

การศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพและด้านเคมีของน้ำมันหล่อลื่น
เครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้แล้ว

DIESEL ENGINE USED OIL PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES
CHARACTERISTICS



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

การศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพและด้านเคมีของน้ำมันหล่อลื่น

เครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้แล้ว

DIESEL ENGINE USED OIL PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES
CHARACTERISTIC



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIESEL ENGINE USED OIL PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES
CHARACTERISTIC



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2557

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพและด้านเคมีของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้แล้ว
DIESEL ENGINE USED OIL PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES
CHARACTERISTIC

ผู้จัดทำ

1. นายชนาชัย เคียรประเสริฐ รหัสประจำตัว 54010269
2. นายเดชชาติ กิตติกุลสุธา รหัสประจำตัว 54010997
3. นายอรรถภูมิ จิรานุรักษ์ รหัสประจำตัว 54011520



(ผศ. ธิตีพัทธ์ ลิ้มกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพและด้านเคมีของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้แล้ว

นายชนาชัย เคียรประเสริฐ 54010269

นายเดชชาติ กิตติกุลสุธา 54010997

นายอรรถภูมิ จิรานุรักษ์ 54011520

ผศ. ธิติพัทธ์ ลิ้มกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2557

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติทางการกายและทางเคมีของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วในเครื่องยนต์ดีเซล โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วและทำการตรวจสอบคุณสมบัติที่ Focus Lab ด้วยมาตรฐาน ASTM-D6595, ASTM-D445, ASTM-D4739 และ FTIR ซึ่งคณะผู้จัดทำนำผลการตรวจสอบมาวิเคราะห์ผลจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่างๆ โดยการเทียบกับน้ำมันหล่อลื่นที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน เทียบกับอายุของน้ำมันหล่อลื่น และเทียบกับอายุของเครื่องยนต์ ด้วยการอธิบายผ่านแผนภูมิต่างๆ จากการวิเคราะห์ผลการทดลอง ค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติต่างๆยังอยู่ในเกณฑ์ และเห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIESEL ENGINE USED OIL PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES CHARACTERISTIC

Chanachai Kheanprasert	54010269
Detchart Kittikulsutha	54010477
Attapoom Jiranurak	54011520
Asst.Prof.Thitipat Limkul	Advisor
Year 2014	

ABSTARCT

This research studies the physical and chemical properties characteristic of oils used in diesel engines. The samplings of lubricant used check features by Focus Lab that test in standards ASTM-D6595, ASTM-D445, ASTM-D4739 and FTIR. Which test results, we analyze the results to determine the effect of the change in the properties. Various by the oil that has not been used, compared to the Age of Oil and the engine age. By explaining the various charts. From the analysis of the experimental results, the average value of the property is subject to rules that set up warning. And it turns out the relationship of the properties.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์
 ธิติพัทธ์ ลิ้มกุล ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ แก่คณะผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ ขอขอบคุณ
 TOYOTA TBN, ISUZU ตรีเพชร สาขาอุดมสุข, German Auto สำหรับตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น
 ที่ใช้ในการศึกษา ขอขอบคุณ Focuslab ที่คอยเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำปฏิบัติการทางเคมีตรวจสอบ
 ตัวอย่างการทดลองของการทำปริญญานิพนธ์ และคำแนะนำต่างๆ เกี่ยวกับผลการทดลอง
 ที่เกิดขึ้น และคณะอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรม เครื่องกลที่ได้ให้ความรู้
 ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ เล่มนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี
 คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

และคณะเพื่อนทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำและกำลังใจในการทำงาน
 สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่ให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้าน

นาย ชนาชัย เคียรประเสริฐ
 นาย เตชชาติ กิตติกุลสุธา
 นาย อรรถภูมิ จิรานุรักษ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 เหตุผลและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ทฤษฎีและหลักในการสร้างโปรแกรม.....	3
2.1.1 น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์.....	3
2.1.2 หน้าที่ของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์.....	3
2.1.3 คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน.....	5
2.1.4 มาตรฐานน้ำมันหล่อลื่น.....	6
2.2 ทฤษฎีการวิเคราะห์สารหล่อลื่นใช้แล้ว.....	6
2.3 การวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว.....	7
2.3.1 Wear metal element or wear metal debris (อนุภาคเศษโลหะสึกหรอ).....	7
2.3.2 Contaminant element (อนุภาคสิ่งสกปรก ปนเปื้อน).....	8
2.3.3 Additive element (ธาตุโลหะของสารเคมีปรุงแต่ง).....	8
2.3.4 Physical Properties of lubricants (คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น).....	8
บทที่ 3 การดำเนินงาน.....	10
3.1 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง.....	10
3.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	17
4.1 รวบรวมข้อมูลทั้งหมดในรูปแบบตารางแสดงข้อมูล.....	17
4.1.1 ผลข้อมูลจาก กลุ่มตัวอย่าง ในรูปแบบตาราง.....	17
4.2 แสดงผลข้อมูลเปรียบเทียบข้อมูลตัวอย่างในรูปแบบกราฟ.....	21
4.2.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่าง.....	21
4.2.2 ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง TOYOTA กับ ISUZU.....	25
4.2.3 ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง BMW.....	31
4.2.4 ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง BMW เทียบกับ จำนวนชั่วโมงในการใช้งานของน้ำมัน หล่อลื่น(กิโลเมตร)และจำนวนชั่วโมงในการใช้งานของรถยนต์(กิโลเมตร).....	37
4.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	40
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	41
5.1สรุปผลการศึกษา.....	38
ภาคผนวก.....	42
เอกสารอ้างอิง.....	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ค่าปริมาณอนุภาคโลหะทั้งหมดที่พบในตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น.....	17
4.2 (ต่อ) ค่าปริมาณอนุภาคโลหะทั้งหมดที่พบในตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น.....	18
4.3 ค่าปริมาณอนุภาคโลหะหลักที่พบในตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น.....	18
4.4 ค่าความหนืดในตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นเทียบกับค่าของน้ำมันหล่อลื่นใหม่.....	19
4.5 ค่า Oxidation ในตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น.....	19
4.6 ค่า Nitration ในตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น.....	20
4.7 ค่า TBN ในตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น.....	20
4.8 ค่าปริมาณ Soot ในตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น.....	21



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
3.1 ปุ่มสัญญาณภาค.....	10
3.2 ปุ่มสัญญาณภาคพร้อมขอไตตัวอย่าง.....	10
3.3 ลักษณะการเก็บตัวอย่างน้ำมัน.....	11
3.4 (ต่อ) ลักษณะการเก็บตัวอย่างน้ำมัน.....	11
3.5 ASTM D-6595 ตรวจสอบอนุภาคเศษโลหะต่างๆ.....	12
3.6 ASTM D-445 ตรวจสอบค่าความหนืดของน้ำมัน (Viscosity)	12
3.7 FTIR-Test ตรวจสอบสภาพของน้ำมันหล่อลื่น และตรวจหาสิ่งปนเปื้อน.....	13
3.8 ASTM D-4739 ตรวจสอบค่าความเป็นเบส (TBN)	13
3.9 (ก) ผลการตรวจ (ข) อธิบายรายละเอียดการอ่านผลการทดลอง.....	14
3.10 ความสัมพันธ์ของค่าเหล็กเทียบกับในแต่ละตัวอย่าง.....	14
3.11 ความสัมพันธ์ของโลหะเทียบกับอายุการใช้งานของรถยนต์.....	15
3.12 ความสัมพันธ์ของโลหะเทียบกับอายุน้ำมันและอายุการใช้งาน.....	15
3.13 ความสัมพันธ์ของค่าความหนืดเทียบกับในแต่ละตัวอย่าง.....	16
4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอนุภาคโลหะทั้งหมดที่พบในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง.....	21
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยจำนวนของโลหะเหล็กจากทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่าง ที่พบเทียบกับค่า u-warning.....	22
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความหนืดทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่างเทียบกับค่า u-warning.....	22
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Oxidation ทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่างกับค่า u-warning.....	23
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Nitration ทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่างกับค่า u-warning.....	23
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของ TBN ทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่างเทียบกับค่า L-warning.....	24
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของ SOOT ทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่างเมื่อเทียบกับค่า u-warning.....	24
4.8 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะเหล็กเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning.....	25
4.9 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะโครเมียมเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning.....	25
4.10 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะตะกั่วเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning.....	26
4.11 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะทองแดงเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning.....	26
4.12 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะดีบุกเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning.....	27
4.13 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะอลูมิเนียมเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning.....	27
4.14 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะนิกเกิลเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning.....	28
4.15 กราฟแสดงค่าความหนืดเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning.....	28
4.16 กราฟแสดงค่า Oxidation เทียบกับค่า u-caution กับ u-warning.....	29
4.17 กราฟแสดงค่า Nitration เทียบกับค่า u-caution กับ u-warning.....	29
4.18 กราฟแสดงค่า TBN เทียบกับค่า u-caution กับ u-warning.....	30
4.19 กราฟแสดงปริมาณน้ำที่ปนเปื้อนเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning.....	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัทฯ ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.20 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะเหล็กเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning.....	31
4.21 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะโครเมียมเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning.....	31
4.22 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะตะกั่วเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning.....	32
4.23 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะทองแดงเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning.....	32
4.24 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะดีบุกเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning.....	33
4.25 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะลูมิเนียมเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning.....	33
4.26 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะนิกเกิลเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning.....	34
4.27 กราฟแสดงค่าความหนืดเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning.....	34
4.28 กราฟแสดงค่า Oxidation เทียบกับค่า u-caution กับ u-warning.....	35
4.29 กราฟแสดงค่า Nitration เทียบกับค่า u-caution กับ u-warning.....	35
4.30 กราฟแสดงค่า TBN เทียบกับค่า u-caution กับ u-warning.....	36
4.31 กราฟแสดงปริมาณน้ำที่เทียบกับค่า u-caution กับ u-warning.....	36
4.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุภาคโลหะทั้งหมดที่พบ เทียบกับ จำนวนชั่วโมงในการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่น(กิโลเมตร)และจำนวนชั่วโมงในการใช้งานของ รถยนต์(กิโลเมตร).....	37
4.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืด เทียบกับ จำนวนชั่วโมงในการใช้งาน ของน้ำมัน หล่อลื่น(กิโลเมตร)และจำนวนชั่วโมงในการใช้งานของรถยนต์(กิโลเมตร).....	38
4.34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Oxidation เทียบกับ จำนวนชั่วโมงในการใช้งาน ของน้ำมัน หล่อลื่น(กิโลเมตร)และจำนวนชั่วโมงในการใช้งานของรถยนต์(กิโลเมตร).....	38
4.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Nitration เทียบกับ จำนวนชั่วโมงในการใช้งาน ของน้ำมัน หล่อลื่น(กิโลเมตร)และจำนวนชั่วโมงในการใช้งานของรถยนต์(กิโลเมตร).....	39
4.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า TBN เทียบกับ จำนวนชั่วโมงในการใช้งาน ของน้ำมัน หล่อลื่น(กิโลเมตร)และจำนวนชั่วโมงในการใช้งานของรถยนต์(กิโลเมตร).....	39
4.37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเขม่า เทียบกับ จำนวนชั่วโมงในการใช้งาน ของน้ำมัน หล่อลื่น(กิโลเมตร)และจำนวนชั่วโมงในการใช้งานของรถยนต์(กิโลเมตร).....	40

บทที่ 1

บทนำ

1.1 เหตุผลและความสำคัญของปัญหา

การขนส่งและการคมนาคมในปัจจุบันมีการเจริญเติบโตขึ้นอย่างมาก ตามการเติบโตของเศรษฐกิจที่ขยายตัวขึ้น ซึ่งทำให้ธุรกิจทางด้าน ภาคการขนส่ง ทั้งในด้านการขนส่งมวลชน และในด้าน การส่งพัสดุสิ่งของ ขนส่งวัตถุดิบในการผลิต ขนส่งผลผลิตต่างๆ ขนส่งทางด้านทรัพยากรธรรมชาติ เกิดขึ้นและเจริญเติบโตตามไปด้วย จากการเจริญเติบโตของภาคธุรกิจที่เกิดขึ้น ส่งผลให้ตลาดการแข่งขันทางด้านตัวพาหนะ ในการขนส่งมีการแข่งขันสูงขึ้นไปตามไปด้วย การที่ตลาดต่างๆเกิดการเจริญเติบโตขึ้นมานั้น ก็มีตลาดที่เป็นกลไกสำคัญ ในการดูแลรักษาสภาพเครื่องยนต์ของพาหนะต่างๆ คือ ตลาดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ โดยเฉพาะน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ดีเซล ที่มีกำลังการแข่งขันสูงขึ้นไป ซึ่งทางด้านผู้ผลิตเมื่อเห็น การตลาดที่เติบโตและมีการแข่งขันสูงขึ้นไป ก็ได้เข้าร่วมมาแบ่งส่วนแบ่งทางการตลาดนี้ด้วย เพื่อจะให้ผู้บริโภคต่างๆ เกิดความมั่นใจมากขึ้นที่จะใช้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นมาเพื่อยานพาหนะของตนเอง

เมื่อส่วนแบ่งการตลาดมีการแข่งขันกันสูงขึ้น ผู้ผลิตน้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อต่างๆ ก็ต้องพัฒนาสูตรของตนเองให้มีลักษณะที่โดดเด่นและสามารถรักษาสภาพเครื่องยนต์ ให้มีการสึกหรอน้อยลง กว่าเจ้าอื่นๆ จากตลาดน้ำมันหล่อลื่นมูลค่า 30,000-35,000 ล้านบาท/ปี หรือมีปริมาณการขายอยู่ที่ 500 ล้านลิตร/ปี ซึ่งมีมูลค่าเพิ่มขึ้นตามการเติบโตของตลาดขายรถ จากสถิตินี้จะเห็นว่า ตลาดในด้านนี้มีขนาดที่มีมูลค่ามาก

จากจุดนี้ทำให้เกิดข้อสงสัยมากขึ้น เนื่องจากการใช้ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะมีคำแนะนำการใช้ต่างๆที่มีกำหนดออกมา การแนะนำการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องนั้น เป็นแผนทางการตลาดที่ต้องการให้ขายผลิตภัณฑ์ให้แก่ผู้บริโภค หรือว่าเป็นเพราะเมื่อถึงระยะทางที่ได้แนะนำการเปลี่ยนถ่ายสภาพของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ จะไม่สามารถที่จะหล่อลื่นได้อีกต่อไป จึงเกิดเป็นความสนใจที่จะศึกษา คุณสมบัติต่างๆของน้ำมันเครื่อง ที่มีการใช้ถึงระยะการเปลี่ยนถ่าย แล้วนั้นมีประสิทธิภาพมากพอที่จะสามารถทำงานต่อไปได้หรือไม่ หรือเมื่อถึงระยะการเปลี่ยน ถ่ายแล้วน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ ไม่มีความสามารถที่จะหล่อลื่น และลดการสึกหรอของเครื่องยนต์ ได้อีก

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันหล่อลื่นภายในเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้แล้ว
2. ตรวจสอบสภาพและการสึกหรอของเครื่องยนต์

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันหล่อลื่นภายในเครื่องยนต์ดีเซล เนื่องจากเมื่อน้ำมันหล่อลื่นถูกใช้งานไป คุณสมบัติเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย
2. วิเคราะห์สิ่งสกปรกปนเปื้อนที่มาจากสิ่งแวดล้อมหรือถูกสร้างขึ้นภายในระบบหล่อลื่น เป็นการวิเคราะห์เพื่อตรวจหาน้ำมันเชื้อเพลิง น้ำ ฝุ่น คราบเขม่า สิ่งสกปรก ซึ่งมีผลในการเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ ทำให้น้ำมันหล่อลื่นขาดคุณสมบัติที่เหมาะสมในการใช้งาน อีกทั้งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เครื่องยนต์มีการสึกหรอเพิ่มขึ้น
3. วิเคราะห์อนุภาคโลหะที่สึกหรอ เป็นการวิเคราะห์หาความเข้มข้นและลักษณะอนุภาคโลหะของเครื่องยนต์ที่สึกหรอ และปนเปื้อนมาในน้ำมันหล่อลื่น

1.4 ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติน้ำมันทั้งในทางกายภาพและทางเคมี
2. ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติต่างๆของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วภายในเครื่องยนต์ดีเซล
3. สามารถบอกได้ถึงประสิทธิภาพในการทำงานของน้ำมันหล่อลื่นว่ายังคงมีความสามารถในการทำงานหรือไม่
4. ผลการทดลองสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับงานวิจัยขั้นสูงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับน้ำมันหล่อลื่น

2.1.1 น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์

น้ำมันหล่อลื่น หรือ น้ำมันเครื่อง ประกอบไปด้วย 2 ส่วนที่สำคัญคือ น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน และสารเพิ่มคุณภาพ

1. น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน (Base oil) ที่มีใช้ในปัจจุบันแบ่งเป็น น้ำมันจากพืชหรือสัตว์, น้ำมันแร่ และน้ำมันสังเคราะห์ โดยส่วนใหญ่แล้วจะใช้น้ำมันแร่มาผลิตเป็นน้ำมันหล่อลื่นสำเร็จรูป เพราะมีคุณภาพดีและราคาถูก ส่วนน้ำมันจากพืชหรือสัตว์เป็นน้ำมันที่มีราคาถูก ในปัจจุบันมีการใช้งานน้อยมาก เนื่องจากมีความคงตัวทางเคมีต่ำ เสื่อมสภาพง่าย สำหรับน้ำมันสังเคราะห์ที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นด้วยกระบวนการทางเคมี นำไปใช้งานพิเศษที่ต้องการคุณสมบัติพิเศษ มีราคาสูง แต่ในปัจจุบันมีการนิยมใช้มากขึ้น

2. สารเติมแต่งคุณภาพ (Additive) เป็นสารที่เติมลงไปสู่น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน เพื่อเพิ่มคุณสมบัติในด้านกายภาพและเคมีให้เหมาะสมกับชนิด และประเภทการใช้งานของเครื่องจักร น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานเมื่อเติมสารเพิ่มคุณภาพเข้าไปแล้วจะเรียกว่า น้ำมันหล่อลื่นสำเร็จรูป ซึ่งบริษัทผู้ผลิตแต่ละราย มักจะตั้งชื่อเฉพาะของแต่ละผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา สารเพิ่มคุณภาพที่นิยมใช้ เช่น สารต้านทานปฏิกิริยาออกซิเดชัน, สารป้องกันการสึกหรอ, สารป้องกันสนิม, สารป้องกันการเกิดฟอง, สารรับแรงกดสูง, สารเพิ่มดัชนีความหนืด, สารชะล้างและกระจายสิ่งสกปรก, สารลดจุดไหลเท เป็นต้น

2.1.2 หน้าที่ของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์

1. หน้าที่ในการหล่อลื่น

เมื่อเครื่องยนต์ทำงาน ชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องยนต์ที่เป็นโลหะ ประกอบเข้ารวมกันหลายชนิด จะเกิดการเคลื่อนที่ โดยผิวหน้าของโลหะของอีกชนิดหนึ่ง

จะเคลื่อนที่ผ่านผิวสัมผัสของโลหะอีกชนิดหนึ่ง เช่น ข้อเหวี่ยงเคลื่อนที่ขารปผ่านเพลาคอเหวี่ยง หรือแหวนสูบเคลื่อนที่ผ่านกระบอกสูบ สิ่งหนึ่งที่จะเป็นการลดแรงเสียดทานเบื้องต้นได้

คือการขัดหน้าผิวสัมผัสของโลหะทั้งสองให้เป็นมันวาว แต่ถ้าเรานำกล้องขยายมาส่องดู

จะปรากฏว่าในหน้าผิวที่เป็นมันวาว ประกอบไปด้วยความขรุขระมากมาย มีทั้งส่วนที่เป็นหลุม (Valleys) และส่วนที่เป็นแหลม เหมือนยอดภูเขาสูง (Peak) เกิดขึ้นมากมาย

ผิวขรุขระเหล่านั้นเมื่อเสียดสีกัน จะเกิดการเกาะเกี่ยวกัน ในระยะเวลาไม่นาน

ก็จะเกิดการแตกหักทำลายชิ้นส่วนนั้นให้สึกหรอ เกิดความร้อนจนละลายติดกัน (แบบกรณีลูกติด

ขารปละลาย) น้ำมันเครื่องมีกระบวนการในการสร้างฟิล์มบางๆคล้ายของแข็ง (Lubricant Films)

แทรกเข้าไประหว่างหน้าสัมผัสของโลหะทั้งสอง ไม่ให้สัมผัสกันโดยตรง เรียกกระบวนการนี้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญตราให้หายไปขอขมาขอโทษเป็นการดี

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hydrodynamic Lubrication (HDL) แต่การที่ฟิล์มของน้ำมันเครื่องจะแทรกตัวลงไป ได้พอเหมาะ และฟิล์มของน้ำมันเครื่องจะรับแรงกดได้แค่ไหน ถึงจะชนะแรงกดอันรุนแรงของเครื่องยนต์ และที่ความเร็วรอบสูงๆได้นั้น ขึ้นอยู่กับขนาดความหนาของฟิล์มน้ำมันเครื่อง หรือเบอร์ของน้ำมันเครื่องที่เหมาะสม รวมถึงเกรด และคุณสมบัติต่างๆของน้ำมันเครื่อง

2. หน้าที่ในการระบายความร้อน

น้ำมันเครื่องมีหน้าที่ช่วยลดแรงเสียดทาน ที่เป็นตัวการที่ก่อให้เกิดความร้อน น้ำมันเครื่องที่ดี เบอร์ที่เหมาะสม ยิ่งลดแรงเสียดทานได้มากเท่าไร ความร้อนก็จะลดลงได้มาตามลำดับ (ง่ายๆน้ำมันเครื่องเกรดดีๆ ลื่นๆ ลดความร้อนเครื่องได้ดีกว่า) น้ำมันเครื่อง เป็นสารชนิดเดียวที่ไหลผ่านโลหะทุกชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ ดังนั้นน้ำมันเครื่องจึงมีส่วนในการนำพาความร้อน จากส่วนที่ร้อนจัด เช่นกระบอกสูบ จากลูกสูบ และแหวนสูบ กลับลงมาระบายความร้อนในส่วนที่เย็นกว่า เช่นในบริเวณเสื้อสูบที่มีน้ำหล่อเย็นหมุนเวียนไหลผ่านไปยังออยล์คูลเลอร์ ซึ่งจะนำพาความร้อนมาระบายด้วยน้ำหล่อเย็น หรืออากาศ เป็นการรักษาอุณหภูมิเครื่องยนต์ให้คงที่ และป้องกันน้ำมันเครื่องร้อนจัด จนน้ำมันเครื่องเดือด และขาดคุณสมบัติในการหล่อลื่นในที่สุด

3. หน้าที่ในการป้องกันสนิมและการกัดกร่อน

ชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์ประกอบไปด้วยเหล็ก และอลูมิเนียม ซึ่งคุณสมบัติของโลหะคือ ถ้าเกิดการสัมผัสกับ ออกซิเจนโดยตรงแล้ว จะเกิดปฏิกิริยาที่เรียกว่า ออกซิไดส์ รวมตัวกับออกซิเจน เกิดเป็น ออกไซด์ ที่ภาษาชาวบ้านเรียกว่าสนิม หรือซีเก็ล่อนั่นเอง แนนอนภายในเครื่องยนต์ หลังจากใช้งานแล้ว จะเกิดการสะสมตัวของน้ำ และน้ำมีส่วนประกอบของออกซิเจน รวมถึงกรดต่างๆอีกมากมาย พวกนี้มี ฤทธิ์ในการกัดกร่อนรุนแรง (น้องๆน้ำกรดแบตเตอรี่) ดังนั้นฟิล์มของน้ำมันเครื่อง จะทำการเคลือบผิวโลหะนั้นไว้ ไม่ให้โลหะในเครื่องยนต์ สัมผัสกับออกซิเจนโดยตรง และในน้ำมันเครื่องที่ดีจะต้องมีสารป้องกันสนิม เป็นสารที่สามารถไล่น้ำออกจากฟิล์ม หรือสารจำพวกกัดสนิมผสมอยู่ด้วย สารป้องกันการรวมตัวกับกรด - ต่าง ต่างๆ

4. หน้าที่ในการป้องกันการรั่วของกำลังอัด

ลูกสูบ แหวนสูบ และกระบอกสูบ ซึ่งเป็นการบวกรวมการสร้างแรงอัดให้กับเครื่องยนต์ แรงอัดยิ่งมาก ยิ่งได้กำลังงานมาก น้ำมันเครื่องมีส่วนในการแทรกเข้าไปในระยะห่าง ระหว่างแหวนสูบ - ลูกสูบ - กระบอกสูบ เป็นการป้องกันก๊าซที่เป็นส่วนผสมของเชื้อเพลิง กับอากาศ ไม่ให้เล็ดลอดผ่านช่องว่างระหว่างแหวน ซึ่งจะทำให้เครื่องยนต์สูญเสียกำลังอัด ให้เล็ดลอดน้อยที่สุด เครื่องจึงจะมีกำลังอัดมากขึ้น การจุดระเบิดรุนแรงขึ้น มีกำลังมากขึ้น น้ำมันเครื่องที่มีความหนืดสูง จะมีแผ่นฟิล์มเคลือบที่หนา การเลือกใช้ความหนืดของน้ำมันเครื่อง จะมีผลต่อค่าเคลียร์เลนซ์ ของช่องว่างระหว่างลูกสูบ แหวน และกระบอกสูบ จนถึงความสึกหรอหลังจากใช้งานแล้ว ดังนั้นการเลือกใช้เบอร์น้ำมันเครื่อง จึงต้องเหมาะสมกับระยะห่างต่างๆ ถ้าเบอร์หนืดไป กำลังอัดดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่แรงเสียดทานสูง อาจมีผลถึงกินน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น แต่ถ้าเบอร์ใส่ไป ไม่เหมาะกับเครื่อง อาจทำให้กำลังเครื่องตก อาจถึงเครื่องพัง หรือเครื่องที่ผ่านการใช้งานนานจนเครื่องหลวม ระหว่างระหว่าง แหวน ลูกสูบ กระทบกันมาก การใช้เบอร์น้ำมันเครื่องที่หนืดขึ้น เป็นผลถึงขั้นทำให้กำลังเพิ่มขึ้น การละเหยน้ำมันเครื่องต่ำ เสียงเครื่องยนต์เงียบลงได้

5. หน้าที่ในการทำความสะอาด

สิ่งสกปรกในน้ำมันเครื่องเกิดขึ้นได้จาก

1. ฝุ่นผงเล็กๆที่เล็ดลอดมาทางไส้กรองอากาศ อนุภาคเล็กๆพวกนี้ปะปนกับอากาศ แล้วเล็ดลอดเข้ามาสันดาป จะมีความแข็งเพิ่มขึ้น (นึกถึงเอาดินเหนียวมาปั้น แล้วเผาเป็นจาน-ไห) ไหม้กลายเป็นคาบอนแข็ง ซึ่งแหวนสูบจะทำการกวาดเอาสิ่งสกปรกพวกนี้กลับลง มาปะปนกับน้ำมันเครื่อง เพราะฝุ่นเหล่านี้ ทำหน้าที่เหมือนผงขัด ขัดชิ้นส่วนต่างๆให้สึกหรอ ได้รวดเร็วมากขึ้น เครื่องก็จะหลวมเร็วขึ้น

