phenoxy alkalene oxied	เป็นสารที่ทำหน้าที่ให้สารหล่อลื่นจับตัวกัน ช่วยลดการทำปฏิกิริยาระหว่าง ความชื้นกับโลหะ ลดการเกิดออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

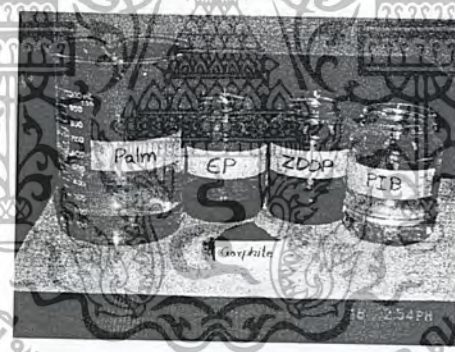
ตารางที่ 2 (ต่อ) คุณสมบัติของสารเติมแต่ง

ประเภทของสารเติมแต่ง	คุณสมบัติ
สารช่วยชะล้างทำความสะอาด (Detergentes) Sulfonate Phenate Phosphonate Salicylate	จะทำหน้าที่ป้องกันการรวมตัวของคราบตะกอนที่เกิดขึ้น
สารลดจุดไหลเท (Pour point depressante) Polymethacrylaye Styrene based polyester Crosslinked alkyl phenols Alkyl naphthalene	เป็นสารที่ใช้ควบคุมการเกิดเป็นขี้ผึ้ง ในน้ำมันโดยเฉพาะในที่อุณหภูมิต่ำๆทำให้น้ำมันหล่อลื่นไม่แข็งตัว
สารต้านทานการเกิดฟอง (Aati-foaming agents) Silicone Polycrylates	มีหน้าที่ขัดขวาง หรือลดการเกิดฟองทั้งที่เกิดจากน้ำมัน และสารเติมแต่งตัวอื่น จะลดแรงตึงผิวของสารหล่อลื่น

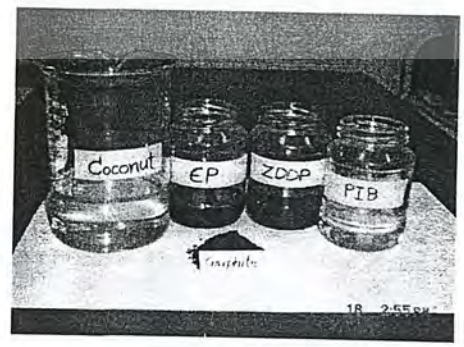
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
รูปอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

รูปที่ 2 น้ำมันขึ้นรูปโลหะ (Form oil)

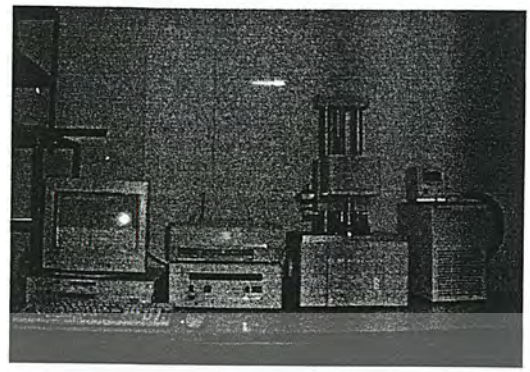


รูปที่ 3 น้ำมันปาล์มและสารเติมแต่งที่ใช้ทดลอง



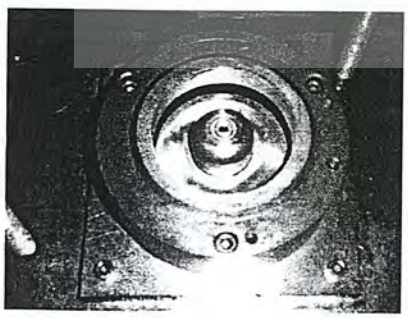
รูปที่ 4 น้ำมันมะพร้าวและสารเติมแต่งที่ใช้ทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

