บทที่ 2
คุณสมบัติทางไทรโบโลยีเบื้องต้นของน้ำมันปาล์ม

วิธีการศึกษาในขั้นต้นจะดำเนินการศึกษาวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติด้านไทรโบโลยีของน้ำมันปาล์ม (ไทรโบโลยี (TRIBOLOGY) เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมด้านการเสียดทาน การสึกหรอและการหล่อลื่นของชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีการเคลื่อนที่ อาทิเช่น ฟันเฟือง ตลับลูกปืน โซ่ รางเลื่อน เครื่องจักร ผ้าเบรก แผ่นคลัชท์ เป็นต้น) คุณลักษณะทั่วไปทางด้านกายภาพและเคมีเช่น ความหนืด ดัชนีความหนืด การต่อต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น การต่อต้านการสึกหรอ การต่อต้านการออกซิเดชั่น การกัดกร่อนแผ่นทองแดง ความสามารถในการต้านทานการเกิดสนิม เป็นต้น ทั้งนี้จะนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับสารหล่อลื่นอุตสาหกรรมที่ผลิตจากน้ำมันแร่ทั่วไปที่มีใช้ในท้องตลาด โดยคุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำมันปาล์มที่เปรียบเทียบกับสารหล่อลื่นอุตสาหกรรมได้แก่

1. คุณสมบัติทั่วไป เช่น สี ความถ่วงจำเพาะ
2. ความหนืด
3. ความสามารถในการต้านทานการสึกหรอเบื้องต้น

การทดสอบพฤติกรรมการต่อต้านการสึกหรอแบบคอนฟอร์มอลคอนแท็ค (Conformal Contact) ของวัสดุคู่สัมผัสของเพลากับแบริ่งกาบ

การทดสอบพฤติกรรมการต่อต้านการสึกหรอแบบเคาน์เตอร์ฟอร์มอลคอนแท็ค (Counterformal Contact) ด้วยเครื่องทดสอบแบบลูกบอล 4 ลูก (Four-Ball Machine Test)

4. ความสามารถในการต้านทานการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น
5. ความสามารถในการต้านทานการเกิดสนิม (Rust Prevention)

ขั้นตอนการทดสอบและการวิเคราะห์ผล

1. การทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้น

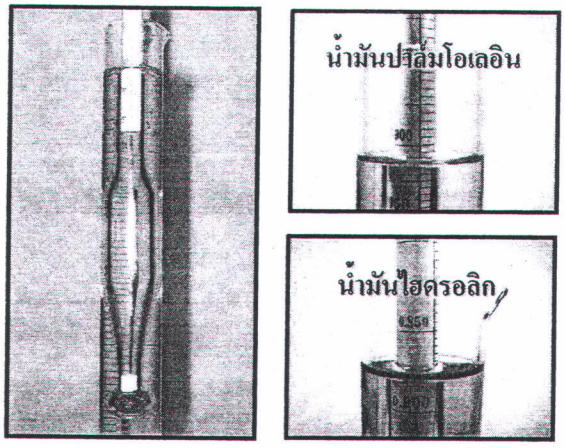
เนื่องจากน้ำมันไฮดรอลิกเป็นน้ำมันที่ต้องการคุณสมบัติและคุณภาพดีมากกว่าน้ำมันในระบบการหล่อลื่นอื่น ๆ มาก ซึ่งถ้าสามารถพัฒนาให้คุณสมบัติของน้ำมันปาล์มใกล้เคียงกับน้ำมันไฮดรอลิกอุตสาหกรรมได้ การพัฒนาน้ำมันปาล์มไปใช้งานเป็นน้ำมันหล่อลื่นชนิดอื่น ๆ ก็จะทำได้ง่ายยิ่งขึ้น ดังนั้นการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นใน 6 เดือนแรกนี้ของน้ำมันปาล์มจะทำการศึกษาโดยการเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของน้ำมันไฮดรอลิกที่มีความหนืดใกล้เคียงกับน้ำมันปาล์มเป็นหลัก (น้ำมันไฮดรอลิกเบอร์ 46)

1.1 การวัดความถ่วงจำเพาะของน้ำมันปาล์มเปรียบเทียบกับสารหล่อลื่นอุตสาหกรรม

การวัดความถ่วงจำเพาะของน้ำมันปาล์มเปรียบเทียบกับน้ำมันไฮดรอลิกเบอร์ 46 ซึ่งเป็นน้ำมันอุตสาหกรรมที่มีค่าความหนืดใกล้เคียงกับน้ำมันปาล์มโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer) ในการวัด (รูปที่ 2) พบว่าค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันปาล์มมีค่าสูงกว่าน้ำมันไฮดรอลิกเบอร์ 46 เล็กน้อยตามผลการทดสอบดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันปาล์มโอเลอีนกับน้ำมันไฮดรอลิกเบอร์ ISO VG 46