2. เหม่าในการเผาไหม้ ที่เกิดจากการสันดาปของเครื่องยนต์ การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์มาก เท่าไร เหม่ายิ่งเกิดขึ้นได้มากเพียงนั้น

3. สารอันตรายต่างๆ จากการสันดาปของเครื่องยนต์ ก็คือไอน้ำ - กรด - ก๊าซ ต่างๆ สารอันตรายเหล่านี้ แหวนสูบก็จะกวาดลงมาปะปนกับน้ำมันเครื่องอีกเช่นกัน

4. เศษโลหะ จากชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องยนต์ ที่เกิดขึ้นจากการสึกหรอ จากการเสียดสีต่างๆ และหลุดออกมาเป็นชิ้นเล็กๆปะปนมากับน้ำมันเครื่อง ซึ่งเศษโลหะเหล่านี้มีความแข็ง พอที่จะไหลตามน้ำมันเครื่องแล้วไปทำลายชิ้นส่วนอื่นๆ หรือทุกๆส่วนในเครื่องยนต์ให้สึกหรอตามมา

5. คราบแข็งของฟิล์มน้ำมันเครื่อง ซึ่งเกิดการความร้อนของเครื่องที่สูง พอเครื่องเย็นตัวลงมา ฟิล์มบางๆพวกนี้ก็จะไหม้แข็งติด เกาะอยู่ตามชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องยนต์ (แบบที่เปิดฝาครอบวาล์วมาเห็นเป็นคราบเหลืองๆดำๆเกาะอยู่) หรือแข็งติดอยู่ในร่องระยะห่างต่างๆ อดตันระบบทางเดินน้ำมัน คราบพวกนี้มีความแข็งน้อยๆกระดาดทราย ซึ่งจะค่อยๆหลุดออกปะปนมากับน้ำมันเครื่องอีกเช่นกัน

2.1.3 คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน

- ดัชนีความหนืด (viscosity index: VI) คือ ค่าความหนืดที่บ่งบอกว่า

ความหนืดมีการเปลี่ยนแปลงไปมากน้อยแค่ไหน เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป ถ้าน้ำมันเครื่องยนต์ มีความข้นใสเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงมาก แสดงว่าน้ำมันเครื่องนั้นมีค่า VI สูง แต่ในทางกลับกัน คือ ถ้าความข้นใสของน้ำมันเครื่องเปลี่ยนแปลงมาก เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงน้อย แสดงว่าน้ำมันเครื่องนั้นมีค่า VI ต่ำ

- ความหนืด (Kinematic Viscosity) คือ ความใสและความข้นของน้ำมันเครื่อง

โดยวัดที่อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่ง น้ำมันเครื่องที่มีความข้นใสต่ำ จะไหลง่ายและทำให้ฟิล์มหล่อลื่น บางมากด้วย ในทางกลับกัน น้ำมันเครื่อง ที่ความข้นใสสูง จะไหลยากและฟิล์ม หล่อลื่นก็จะหนาด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จุดวาบไฟ (Flash point) คือ อุณหภูมิของน้ำมันเครื่องที่ได้รับความร้อนจนกลายเป็นไอ แล้วลุกวาบเมื่อโดนเปลวไฟ จุดวาบไฟมีความสำคัญเกี่ยวกับความปลอดภัย

2.1.4 มาตรฐานน้ำมันหล่อลื่น

- มาตรฐานของสมาคมวิศวกรยานยนต์ (Society of Automotive Engineer : SAE) ใช้ระบุความหนืด (ความข้นใส) ของน้ำมันเครื่อง ค่ายิ่งมากก็ยิ่งมีความหนืดมาก โดยแบ่งน้ำมันเครื่องออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ

1. เกรดเดี่ยว (monograde) คือน้ำมันเครื่องที่มีค่าความหนืดค่าเดียว เช่น SAE 40 หมายความว่า ณ อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส น้ำมันจะมีค่าความหนืดอยู่ที่ เบอร์ 40
2. เกรดรวม (multigrade) คือน้ำมันเครื่องที่มีค่าความหนืด 2 ค่า เช่น SAE 20W-50 หมายความว่า ในอุณหภูมิ -25 องศาเซลเซียส น้ำมันจะมีค่าความหนืดอยู่ที่ เบอร์ 20 แต่เมื่ออุณหภูมิสูงถึง 100 องศาเซลเซียส จะเปลี่ยนค่าความหนืดเป็น เบอร์ 50
3. อักษร "W" ใช้เป็นตัวบ่งบอกว่าค่าความหนืดนี้เป็นเกรดฤดูหนาว (วัดที่ -25 องศาเซลเซียส) หากไม่มีจะเป็นเกรดฤดูร้อน (วัดที่ 100 องศาเซลเซียส)

- มาตรฐานของสถาบันปิโตรเลียมอเมริกัน (The American Petroleum Institute : API) ใช้ระบุประเภทของเครื่องยนต์ และสมรรถนะในการปกป้องชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ สำหรับเครื่องยนต์เบนซินใช้อักษร "S" (spark ignition) เช่น SA SC SD SE SF SG SH SI SJ SL SM SN ส่วนเครื่องยนต์ดีเซลใช้อักษร "C" (compress ignition) เช่น CD CB ... CF4 บางครั้งเราอาจเห็นทั้ง "S" และ "C" มาด้วยกัน เช่น SG/CH4 หมายถึง น้ำมันเครื่องนี้เหมาะสำหรับการใช้กับเครื่องยนต์เบนซิน แต่ก็สามารถใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้ในระยะสั้น หรือ CH4/SG ก็จะกลับกันกับกรณีข้างต้นคือเหมาะสำหรับการใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล

2.2 ทฤษฎีการวิเคราะห์สารหล่อลื่นใช้แล้ว

การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น เราได้รับความอนุเคราะห์จาก FOCUSLAB ในการทดสอบวิเคราะห์ผลต่างๆ โดยมีมาตรฐานการตรวจตามมาตรฐานสากล คือ

- การตรวจความหนืดหรือความข้นใส (Viscosity)

ความหนืดจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ เครื่องวัดความหนืดแบบที่ใช้คือ Kinematic viscometer (ASTM D445) ซึ่งเป็นหลอดแก้วรูปตัว U มีรูวัดความหนืด (Orifice) อยู่ภายใน และมีกระเปาะสำหรับบรรจุน้ำมัน วิธีการวัดความหนืด โดยการใส่ตัวอย่างลงใน Capillary glass viscometer tube ที่สอบเทียบแล้ว ภายใต้อุณหภูมิที่ควบคุม ปล่อยให้ไหลผ่านแล้วทำการจับเวลา แล้วคำนวณค่าความหนืดจากเวลาที่วัดได้ กับ ค่าคงที่ของหลอดวัดความหนืด ค่าความหนืดที่หาได้จากวิธีนี้เรียกว่า Kinematic viscosity

- ความเป็นด่าง (Base number)

ค่าความเป็นด่างของน้ำมันแสดงถึงปริมาณของด่างทั้งหมดที่อยู่ใน น้ำมันเครื่อง องค์ประกอบที่เป็นด่างในน้ำมันคือสารเพิ่มคุณภาพที่มีหน้าที่ทำความสะอาด (Detergents) ทำให้กรดกำมะถันที่เกิดจากการสันดาปเป็นกลาง ป้องกันการกัดกร่อนภายในเครื่องยนต์ที่เกิดจากกรดกำมะถัน วัตถุประสงค์ออกเป็น หน่วยมิลลิกรัมของด่างโพแทสเซียม ต่อกรัมน้ำมัน (mgKOH/g) ซึ่งวิธีการวัดคือ ASTM เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D4739 Standard test method for base number determination by potentiometric titration ค่าความเป็นในด่างในน้ำมันเครื่อง ดีเซลที่ใช้แล้ว ถ้าเป็นเครื่องดีเซล หมุนเร็วขนาดเล็ก ไม่ควรให้ลดต่ำกว่าค่า 1.0% กำมะถันในเชื้อเพลิง หากเป็นเครื่อง ดีเซลรอบปานกลางหรือรอบช้า ไม่ควรให้ลดต่ำกว่า 3 เท่าของตัวเลข เปอร์เซนต์กำมะถันเชื้อเพลิงที่ใช้

- Infrared Spectroscopy

เป็นวิธีการวัดลักษณะการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด ของตัวอย่าง ด้วยเครื่องมือ FT-IR Spectrometer ตามวิธี WI-LA2-18 เพื่อตรวจสอบว่าน้ำมันเครื่องมีคุณสมบัติ ตรงตามที่กำหนดไว้ โดยจะดูดกลืน ในช่วงความยาวคลื่นที่แตก ต่างกัน ซึ่งแสดงถึงหมู่ฟังก์ชัน กรุปที่แตกต่างกัน ในสารตัวอย่าง ค่าที่วัดออกมาต้องนำไปเทียบกับค่าความยาวคลื่นมาตรฐาน เพื่อที่จะระบุหมู่ฟังก์ชันกรุป ที่เป็นองค์ประกอบในตัวอย่างนั้นๆ วิธีนี้สามารถบอกถึง สิ่งแปลกปลอมในสารตัวอย่างได้ด้วย

2.3 การวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลของตัวอย่างน้ำมัน แสดงให้เห็นถึงค่าคุณสมบัติทางด้านกายภาพ และเคมีของตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ ซึ่งอธิบายค่าต่างๆได้ดังนี้

Wear metal element - ธาตุโลหะของอนุภาคเศษโลหะที่ร่องลอยอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นโดยเกิดจาก การเสียดทานและการสึกหรอของชิ้นส่วนที่ถูกลบไปมา การขูดขีดหรือการกัดกล่อน

Contaminant element - ธาตุโลหะของอนุภาคสิ่งสกปรกปนเปื้อนของระบบหล่อลื่น

Additive element - แสดงถึงธาตุโลหะของสารเคมีปรุงแต่งของน้ำมันหล่อลื่น

2.3.1 Wear metal element or wear metal debris (อนุภาคเศษโลหะสึกหรอ)

ในรายงานปริมาณของอนุภาคเศษโลหะสึกหรอมีค่าเป็น ppm (ส่วนในล้านส่วน) โดยสามารถตรวจสอบขนาดของอนุภาคได้ 2 แบบ คือ

RDE (Rotating disc electrode) – รายงานค่าเป็นหน่วย ppm , RDE เป็นวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุโลหะที่มีขนาดละเอียด (Fine) ซึ่งมีขนาดโดยประมาณ เล็กกว่า 8 ไมครอน

RFS (Rotating filter spectroscopy) – รายงานค่าเป็นหน่วย ppm , RFS เป็นวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุโลหะที่มีขนาดหยาบ (Coarse) ซึ่งมีขนาดโดยประมาณจาก 5 ไมครอน ถึง 150 ไมครอน

Wear metal element (อนุภาคเศษโลหะสึกหรอ)

Iron(Fe) – เหล็ก – ซ้ำว่าเป็นอนุภาคการสึกหรอของชิ้นส่วนที่เป็นเหล็กและ เหล็กกล้า เช่น เกียร์ แบริง เพลา ผนังกระบอกสูบ และลูกสูบของเครื่องยนต์

Chromium (Cr) – โครเมียม – แหล่งที่มาหลักของชิ้นส่วนที่เคลือบผิว ด้วยโครเมียม เช่น แหวน ปลอกสูบ เป็นต้น

Lead (Pb) – ตะกั่ว – เป็นโลหะที่เคลือบผิวของแบริงของก้านสูบ

Copper (Cu) – ทองแดง – ชิ้นส่วนของแบริงมีส่วนประกอบของทองเหลือง (ทองแดง/สังกะสี) และบรอนซ์ (ทองแดง/ดีบุก) ซ้ำว่าเป็นการสึกหรอจากแหวนวักน้ำมัน สกรูคอมเพรสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tin (Sn) – ดีบุก – เป็นการสึกหรอของแบร็ง หรือ Babbitt ถูกเคลือบไว้ด้วยดีบุก เป็นตัวชี้การสึกหรอของลูกสูบของเครื่องยนต์

Aluminium (Al) – อลูมิเนียม – ชี้ว่าเป็นการสึกหรอของลูกสูบ แบร็งก้านสูบ วาล์ว และบุชซึ่งบางอย่างเป็นไขสบู่

Nickel (Ni) – นิกเกิล – แหล่งที่มาของการสึกหรอของแบร็งบางอย่าง เพลา วาล์ว และ Valve guide

Silver (Ag) – เงิน – การสึกหรอของแบร็งที่มีโลหะเงิน ในบางกรณีเป็นตัวชี้ปัญหาที่เกิดของ Oil cooler

Molybdenum (Mo) – โมลิบดีนัม – ชี้ว่าการสึกหรอของแหวนลูกสูบ เป็นสารเคมีปรุงแต่งของน้ำมันหล่อลื่น

Titanium (Ti) – ไทเทเนียม – Alloy ในเหล็กกล้าคุณภาพสูงของชิ้นส่วนพวกเกียร์ และแบร็ง

Vanadium (V) – วาเนเดียม – สิ่งปนเปื้อนของน้ำมันเตา Trace alloy element

2.3.2 Contaminant element (อนุภาคสิ่งสกปรก ปนเปื้อน)

Silicon (Si) – ซิลิคอน – อนุภาคสิ่งสกปรกและฝุ่นละออง สารเคมีปรุงแต่งพวกสารกันฟอง

Boron (B) – โบรอน – สารเคมีของเคมีหล่อเย็น สารเคมีปรุงแต่งของน้ำมันหล่อลื่น

Sodium (Na) – โซเดียม – สารเคมีของเคมีหล่อเย็น สารเคมีปรุงแต่งของ น้ำมันหล่อลื่น

2.3.3 Additive element (ธาตุโลหะของสารเคมีปรุงแต่ง)

Magnesium (Mg) – แมกนีเซียม – ทำความสะอาดผิวสัมผัสที่มีอุณหภูมิสูง

Calcium (Ca) – แคลเซียม – ทำความสะอาดผิวสัมผัสที่มีอุณหภูมิสูง

Barium (Ba) – แบเรียม – ทำความสะอาดผิวสัมผัสที่มีอุณหภูมิสูง

Phosphorous (P) – ฟอสฟอรัส – ชะลอการสึกหรอของผิวงานภายใต้ภาระสูง ชะลอความเสียหายของผิวสัมผัสที่แรงกดสูงๆ

Zinc (Zn) – สังกะสี –ต่อต้านการสึกหรอ โดยเฉพาะ copper

2.3.4 Physical Properties of lubricants (คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น)

Oxidation – ตรวจสอบการเสื่อมสภาพของสารหล่อลื่นเนื่องจากอายุการใช้งาน ภาระการใช้งาน หรือสภาพอุณหภูมิในการใช้งาน ใช้เครื่องวัด FTIR หน่วยที่วัดได้คือ absorbance (Abs)

Nitration – โดยทั่วไปแล้ว ไนเตรชันเกิดจากสันดาปภายในระหว่าง เชื้อเพลิงกับอากาศ ในกรณีที่เกิดความผิดปกติ ผลผลิตของขบวนการไนเตรชัน จะเล็ดลอดผ่านแหวนลูกสูบ (blow-by) ซึ่งผลผลิตของขบวนการไนเตรชันจะ มีความเป็นกรดสูง ทำให้เกิดตะกอน และเร่งขบวนการออกซิเดชัน ใช้เครื่องวัด FTIR หน่วยที่วัดได้เป็น absorbance (Abs)

Sulfation – สารประกอบกำมะถันจะมีอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นและเชื้อเพลิง จะทำให้เกิดกระบวนการซัลเฟชันตามมา สิ่งที่เกิดจะเกาะอยู่ตามลูกสูบและแหวน ซึ่งจะทำให้เกิดตะกอนและคราบยางเหนียว

Fuel (%) – น้ำมันหล่อลื่นจะขาดประสิทธิภาพ ถ้ามีปริมาณเชื้อเพลิงปนเปื้อนสูง เพราะค่าความหนืดที่ลดลง จะทำให้ฟิล์มน้ำมันด้อยประสิทธิภาพลง ผลที่ตามมาคือการสึกหรอ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Water (%) – ระดับปริมาณน้ำในน้ำมันหล่อลื่นที่สูงผิดปกติ จะทำให้น้ำมันเสื่อมสภาพ และความสามารถในการหล่อลื่นด้อยลง

Soot (%) – ปริมาณเขม่าที่สูงจะชี้ว่าเครื่องยนต์เริ่มเกิด หรือมีปัญหา หรือระยะเวลาเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นนานเกินไป

Glycol (%) – การปนเปื้อนของไกลคอลจะกระตุ้นให้น้ำมันเสื่อมสภาพ เกิดตะกอน แปรังเกิดการสึกหรอ และเกิดการสึกหรอแบบกัดกร่อน

Viscosity – ค่าความหนืด (ตาม ASTM D445) เป็นการวัดที่อุณหภูมิ 40c และ 100c น้ำมันเกรด SAE จะวัดที่อุณหภูมิ 100c ส่วนน้ำมันเกรด ISO จะวัดที่ 40c

TAN (Total acid number) – เป็นค่าวัดปริมาณของกรดที่อยู่ในสารหล่อลื่น โดยทั่วไปแล้วถ้าค่า TAN มากกว่าน้ำมันใหม่ จะชี้ว่าเกิดออกซิเดชัน หรือมีสิ่งสกปรกปนเปื้อนที่เป็นกรด หรือทำให้เกิดกรด

TBN (Total base number) – เป็นค่าวัดปริมาณของด่าง TBN มีความสามารถลดความเป็นกรด ซึ่งเกิดจากกระบวนการเผาไหม้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

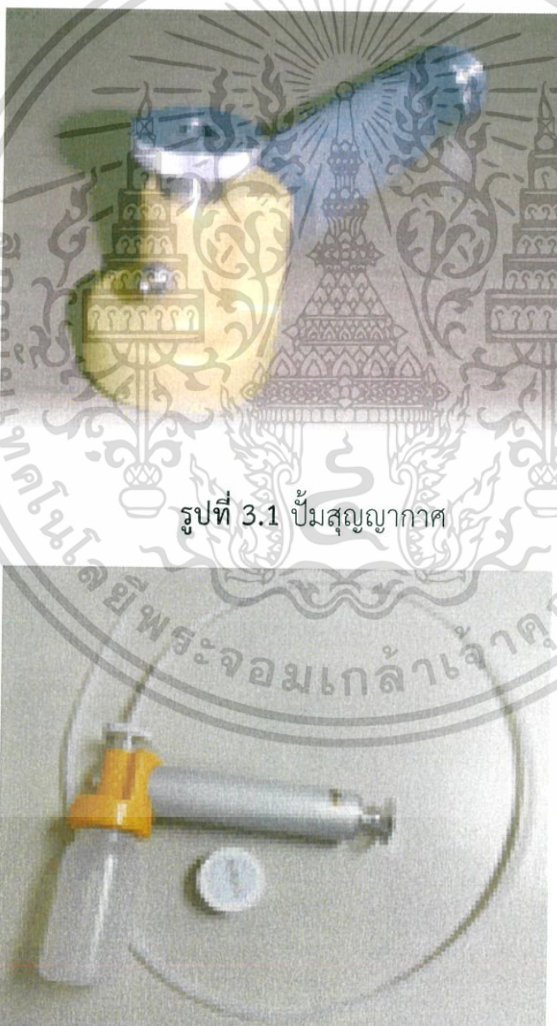
การดำเนินงาน

ในการวิเคราะห์เกี่ยวกับน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ดีเซลนั้น
ทางผู้จัดทำได้มีจุดประสงค์ในการทำงานคือ

- 1.เป็นการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันหล่อลื่น
- 2.เพื่อเป็นข้อมูลให้กับผู้ใช้งานจริงและเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทำวิจัยขั้นสูงต่อไป ซึ่งมีขั้นตอนในการทำงานวิจัยดังนี้

3.1 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง

1. ติดต่อทาง FOCUSLABS เพื่อขออุปกรณ์การเก็บน้ำมันเครื่องตามมาตรฐานของหลักการเก็บน้ำมัน โดยอุปกรณ์ที่ทางแล็บมอบให้มานั้นคือ บีมสุญญากาศ และขวดเก็บน้ำมัน



รูปที่ 3.1 บีมสุญญากาศ

รูปที่ 3.2 บีมสุญญากาศพร้อมขวดใส่ตัวอย่าง

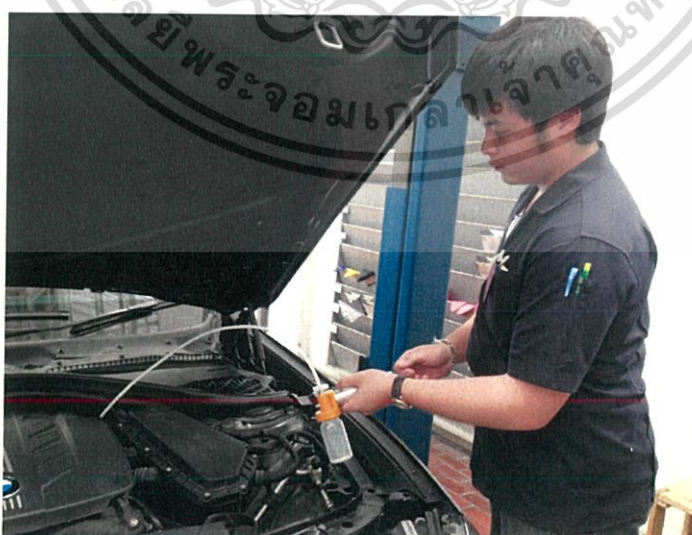
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ติดต่อกับทางศูนย์บริการของรถยนต์ยี่ห้อ BMW GERMAN AUTO, ISUZU ตรีเพชร สาขาอุตรดิตถ์, TOYOTA TBN เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเข้าไปเก็บน้ำมัน เครื่องยนต์ที่จะทำการเปลี่ยนถ่ายในระยะ 10000 กิโลเมตร

3. ในการเก็บน้ำมันนั้นเราจะใช้ปั๊มสุญญากาศทำการดูดน้ำมันผ่านก้านวัดน้ำ มันเครื่อง การเก็บน้ำมันนั้นต้องทำการเก็บหลังจากที่รถยนต์ดับเครื่องแล้วไม่เกิน 15 นาที เนื่องจากถ้าเก็บช้ากว่านี้ เศษโลหะต่างๆจะไปรวมกันอยู่ที่ก้นถังเก็บน้ำมัน ส่งผลให้น้ำมันที่เราเก็บมามีค่าที่ไม่ตรงกับความเป็นจริง



รูปที่ 3.3 ลักษณะการเก็บตัวอย่างน้ำมัน



รูปที่ 3.4 (ต่อ) ลักษณะการเก็บตัวอย่างน้ำมัน

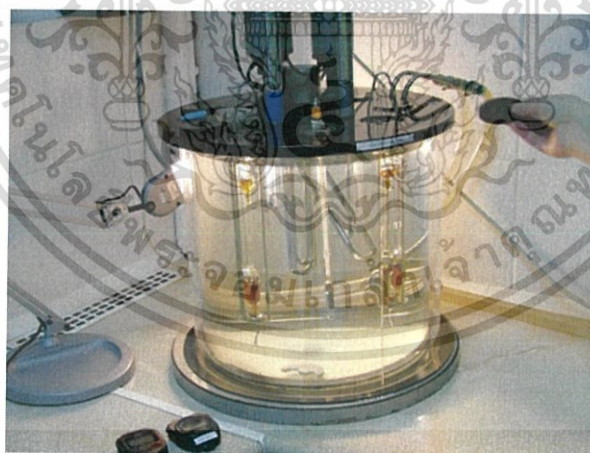
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำน้ำมันเครื่องที่เก็บแล้วส่งทางแล็บ
 เพื่อดำเนินการตรวจเช็คน้ำมันเครื่องตามมาตรฐานของทางแล็บ ซึ่งทางแล็บได้ใช้มาตรฐาน
 การตรวจน้ำมันดังนี้

- | | |
|------------------|-------------------------------------------------|
| 4.1. ASTM D-6595 | ตรวจหาอนุภาคเศษโลหะต่างๆ |
| 4.2. ASTM D-445 | ตรวจค่าความหนืดของน้ำมัน (Viscosity) |
| 4.3. ASTM D-4739 | ตรวจค่าความเป็นเบส (TBN) |
| 4.4. FTIR-Test | ตรวจสภาพของน้ำมันหล่อลื่น และตรวจหาสิ่งปนเปื้อน |



รูปที่ 3.5 ASTM D-6595 ตรวจหาอนุภาคเศษโลหะต่างๆ



รูปที่ 3.6 ASTM D-445 ตรวจค่าความหนืดของน้ำมัน (Viscosity)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 FTIR-Test ตรวจสอบสภาพของน้ำมันหล่อลื่น และตรวจหาสิ่งปนเปื้อน

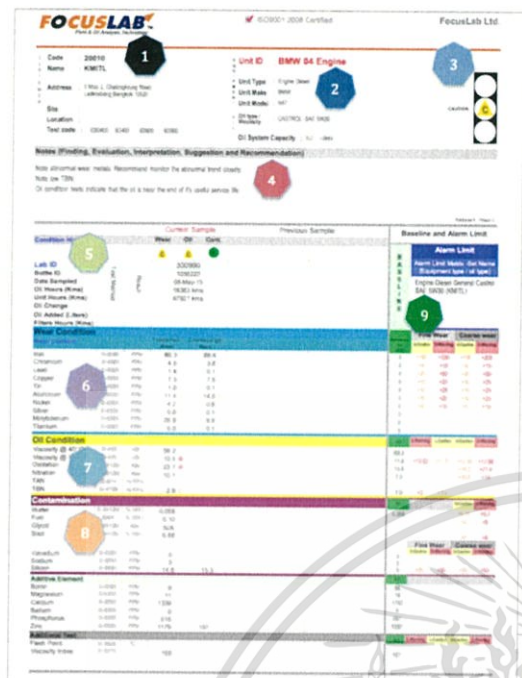


รูปที่ 3.8 ASTM D-4739 ตรวจสอบค่าความเป็นเบส (TBN)

3.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

1. ศึกษาผลที่ทางแล็บส่งมาให้ว่าค่าต่างๆคืออะไร มาจากส่วนไหน ส่งผลแบบไหนกับเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