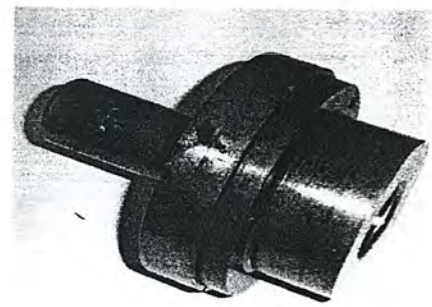


รูปที่ 5 เครื่องมือวัดทาง Rheology lap test

รูปที่ 6 เครื่องปั๊มขึ้นรูปโลหะ

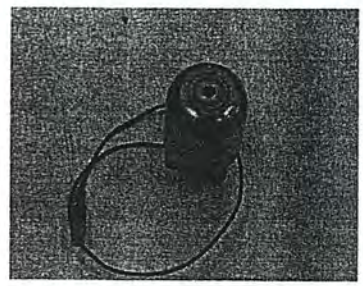


รูปที่ 7 ชุด ตัว Punch



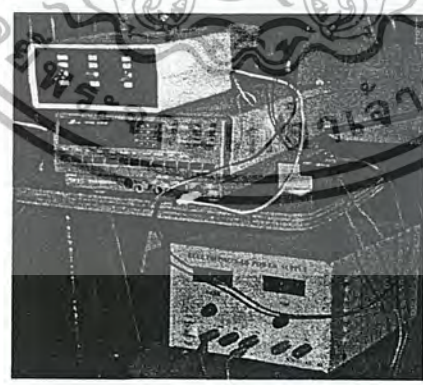
รูปที่ 8 ชุด ตัว Die

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 การติดตั้ง Gap sensor เข้ากับ ตัว Punch

รูปที่ 10 การติดตั้ง Thermocouple เข้ากับ ตัว Die



รูปที่ 11 ชุดแปลงสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

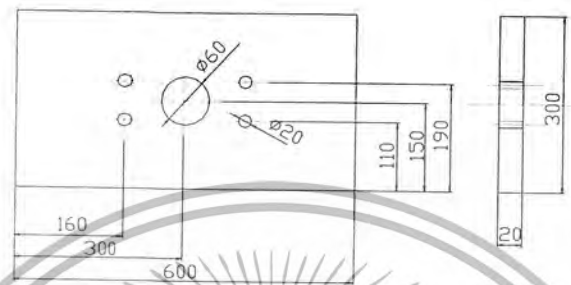
ภาคผนวก จ

การออกแบบโครงสร้างเครื่องปั๊มขึ้นรูปโลหะ

โครงสร้างเครื่องปั๊มขึ้นรูปโลหะ

เสาและคานบน-ล่างของเครื่องปั๊มอัดขึ้นรูป

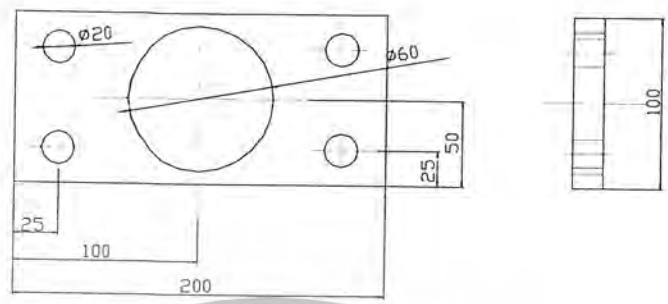
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผ่นฐานบนยึดกระบอกสูบ

แผ่นยึดตัวพั้นช์

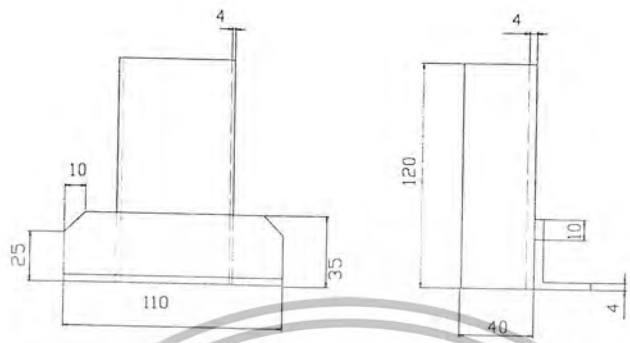
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตัวยึดหัวกระบอกสูบตัวเข้ากับโครง

ตัวยึดก้านตัวดาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตัวประกบยึดตัวกระบอกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] ชาญชัย ทรัพยากร, การออกแบบแม่พิมพ์. กรุงเทพมหานคร:บริษัท ส.เอเชียเพชร จำกัด, 1998

[2] Ranny,M.W., 1973. Lubricant Additives. Noyes Data Co : London

[3] Hashimoto H., Mongkolwongrojn M. 1993 Advanced lubrication theory. KMITL Bangkok

[4] B.J. Hamrock , " Fundamentals of Fluid Film Lubrication ," McGraw-Hill , 1994.

[5] W.R.D. Wilson ,T-C. Hsu ,X-B.Hung ," A Realistic Friction Model for Computer Simulation of Sheet Metal Forming Processes", Trans. Of the ASME J. of Engineering for Industry, vol.117,1995.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้