ชนิดของน้ำมัน	ความถ่วงจำเพาะที่อุณหภูมิห้อง (30°ซ.)
น้ำมันปาล์มโอเลอีน	0.905
น้ำมันไฮดรอลิกเบอร์ ISO VG 46	0.870

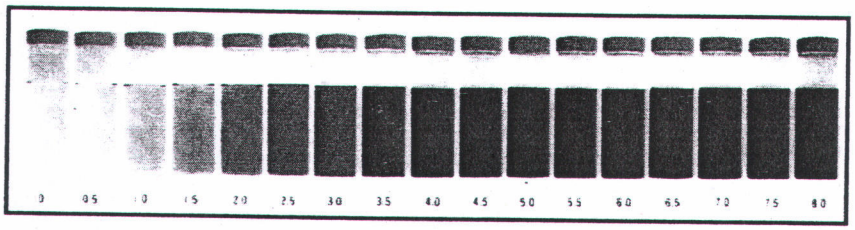


รูปที่ 2 แสดงเครื่องมือวัดและวิธีการวัดค่าความถ่วงจำเพาะและผลการวัด

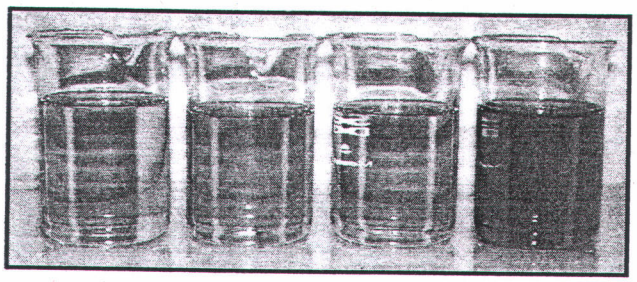
1.2 การทดสอบสีของน้ำมันปาล์ม

คุณสมบัติของสารหล่อลื่นที่นิยมตรวจวิเคราะห์เพื่อเป็นการอ้างอิงเบื้องต้นคือสีของสารหล่อลื่นที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า โดยทั่วไปจะใช้เกจวัดสีของสารหล่อลื่นในระบบ ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS: ASTM) ซึ่งในระบบสีดังกล่าวจะแบ่งระดับสีของสารหล่อลื่นเป็น 16 ระดับ (ดังแสดงในรูปที่ 1) คือ ระดับ 0 ถึง 8 โดยแบ่งเป็นขั้น ๆ ละ 0.5 ระดับตามระดับสีของสารหล่อลื่นที่เข้มขึ้น ประโยชน์โดยทั่วไปมักไม่ได้นำมาใช้ในการประเมินคุณสมบัติทางกายภาพใด ๆ ของน้ำมันหล่อลื่นใหม่ แต่มักจะนำมาใช้ประโยชน์สำหรับการระบุถึงความน่าจะเป็นของการเกิดการปนเปื้อนด้วยสิ่งสกปรกจากการใช้งาน อาทิเช่น เศษโลหะจากการสึกหรอที่เกิดขึ้นอย่างปกติหรือผิดปกติในการใช้งาน หรืออาจจะเกิดจากการปนเปื้อนด้วยฝุ่นละออง เศษซีล ฯลฯ หรืออาจจะเกิดจากผลของปฏิกิริยาออกซิเดชั่น โดยที่ผลผลิตของปฏิกิริยาดังกล่าวอาจจะอยู่ในรูปแบบของตม

ตะกอนหรือคราบสิ่งสกปรก ในขั้นต้นนี้ดังแสดงในรูปที่ 3 พบว่าน้ำมันปาล์มกลั่นจะมีระดับสีในระบบ ASTM D 1500 ที่ระหว่างตัวเลข 2 ถึง 3



ASTM oil colour gauge



สีของน้ำมันปาล์มโอเลอีน น้ำมันไฮดรอลิก

สีของน้ำมันปาล์มโอลีนเทียบกับน้ำมันไฮดรอลิค

รูปที่ 3 การเปรียบเทียบระดับสีของน้ำมันปาล์ม น้ำมันอุตสาหกรรมกับระดับสีของ ASTM

2. การทดสอบค่าความหนืดและดัชนีความหนืด

การทดสอบที่นิยมทำการตรวจวิเคราะห์เพื่อประเมินความสามารถในการผลิตเป็นสารหล่อลื่น คือการต่อต้านการไหล (FLOWABILITY) หรือคือค่าความหนืด (VISCOSITY) วิธีการที่นิยมใช้กันคือ ตามระบบ ASTM หมายเลข D 446 วิธีการดังกล่าวใช้หลักการในการจับเวลาการการไหลผ่านหลอดทดลองเฉพาะของ ASTM โดยที่เวลาในการไหลผ่านหลอดที่ปริมาณคงที่ ดังนั้นสารหล่อลื่นใดใช้เวลานานกว่าก็จะมีความหนืดหรือการต่อต้านการไหลที่สูงกว่า ปกติจะทำการวิเคราะห์ค่าความหนืดที่สองระดับอุณหภูมิคือ 40 °ซ. กับ 100 °ซ. หน่วยที่วัดได้จากระบบนี้จะมีหน่วยของความหนืดเป็นเซนติสโตค (CENTISTOKE: cSt) โดยที่ค่าความหนืดทั้งสองระดับอุณหภูมิจะถูกนำไปใช้ในการหาค่าดัชนีความหนืด (VISCOSITY INDEX: VI) ดังแสดงในสมการที่ 1