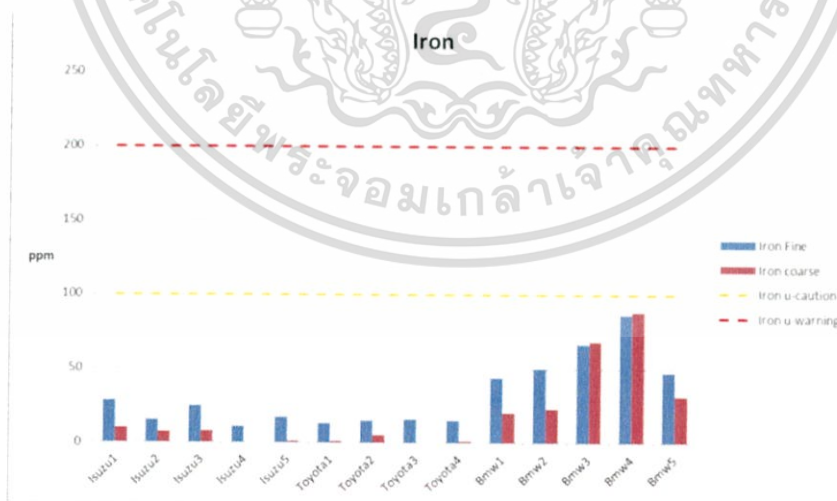
1. Customer name & address
2. Machine or Component Information: Unit Number, Type, Maker, Model, Oil Type Viscosity
3. Severity Code of Analysis Result for Oil Condition, Wear Condition and Contamination Condition
4. Recommendations and Note
5. -Lab ID
- Date of oil sampled
- Operating Hours or operation distance of oils
- Total operating hours or total distance of machines
6. Wear condition
- RDE – Fine Wear Metal Debris Analysis Result in PPM
- RFS – Course Wear Metal Debris Analysis Result in PPM
7. -Oil Condition:
- Viscosity at 40C and 100c
- Oxidation, Nitration
- Tan & TBN
8. Contamination
9. New Oil or Reference oil as base line

(ก)

(ข)

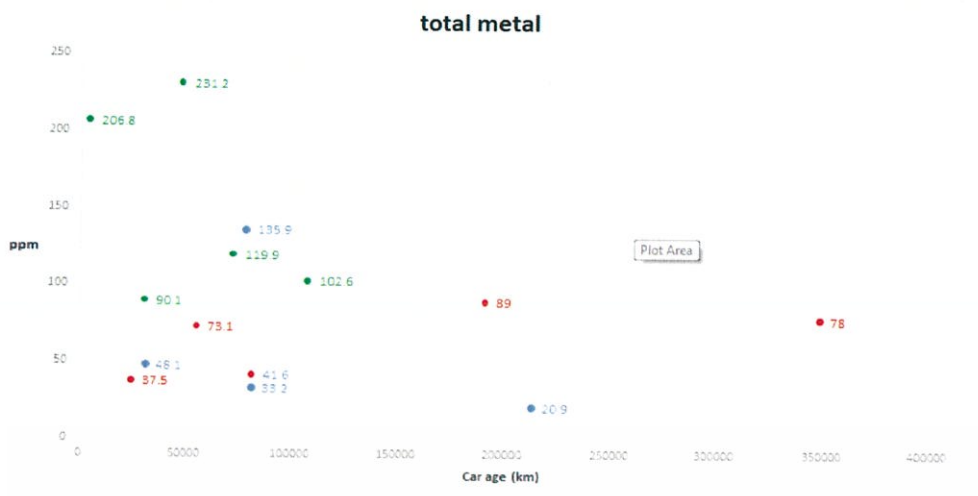
รูปที่ 3.9 (ก) ผลการตรวจ (ข) อธิบายรายละเอียดการอ่านผลการทดสอบ

2. ทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของค่าต่างๆโดยการพล็อตกราฟออกมาในหลายๆรูปแบบ



รูปที่ 3.10 ความสัมพันธ์ของค่าเหล็กเทียบกันในแต่ละตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

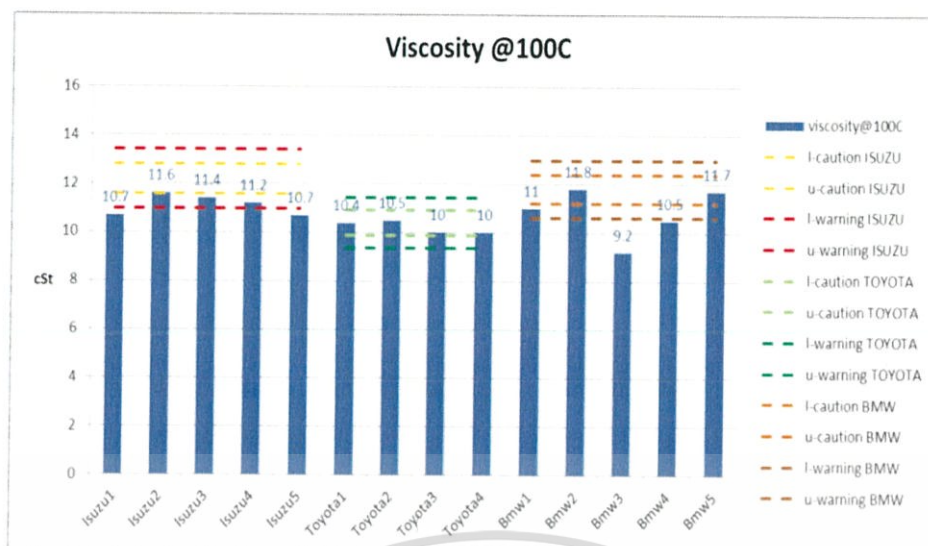


รูปที่ 3.11 ความสัมพันธ์ของโลหะเทียบกับอายุการใช้งานของรถยนต์



รูปที่ 3.12 ความสัมพันธ์ของโลหะเทียบกับอายุน้ำมันและอายุการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 ความสัมพันธ์ของค่าความหนืดเทียบกันในแต่ละตัวอย่าง

3. ทำการสรุปผลการทดลองตามจุดประสงค์ของทางกลุ่มผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลของน้ำมันตัวอย่างของทาง FOCUSLAB ผู้จัดทำได้รวบรวมผลและนำเสนอผลวิเคราะห์ตามหัวข้อดังนี้

- 4.1 รวบรวมข้อมูลทั้งหมดในรูปแบบตารางแสดงข้อมูล
- 4.2 แสดงผลข้อมูลเปรียบเทียบข้อมูลตัวอย่างในรูปแบบกราฟ
- 4.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 รวบรวมข้อมูลทั้งหมดในรูปแบบตารางแสดงข้อมูล

4.1.1 ผลข้อมูลจาก กลุ่มตัวอย่าง ในรูปแบบตาราง

ตาราง 4.1 ค่าปริมาณอนุภาคโลหะทั้งหมดที่พบในตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น

	Iron		chromium		lead	
	Fine	coarse	Fine	coarse	Fine	coarse
Isuzu1	28.5	10	1.9	3.9	0.7	0.1
Isuzu2	15.6	7.6	1	6.9	0	10.7
Isuzu3	24.7	7.9	1.6	4.2	0	0.1
Isuzu4	11.1	0.1	0.5	0.1	0.1	0.1
Isuzu5	17.2	1.3	0.2	0.1	2.7	0.1
Toyota1	13.2	1.5	0.6	0.1	1.3	0.1
Toyota3	16.1	0.1	0.6	0.1	0.5	0.1
Toyota4	15.1	1.1	0.3	0.1	1.5	0.1
Toyota5	14.9	5.2	0.8	1	0.2	0.1
Bmw1	44	20.5	2.7	0	1	0
Bmw2	50.1	22.9	3.7	0.4	0	0.1
Bmw3	66.4	68.2	2.6	0.9	0	0.1
Bmw4	86.3	88.4	4.5	3.8	1.4	0.1
Bmw5	47.4	31.7	4.3	0.3	0	0.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.2 (ต่อ) ค่าปริมาณอนุภาคโลหะทั้งหมดที่พบในตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น

	copper		tin		Aluminum		nickel	
	Fine	coarse	Fine	coarse	Fine	coarse	Fine	coarse
Isuzu1	4.3	1.6	0	8.8	6	4.3	0	3
Isuzu2	5.8	2.2	0	17	7.1	7.7	1.4	6
Isuzu3	3.5	1.2	0	9.7	14.7	6.9	0.1	3.4
Isuzu4	17.4	2.2	0	0.1	5.6	0.1	0	0.1
Isuzu5	4.6	0.8	0	0.1	13.6	0.8	0	0.1
Toyota1	0.9	0.2	0.6	0.1	2.1	0.1	0	0.1
Toyota3	94.6	20.2	0.6	0.1	2.7	0.1	0	0.1
Toyota4	18.8	4.7	1.2	0.1	4.9	0.1	0	0.1
Toyota5	4.3	2.1	0	0.1	4.1	0.3	0	0.1
Bmw1	8.2	4.1	0.2	0	8.6	0.1	0.6	0.1
Bmw2	6.6	3	0.1	0.1	11	4.4	0.1	0.1
Bmw3	31.9	13.4	2.9	0.1	6	13.4	0.8	0.1
Bmw4	7.3	7.5	1	0.1	11.4	14.6	4.2	0.6
Bmw5	8.8	6.2	1.1	0.1	11	8.5	0.3	0.1

ตาราง 4.3 ค่าปริมาณอนุภาคโลหะเหล็กที่พบในตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น

	Iron	
	Fine	coarse
Isuzu1	28.5	10
Isuzu2	15.6	7.6
Isuzu3	24.7	7.9
Isuzu4	11.1	0.1
Isuzu5	17.2	1.3
Toyota1	13.2	1.5
Toyota3	16.1	0.1
Toyota4	15.1	1.1
Toyota5	14.9	5.2
Bmw1	44	20.5
Bmw2	50.1	22.9
Bmw3	66.4	68.2
Bmw4	86.3	88.4
Bmw5	47.4	31.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.4 ค่าความหนืดในตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นเทียบกับค่าของน้ำมันหล่อลื่นใหม่

	Viscosity @100C		
	New oil	Sample	L-warning
Isuzu1	12.2	10.7	10.97
Isuzu2	12.2	11.6	10.97
Isuzu3	12.2	11.4	10.97
Isuzu4	12.2	11.2	10.97
Isuzu5	12.2	10.7	10.97
Toyota1	10.4	10.4	9.36
Toyota3	10.4	10	9.36
Toyota4	10.4	10	9.36
Toyota5	10.4	10.5	9.36
Bmw1	11.8	11	10.62
Bmw2	11.8	11.8	10.62
Bmw3	11.8	9.2	10.62
Bmw4	11.8	10.5	10.62
Bmw5	11.8	11.7	10.62

ตาราง 4.5 ค่า Oxidation ในตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น

	Oxidation
Isuzu1	7.2
Isuzu2	10.3
Isuzu3	10
Isuzu4	6.6
Isuzu5	7.8
Toyota1	12
Toyota3	10.9
Toyota4	10.9
Toyota5	10
Bmw1	16.3
Bmw2	14.5
Bmw3	12.4
Bmw4	23.7
Bmw5	20.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.6 ค่า Nitration ในตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น

	Nitration
Isuzu1	4.1
Isuzu2	6.1
Isuzu3	4.6
Isuzu4	5.1
Isuzu5	6
Toyota1	7.9
Toyota3	7.6
Toyota4	7.4
Toyota5	7.4
Bmw1	9.4
Bmw2	9.4
Bmw3	7.8
Bmw4	10.1
Bmw5	9.6

ตาราง 4.7 ค่า TBN ในตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น

	TBN
Isuzu1	5.7
Isuzu2	9
Isuzu3	7.3
Isuzu4	9.3
Isuzu5	8.1
Toyota1	8.1
Toyota3	8.5
Toyota4	8.2
Toyota5	8.5
Bmw1	4.2
Bmw2	4.1
Bmw3	5
Bmw4	2.9
Bmw5	3.4

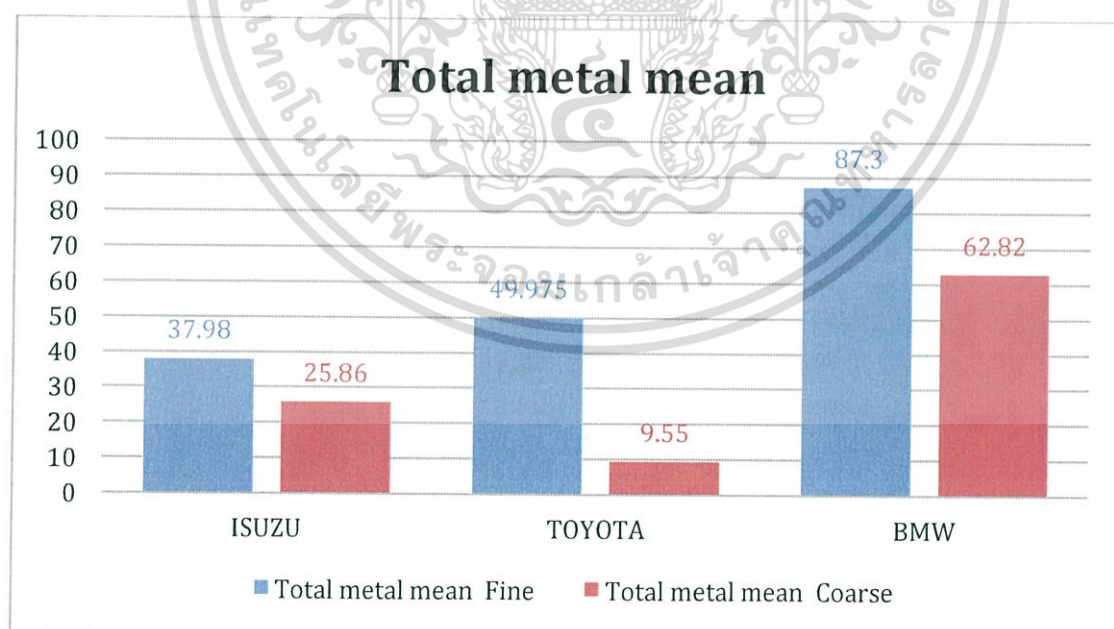
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.8 ค่าปริมาณ Soot ในตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น

	Soot
Isuzu1	0.42
Isuzu2	0.38
Isuzu3	0.49
Isuzu4	0.34
Isuzu5	0.4
Toyota1	0.15
Toyota3	0.18
Toyota4	0.05
Toyota5	0.1
Bmw1	0.62
Bmw2	0.64
Bmw3	0.55
Bmw4	0.88
Bmw5	0.52

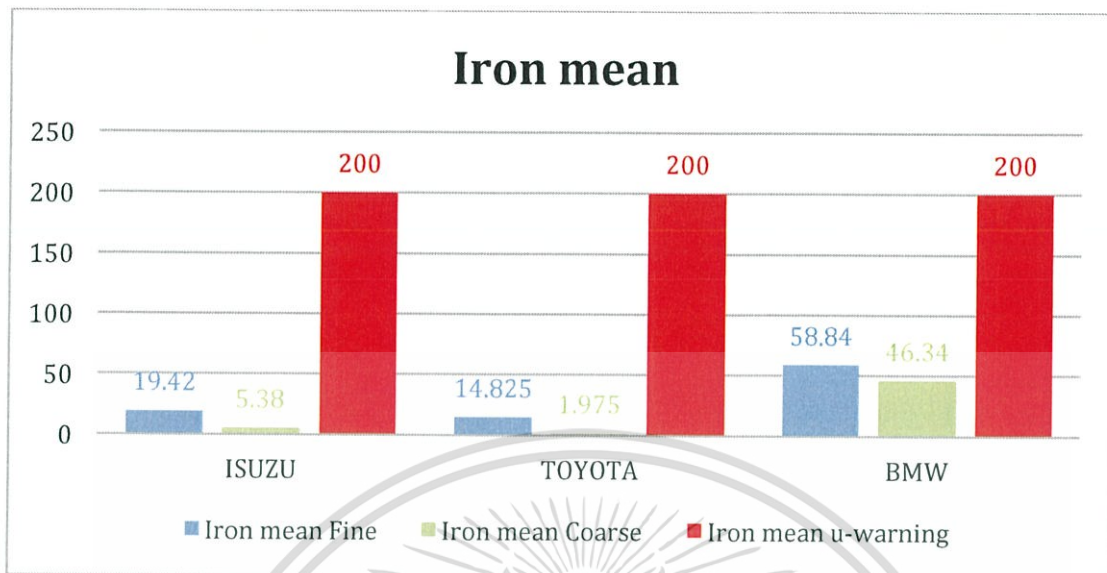
4.2 แสดงผลข้อมูลเปรียบเทียบข้อมูลตัวอย่างในรูปแบบกราฟ

4.2.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่าง

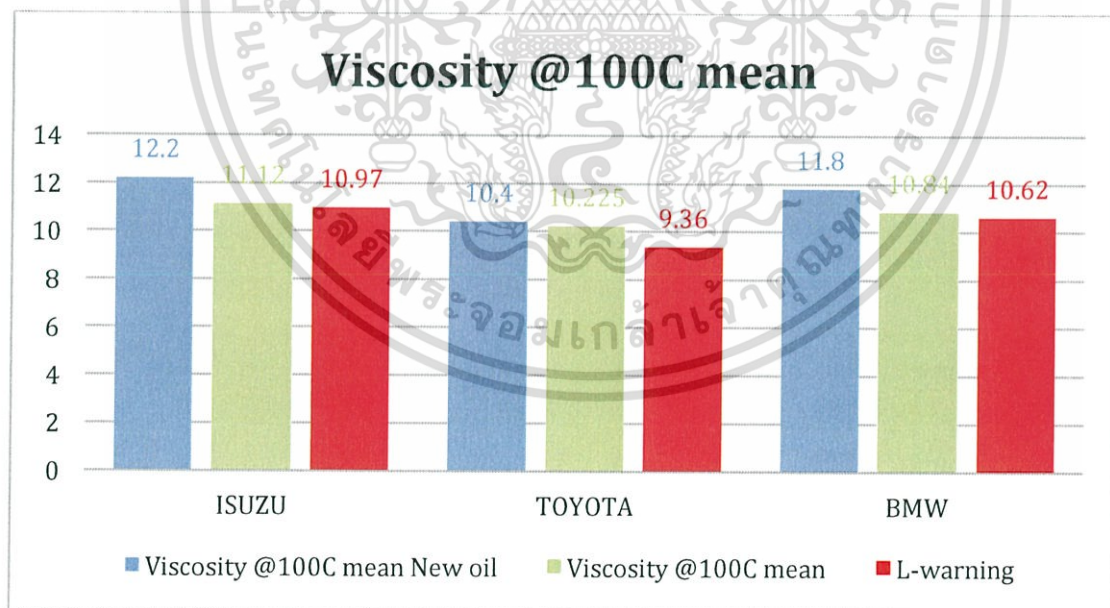


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอนุภาคโลหะทั้งหมดที่พบในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

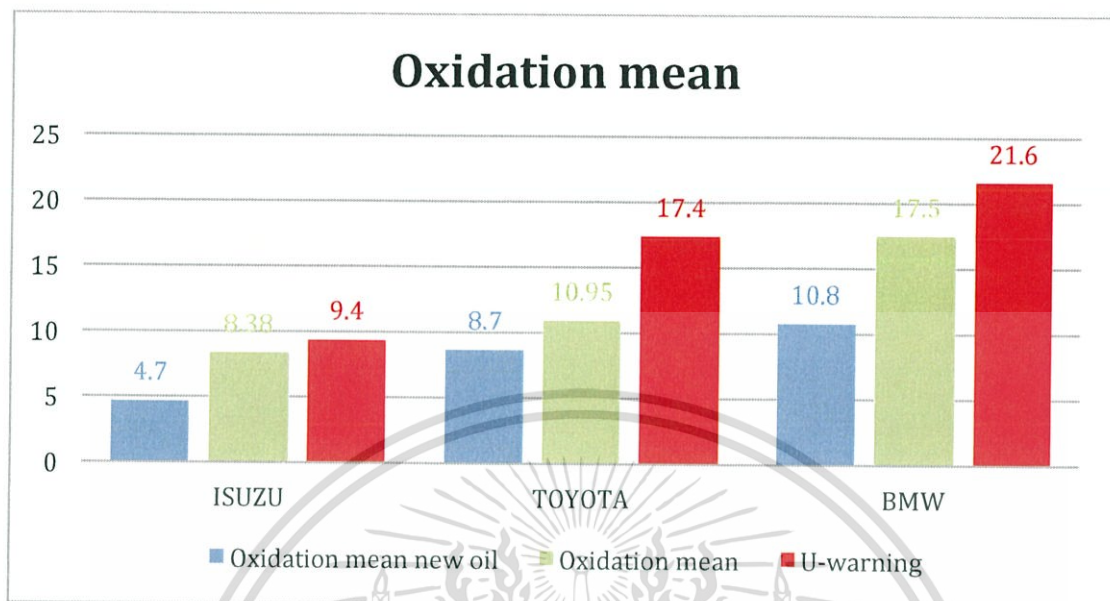


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยจำนวนของโลหะหนักจากทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่างที่พบเทียบกับค่า u-warning

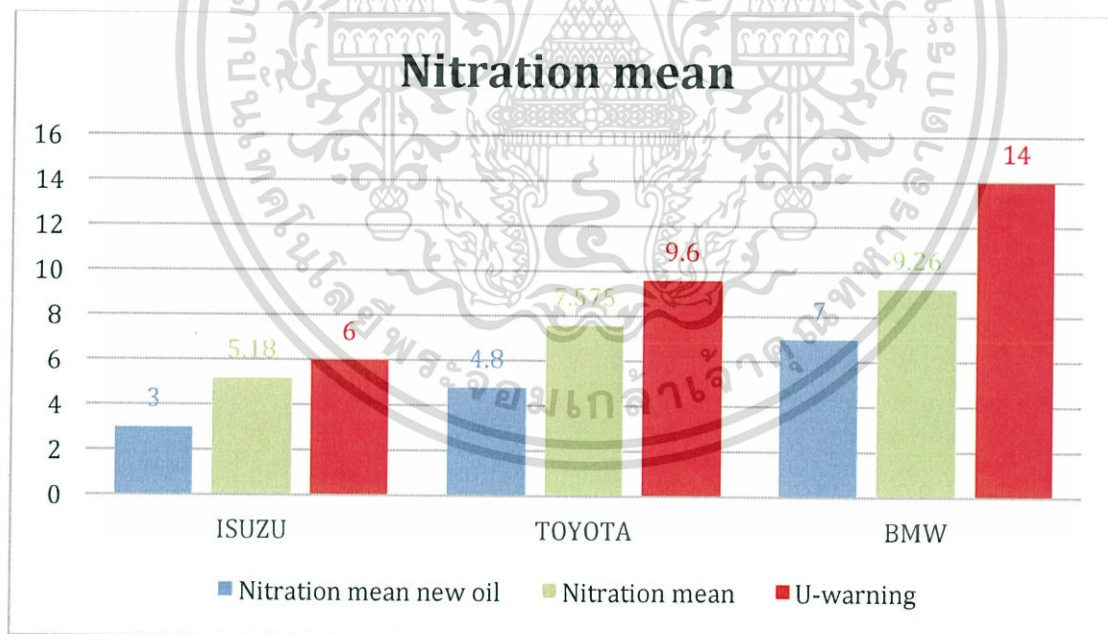


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความหนืดทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่างเทียบกับค่า u-warning

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

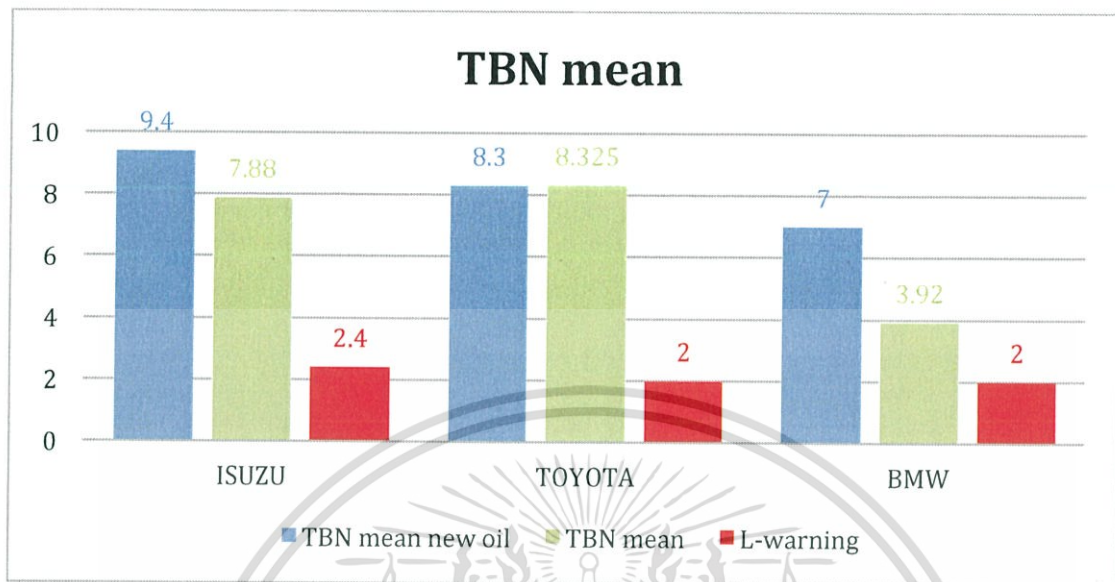


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Oxidation ทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่างกับค่า u-warning

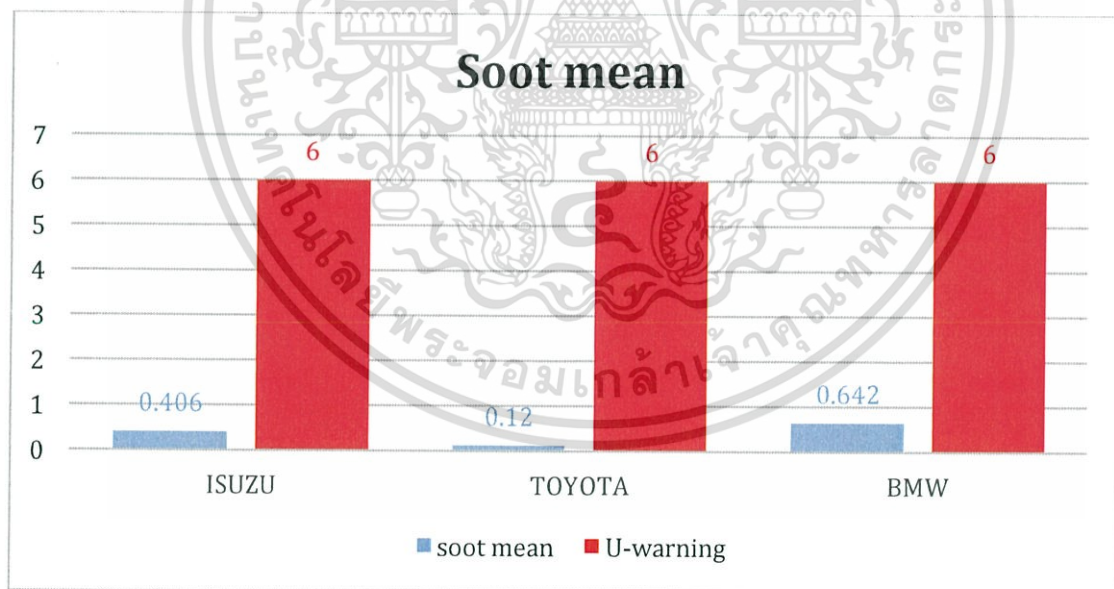


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Nitration ทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่างกับค่า u-warning

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



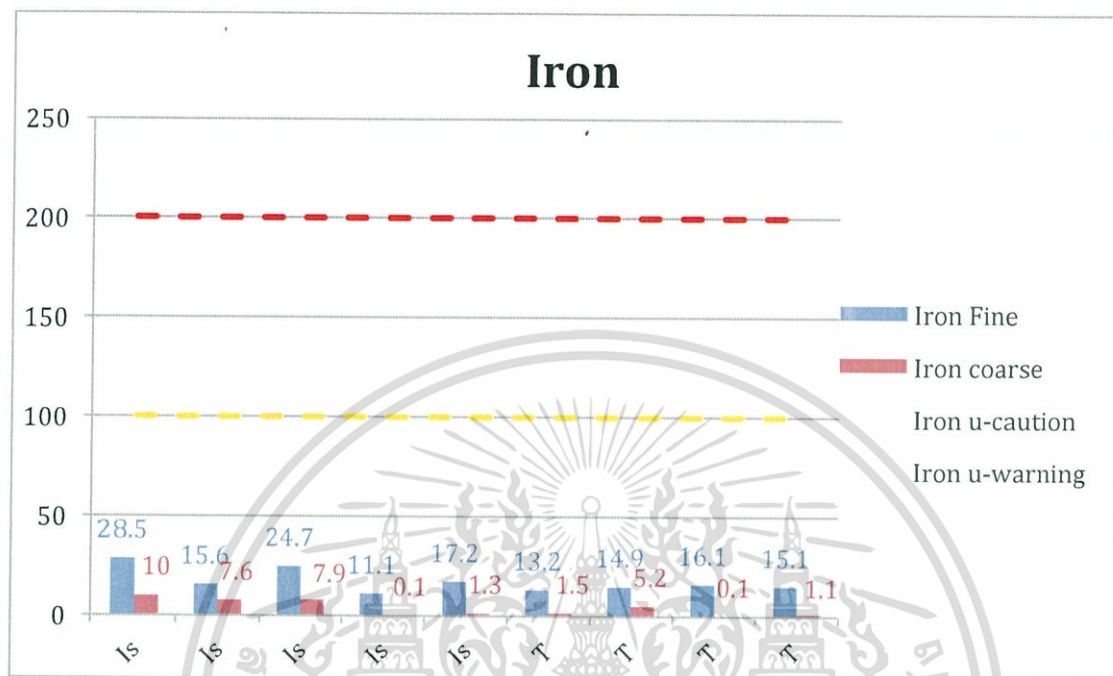
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของ TBN ทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่างเทียบกับค่า L-warning



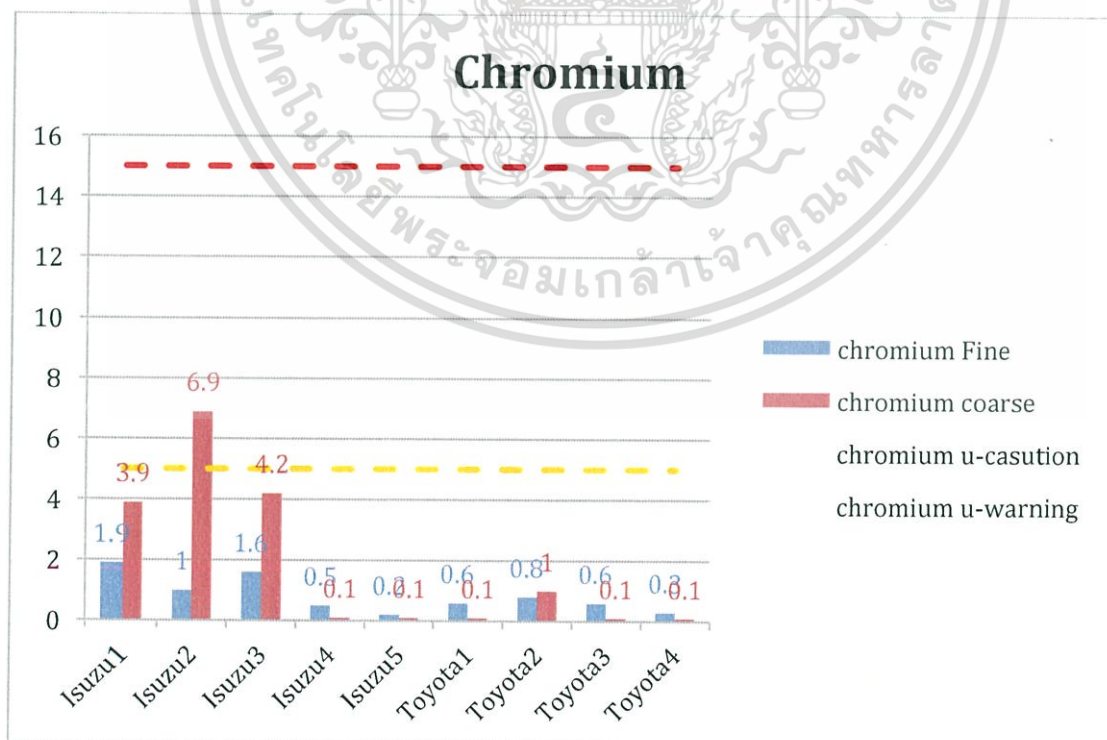
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของ SOOT ทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่างเมื่อเทียบกับค่า u-warning

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง TOYOTA กับ ISUZU

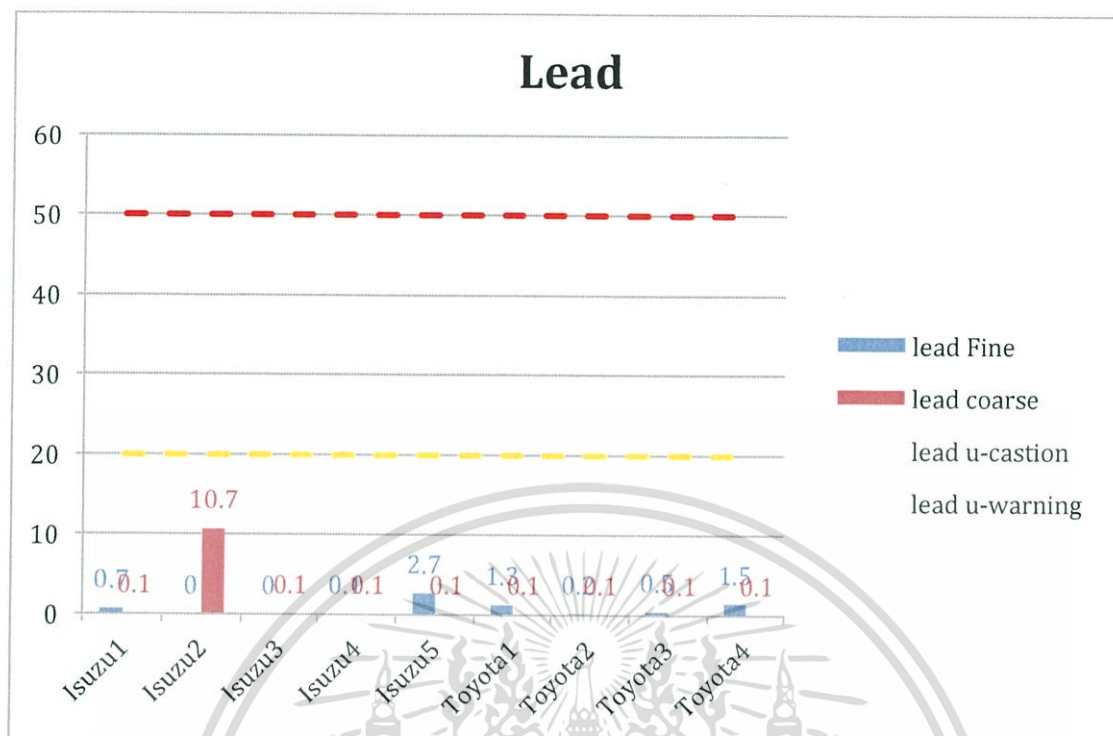


รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะเหล็กเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning

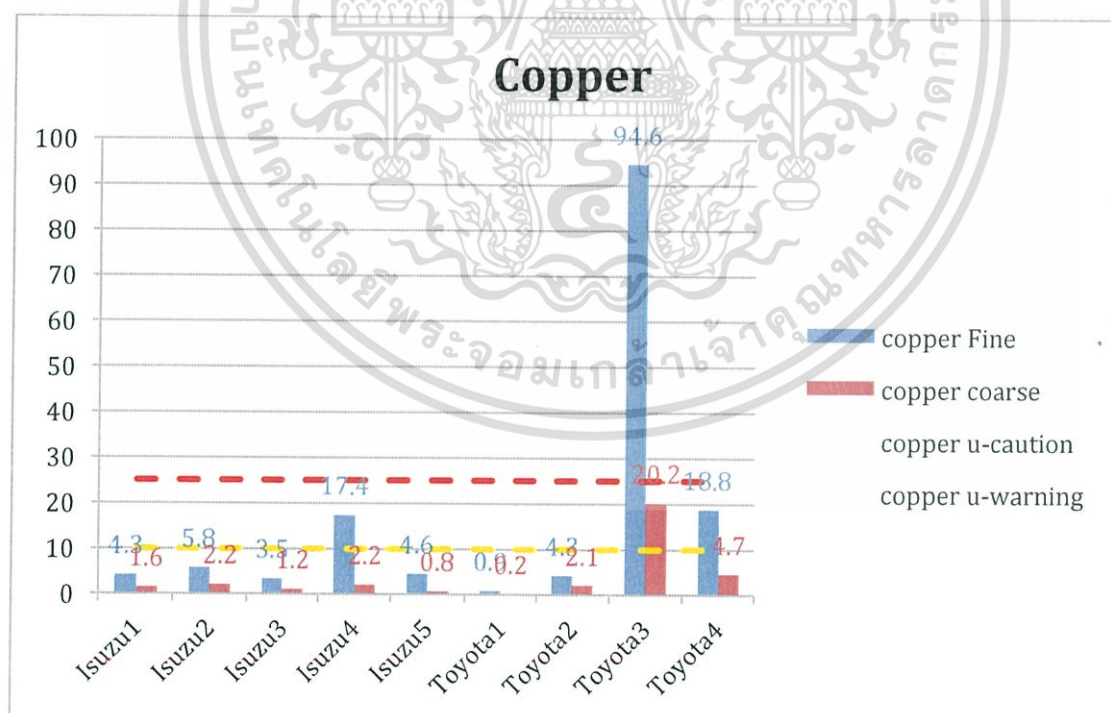


รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะโครเมียมเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ประโยชน์ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้เผยแพร่เห็นประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

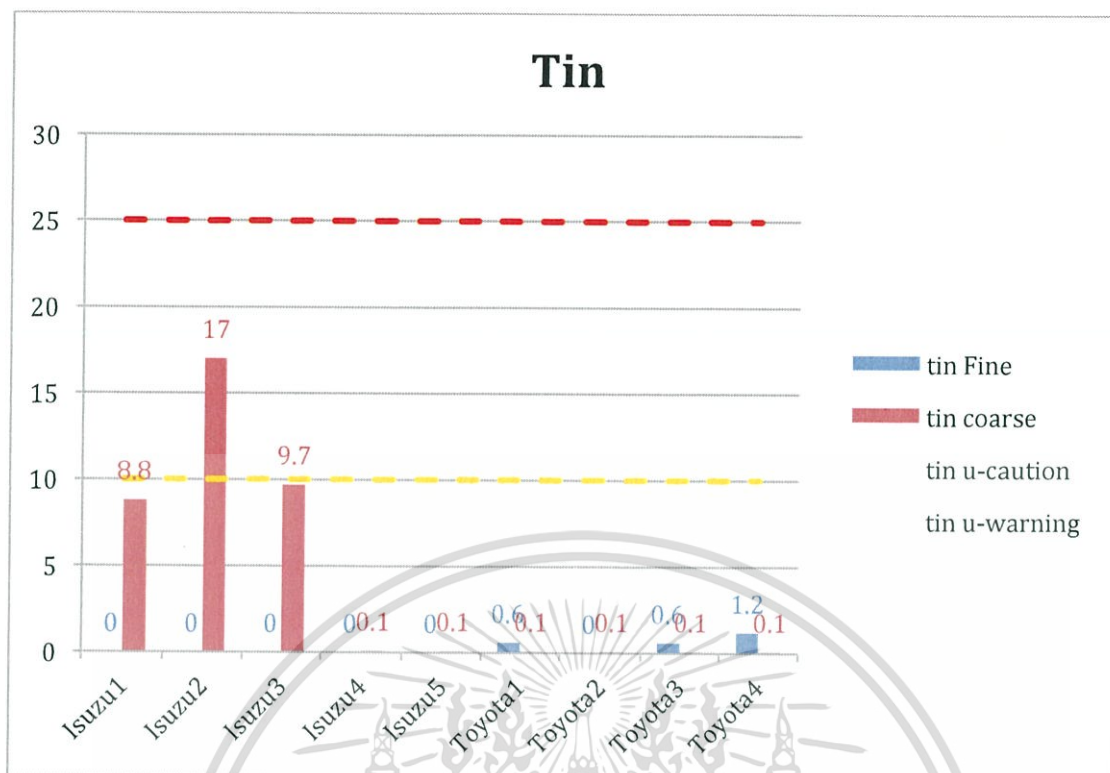


รูปที่ 4.10 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะตะกั่วเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning

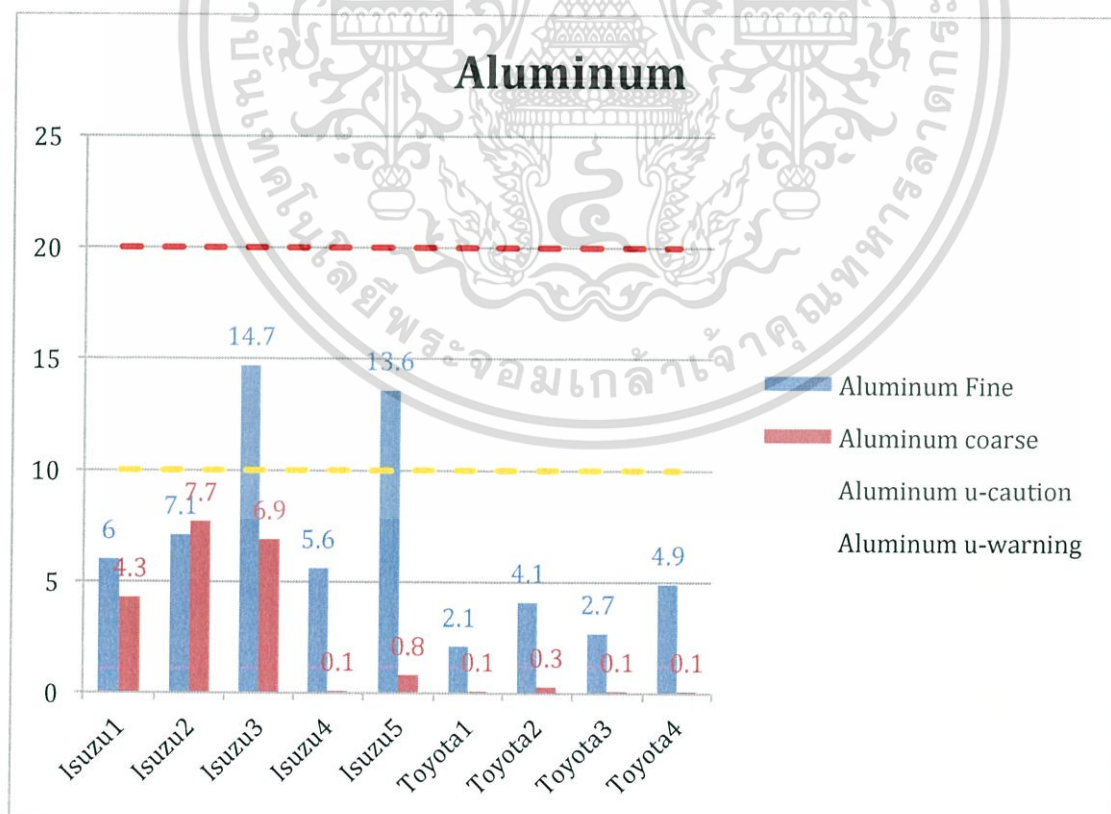


รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะทองแดงเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

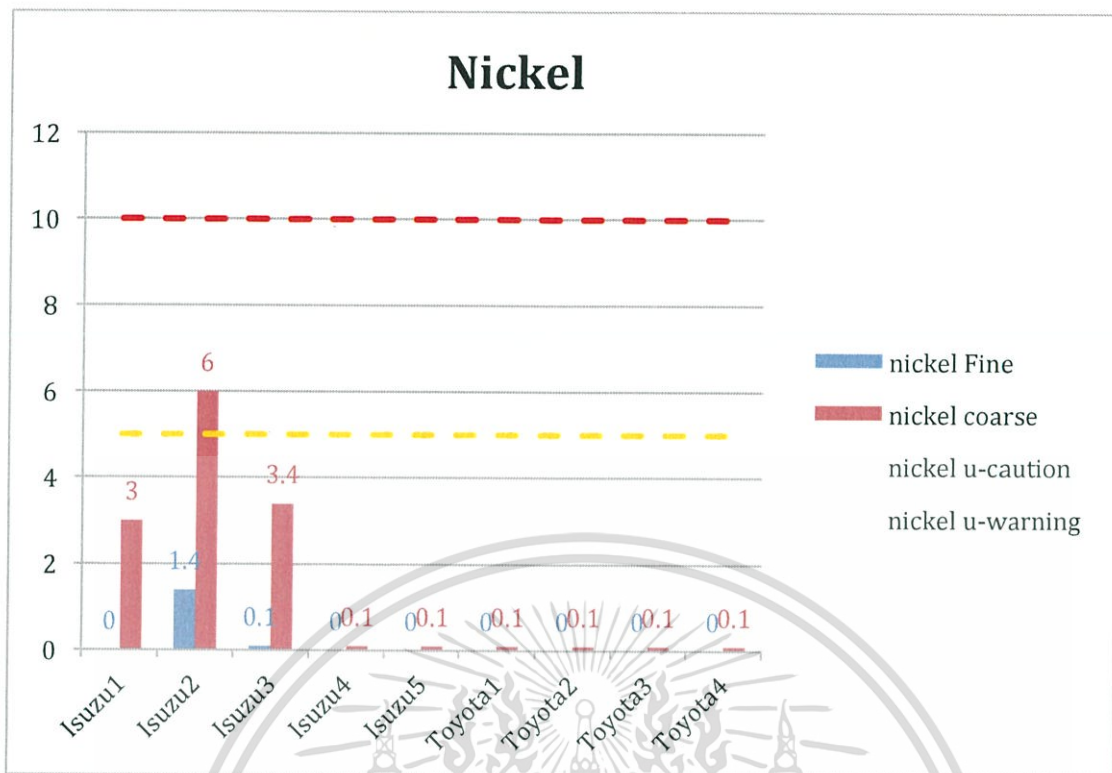


รูปที่ 4.12 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะดีบุกเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning

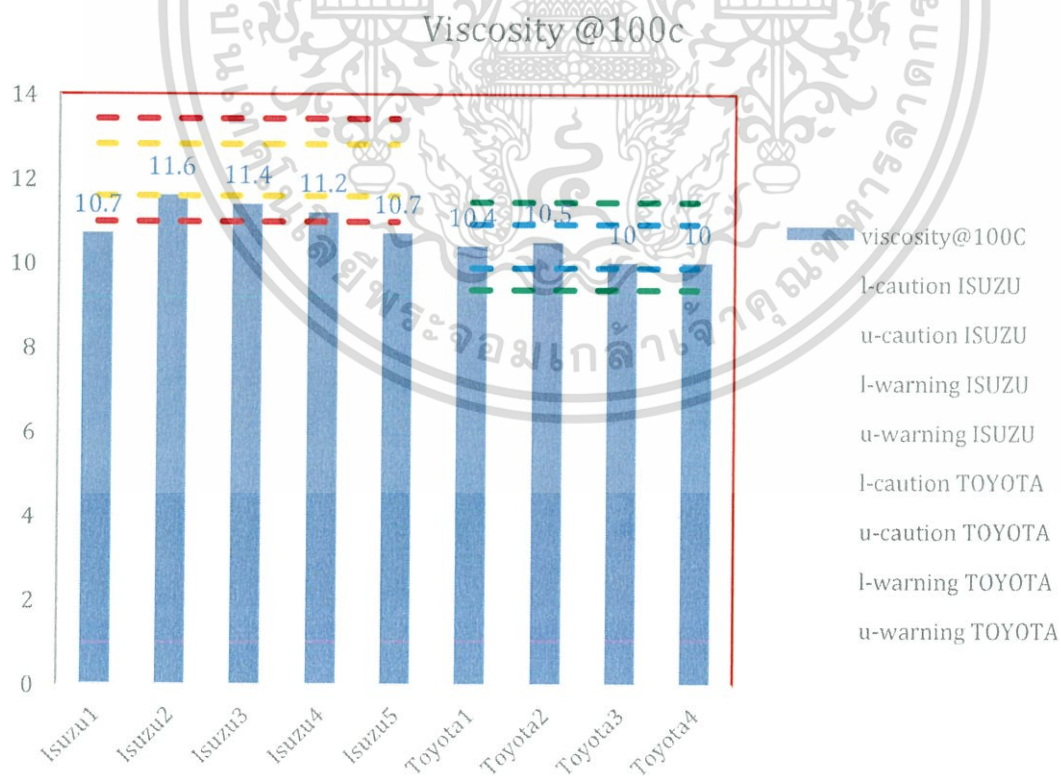


รูปที่ 4.13 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะอลูมิเนียมเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

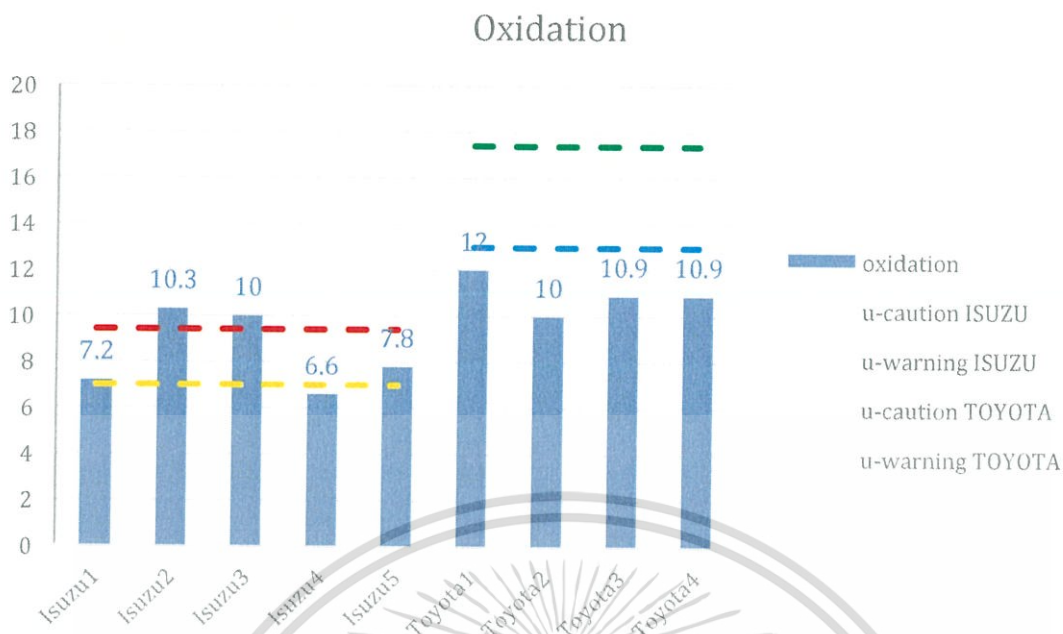


รูปที่ 4.14 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะนิกเกิลเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning

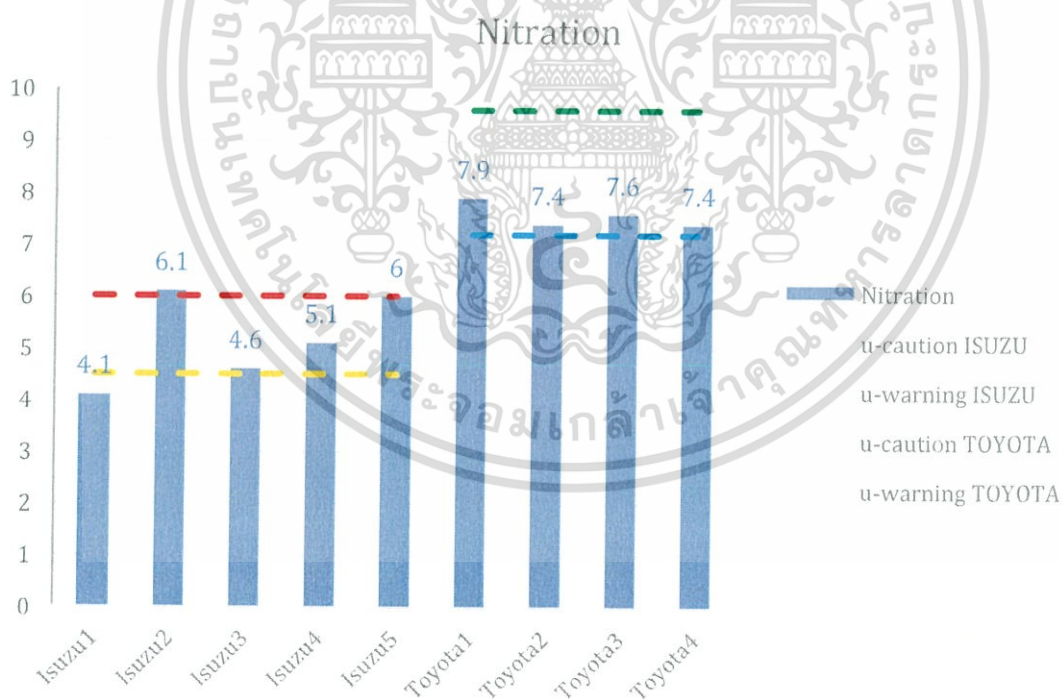


รูปที่ 4.15 กราฟแสดงค่าความหนืดเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