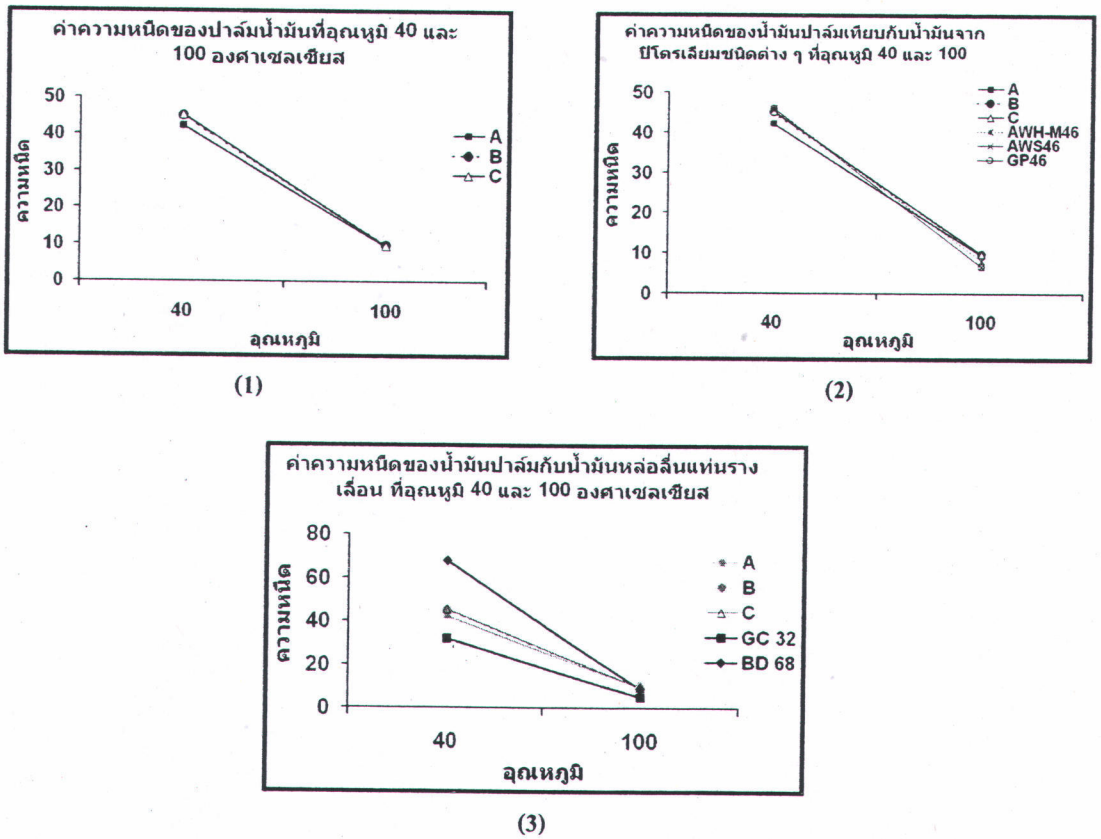
$$VI = \frac{(L-U)\times 100}{(L-H)} \qquad \text{---------- (1)}$$

เมื่อ U = ค่าความหนืดที่ 40°ซ.

L, H = ค่าจากตารางความหนืดที่ 100°ซ.

ค่าดัชนีความหนืดเป็นค่าที่ไม่มีหน่วยหรือไร้มิติ ซึ่งค่าดังกล่าวใช้ในการระบุถึงความสามารถการต่อต้านการสูญเสียความหนืดที่อุณหภูมิสูง ๆ ตัวเลขยิ่งมีค่ามากเช่นเกินกว่า 100 ขึ้นไปถือว่าต่อต้านความร้อนได้ดี โดยมีการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดน้อยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งจะเป็นผลดีในแง่ของการหล่อลื่นและการต่อต้านการสึกหรอในการใช้งานที่อุณหภูมิสูง ๆ รูปที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าความหนืดที่ 2 ระดับอุณหภูมิ (40 °ซ. กับ 100 °ซ.) โดยเปรียบเทียบระหว่างพฤติกรรมของน้ำมันปาล์มกับสารหล่อลื่นอุตสาหกรรมคือน้ำมันไฮดรอลิคและน้ำมันหล่อลื่นอุตสาหกรรมทั่วไป