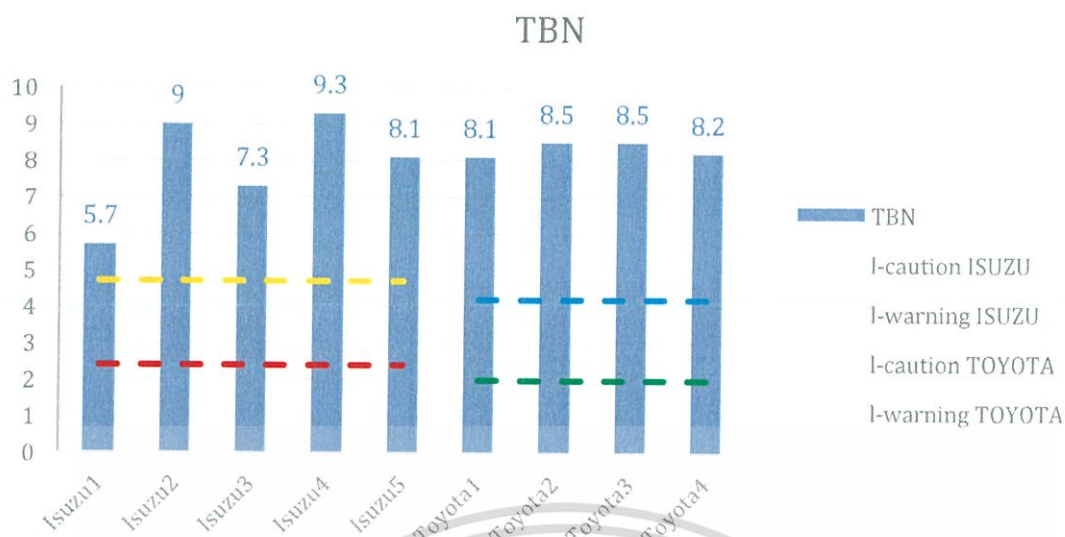


รูปที่ 4.16 กราฟแสดงค่า Oxidation เทียบกับค่า u-caution กับ u-warning

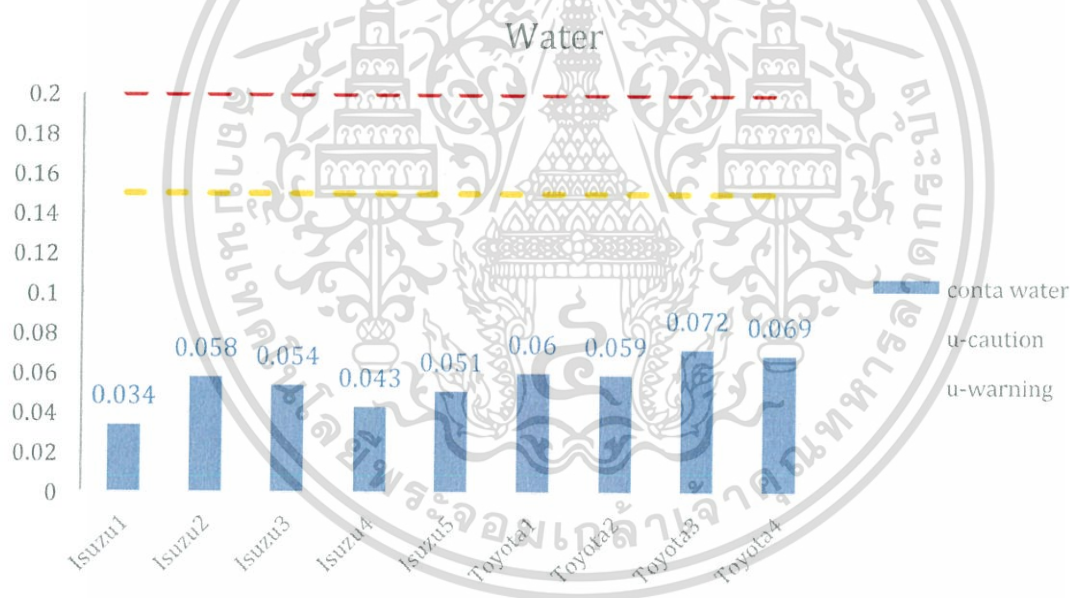


รูปที่ 4.17 กราฟแสดงค่า Nitration เทียบกับค่า u-caution กับ u-warning

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



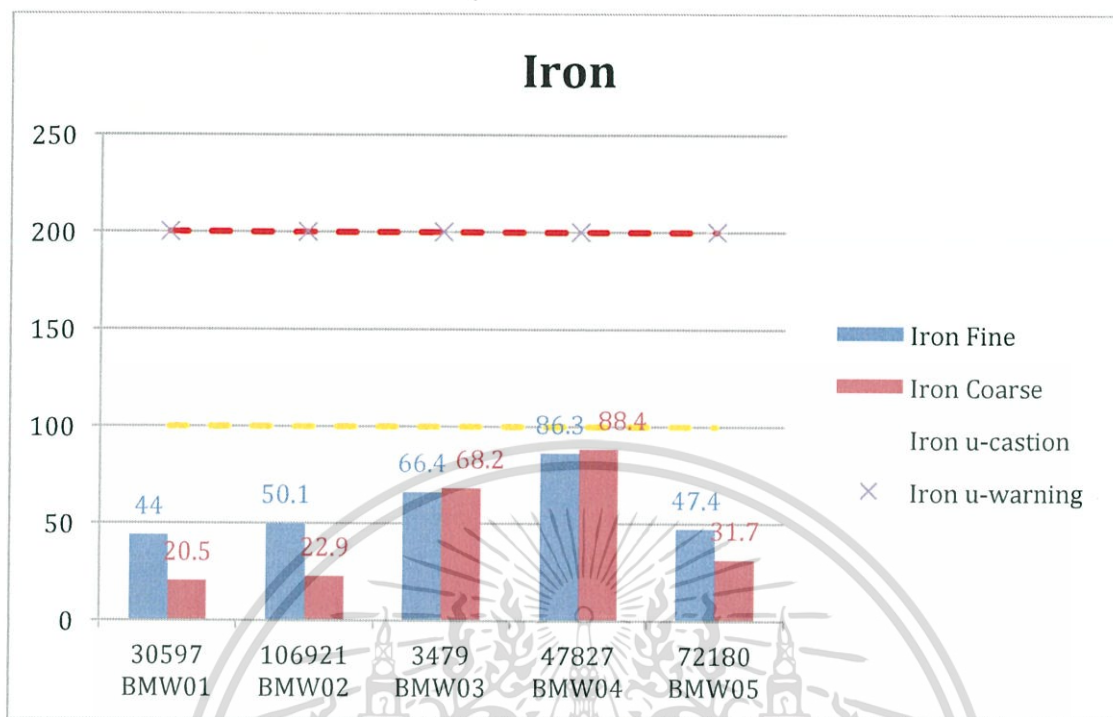
รูปที่ 4.18 กราฟแสดงค่า TBN เทียบกับค่า u-caution กับ u-warning



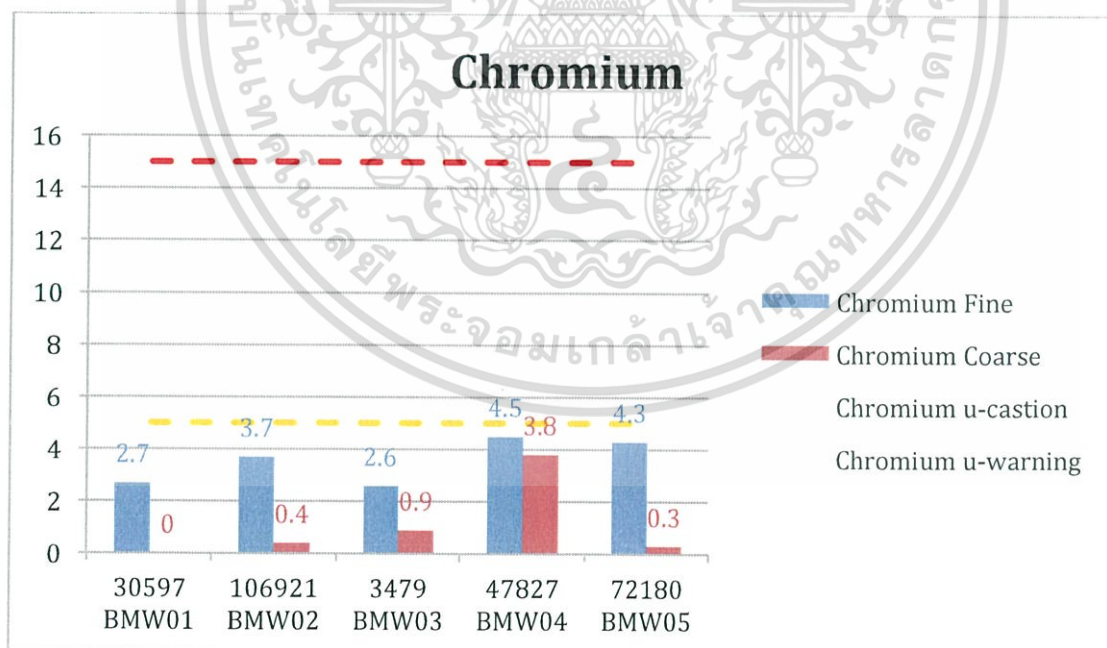
รูปที่ 4.19 กราฟแสดงปริมาณน้ำที่ปนเปื้อนเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง BMW

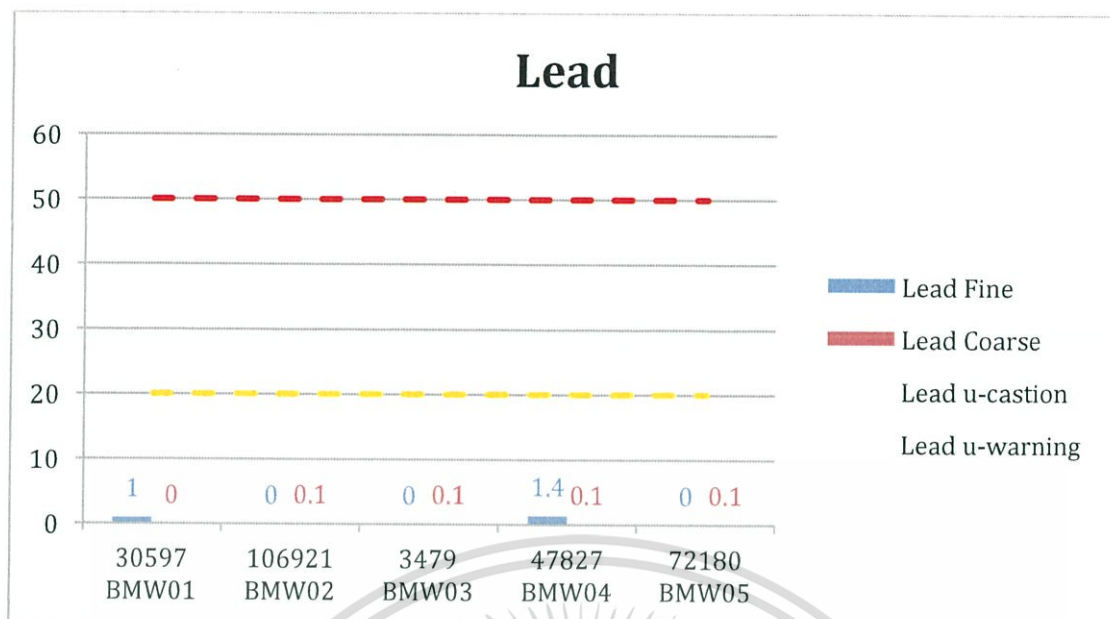


รูปที่ 4.20 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะเหล็กเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning

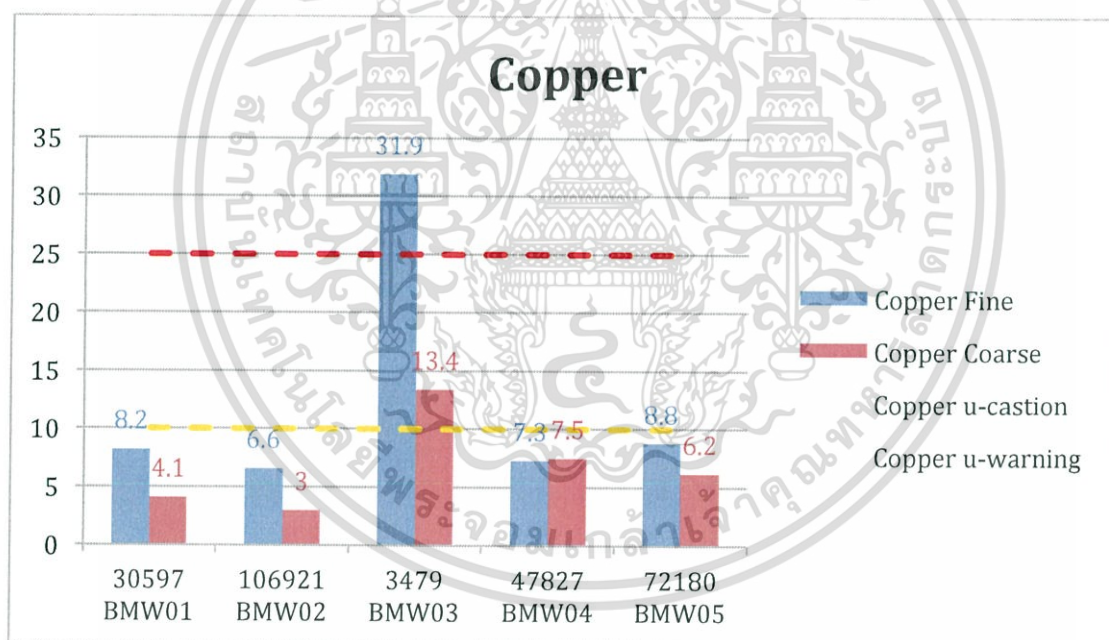


รูปที่ 4.21 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะโครเมียมเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

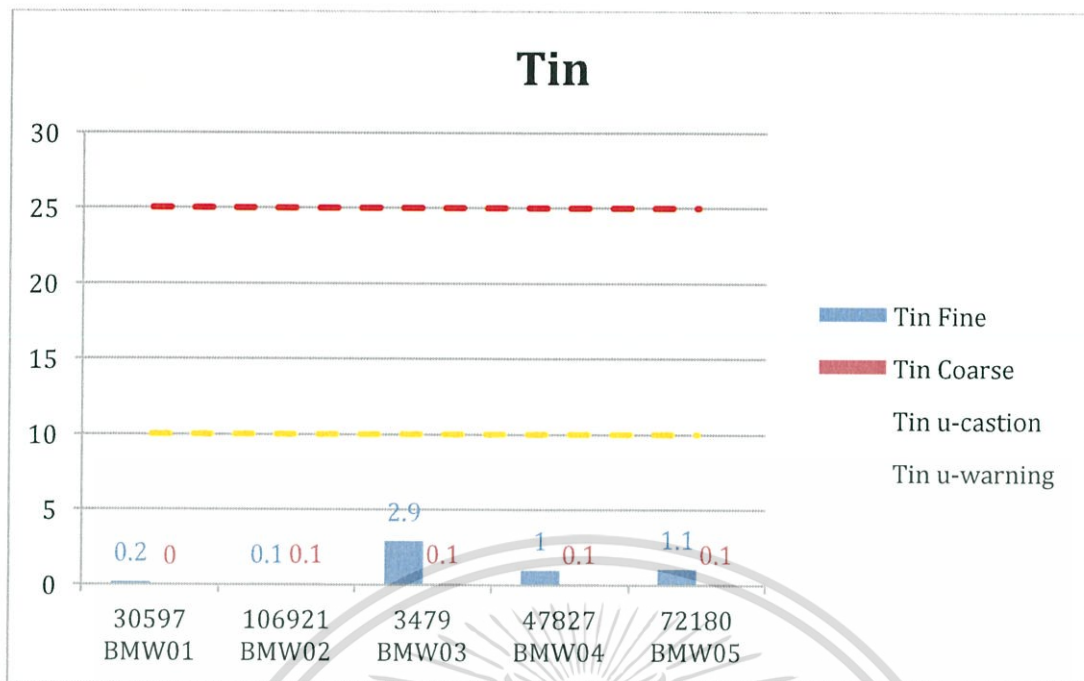


รูปที่ 4.22 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะตะกั่วเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning

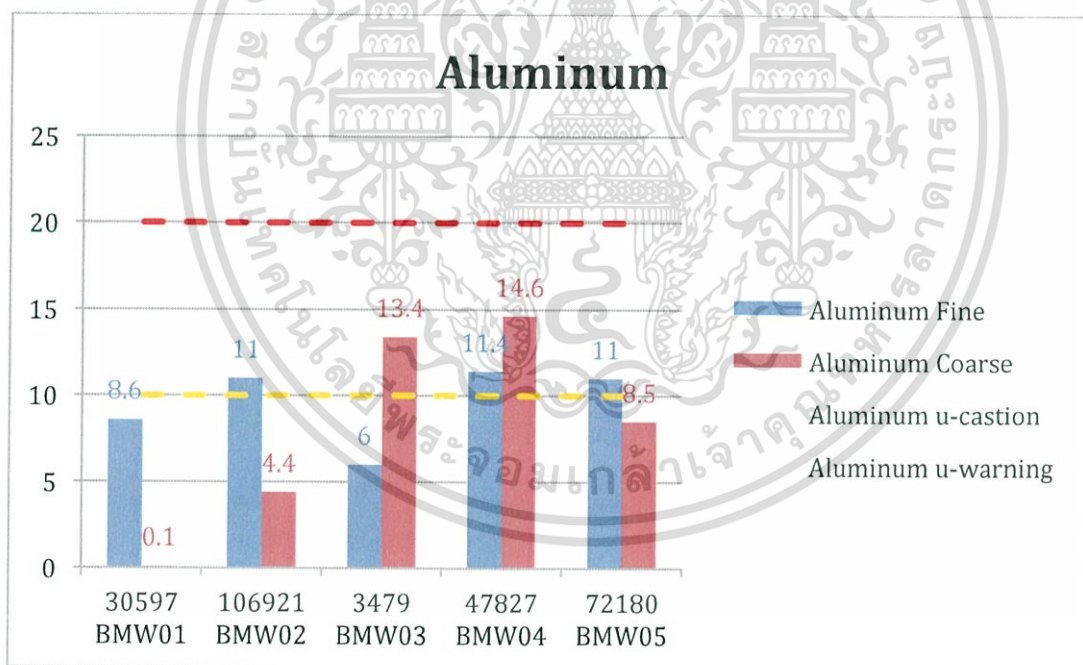


รูปที่ 4.23 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะทองแดงเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

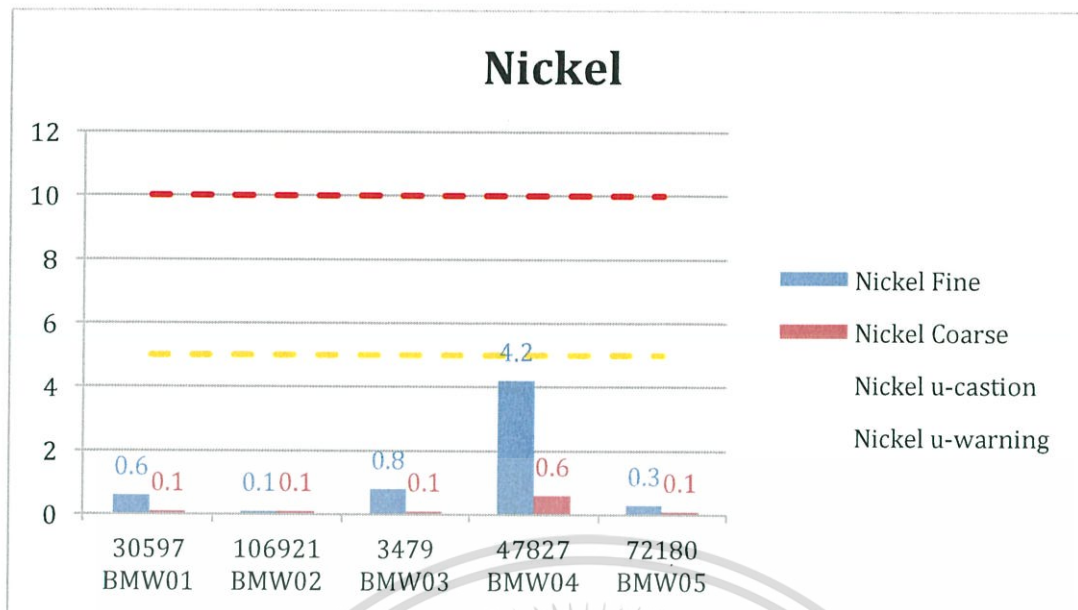


รูปที่ 4.24 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะดีบุกเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning

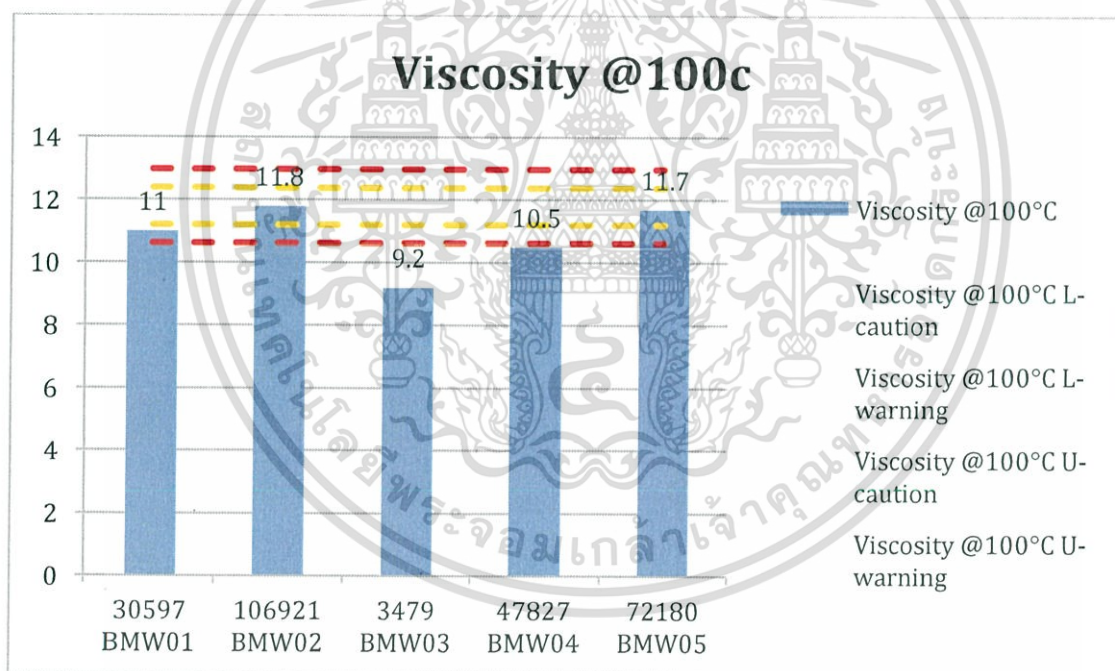


รูปที่ 4.25 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะอลูมิเนียมเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

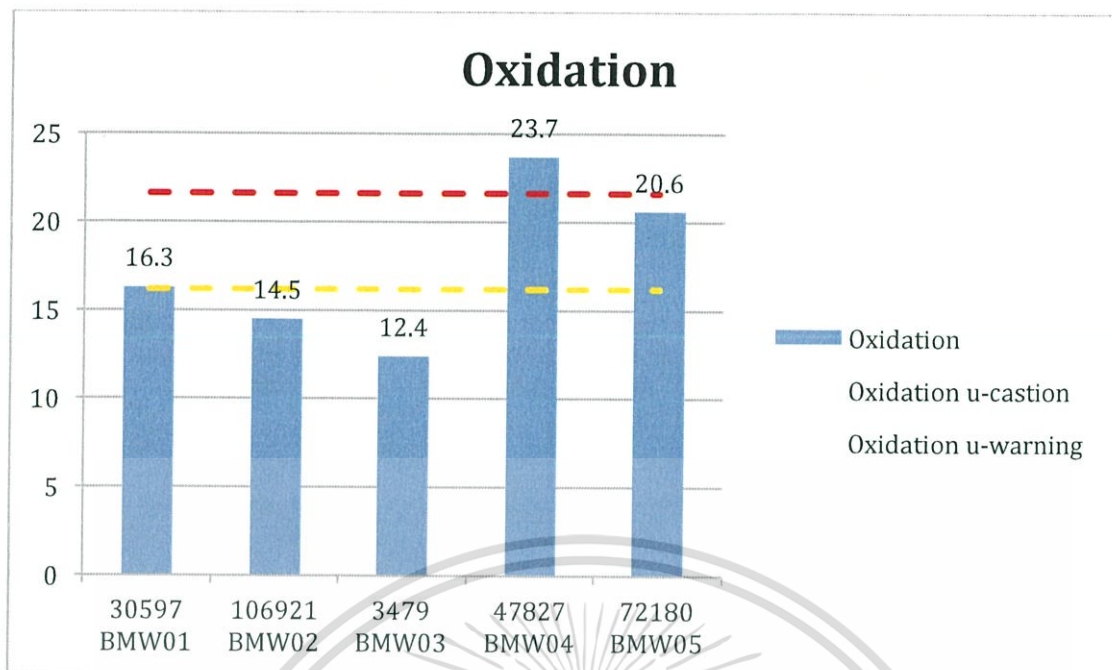


รูปที่ 4.26 กราฟแสดงค่าอนุภาคโลหะนิกเกิลเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning

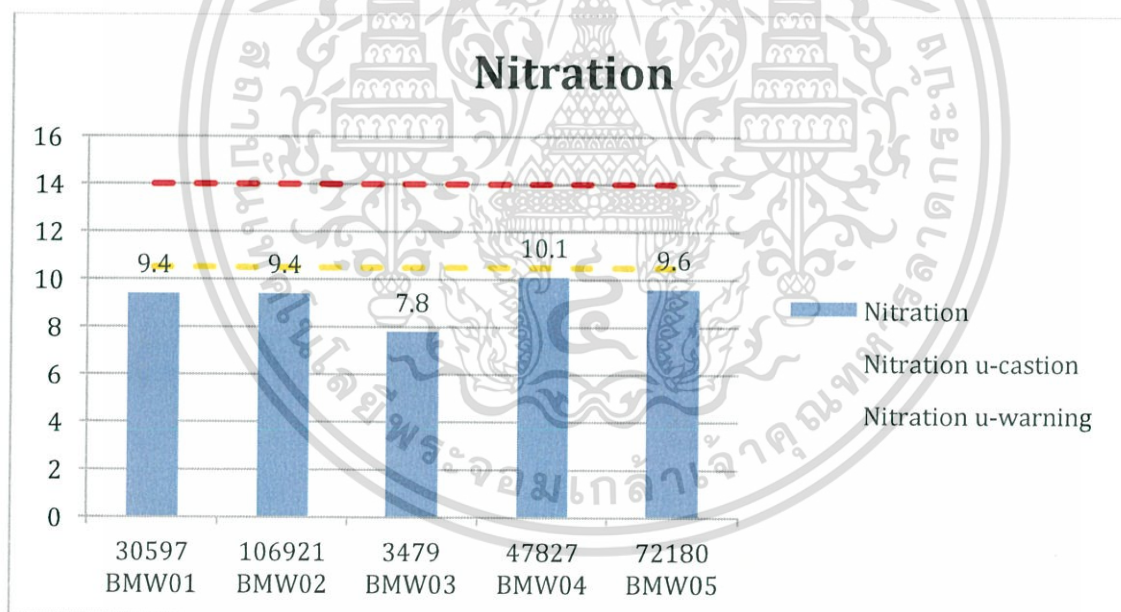


รูปที่ 4.27 กราฟแสดงค่าความหนืดเทียบกับค่า u-caution กับ u-warning

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

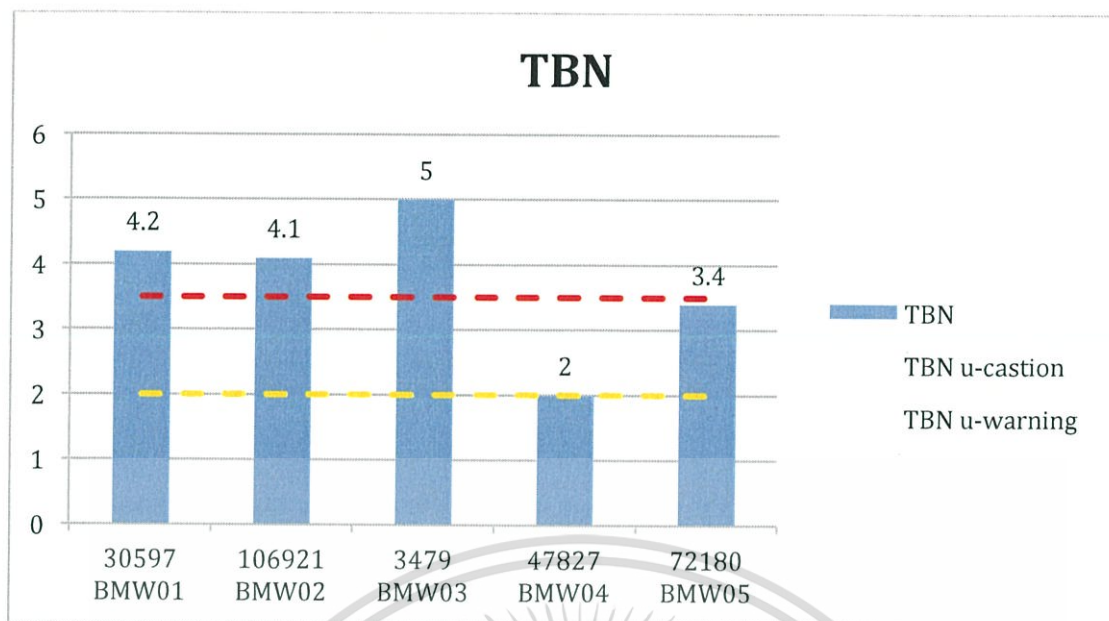


รูปที่ 4.28 กราฟแสดงค่า Oxidation เทียบกับค่า u-caution กับ u-warning

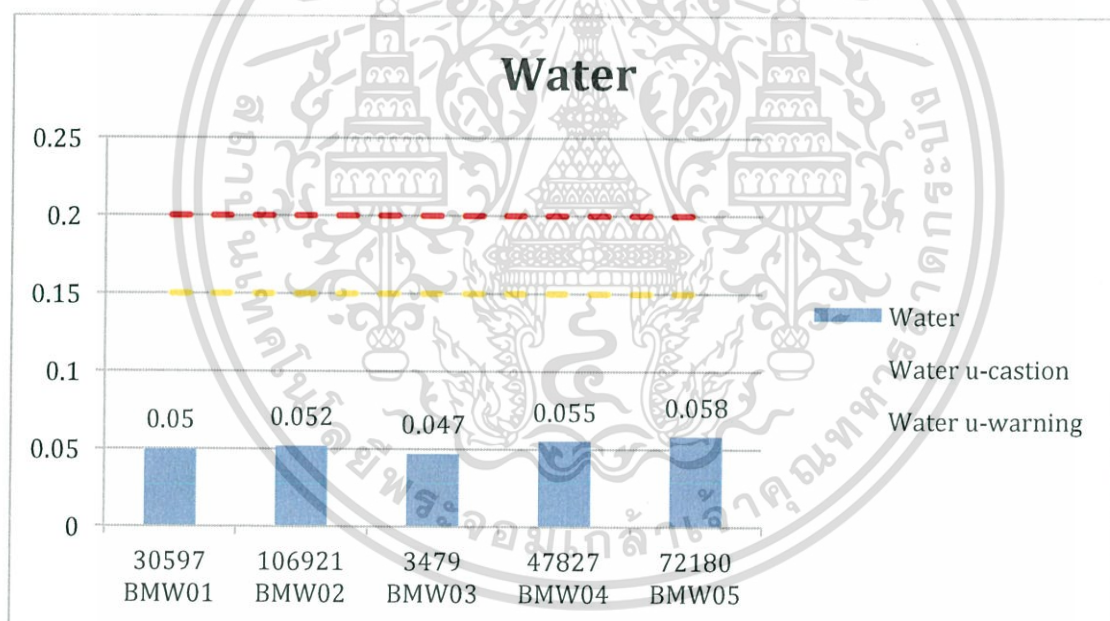


รูปที่ 4.29 กราฟแสดงค่า Nitration เทียบกับค่า u-caution กับ u-warning

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



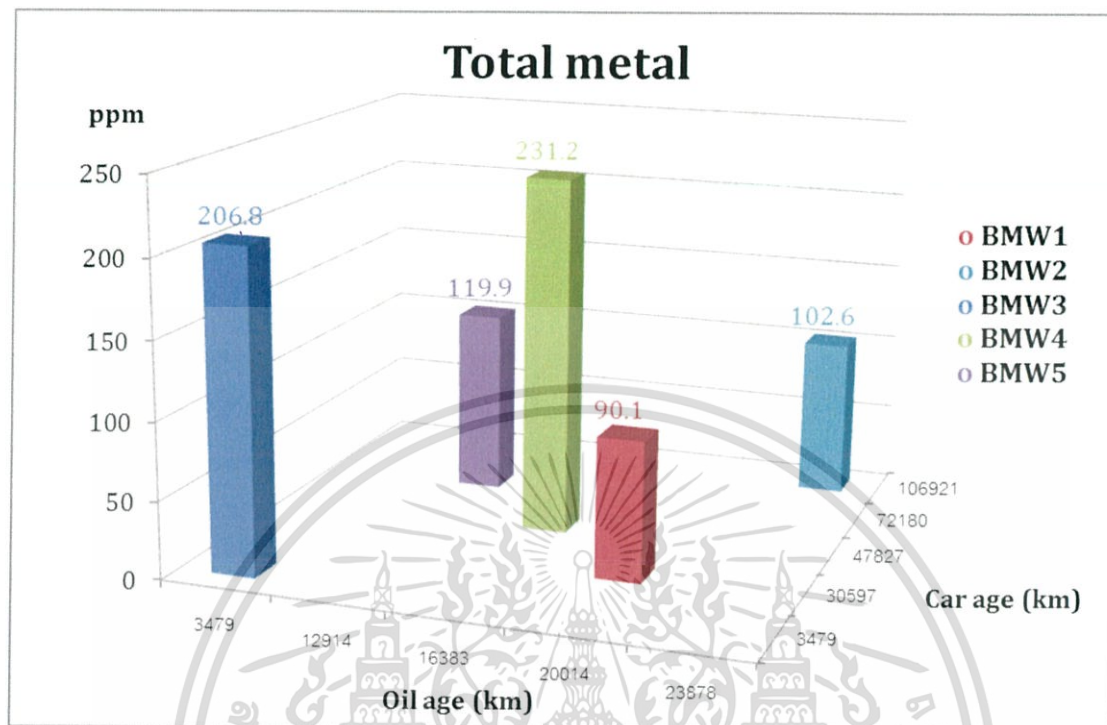
รูปที่ 4.30 กราฟแสดงค่า TBN เทียบกับค่า u-caution กับ u-warning



รูปที่ 4.31 กราฟแสดงปริมาณน้ำที่เทียบกับค่า u-caution กับ u-warning

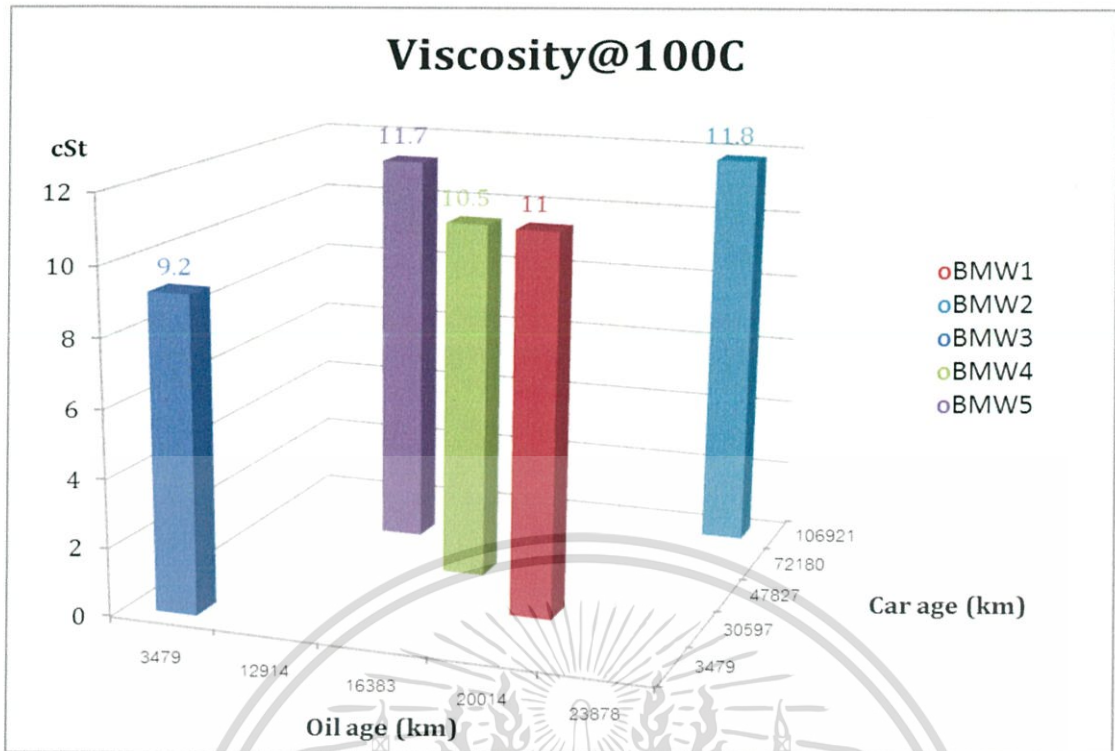
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง BMW เทียบกับ จำนวนชั่วโมงในการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่น(กิโลเมตร)และจำนวนชั่วโมงในการใช้งานของรถยนต์(กิโลเมตร)

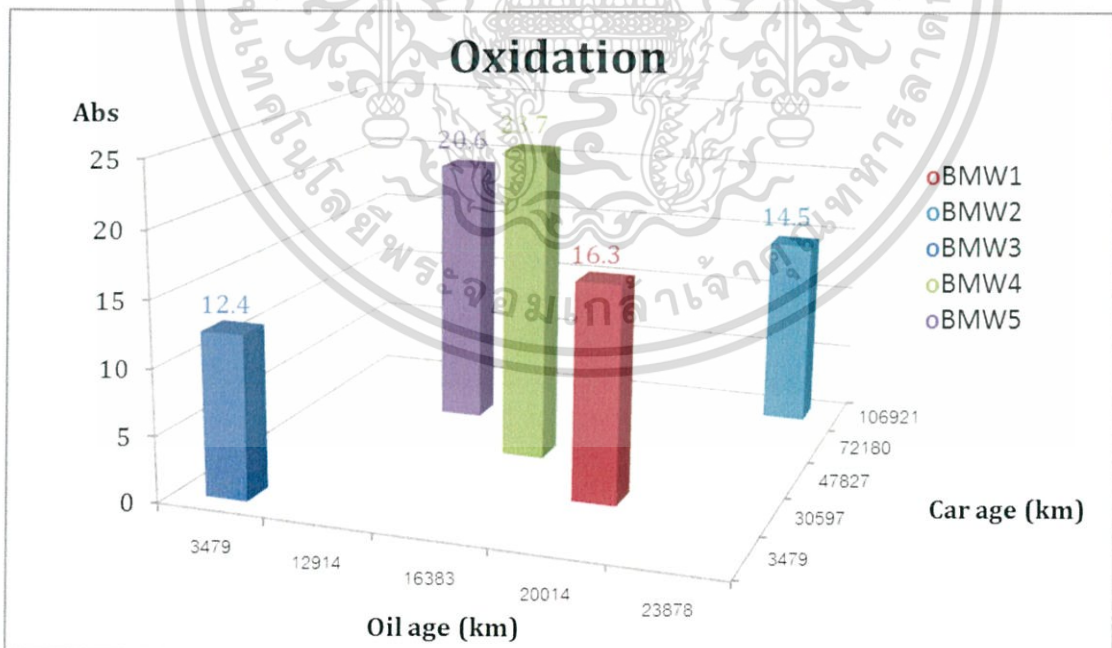


รูปที่ 4.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุภาคโลหะทั้งหมดที่พบ เทียบกับจำนวนชั่วโมงในการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่น(กิโลเมตร)และจำนวนชั่วโมงในการใช้งานของรถยนต์(กิโลเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

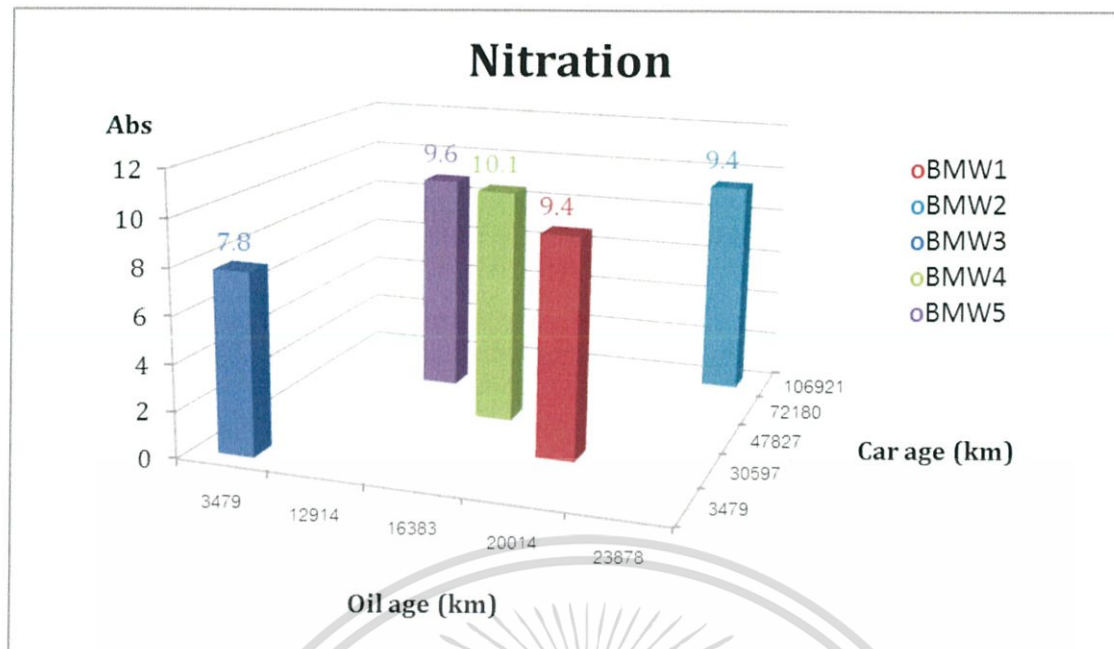


รูปที่ 4.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืด เทียบกับจำนวนชั่วโมงในการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่น(กิโลเมตร)และจำนวนชั่วโมงในการใช้งานของรถยนต์(กิโลเมตร)

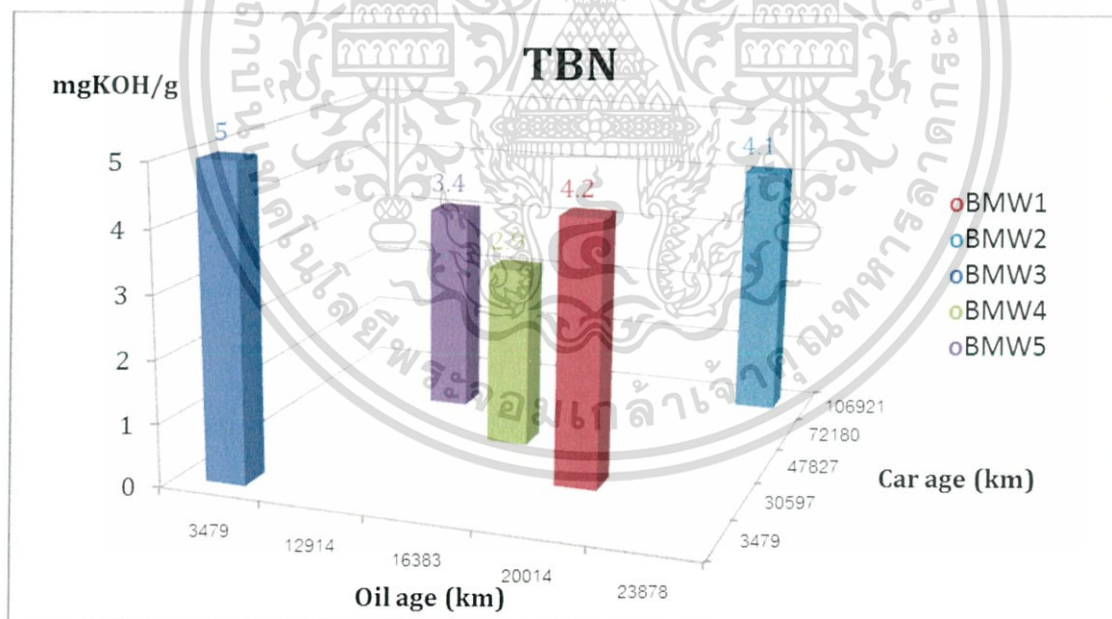


รูปที่ 4.34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Oxidation เทียบกับจำนวนชั่วโมงในการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่น(กิโลเมตร)และจำนวนชั่วโมงในการใช้งานของรถยนต์(กิโลเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

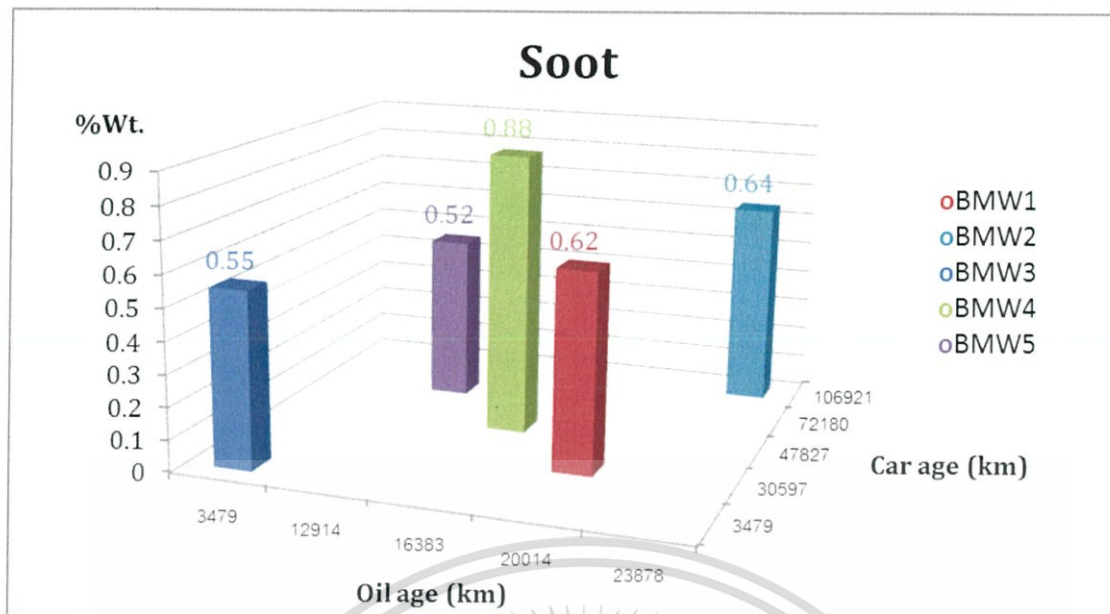


รูปที่ 4.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Nitration เทียบกับจำนวนชั่วโมงในการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่น(กิโลเมตร)และจำนวนชั่วโมงในการใช้งานของรถยนต์(กิโลเมตร)



รูปที่ 4.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า TBN เทียบกับจำนวนชั่วโมงในการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่น(กิโลเมตร)และจำนวนชั่วโมงในการใช้งานของรถยนต์(กิโลเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเขม่า เทียบกับจำนวนชั่วโมงในการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่น(กิโลเมตร)และจำนวนชั่วโมงในการใช้งานของรถยนต์(กิโลเมตร)

4.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากข้อมูลของรูป 4.1-4.7 แสดงให้เห็นว่า ค่าต่างๆที่มีการเปลี่ยนแปลงหลังจากการใช้งานมาในระยะเวลาหนึ่งนั้นคือ ในส่วนที่มีค่าเพิ่มขึ้นได้แก่ ค่า Oxidation, ค่า Nitration, ค่า Soot และในส่วนที่มีค่าลดลงได้แก่ ค่า Viscosity, ค่า TBN ในการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อเทียบกับว่า Warning แล้ว จะพบว่ามีค่ายังอยู่ในเกณฑ์ที่ยังคงความสามารถและคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้งานได้อยู่

และเมื่อพิจารณาในรูปที่ 4.32-4.37 ซึ่งได้แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงอยู่ในแนวโน้มเดียวกัน คือ จะมีการเปลี่ยนแปลงที่อยู่ในปริมาณการเพิ่มขึ้นหรือลดลงที่ไม่ต่างกันมาก

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการศึกษา

1. เครื่องยนต์ที่ใช้รอบการทำงานสูง การสึกหรอจะสูงตามมาด้วย ในช่วงอายุรถ 0-350,000 กิโลเมตร การสึกหรอมีแนวโน้มลดลง
2. จากค่าเฉลี่ยสามารถบอกได้ว่าน้ำมันหล่อลื่นยังคงมีประสิทธิภาพในการทำงาน
3. ค่า wear condition, oil condition, contamination มีผลแตกต่างกันไม่มีนัยสำคัญในช่วงอายุน้ำมัน 0-24,000 กิโลเมตร และอายุรถในช่วง 0-100,000 กิโลเมตร
4. ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติ เมื่อ wear เพิ่มขึ้นส่งผลให้ oxidation, nitration, soot เพิ่มขึ้น และเมื่อ oxidation, nitration เพิ่มขึ้นส่งผลให้ TBN ลดลง ทุกการเปลี่ยนแปลงที่กล่าวมาส่งผลให้ viscosity ลดลง

จากข้างต้นสามารถกล่าวได้ว่าคุณสมบัติต่างๆทั้งคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี มีการเปลี่ยนแปลงและมีความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติ และจากกลุ่มข้อมูลที่เราศึกษาค่าเฉลี่ยคุณสมบัติทุกค่ายังคงอยู่ในเกณฑ์ที่น้ำมันหล่อลื่นยังสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์น้ำมันตัวอย่างจาก FOCUSLAB



ISO9001:2008 Certified

FocusLab Ltd.

CUSTOMER
Code : 20010
Name : KMITL
Address : 3 Moo 2, Chaibngkrung Road
 Ladkrabang Bangkok 10520
Site :
Location :
Test code : 80300 60400 60600

EQUIPMENT
Unit ID : NEW OIL CASTROL SAE 5W30
Unit Type : NEW OIL
Unit Make : (not available)
Unit Model : (not available)
Oil type / Viscosity : CASTROL SAE 5W30
Oil System Capacity :

Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

Data is provided below.

Condition History		Current Sample		Previous Sample		Baseline and Alarm Limit	
		Wear	Oil	Cont.			
Lab ID			300985				
Bottle ID			1058218				
Date Sampled			08 May 15				
Oil Hours (Kms)			Not Given				
Unit Hours (Kms)			Not Given				
Oil Change							
Oil Added (Liters)							
Filters Hours (Kms)							
Wear Condition							
Wear Element	Method	Unit	Result	Reference	Warning	Alarm	
Iron	D-4865	PPM	11.6	15	U-Warning	U-Warning	
Chromium	D-4865	PPM	0.0	0.5	U-Warning	U-Warning	
Lead	D-4865	PPM	3.2	5	U-Warning	U-Warning	
Copper	D-4865	PPM	0.0	0.5	U-Warning	U-Warning	
Tin	D-4865	PPM	0.0	0.5	U-Warning	U-Warning	
Aluminum	D-4865	PPM	0.0	0.5	U-Warning	U-Warning	
Nickel	D-4865	PPM	0.0	0.5	U-Warning	U-Warning	
Silver	D-4865	PPM	0.0	0.5	U-Warning	U-Warning	
Molybdenum	D-4865	PPM	0.0	0.5	U-Warning	U-Warning	
Titanium	D-4865	PPM	0.0	0.5	U-Warning	U-Warning	
Oil Condition							
Viscosity @ 40° C	D-445	cSt	69.3	68-100	U-Warning	U-Warning	
Viscosity @ 100° C	D-445	cSt	11.8	9-15	U-Warning	U-Warning	
Oxidation	D-4859	mg/kg	10.8	10	U-Warning	U-Warning	
Nitration	D-4859	mg/kg	7.0	7	U-Warning	U-Warning	
TAN	D-4859	mg/kg	7.0	7	U-Warning	U-Warning	
TBN	D-4859	mg/kg	7.0	7	U-Warning	U-Warning	
Contamination							
Water	D-4859	wt%	0.058	0.1	U-Warning	U-Warning	
Sodium	D-4859	PPM	3	3	U-Warning	U-Warning	
Silicon	D-4859	PPM	3.7	3.7	U-Warning	U-Warning	
Additive Element							
Boron	D-4859	PPM	56	56	U-Warning	U-Warning	
Magnesium	D-4859	PPM	19	19	U-Warning	U-Warning	
Calcium	D-4859	PPM	1742	1742	U-Warning	U-Warning	
Barium	D-4859	PPM	0	0	U-Warning	U-Warning	
Phosphorus	D-4859	PPM	597	597	U-Warning	U-Warning	
Zinc	D-4859	PPM	1587	1587	U-Warning	U-Warning	
Additional Test							
Flash Point	D-3824	°C			U-Warning	U-Warning	
Viscosity Index	D-2274		167		U-Warning	U-Warning	

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
 No Sign or ● : NORMAL ; ● or ● : **U-Warning** (first level warning limit) ; ● or ● : **W** or **U-Warning** (second level warning limit)
● : **U-Warning** (Upper WARNING Level) ; ● : **L-Warning** (Lower WARNING required Level)
 Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification".
 Accuracy of interpretation and recommendation are based on representative sample and information supplied.
 First Level Alarm/Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
 Second Level Alarm/Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
 TNO - The new oil ; RO - Reference oil ; OS - Oil Specification
 No warranty is expressed or implied for this report.