เนื่องจากค่าความหนืดของน้ำมันปาล์มที่คำนวณได้จากสมการที่ 1 พบว่ามีค่าดัชนีความหนืดมากกว่า 100 ดังนั้นจึงต้องทำการคำนวณค่าความหนืดใหม่โดยอ้างอิงจากมาตรฐาน ASTM D 2270 เนื่องจากถ้าใช้การคำนวณจากสมการที่ 1 จะทำให้ได้ค่าดัชนีความหนืดที่ต่ำกว่าความเป็นจริง จากการคำนวณทำให้ได้ค่าดัชนีความหนืดตาม ASTM D 2270 ของน้ำมันปาล์มโอเลอินอยู่ที่ประมาณ 208



รูปที่ 4 พฤติกรรมของค่าความหนืดของน้ำมันปาล์มเปรียบเทียบกับสารหล่อลื่นอุตสาหกรรม

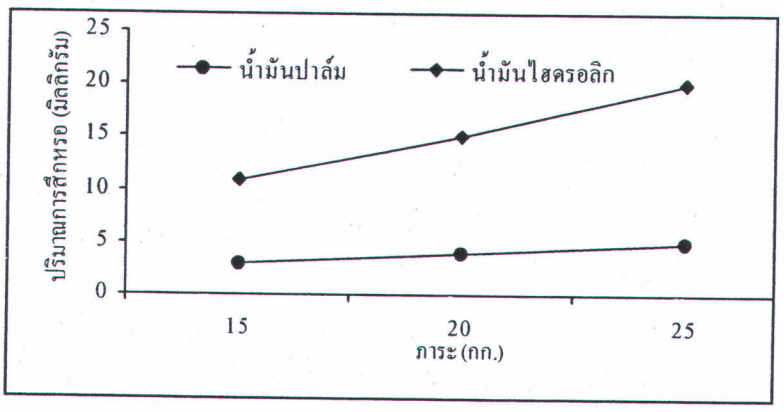
จากผลการทดสอบข้างต้นของการศึกษาพบว่าน้ำมันปาล์มมีความหนืดที่อุณหภูมิ 40 °ซ. (41±1 เซนติสโตค) ที่ใกล้เคียงกับน้ำมันหล่อลื่นอุตสาหกรรมในระบบ ISO VG หรือระบบความหนืดนานาชาติ (INTERNATIONAL STANDARD VISCOSITY GRADE) ที่ ISO VG 46 (หมายความถึงว่าน้ำมันหล่อลื่นอุตสาหกรรมที่มีขายในท้องตลาดจะมีตัวเลขห้อยท้ายชื่อทางการค้าโดยตัวเลขดังกล่าว

เป็นค่าความหนืดของสารหล่อลื่นนั้นมีค่าเป็นหน่วยวัดของเซนติสโตคที่อุณหภูมิ 40 °ซ.) และจากการคำนวณค่าดัชนีความหนืดตาม D 2270 และเห็นได้ว่าคุณสมบัติของน้ำมันปาล์มเมื่อเทียบกับสารหล่อลื่นอุตสาหกรรมนั้นค่าดัชนีความหนืดของน้ำมันปาล์มมีค่าประมาณมากกว่า 150 เมื่อเทียบกับสารหล่อลื่นอุตสาหกรรมทั่ว ๆ ไปที่อยู่ที่ประมาณ 95 ถึง 100 จึงสรุปได้ว่าคุณสมบัติในการต่อต้านการสูญเสียความหนืด เมื่ออุณหภูมิการใช้งานเปลี่ยนแปลงไปของน้ำมันปาล์มเทียบเท่าหรือดีกว่าสารหล่อลื่นอุตสาหกรรมโดยทั่ว ๆ ไป

3. การทดสอบพฤติกรรมการต่อต้านการสึกหรอ

3.1 การทดสอบพฤติกรรมการต่อต้านการสึกหรอแบบคอนฟอร์มอลคอนแท็ค (CONFORMAL CONTACT) ของวัสดุคู่สัมผัสของเพลากับแบริ่งกาบ

การทดสอบคุณสมบัติถึงพฤติกรรมในการต่อต้านการสึกหรอนับเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในการประเมินถึงความเป็นไปได้ในการนำน้ำมันปาล์มไปใช้เป็นสารหล่อลื่นอุตสาหกรรม เพื่อทำการศึกษาพฤติกรรม การต่อต้านการสึกหรอ (ANTI-WEAR (AW) CHARACTERISTICS)) ของน้ำมันปาล์ม ในงานวิจัยส่วนนี้ใช้การศึกษาโดยการวิเคราะห์การต่อต้านการสึกหรอของวัสดุทำแบริ่งกาบ โดยมีการสัมผัสของคู่วัสดุของเพลากับแบริ่งกาบเป็นแบบคอนฟอร์มอลคอนแท็ค (CONFORMAL CONTACT) ในที่นี้มีปัจจัยที่ถูกควบคุมให้คงค่าไว้ในการทดลองคือที่ความเร็วระดับเดียวกัน ระยะเวลาในการทดสอบเท่ากัน ภาระการทดสอบเท่ากัน (ในสามระดับภาระ) และปัจจัยที่แปรเปลี่ยนเพื่อศึกษาถึงผลกระทบคือสารหล่อลื่นที่ต่างกันคือ น้ำมันปาล์มเปรียบเทียบกับน้ำมันไฮดรอลิคเบอร์ ISO VG 46 ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดผลการทดสอบเบื้องต้นแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 พฤติกรรมการต่อต้านการสึกหรอของน้ำมันปาล์มเปรียบเทียบกับน้ำมันไฮดรอลิค