รูป แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมัน New oil Castrol SAE 5W30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Code : 20010
Name : KMITL
Address : 3 Moo 2, Chalongkrung Road
 Ladkrabang Bangkok 10520
Site :
Location :
Test code : 80300 60400 60600

Unit ID : NEW OIL ISUZU SAE 10W30
Unit Type : NEW OIL
Unit Make : (not available)
Unit Model : (not available)
Oil type / Viscosity : ISUZU SAE 10W30
Oil System Capacity :

Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

Data is provided below

		Current Sample		Previous Sample	Baseline and Alarm Limit	
Condition History		Wear	Oil	Cont.	Alarm Limit	
Lab ID		301403			Alarm Limit Matrix - Set Name	
Bottle ID		1064848			(Equipment type / oil type)	
Date Sampled		09-May-15			New Oil for Baseline Purposes	
Oil Hours (Kms)		Not Available				
Unit Hours (Kms)		Not Available				
Oil Change						
Oil Added (Liters)						
Filters Hours (Kms)						
Wear Condition		Fine (max) Wear		Coarse (max) Wear	Fine Wear	Coarse wear
Wear Element	Test Method	Result			U-Caution	U-Caution U-Warning
Iron	D-6106 PPM	0.5				
Chromium	D-6106 PPM	0.2				
Lead	D-6106 PPM	0.0				
Copper	D-6106 PPM	0.0				
Tin	D-6106 PPM	0.0				
Aluminum	D-6106 PPM	0.2				
Nickel	D-6106 PPM	0.0				
Silver	D-6106 PPM	0.0				
Molybdenum	D-6106 PPM	60.5				
Titanium	D-6106 PPM	0.0				
Oil Condition					L-Warning	L-Caution U-Caution U-Warning
Viscosity @ 40 °C	D-6106	79.1				
Viscosity @ 100 °C	D-6106	12.2				
Oxidation	F-6106 Abs	4.7				
Nitration	F-6106 Abs	3.0				
TAN	D-6106					
TBN	D-6106	9.4				
Contamination						U-Caution U-Warning
Water	F-6412M %W	0.052				
Fuel	F-6412M %W	0.00				
Glycol	F-6412M %W	N/A				
Soot	F-6412M %W	0.00				
Additive Element					Fine Wear	Coarse wear
Boron	D-6106 PPM	3			U-Caution	U-Warning
Magnesium	D-6106 PPM	46				
Calcium	D-6106 PPM	3342				
Barium	D-6106 PPM	0				
Phosphorus	D-6106 PPM	602				
Zinc	D-6106 PPM	1128				
Additional Test						
Flash Point	D-6106 °C					
Viscosity Index	D-2270	151				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
 No Sign or : NORMAL ; or : (first level warning limit) ; or : Warning ; (second level warning limit)
 : Upper WARNING Level ; : Lower WARNING required Level
 Baseline will be date of either "The new oil" or "Reference oil" or "O" specification.
 Accuracy of interpretation and recommendation are based on representative sample and information supplied.
 First Level Alarm: Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
 Second Level Alarm: Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
 TNO - The new oil ; RO - Reference oil ; OS - O: Specification
 No warranty is expressed or implied for this report.

รูป แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมัน New oil ISUZU SAE 10W30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Code : 20010
Name : KMITL
Address : 3 Moo 2, Chongkrung Road
 Ladkrabang Bangkok 10520
Site :
Location :
Test code : 80300 60400 60300

Unit ID : NEW OIL TOYOTA SAE 10W30 Bottle 1064827
Unit Type : NEW OIL
Unit Make : (not available)
Unit Model : (not available)
Oil type / Viscosity : TOYOTA SAE 10W30
Oil System Capacity :

Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

Data is provided below

Condition History		Current Sample		Previous Sample		Baseline and Alarm Limit		
		Wear	Oil	Cont.				
Lab ID Bottle ID Date Sampled Oil Hours (Kms) Unit Hours (Kms) Oil Change Oil Added (Liters) Filters Hours (Kms)	Test Method Result		300986				Alarm Limit Alarm Limit Matrix -Set Name (Equipment type / oil type) New Oil for Baseline Purposes	
			1064827					
			08 May 15					
			Not Given					
			Not Given					
			Not Given					
Wear Condition								
Wear Element		Fine (small) Wear	Coarse (large) Wear			Fine Wear	Coarse wear	
Iron	D-4536 PPM	1.3				U-Warning	U-Warning	
Chromium	D-4536 PPM	0.1				U-Warning	U-Warning	
Lead	D-4536 PPM	0.4				U-Warning	U-Warning	
Copper	D-4536 PPM	0.0				U-Warning	U-Warning	
Tin	D-4536 PPM	0.0				U-Warning	U-Warning	
Aluminum	D-4536 PPM	0.0				U-Warning	U-Warning	
Nickel	D-4536 PPM	0.0				U-Warning	U-Warning	
Silver	D-4536 PPM	0.0				U-Warning	U-Warning	
Molybdenum	D-4536 PPM	0.1				U-Warning	U-Warning	
Titanium	D-4536 PPM	0.0				U-Warning	U-Warning	
Oil Condition								
Viscosity @ 40 C	D-4536	66.5				L-Warning	L-Caution	
Viscosity @ 100 C	D-4536	10.4				U-Warning	U-Warning	
Oxidation	E-24197A	8.7				U-Warning	U-Warning	
Nitration	E-24197A	4.8				U-Warning	U-Warning	
TAN	D-4536	8.3				U-Warning	U-Warning	
TBN	D-4536	8.3				U-Warning	U-Warning	
Contamination								
Water	E-24197A	0.044				U-Warning	U-Warning	
Fuel	E-24197A	0.00				U-Warning	U-Warning	
Glycol	E-24197A	N/A				U-Warning	U-Warning	
Soot	E-24197A	0.00				U-Warning	U-Warning	
Vanadium	D-4536	0				U-Warning	U-Warning	
Sodium	D-4536	1				U-Warning	U-Warning	
Silicon	D-4536	4.3				U-Warning	U-Warning	
Additive Element								
Boron	D-4536	1				U-Warning	U-Warning	
Magnesium	D-4536	1021				U-Warning	U-Warning	
Calcium	D-4536	18				U-Warning	U-Warning	
Barium	D-4536	0				U-Warning	U-Warning	
Phosphorus	D-4536	963				U-Warning	U-Warning	
Zinc	D-4536	2033				U-Warning	U-Warning	
Additional Test								
Flash Point	D-3829	144				U-Warning	U-Warning	
Viscosity Index	D-2270					U-Warning	U-Warning	

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
 No Sign or : NORMAL , or : (first level warning limit)
 U-Warning : Upper WARNING Level L-Warning : Lower WARNING required Level
 Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification".
 Accuracy of interpretation and recommendation are based on representative sample and information supplied.
 First Level Alarm Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
 Second Level Alarm Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
 TNO = The new oil, FO = Reference oil, OS = Oil Specification
 No warranty is expressed or implied for this report.

รูป แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมัน New oil TOYOTA SAE 10W30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C U S T O M E R
Code : 20010
Name : KMITL
Address : 3 Moo 2, Chalokkrung Road
Ladkrabang Bangkok 10520
Site :
Location :
Test code : E80400 60400 60600 60900

E Q U I P M E N T
Unit ID : BMW 01 Engine
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : BMW
Unit Model : N47
Oil type / Viscosity : CASTROL SAE 5W30
Oil System Capacity : 5.2 Liters



Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
Oil condition tests indicate that the base-oil is slightly degraded.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.

Condition History		Current Sample		Previous Sample	Baseline and Alarm Limit			
Test Method	Result	Wear	Oil	Cont.	Alarm Limit			
Lab ID		300987			Alarm Limit			
Bottle ID		1058219			Alarm Limit Matrix -Set Name (Equipment type / oil type)			
Date Sampled		08-May-15			Engine Diesel General Castrol SAE 5W30 (KMITL)			
Oil Hours (Kms)		Not Given						
Oil Change		30597 kms						
Oil Added (Liters)								
Filters Hours (Kms)								
Wear Condition					Fine Wear Coarse wear			
Wear Element		Fine (small) Wears	Coarse (large) Wears		U-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Iron	D 6505 PFM	44.0	20.5	0	<100	>200	<100	>200
Chromium	D 6505 PFM	2.7	0.0	0	<5	>15	<5	>15
Lead	D 6505 PFM	1.0	0.0	0	<20	>50	<20	>50
Copper	D 6505 PFM	8.2	4.1	0	<10	>25	<10	>25
Tin	D 6505 PFM	0.2	0.0	0	<10	>25	<10	>25
Aluminum	D 6505 PFM	8.6	0.1	0	<10	>20	<10	>20
Nickel	D 6505 PFM	0.6	0.1	0	<5	>10	<5	>10
Silver	D 6505 PFM	0.0	0.1	0				
Molybdenum	D 6505 PFM	17.9	0.1	0				
Titanium	D 6505 PFM	0.0	0.0	0				
Oil Condition					U-Warning L-Caution U-Caution U-Warning			
Viscosity @ 40 °C	D 435	62.8		69.3				
Viscosity @ 100 °C	D 435	11.0		11.8	<10.62	>11.95	<12.36	>12.98
Oxidation	D 4370	16.3		10.8	<16.2	>18.2	<21.6	>21.6
Nitration	D 4370	9.4		7.0	<10.5	>14		
TAN	D 4370							
TBN	D 4370	4.2		7.0	<2	>8		
Contamination					U-Warning L-Caution U-Caution U-Warning			
Water	D 2410	0.050		0.05				
Fuel	D 2410	0.10		0.058	<0.15	>0.2		
Glycol	D 2410	NA						
Soot	D 2410	0.62						
Additive Element					U-Warning L-Caution U-Caution U-Warning			
Vanadium	D 6505 PFM	1		0				
Sodium	D 6505 PFM	4		3				
Silicon	D 6505 PFM	5.4	0.1	3	<10	>50	<5	>50
Additional Test					U-Warning L-Caution U-Caution U-Warning			
Flash Point	D 5826							
Viscosity Index	D 2410	168		167				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or : NORMAL or : CAUTION (first level warning limit) W or : Warning (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level U-Warning : Upper WARNING Level L-Warning : Lower WARNING required Level
Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification".
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representative sample and information supplied.
First Level Alarm: Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Second Level Alarm: Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
TNO = The new oil. RO = Reference oil. OS = Oil Specification
No warranty is expressed or implied for this report.

รูป แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น BMW 01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C U S T O M E R
Code : 20010
Name : KMITL
Address : 3 Moo 2, Chalongkrung Road
Ladkrabang Bangkok 10520
Site :
Location :
Test code : E80400 60400 60600 60900

E Q U I P M E N T
Unit ID : **BMW 02 Engine**
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : BMW
Unit Model : N47
Oil type / Viscosity : CASTROL SAE 5W30
Oil System Capacity : 5.2 Liters



Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time
All oil conditions and oil tests appear in normal working range
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.

Condition History		Current Sample		Previous Sample	Baseline and Alarm Limit			
		Wear	Oil	Cont.	Alarm Limit			
Lab ID			300988		Alarm Limit Matrix - Set Name (Equipment type / oil type)			
Bottle ID			1058220		Engine Diesel General Castrol SAE 5W30 (KMITL)			
Date Sampled			08-May-15					
Oil Hours (Kms)			Not Given					
Unit Hours (Kms)			106921 kms					
Oil Change								
Oil Added (Liters)								
Filters Hours (Kms)								
Wear Condition					Fine Wear		Coarse wear	
Wear Element		Fine (small) Wear	Coarse (large) Wear		U-Warning	U-Warning	U-Warning	U-Warning
Iron	D-6595 PPM	50.1	22.9	0	>15	>200	>15	>200
Chromium	D-6595 PPM	3.7	0.4	0	>6	>15	>6	>15
Lead	D-6595 PPM	0.0	0.1	0	>50	>50	>50	>50
Copper	D-6595 PPM	6.6	3.0	0	>10	>25	>10	>25
Tin	D-6595 PPM	0.1	0.1	0	>10	>10	>10	>10
Aluminum	D-6595 PPM	11.0	4.4	0	>20	>25	>20	>25
Nickel	D-6595 PPM	0.1	0.1	0	>20	>20	>20	>20
Silver	D-6595 PPM	0.0	0.1	0	>10	>10	>10	>10
Molybdenum	D-6595 PPM	18.0	0.1	0	>10	>10	>10	>10
Titanium	D-6595 PPM	0.1	0.1	0	>10	>10	>10	>10
Oil Condition					Fine Wear		Coarse wear	
Viscosity @ 40 °C	D-2275 %	69.9		69.3	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Viscosity @ 100 °C	D-2275 %	11.8		11.8	<10.02	<10.02	<10.02	>12.96
Oxidation	E-2401 %	14.5		10.8	>15	>15	>15	>21.6
Nitration	E-2401 %	9.4		7.0	>15	>15	>15	>14
TAN	D-6497 %	4.1		7.0	>2	>2	>2	>2
TBN	D-6497 %	4.1		7.0	>2	>2	>2	>2
Contamination					Fine Wear		Coarse wear	
Water	E-8421P %	0.052		0.058	U-Caution	U-Caution	U-Warning	U-Warning
Fuel	E-8421P %	0.10		0.058	>5	>5	>5	>5
Glycol	E-8421P %	N/A			>5	>5	>5	>5
Soot	E-8421P %	0.64			>5	>5	>5	>5
Vanadium	D-6595 PPM	0		0	U-Caution	U-Caution	U-Caution	U-Warning
Sodium	D-6595 PPM	4		3	>5	>5	>5	>5
Silicon	D-6595 PPM	9.4	5.2	3	>50	>50	>50	>50
Additive Element					Fine Wear		Coarse wear	
Boron	D-6595 PPM	2		56	U-Caution	U-Caution	U-Caution	U-Warning
Magnesium	D-6595 PPM	12		19	>5	>5	>5	>5
Calcium	D-6595 PPM	1743		1742	>5	>5	>5	>5
Barium	D-6595 PPM	0		0	>5	>5	>5	>5
Phosphorus	D-6595 PPM	546		597	>5	>5	>5	>5
Zinc	D-6595 PPM	1188	140	1587	>5	>5	>5	>5
Additional Test					Fine Wear		Coarse wear	
Flash Point	D-3028 °C			165	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Viscosity index	D-2275 %	166		167	>5	>5	>5	>5

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or **N** : NORMAL, **W** or **W** : Warning (second level warning limit), **U-Warning** : Upper WARNING Level, **L-Warning** : Lower WARNING required Level
Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification".
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representative sample and information supplied.
First Level Alarm/Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Second Level Alarm/Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
TNO = The new oil, RC = Reference oil, OS = Oil Specification
No warranty is expressed or implied for this report.

รูป แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น BMW 02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Code : 20010
Name : KMITL
Address : 3 Moo 2, Chalongkrung Road
Ladkrabang Bangkok 10520
Site :
Location :
Test code : EB0400 60400 60600 60900

Unit ID : BMW 03 Engine
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : BMW
Unit Model : N47
Oil type / Viscosity : CASTROL SAE 5W30
Oil System Capacity : 5.2 Liters



Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

Note abnormal wear metals. Recommend monitor the abnormal trend closely.
Note viscosity is severely lower than normal limits.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.

Condition History		Current Sample		Previous Sample		Baseline and Alarm Limit			
		Wear	Oil	Cont.					
Lab ID			300989						
Bottle ID			1058221						
Date Sampled			08-May-15						
Oil Hours (Kms)			3479 kms						
Oil Change			3479 kms						
Oil Added (Liters)									
Filters Hours (Kms)									
Wear Condition						Fine Wear Coarse wear			
Wear Element					Oil	U-Warning	U-Warning	U-Warning	U-Warning
Iron	D-6595	PPM	66.4	68.2	0	>100	>200	100	>200
Chromium	D-6595	PPM	2.6	0.9	0	>15	>15	>15	>15
Lead	D-6595	PPM	0.0	0.1	0	>10	>50	>10	>50
Copper	D-6595	PPM	31.9	13.4	0	>10	>25	>10	>25
Tin	D-6595	PPM	2.9	0.1	0	>10	>25	>10	>25
Aluminum	D-6595	PPM	6.0	13.4	0	>10	>20	>10	>20
Nickel	D-6595	PPM	0.5	0.1	0	>5	>10	>5	>10
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.1	0	>5	>10	>5	>10
Molybdenum	D-6595	PPM	100.7	24.1	0	>10	>10	>10	>10
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.1	0	>10	>10	>10	>10
Oil Condition						L-Warning L-Caution U-Caution U-Warning			
Viscosity @ 40 °C	D-445	CS	47.3		69.3				
Viscosity @ 100 °C	D-145	CS	9.2	W	11.8	>10.62	>12.1	>12.36	>12.96
Oxidation	E-3412M	Abn	12.4		108	>16.2	>16.2	>21.6	>21.6
Nitration	E-3412M	Abn	7.8		7.0	>10.1	>10.1	>14	>14
TAN	D-624	CS			7.0	>10.1	>10.1	>14	>14
TBN	D-4734	CS	5.0		7.0	>10.1	>10.1	>14	>14
Contamination						L-Warning L-Caution U-Caution U-Warning			
Water	E-2412M	%Wt	0.047		0.058	>0.15	>0.15	>0.2	>0.2
Fuel	SAW	%Wt	0.10			>0.15	>0.15	>0.2	>0.2
Glycol	E-2412M	Abn	NA			>0.15	>0.15	>0.2	>0.2
Soot	E-2412M	%Wt	0.55			>0.15	>0.15	>0.2	>0.2
Vanadium						Fine Wear Coarse wear			
Vanadium	D-6595	PPM	0		0	>10	>10	>10	>10
Sodium	D-6595	PPM	7		3	>10	>10	>10	>10
Silicon	D-6595	PPM	17.3	12.5	3	>10	>10	>10	>10
Additive Element						L-Warning L-Caution U-Caution U-Warning			
Boron	D-6595	PPM	38		56	>10	>10	>10	>10
Magnesium	D-6595	PPM	16		19	>10	>10	>10	>10
Calcium	D-6595	PPM	1358		1742	>10	>10	>10	>10
Barium	D-6595	PPM	0		0	>10	>10	>10	>10
Phosphorus	D-6595	PPM	452		597	>10	>10	>10	>10
Zinc	D-6595	PPM	1110	173	1587	>10	>10	>10	>10
Additional Test						L-Warning L-Caution U-Caution U-Warning			
Flash Point	D-3828	C			167	>10	>10	>10	>10
Viscosity Index	D-2270	C	180		167	>10	>10	>10	>10

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
 No Sign or : NORMAL or : **Warning** (first level warning limit) : **Warning** (second level warning limit)
 : **Caution** (Upper CAUTION Level) : **Warning** (Lower CAUTION Level)
 : **U-Warning** : Upper WARNING Level : **L-Warning** : Lower WARNING required Level
 Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification".
 Accuracy of interpretation and recommendation are based on representative sample and information supplied.
 First Level Alarm: Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
 Second Level Alarm: Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
 TNO = The new oil, RO = Reference oil, OS = Oil Specification
 No warranty is expressed or implied for this report.

รูป แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น BMW 03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C U S T O M E R
Code : 20010
Name : KMITL
Address : 3 Moo 2, Chalongkrung Road
Ladkrabang Bangkok 10520
Site :
Location :
Test code : E80400 60400 60600 60900

E Q U I P M E N T
Unit ID : **BMW 04 Engine**
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : BMW
Unit Model : N47
Oil type / Viscosity : CASTROL SAE 5W30
Oil System Capacity : 5.2 Liters



Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

Note abnormal wear metals. Recommend monitor the abnormal trend closely
Note low TBN
Oil condition tests indicate that the oil is near the end of it's useful service life.

Condition History		Current Sample		Previous Sample		Baseline and Alarm Limit													
		Wear	Oil	Cont.															
Lab ID			300990		Alarm Limit Alarm Limit Matrix -Set Name (Equipment type / oil type) Engine Diesel General Castrol SAE 5W30 (KMITL)														
Bottle ID			1056222																
Date Sampled			08-May-15																
Oil Hours (Kms)			16363 kms																
Unit Hours (Kms)			47827 kms																
Oil Change																			
Oil Added (Liters)																			
Filters Hours (Kms)																			
Wear Condition																			
Wear Element		Fine (µm/L) Wear	Coarse/Large Wear			<table border="1"> <tr> <th></th> <th>Fine Wear</th> <th>Coarse wear</th> <th></th> <th></th> </tr> <tr> <td></td> <td>U-Warning</td> <td>U-Warning</td> <td>U-Caution</td> <td>U-Warning</td> </tr> </table>					Fine Wear	Coarse wear				U-Warning	U-Warning	U-Caution	U-Warning
	Fine Wear	Coarse wear																	
	U-Warning	U-Warning	U-Caution	U-Warning															
Iron	D-6595 PPM	86.3	88.4		0	>100	>200	>100	>200										
Chromium	D-6595 PPM	4.5	3.8		0	>5	>15	>5	>15										
Lead	D-6595 PPM	1.4	0.1		0	>5	>50	>0	>50										
Copper	D-6595 PPM	7.3	7.5		0	>10	>25	>10	>25										
Tin	D-6595 PPM	1.0	0.1		0	>10	>25	>10	>25										
Aluminum	D-6595 PPM	11.4	14.6		0	>10	>20	>10	>20										
Nickel	D-6595 PPM	4.2	0.6		0	>5	>10	>5	>10										
Silver	D-6595 PPM	0.0	0.1		0														
Molybdenum	D-6595 PPM	26.9	9.9		0														
Titanium	D-6595 PPM	0.0	0.1		0														
Oil Condition																			
Viscosity @ 40°C	D-444 C	CS	59.2		69.3														
Viscosity @ 100°C	D-445 C	CS	10.5 W		11.8	<10.62	<11.21	>11.39	>12.98										
Oxidation	E-2412M	Abs	23.7 W		10.8			>6.2	>21.6										
Nitration	E-2412M	Abs	10.1		7.0			>0.5	>14										
TAN	D-6574	mg/Kg			7.0														
TBN	D-4735	mg/Kg	2.9		7.0	<2	<3.5												
Contamination																			
Water	E-2412M C	(V.V)	0.055		0.058			>0.2											
Fuel	E-2412M	(V.V)	0.10					>5											
Glycol	E-2412M	Abs	N/A																
Soot	E-2412M	(V.V)	0.88					>6											
Vanadium	D-6595	PPM	0		0			>3	>6										
Sodium	D-6595	PPM	3		3														
Silicon	D-6595	PPM	14.6	15.3	3	>5	>50	>25	>50										
Additive Element																			
Boron	D-6595	PPM	9		56														
Magnesium	D-6595	PPM	11		19														
Calcium	D-6595	PPM	1339		1742														
Barium	D-6595	PPM	0		0														
Phosphorus	D-6595	PPM	516		587														
Zinc	D-6595	PPM	1179	197	1587														
Additional Test																			
Flash Point	D-3625	C																	
Viscosity Index	D-2270		168		167														

รูป แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น BMW 04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C Code : 20010
U Name : KMITL
S
T
O Address : 3 Moo 2, Chalongkrung Road
Ladkrabang Bangkok 10520
M
E Site :
R Location :
Test code : EB0400 60400 60600 60900

U Unit ID : **BMW 05 Engine**
I
F Unit Type : Engine Diesel
M Unit Make : BMW
E Unit Model : N47
N
T Oil type / Viscosity : CASTROL SAE 5W30
L Oil System Capacity : 5.2 Liters



Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

Note low TBN
Oil condition tests indicate that the base-oil is slightly degraded
All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.

Picharee K. / Wanan C.

Condition History		Current Sample		Previous Sample	Baseline and Alarm Limit																																																			
		Wear	Oil	Cont.																																																				
Lab ID Bottle ID Date Sampled Oil Hours (Kms) Unit Hours (Kms) Oil Change Oil Added (Liters) Filters Hours (Kms)		300991 1058223 08 May-15 12914 kms 72180 kms			Alarm Limit Alarm Limit Matrix - Set Name (Equipment type / oil type) Engine Diesel General Castrol SAE 5W30 (KMITL)																																																			
Wear Condition		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Wear Element</th> <th>Ring Leaking</th> <th>Coarse Leaking</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Iron</td><td>47.4</td><td>31.7</td></tr> <tr><td>Chromium</td><td>4.3</td><td>0.3</td></tr> <tr><td>Lead</td><td>0.0</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Copper</td><td>8.8</td><td>6.2</td></tr> <tr><td>Tin</td><td>1.1</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Aluminum</td><td>11.0</td><td>8.5</td></tr> <tr><td>Nickel</td><td>0.3</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Silver</td><td>0.0</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Molybdenum</td><td>27.8</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Titanium</td><td>0.0</td><td>0.1</td></tr> </tbody> </table>		Wear Element	Ring Leaking	Coarse Leaking	Iron	47.4	31.7	Chromium	4.3	0.3	Lead	0.0	0.1	Copper	8.8	6.2	Tin	1.1	0.1	Aluminum	11.0	8.5	Nickel	0.3	0.1	Silver	0.0	0.1	Molybdenum	27.8	0.1	Titanium	0.0	0.1		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Fine Wear</th> <th>Coarse wear</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>U-Warning</td><td>>100</td><td>>200</td></tr> <tr><td>L-Warning</td><td>>15</td><td>>30</td></tr> <tr><td>U-Caution</td><td>>5</td><td>>10</td></tr> <tr><td>L-Caution</td><td>>1</td><td>>2</td></tr> </tbody> </table>					Fine Wear	Coarse wear	U-Warning	>100	>200	L-Warning	>15	>30	U-Caution	>5	>10	L-Caution	>1	>2
Wear Element	Ring Leaking	Coarse Leaking																																																						
Iron	47.4	31.7																																																						
Chromium	4.3	0.3																																																						
Lead	0.0	0.1																																																						
Copper	8.8	6.2																																																						
Tin	1.1	0.1																																																						
Aluminum	11.0	8.5																																																						
Nickel	0.3	0.1																																																						
Silver	0.0	0.1																																																						
Molybdenum	27.8	0.1																																																						
Titanium	0.0	0.1																																																						
	Fine Wear	Coarse wear																																																						
U-Warning	>100	>200																																																						
L-Warning	>15	>30																																																						
U-Caution	>5	>10																																																						
L-Caution	>1	>2																																																						
Oil Condition		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parameter</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Viscosity @ 40° C</td><td>70.2</td></tr> <tr><td>Viscosity @ 100° C</td><td>11.7</td></tr> <tr><td>Oxidation</td><td>20.6</td></tr> <tr><td>Nitration</td><td>9.6</td></tr> <tr><td>TAN</td><td></td></tr> <tr><td>TBN</td><td>3.4</td></tr> </tbody> </table>		Parameter	Value	Viscosity @ 40° C	70.2	Viscosity @ 100° C	11.7	Oxidation	20.6	Nitration	9.6	TAN		TBN	3.4		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>U-Warning</th> <th>L-Warning</th> <th>U-Caution</th> <th>L-Caution</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>U-Warning</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td></tr> <tr><td>L-Warning</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td></tr> <tr><td>U-Caution</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td></tr> <tr><td>L-Caution</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td></tr> </tbody> </table>					U-Warning	L-Warning	U-Caution	L-Caution	U-Warning	>100	>100	>100	>100	L-Warning	>100	>100	>100	>100	U-Caution	>100	>100	>100	>100	L-Caution	>100	>100	>100	>100									
Parameter	Value																																																							
Viscosity @ 40° C	70.2																																																							
Viscosity @ 100° C	11.7																																																							
Oxidation	20.6																																																							
Nitration	9.6																																																							
TAN																																																								
TBN	3.4																																																							
	U-Warning	L-Warning	U-Caution	L-Caution																																																				
U-Warning	>100	>100	>100	>100																																																				
L-Warning	>100	>100	>100	>100																																																				
U-Caution	>100	>100	>100	>100																																																				
L-Caution	>100	>100	>100	>100																																																				
Contamination		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parameter</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Water</td><td>0.058</td></tr> <tr><td>Fuel</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>Glycol</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Soot</td><td>0.52</td></tr> </tbody> </table>		Parameter	Value	Water	0.058	Fuel	0.10	Glycol	NA	Soot	0.52		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>U-Warning</th> <th>L-Warning</th> <th>U-Caution</th> <th>L-Caution</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>U-Warning</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td></tr> <tr><td>L-Warning</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td></tr> <tr><td>U-Caution</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td></tr> <tr><td>L-Caution</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td></tr> </tbody> </table>					U-Warning	L-Warning	U-Caution	L-Caution	U-Warning	>100	>100	>100	>100	L-Warning	>100	>100	>100	>100	U-Caution	>100	>100	>100	>100	L-Caution	>100	>100	>100	>100													
Parameter	Value																																																							
Water	0.058																																																							
Fuel	0.10																																																							
Glycol	NA																																																							
Soot	0.52																																																							
	U-Warning	L-Warning	U-Caution	L-Caution																																																				
U-Warning	>100	>100	>100	>100																																																				
L-Warning	>100	>100	>100	>100																																																				
U-Caution	>100	>100	>100	>100																																																				
L-Caution	>100	>100	>100	>100																																																				
Additive Element		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Boron</td><td>12</td></tr> <tr><td>Magnesium</td><td>13</td></tr> <tr><td>Calcium</td><td>1530</td></tr> <tr><td>Barium</td><td>0</td></tr> <tr><td>Phosphorus</td><td>487</td></tr> <tr><td>Zinc</td><td>1226</td></tr> </tbody> </table>		Element	Value	Boron	12	Magnesium	13	Calcium	1530	Barium	0	Phosphorus	487	Zinc	1226		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>U-Warning</th> <th>L-Warning</th> <th>U-Caution</th> <th>L-Caution</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>U-Warning</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td></tr> <tr><td>L-Warning</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td></tr> <tr><td>U-Caution</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td></tr> <tr><td>L-Caution</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td></tr> </tbody> </table>					U-Warning	L-Warning	U-Caution	L-Caution	U-Warning	>100	>100	>100	>100	L-Warning	>100	>100	>100	>100	U-Caution	>100	>100	>100	>100	L-Caution	>100	>100	>100	>100									
Element	Value																																																							
Boron	12																																																							
Magnesium	13																																																							
Calcium	1530																																																							
Barium	0																																																							
Phosphorus	487																																																							
Zinc	1226																																																							
	U-Warning	L-Warning	U-Caution	L-Caution																																																				
U-Warning	>100	>100	>100	>100																																																				
L-Warning	>100	>100	>100	>100																																																				
U-Caution	>100	>100	>100	>100																																																				
L-Caution	>100	>100	>100	>100																																																				
Additional Test		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parameter</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Flash Point</td><td></td></tr> <tr><td>Viscosity Index</td><td>163</td></tr> </tbody> </table>		Parameter	Value	Flash Point		Viscosity Index	163		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>U-Warning</th> <th>L-Warning</th> <th>U-Caution</th> <th>L-Caution</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>U-Warning</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td></tr> <tr><td>L-Warning</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td></tr> <tr><td>U-Caution</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td></tr> <tr><td>L-Caution</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td><td>>100</td></tr> </tbody> </table>					U-Warning	L-Warning	U-Caution	L-Caution	U-Warning	>100	>100	>100	>100	L-Warning	>100	>100	>100	>100	U-Caution	>100	>100	>100	>100	L-Caution	>100	>100	>100	>100																	
Parameter	Value																																																							
Flash Point																																																								
Viscosity Index	163																																																							
	U-Warning	L-Warning	U-Caution	L-Caution																																																				
U-Warning	>100	>100	>100	>100																																																				
L-Warning	>100	>100	>100	>100																																																				
U-Caution	>100	>100	>100	>100																																																				
L-Caution	>100	>100	>100	>100																																																				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
 No Sign or : NORMAL, or : Caution (first level warning limit), : Warning (second level warning limit)
 U-Warning : Upper WARNING Level, L-Warning : Lower WARNING required Level
 Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification".
 Accuracy of interpretation and recommendation are based on representative sample and information supplied.
 First Level Alarm: Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
 Second Level Alarm: Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
 TNO = The new oil, PO = Reference oil, OS = Oil Specification
 No warranty is expressed or implied for this report.