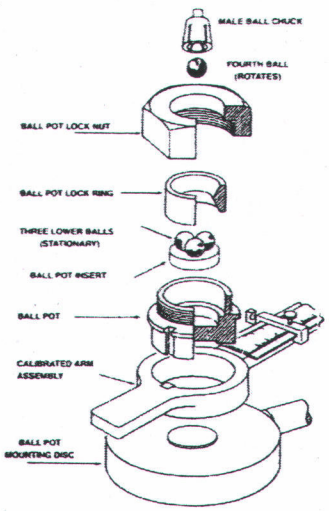
จากรูปที่ 5 วิเคราะห์ผลเบื้องต้นได้ว่าพฤติกรรมการต่อต้านการสึกหรอของน้ำมันปาล์มเปรียบเทียบกับน้ำมันไฮดรอลิคอุตสาหกรรมนั้นแสดงว่ามีข้อดีกว่าในแง่ของการต้านทานการสึกหรอ

ในสภาวะที่ทำการทดสอบ ภายใต้สภาวะการหล่อลื่นแบบบาวน์ดารี่หรือการหล่อลื่นแบบผสม ภายใต้การรับภาระแบบพื้นที่ (Conformal Contact)

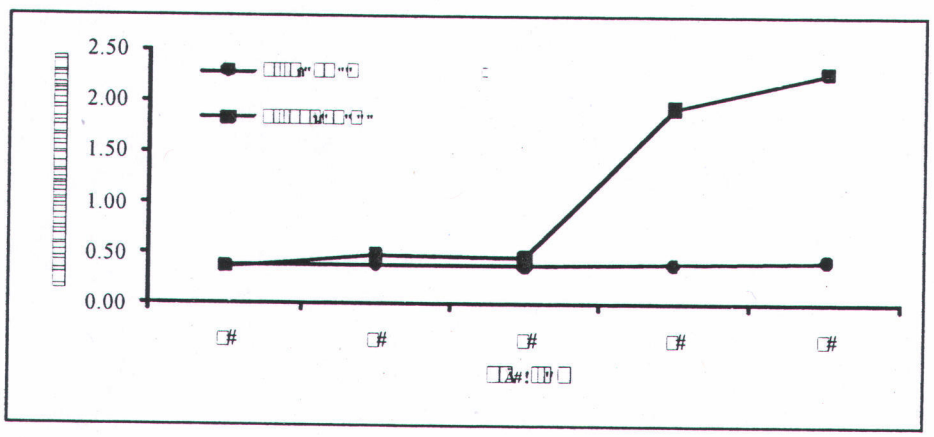
3.2 การทดสอบพฤติกรรมการต่อต้านการสึกหรอแบบลูกบอล4 ลูก (Determination of extreme pressure and antiwear properties of lubricants-four-ball machine test)

เป็นการทดสอบพฤติกรรมการต่อต้านการสึกหรอของสารหล่อลื่น โดยใช้ลูกบอล 4 ลูก (AISI 52100 ขนาด 12.7 มม) หลักการทดสอบด้วยวิธีการนี้คือ ยึดลูกบอล 3 ลูก อยู่กับที่แล้วให้ลูกบอลลูกที่สี่หมุนอยู่ด้านบนด้วยความเร็วรอบ 1500 รอบ ในระยะเวลา 1 นาที โดยให้น้ำหนักกดลงบนลูกบอลการทดสอบนี้อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D 2783 ดังแสดงในรูปที่ 6

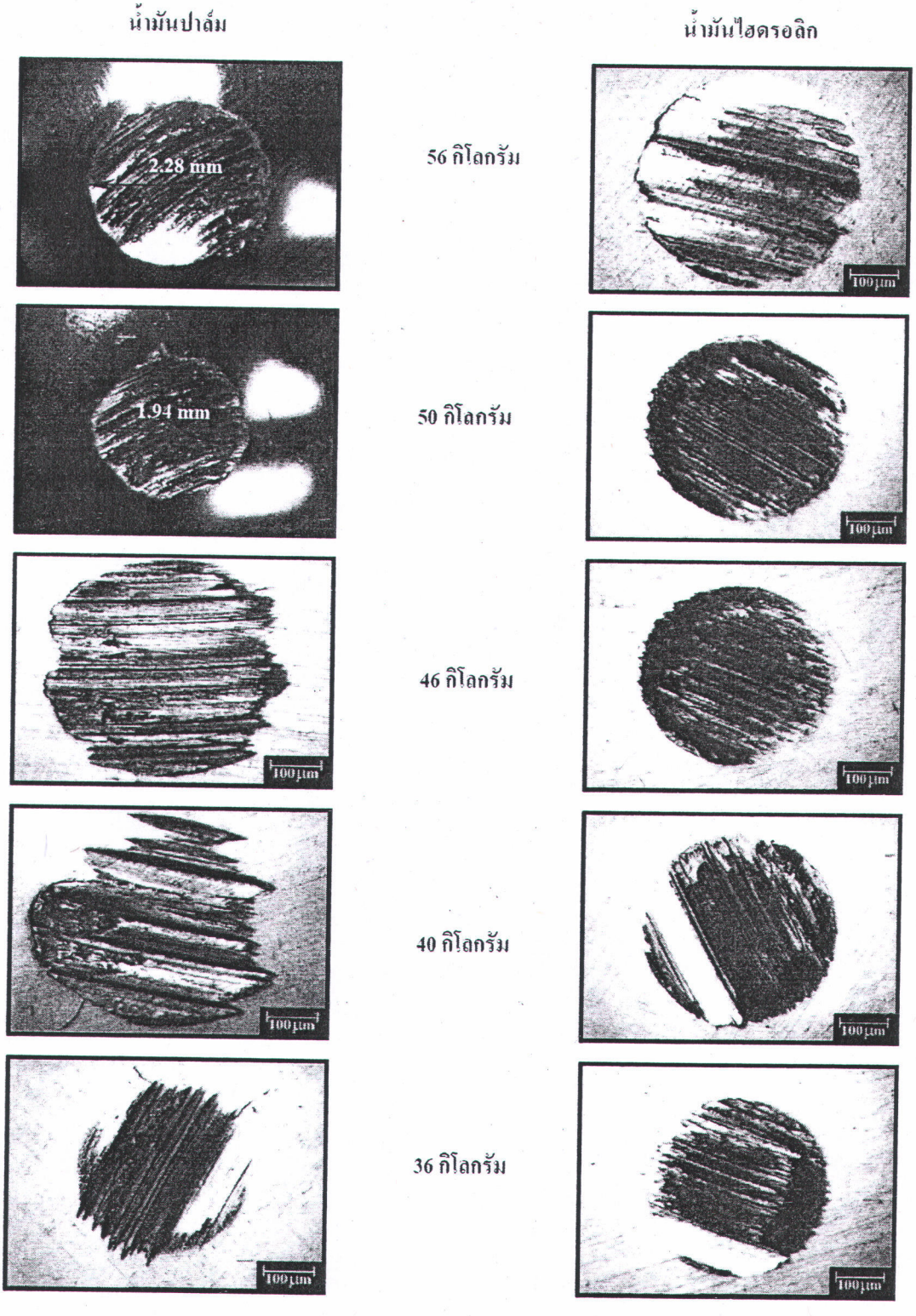
ผลจากการทดสอบ (รูปที่ 7) แสดงให้เห็นว่าน้ำมันปาล์มโอเลอีนมีคุณสมบัติในการต้านทานการสึกหรอแบบจุด (Point Contact) ต่ำกว่าน้ำมันไฮดรอลิกที่มีค่าความหนืดใกล้เคียงกัน (เบอร์ 46) จึงเป็นแนวทางที่จะต้องวิเคราะห์และวิจัยต่อไป เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติการต่อต้านการสึกหรอในการรับภาระที่เป็นจุดหรือเคาน์เตอร์ฟอร์มอลคอนแทค (Counterformal Contact)



รูปที่ 6 แสดงลักษณะการทดสอบแบบลูกบอล 4 ลูก (Four-Ball Wear Tester)



รูปที่ 7 แสดงผลการทดสอบแบบลูกบอล 4 ลูก (Four-Ball Test)

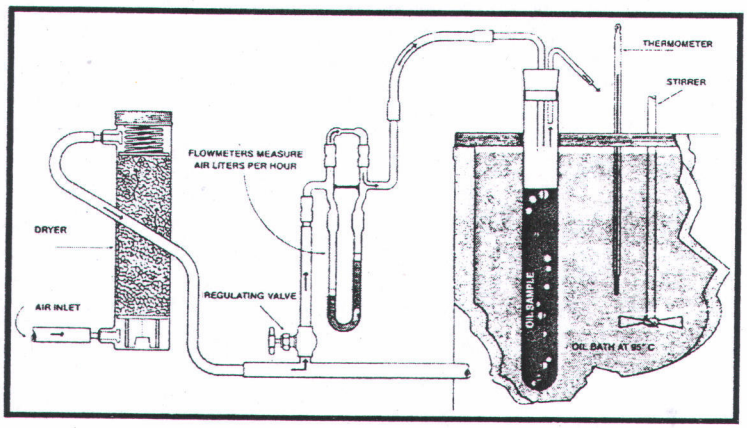


รูปที่ 8 แสดงลักษณะรอยสึกหรอที่เกิดขึ้นบนเม็ดลูกปืนจากการทดสอบ

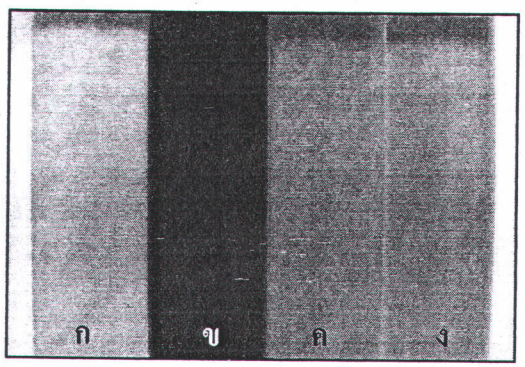
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ - 9 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 247609
เลขเรียกหนังสือ

4. การทดสอบความสามารถในการต้านทานการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (EXTREME-PRESSURE OIL OXIDATION)

คุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของสารหล่อลื่นคือ ความสามารถในการต้านทานการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นขึ้นในน้ำมันจะทำให้น้ำมันสูญเสียคุณสมบัติทางด้านความหนืดและคุณสมบัติทางเคมีไป โดยถ้าน้ำมันเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นขึ้นจะทำให้มีความหนืดเพิ่มขึ้นหรือสังเกตุจากสภาพของน้ำมันอย่างง่าย ๆ คือ น้ำมันจะมีความหนืดมากขึ้นและมีสีเข้มขึ้นจนเป็นสีดำ โดยสังเกตได้จากน้ำมันปาล์ม ซึ่งจะมีความสามารถในการต้านทานการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นต่ำมาก เมื่อเทียบกับน้ำมันไฮดรอลิก หลังจากทำการทดสอบโดยอ้างอิงจากมาตรฐานตาม ASTM D-2893 (EXTREME-PRESSURE OIL OXIDATION) ได้ผลตามรูปที่ 10



รูปที่ 9 แสดงวิธีการทดสอบการทดสอบความสามารถในการต้านทานการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น



รูปที่ 10 แสดงลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปของน้ำมันปาล์มและน้ำมันไฮดรอลิกหลังจากการทดสอบการต้านทานการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น

ก น้ำมันปาล์มก่อนการทดสอบ ข น้ำมันปาล์มหลังการทดสอบ

ค น้ำมันไฮดรอลิกก่อนการทดสอบ ง น้ำมันไฮดรอลิกหลังการทดสอบ

จากรูปที่ 10 หลังจากการทดสอบพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงทั้งสีและความหนืดเกิดขึ้นน้อยมากกับน้ำมันไฮดรอลิก แต่น้ำมันปาล์มเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นอย่างมากคือ จากน้ำมันสีเหลืองอ่อนกลายเป็นน้ำมันที่มีลักษณะข้นเหนียวสีดำและมีกลิ่นเหม็น

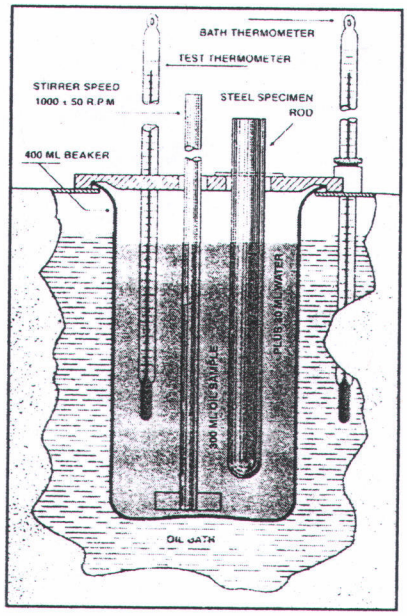
6. ความสามารถในการต้านทานการเกิดสนิม (RUST PREVENTION)

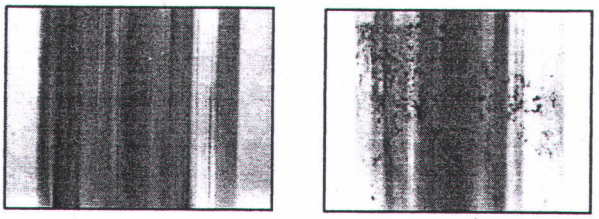
คุณสมบัติในการต่อต้านการเกิดสนิมของสารหล่อลื่นเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของสารหล่อลื่น เนื่องจากเหล็กเป็นวัสดุที่นิยมนำมาใช้ผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกลต่าง ๆ และในการหล่อลื่นเครื่องจักรก็จะหล่อลื่นชิ้นส่วนที่เป็นเหล็ก โดยคุณสมบัติที่สำคัญของสารหล่อลื่นคือ จะปกคลุมผิวของชิ้นส่วนที่เป็นเหล็กไม่ให้ออกซิเจนและความชื้นเข้ามาทำปฏิกิริยาจนเกิดเป็นสนิม ดังนั้นสารหล่อลื่นต้องมีคุณสมบัติในการยึดเกาะ ปกคลุม และป้องกันความชื้นเข้าไปที่ผิวของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลได้ ในการทดสอบหาคุณสมบัติในการต้านทานการเกิดสนิมได้ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D-665 (RUST PREVENTION) โดยได้ผลการทดสอบดังต่อไปนี้

ผลการทดสอบหาส่วนผสมของเหล็กที่นำมาใช้อยู่ในเกรด SAE 1015 ตามที่กำหนดจากมาตรฐาน ASTM D-665 โดยการทำการทดสอบหาส่วนผสมด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุ (Spectrometer) ได้ส่วนผสมหลักดังต่อไปนี้

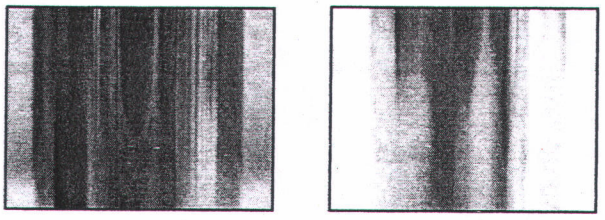
C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Fe (%)
0.120	0.209	0.387	0.0135	0.0218	98.88

และจากการทดสอบความสามารถในการต้านทานการเกิดสนิม โดยนำชิ้นทดสอบที่ทำจากวัสดุ SAE 1015 แช่ไว้ในน้ำมันตัวอย่างที่ผสมด้วยน้ำกลั่นและกวนด้วยความเร็วรอบ 1,000 รอบต่อนาที ที่ 60 $^{\circ}$ซ. เป็นเวลา 24 ชั่วโมงดังรูปที่ 12 ปรากฏว่าน้ำมันปาล์มโอเลอินมีคุณสมบัติในการต่อต้านการเกิดสนิมที่ด้อยกว่าน้ำมันไฮดรอลิก เบอร์ 46 อย่างเห็นได้ชัดเจน โดยได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 12





น้ำมันปาล์มโอเลอิน



น้ำมันไฮดรอลิก เบอร์ 46

รูปที่ 12 แสดงวิธีการทดสอบและผลการทดสอบความสามารถในการต้านทานการเกิดสนิม

สรุปผลคุณสมบัติทางไทรโบโลยีเบื้องต้นของน้ำมันปาล์ม

ในงานวิจัยพื้นฐานนี้ได้ศึกษาถึงพฤติกรรมพื้นฐานด้านไทรโบโลยีเบื้องต้นเปรียบเทียบกับสารหล่อลื่นอุตสาหกรรมที่มีค่าความหนืดที่ใกล้เคียงกันที่อุณหภูมิ 40°ซ. พบว่า

1. คุณสมบัติของความหนืดที่ 40 °ซ. มีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันหล่อลื่นอุตสาหกรรมในระบบนานาชาติที่ ISO VG 46
2. ดัชนีความหนืดของน้ำมันปาล์มโอเลอินมีค่าสูงกว่าน้ำมันหล่อลื่นอุตสาหกรรมที่มีระดับความหนืดใกล้เคียงกัน
3. คุณสมบัติในการต่อต้านการสึกหรอของน้ำมันปาล์มโอเลอินเป็นไปได้ทั้งด้อยกว่าและเด่นกว่าสารหล่อลื่นอุตสาหกรรม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะของการทดสอบและทำให้จำเป็นต้องพัฒนาด้านการต่อต้านการสึกหรอ (Anti-Wear และ Extreme Pressure) ต่อไป
4. คุณสมบัติในการต่อต้านการเกิดออกซิเดชั่นของน้ำมันปาล์มโอเลอินต่ำกว่าสารหล่อลื่นอุตสาหกรรมอย่างเห็นได้ชัด และเป็นจุดสำคัญที่จะต้องมีการพัฒนาต่อไปในงานวิจัยนี้
5. คุณสมบัติในการต้านทานการเกิดสนิมของน้ำมันปาล์มโอเลอินต่ำกว่าสารหล่อลื่นอุตสาหกรรมอย่างเห็นได้ชัด และควรต้องทำการปรับปรุงคุณสมบัติในด้านนี้ด้วย

หมายเหตุ เนื่องจากน้ำมันปาล์มที่ทดสอบยังไม่มีสารปรุงแต่งใด ๆ เลย จึงยังมีหนทางในการวิจัยและพัฒนาในด้านนี้ต่อไปในอนาคต