รูป แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น BMW 05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C Code : 20010
U Name : KMITL
S
T
O Address : 3 Moo 2, Chalokkrung Road
Ladkrabang Bangkok 10520
M
E Site :
Location :
Test code : EB0400 60400 60600 60900

E Unit ID : ISUZU 01 Engine
Q
U Unit Type : Engine Diesel
I Unit Make : ISUZU
P Unit Model : 4JK1 TC
M
E Oil type / Viscosity : ISUZU SAE 10W30
N
T Oil System Capacity : 7 Liters



Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
Oil condition tests indicate that the base-oil is slightly degraded.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.

Condition History	Current Sample			Previous Sample	Baseline and Alarm Limit																																																																							
	Wear	Oil	Cont.																																																																									
Lab ID Bottle ID Date Sampled Oil Hours (Kms) Unit Hours (Kms) Oil Change Oil Added (Liters) Filters Hours (Kms)				301404 1064849 09 May-15 Not Given 55470 kms	Alarm Limit Alarm Limit Matrix - Set Name (Equipment type / oil type) Engine Diesel General Isuzu SAE 10W30 (KMITL)																																																																							
Test Method	Plastic																																																																											
Wear Condition					<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Wear Element</th> <th colspan="2">Fine wear</th> <th colspan="2">Coarse wear</th> </tr> <tr> <th>U-Caution</th> <th>U-Warning</th> <th>U-Caution</th> <th>U-Warning</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Iron</td><td>>100</td><td>>200</td><td>>10</td><td>>200</td></tr> <tr><td>Chromium</td><td>>15</td><td>>15</td><td>>15</td><td>>15</td></tr> <tr><td>Lead</td><td>>10</td><td>>50</td><td>>10</td><td>>50</td></tr> <tr><td>Copper</td><td>>10</td><td>>25</td><td>>10</td><td>>25</td></tr> <tr><td>Tin</td><td>>10</td><td>>25</td><td>>10</td><td>>25</td></tr> <tr><td>Aluminum</td><td>>10</td><td>>10</td><td>>10</td><td>>20</td></tr> <tr><td>Nickel</td><td>>10</td><td>>10</td><td>>10</td><td>>10</td></tr> <tr><td>Silver</td><td>>10</td><td>>10</td><td>>10</td><td>>10</td></tr> <tr><td>Molybdenum</td><td>>10</td><td>>10</td><td>>10</td><td>>10</td></tr> <tr><td>Titanium</td><td>>10</td><td>>10</td><td>>10</td><td>>10</td></tr> </tbody> </table>	Wear Element	Fine wear		Coarse wear		U-Caution	U-Warning	U-Caution	U-Warning	Iron	>100	>200	>10	>200	Chromium	>15	>15	>15	>15	Lead	>10	>50	>10	>50	Copper	>10	>25	>10	>25	Tin	>10	>25	>10	>25	Aluminum	>10	>10	>10	>20	Nickel	>10	>10	>10	>10	Silver	>10	>10	>10	>10	Molybdenum	>10	>10	>10	>10	Titanium	>10	>10	>10	>10												
Wear Element	Fine wear		Coarse wear																																																																									
	U-Caution	U-Warning	U-Caution	U-Warning																																																																								
Iron	>100	>200	>10	>200																																																																								
Chromium	>15	>15	>15	>15																																																																								
Lead	>10	>50	>10	>50																																																																								
Copper	>10	>25	>10	>25																																																																								
Tin	>10	>25	>10	>25																																																																								
Aluminum	>10	>10	>10	>20																																																																								
Nickel	>10	>10	>10	>10																																																																								
Silver	>10	>10	>10	>10																																																																								
Molybdenum	>10	>10	>10	>10																																																																								
Titanium	>10	>10	>10	>10																																																																								
Oil Condition					<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Parameter</th> <th colspan="2">U-Warning</th> <th colspan="2">L-Caution</th> <th colspan="2">U-Caution</th> <th colspan="2">U-Warning</th> </tr> <tr> <th>></th> <th>></th> <th>></th> <th>></th> <th>></th> <th>></th> <th>></th> <th>></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Viscosity @ 40 °C</td><td>79.1</td><td>79.1</td><td>79.1</td><td>79.1</td><td>79.1</td><td>79.1</td><td>79.1</td><td>79.1</td></tr> <tr><td>Viscosity @ 100 °C</td><td>12.2</td><td>>10.97</td><td>>11.38</td><td>>12.0</td><td>>13.41</td><td>>13.41</td><td>>13.41</td><td>>13.41</td></tr> <tr><td>Oxidation</td><td>4.7</td><td>>10.97</td><td>>11.38</td><td>>12.0</td><td>>8.4</td><td>>8.4</td><td>>8.4</td><td>>8.4</td></tr> <tr><td>Nitration</td><td>3.0</td><td>>4.1</td><td>>4.1</td><td>>4.1</td><td>>6</td><td>>6</td><td>>6</td><td>>6</td></tr> <tr><td>TAN</td><td>0.4</td><td>>2.4</td><td>>2.4</td><td>>2.4</td><td>>2.4</td><td>>2.4</td><td>>2.4</td><td>>2.4</td></tr> <tr><td>TBN</td><td>0.4</td><td>>2.4</td><td>>2.4</td><td>>2.4</td><td>>2.4</td><td>>2.4</td><td>>2.4</td><td>>2.4</td></tr> </tbody> </table>	Parameter	U-Warning		L-Caution		U-Caution		U-Warning		>	>	>	>	>	>	>	>	Viscosity @ 40 °C	79.1	79.1	79.1	79.1	79.1	79.1	79.1	79.1	Viscosity @ 100 °C	12.2	>10.97	>11.38	>12.0	>13.41	>13.41	>13.41	>13.41	Oxidation	4.7	>10.97	>11.38	>12.0	>8.4	>8.4	>8.4	>8.4	Nitration	3.0	>4.1	>4.1	>4.1	>6	>6	>6	>6	TAN	0.4	>2.4	>2.4	>2.4	>2.4	>2.4	>2.4	>2.4	TBN	0.4	>2.4	>2.4	>2.4	>2.4	>2.4	>2.4	>2.4
Parameter	U-Warning		L-Caution		U-Caution		U-Warning																																																																					
	>	>	>	>	>	>	>	>																																																																				
Viscosity @ 40 °C	79.1	79.1	79.1	79.1	79.1	79.1	79.1	79.1																																																																				
Viscosity @ 100 °C	12.2	>10.97	>11.38	>12.0	>13.41	>13.41	>13.41	>13.41																																																																				
Oxidation	4.7	>10.97	>11.38	>12.0	>8.4	>8.4	>8.4	>8.4																																																																				
Nitration	3.0	>4.1	>4.1	>4.1	>6	>6	>6	>6																																																																				
TAN	0.4	>2.4	>2.4	>2.4	>2.4	>2.4	>2.4	>2.4																																																																				
TBN	0.4	>2.4	>2.4	>2.4	>2.4	>2.4	>2.4	>2.4																																																																				
Contamination					<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Element</th> <th colspan="2">U-Caution</th> <th colspan="2">U-Warning</th> </tr> <tr> <th>></th> <th>></th> <th>></th> <th>></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Water</td><td>0.052</td><td>>0.15</td><td>>0.2</td><td>>0.2</td></tr> <tr><td>Fuel</td><td>0.052</td><td>>0.15</td><td>>0.2</td><td>>0.2</td></tr> <tr><td>Glycol</td><td>0.052</td><td>>0.15</td><td>>0.2</td><td>>0.2</td></tr> <tr><td>Soot</td><td>0.052</td><td>>0.15</td><td>>0.2</td><td>>0.2</td></tr> </tbody> </table>	Element	U-Caution		U-Warning		>	>	>	>	Water	0.052	>0.15	>0.2	>0.2	Fuel	0.052	>0.15	>0.2	>0.2	Glycol	0.052	>0.15	>0.2	>0.2	Soot	0.052	>0.15	>0.2	>0.2																																										
Element	U-Caution		U-Warning																																																																									
	>	>	>	>																																																																								
Water	0.052	>0.15	>0.2	>0.2																																																																								
Fuel	0.052	>0.15	>0.2	>0.2																																																																								
Glycol	0.052	>0.15	>0.2	>0.2																																																																								
Soot	0.052	>0.15	>0.2	>0.2																																																																								
Additional Element					<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Element</th> <th colspan="2">U-Caution</th> <th colspan="2">U-Warning</th> </tr> <tr> <th>></th> <th>></th> <th>></th> <th>></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Vanadium</td><td>0</td><td>>5</td><td>>5</td><td>>5</td></tr> <tr><td>Sodium</td><td>1</td><td>>50</td><td>>50</td><td>>50</td></tr> <tr><td>Silicon</td><td>10</td><td>>5</td><td>>5</td><td>>50</td></tr> </tbody> </table>	Element	U-Caution		U-Warning		>	>	>	>	Vanadium	0	>5	>5	>5	Sodium	1	>50	>50	>50	Silicon	10	>5	>5	>50																																															
Element	U-Caution		U-Warning																																																																									
	>	>	>	>																																																																								
Vanadium	0	>5	>5	>5																																																																								
Sodium	1	>50	>50	>50																																																																								
Silicon	10	>5	>5	>50																																																																								
Additional Test					<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Test</th> <th colspan="2">L-Warning</th> <th colspan="2">L-Caution</th> <th colspan="2">U-Caution</th> <th colspan="2">U-Warning</th> </tr> <tr> <th>></th> <th>></th> <th>></th> <th>></th> <th>></th> <th>></th> <th>></th> <th>></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Flash Point</td><td>143</td><td>></td><td>></td><td>></td><td>></td><td>></td><td>></td><td>></td></tr> <tr><td>Viscosity Index</td><td>143</td><td>></td><td>></td><td>></td><td>></td><td>></td><td>></td><td>></td></tr> </tbody> </table>	Test	L-Warning		L-Caution		U-Caution		U-Warning		>	>	>	>	>	>	>	>	Flash Point	143	>	>	>	>	>	>	>	Viscosity Index	143	>	>	>	>	>	>	>																																				
Test	L-Warning		L-Caution		U-Caution		U-Warning																																																																					
	>	>	>	>	>	>	>	>																																																																				
Flash Point	143	>	>	>	>	>	>	>																																																																				
Viscosity Index	143	>	>	>	>	>	>	>																																																																				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
 No Sign or : NORMAL, or : **Warning** (first level warning limit), **W** or : **Warning** (second level warning limit)
U-Warning : Upper **WARNING** Level, **L-Warning** : Lower **WARNING** required Level
 First Level Alarm: Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
 Second Level Alarm: Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
 TNO = The new oil, FO = Reference oil, OS = Oil Specification
 No warranty is expressed or implied for this report.

รูป แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น ISUZU 01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าการใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C U S T O M E R
Code : 20010
Name : KMITL
Address : 3 Moo 2, Chalongkrung Road
Ladkrabang Bangkok 10520
Site :
Location :
Test code : EB0400 60400 60600 60900

E Q U I P M E N T
Unit ID : ISUZU 02 Engine
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : ISUZU
Unit Model : 4JK1
Oil type / Viscosity : ISUZU SAE 10W30
Oil System Capacity : 7 Liters



Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

Note abnormal wear metals. Recommend monitor the abnormal trend closely
Oil condition tests indicate that the base-oil is slightly degraded.
Note the dirt particles detected in ferrogram.

Picharee K. / Wasan C.

Condition History		Current Sample		Previous Sample	Baseline and Alarm Limit	
		Wear	Oil	Cont.		
Lab ID		301405			Alarm Limit	
Bottle ID		1064850			Alarm Limit Matrix -Set Name (Equipment type / oil type)	
Date Sampled		09 May 15			Engine Diesel General Isuzu	
Oil Hours (Kms)		Not Given			SAE 10W30 (KMITL)	
Unit Hours (Kms)		191408 kms				
Oil Change						
Oil Added (Liters)						
Filters Hours (Kms)						
Wear Condition					Fine Wear	Coarse wear
Wear Element	Element(s)	Wear	Coarse	Wear	U-Warning	U-Warning
Iron	D-6595 PPM	15.6	7.6	0	>100	>200
Chromium	D-6595 PPM	1.0	6.9	0	>5	>15
Lead	D-6594 PPM	0.0	10.7	0	>50	>50
Copper	D-6595 PPM	5.8	2.2	0	>10	>25
Tin	D-6595 PPM	0.0	17.0	0	>10	>25
Aluminum	D-6595 PPM	7.1	7.7	0	>10	>20
Nickel	D-6594 PPM	1.4	6.0	0	>5	>10
Silver	D-6595 PPM	0.0	0.9	0		
Molybdenum	D-6595 PPM	35.5	19.2	0		
Titanium	D-6595 PPM	0.0	2.8	0		
Oil Condition					U-Warning	L-Caution
Viscosity @ 40 °C	D-1440 SS	73.0			78.1	
Viscosity @ 100 °C	D-145 SS	11.6			12.2	>13.41
Oxidation	E-312M Ac	10.3	W		4.7	>8.4
Nitration	E-3412M Ac	6.1	W		3.0	>8
TAN	D-6574 % Conv					
TBN	D-4733 % Conv	9.0			9.4	>17
Contamination					U-Caution	U-Warning
Water	E-2412M % Wt	0.058			0.052	>0.2
Fuel	SAW	0.10				>5
Glycol	E-2412M Ac	NA				
Soot	E-2412M % Wt	0.38				>5
					Fine Wear	Coarse wear
Vanadium	D-6595 PPM	1			0	>5
Sodium	D-6595 PPM	4			1	
Silicon	D-6595 PPM	13.2	8.5		10	>50
Additive Element					U-Caution	U-Warning
Boron	D-6595 PPM	296			3	
Magnesium	D-6595 PPM	38			48	
Calcium	D-6595 PPM	3328			3342	
Barium	D-6595 PPM	0			0	
Phosphorus	D-6595 PPM	1207			602	
Zinc	D-6595 PPM	1713	173		1128	
Additional Test					U-Caution	U-Warning
Flash Point	D-3028 °C					
Viscosity Index	D-2270	153			151	

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or : NORMAL, or : U-Warning (first level warning limit), : Warning (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level, L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Warning : Upper WARNING Level, L-Warning : Lower WARNING required Level
Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification".
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representative sample and information supplied.
First Level Alarm: Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Second Level Alarm: Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
TNO = The new oil, RO = Reference oil, OS = Oil Specification
No warranty is expressed or implied for this report.

รูป แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น ISUZU 02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C U S T O M E R
Code : 20010
Name : KMITL
Address : 3 Moo 2, Chalongsong Road
Ladkrabang Bangkok 10520
Site :
Location :
Test code : EB0400 60400 60600 60900

E Q U I P M E N T
Unit ID : ISUZU 03 Engine
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : ISUZU
Unit Model : 4JK1
Oil type / Viscosity : ISUZU SAE 10W30
Oil System Capacity : 7 Liters

CAUTION



Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

Note abnormal wear metals. Recommend monitor the abnormal trend closely.
Oil condition tests indicate that the base-oil is slightly degraded.
Note the dirt particles detected in ferrogram.

Condition History		Current Sample		Previous Sample		Baseline and Alarm Limit			
Lab ID	Test Method	Wear	Oil Cont.	Wear	Cont.	Alarm Limit			
301406						Alarm Limit Matrix - Set Name (Equipment type / oil type)			
1064851						Engine Diesel General Isuzu SAE 10W30 (KMITL)			
09 May 15									
Not Given									
348290 kms									
Wear Condition						Fine Wear			
Wear Element		Fine (small) Wear	Coarse (large) Wear			U-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Iron	D-6595 PPM	24.7	7.9			0	>10	>200	>100
Chromium	D-6595 PPM	1.6	4.2			0	>5	>15	>15
Lead	D-6595 PPM	0.0	0.1			0	>20	>50	>50
Copper	D-6595 PPM	3.5	1.2			0	>10	>25	>25
Tin	D-6595 PPM	0.0	9.7			0	>10	>25	>25
Aluminum	D-6595 PPM	14.7	6.9			0	>10	>20	>10
Nickel	D-6595 PPM	0.1	3.4			0	>5	>10	>10
Silver	D-6595 PPM	0.0	0.3			0	>5	>10	>10
Molybdenum	D-6595 PPM	40.3	15.3			0			
Titanium	D-6595 PPM	0.0	1.5			0			
Oil Condition						Fine Wear			
Viscosity @ 40°C	D-1945 SS	73.7				79.1			
Viscosity @ 100°C	D-1945 SS	11.4				12.2	<10.97	>11.36	>12.8
Oxidation	E-2412M AS	10.0 W				4.7			>8.4
Nitration	E-2412M AS	4.6				3.0			>6
TAN	D-4529 M					9.4	>2.4		
TBN	D-4529 M	7.3							
Contamination						Fine Wear			
Water	E-2412M (Wt)	0.054				0.52			>0.2
Fuel	SAW (Wt)	0.10							>5
Glycol	E-2412M (Wt)	N/A							
Soot	E-2412M (Wt)	0.49							>5
Vanadium	D-6595 PPM	1				0			
Sodium	D-6595 PPM	4				1			
Silicon	D-6595 PPM	14.1	5.8			10	>5	>50	>50
Additive Element						Coarse wear			
Boron	D-6595 PPM	271				3			
Magnesium	D-6595 PPM	43				46			
Calcium	D-6595 PPM	3663				3342			
Barium	D-6595 PPM	0				0			
Phosphorus	D-6595 PPM	1244				602			
Zinc	D-6595 PPM	1776	174			1128			
Additional Test						U-Warning			
Flash Point	D-3829 °C								
Viscosity Index	D-2270	148				151			

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or : NORMAL ; or : Warning (first level warning limit) ; or : Warning (second level warning limit)
U-Warning : Upper WARNING Level ; L-Warning : Lower WARNING required Level
Baseline : will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification".
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representative sample and information supplied.

รูป แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น ISUZU 03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C U S T O M E R
Code : 20010
Name : KMITL
Address : 3 Moo 2, Chalongkrung Road
Ladkrabang Bangkok 10520
Site :
Location :
Test code : EB0400 80400 60600 60900

E Q U I P M E N T
Unit ID : ISUZU 04 Engine
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : ISUZU
Unit Model : 4JK1 TCX
Oil type / Viscosity : ISUZU SAE 10W30
Oil System Capacity : 7 Liters



Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

Note abnormal copper detected.
Oil condition tests indicate that the base-oil is slightly degraded.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.

Condition History		Current Sample		Previous Sample		Baseline and Alarm Limit			
		Wear	Oil	Cont.					
		▲	▲	●					
Lab ID		301407			Alarm Limit				
Bottle ID		1064852			Alarm Limit Matrix -Set Name (Equipment type / oil type)				
Date Sampled		09 May 15			Engine Diesel General Isuzu				
Oil Hours (Kms)		Not Given			SAE 10W30 (KMITL)				
Oil Change		24271 kms							
Oil Added (Liters)									
Filters Hours (Kms)									
Wear Condition					Fine Wear	Coarse wear			
Wear Element		Fine (small) Wear	Coarse (large) Wear		U-Warning	L-Caution	U-Warning	U-Warning	
Iron	D-6595 PPM	11.1	0.1	0	>15	>200	>100	>200	
Chromium	D-6595 PPM	0.5	0.1	0	>8	>15	>8	>15	
Lead	D-6595 PPM	0.4	0.1	0	>10	>50	>20	>50	
Copper	D-6595 PPM	17.4	2.2	0	>10	>25	>10	>25	
Tin	D-6595 PPM	0.0	0.1	0	>10	>20	>10	>20	
Aluminum	D-6595 PPM	5.6	0.1	0	>5	>10	>5	>10	
Nickel	D-6595 PPM	0.0	0.1	0					
Silver	D-6595 PPM	0.0	0.1	0					
Molybdenum	D-6595 PPM	60.9	8.4	0					
Titanium	D-6595 PPM	0.0	0.1	0					
Oil Condition					U-Warning	L-Caution	U-Warning	U-Warning	
Viscosity @ 40°C	D-145 SS	68.2		79.1					
Viscosity @ 100°C	D-145 SS	11.2		12.2	<10.97	<11.96	>12.5	>13.41	
Oxidation	E-2412M AS	6.6		4.7				>9.4	
Nitration	E-2412M AS	5.1		3.0				>6	
TAN	D-6595 AS			9.4	<2.4				
TBN	D-6595 AS	9.3							
Contamination					U-Warning	L-Caution	U-Warning	U-Warning	
Water	E-2412M SS (Wt)	0.043		0.52				>0.2	
Fuel	SAYB SS (Wt)	0.10						>5	
Glycol	E-2412M AS	N.A							
Soot	E-2412M (Wt)	0.34						>6	
Additive Element					Fine Wear	Coarse wear			
Vanadium	D-6595 PPM	0		0	U-Warning	U-Warning	U-Warning	U-Warning	
Sodium	D-6595 PPM	2		1					
Silicon	D-6595 PPM	14.6	0.1	10	>5	>50	>5	>50	
Boron	D-6595 PPM	7		3					
Magnesium	D-6595 PPM	37		46					
Calcium	D-6595 PPM	3355		3342					
Barium	D-6595 PPM	1		0					
Phosphorus	D-6595 PPM	762		602					
Zinc	D-6595 PPM	1206	158	1128					
Additional Test					U-Warning	L-Caution	U-Warning	U-Warning	
Flash Point	D-3828 °C			151					
Viscosity Index	D-2270	158							

Note: Alarm Limits are variable and dependant upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or ● : NORMAL ; ▲ or ● : Warning (first level warning limit) ; W or ● : Warning (second level warning limit)
U-Warning : Upper WARNING Level ; L-Caution : Lower WARNING required Level
Baseline will be data of either 'The new oil' or 'Reference oil' or 'Oil specification'.
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representative sample and information supplied.
First Level Alarm -Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Second Level Alarm -Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
TNO = The new oil, FO = Reference oil, OS = Oil Specification
No warranty is expressed or implied for this report.

รูป แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น ISUZU 04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C U S T O M E R
Code : 20010
Name : KMITL
Address : 3 Moo 2, Chalongkrung Road
Ladkrabang Bangkok 10520
Site :
Location :
Test code : EB0400 60400 60600 60900

E Q U I P M E N T
Unit ID : ISUZU 05 Engine
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : ISUZU
Unit Model : 4JK1
Oil type / Viscosity : ISUZU SAE 10W30
Oil System Capacity : 7 Liters



Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

Note abnormal wear metals. Recommend monitor the abnormal trend closely.
Fatigue particles found in the ferrogram.
Oil condition tests indicate that the base-oil is slightly degraded.

Condition History		Current Sample		Previous Sample	Baseline and Alarm Limit			
		Wear	Oil	Cont.				
		▲	▲	●				
Lab ID		301408			Alarm Limit			
Bottle ID		1064853			Alarm Limit Matrix -Set Name (Equipment type / oil type)			
Date Sampled		09 May 15			Engine Diesel General Isuzu			
Oil Hours (Kms)		Not Given			SAE 10W30 (KMITL)			
Unit Hours (Kms)		81298 kms						
Oil Change								
Oil Added (Liters)								
Filters Hours (Kms)								
Wear Condition					Fine Wear	Coarse wear		
Wear Element	Test Method	Result			U-Warning	U-Warning	U-Warning	U-Warning
Iron	D-6595 PPM	17.2	1.3		>10	>200	>100	>200
Chromium	D-6595 PPM	0.2	0.1		>5	>15	>5	>15
Lead	D-6595 PPM	2.7	0.1		>20	>50	>20	>50
Copper	D-6595 PPM	4.6	0.8		>10	>25	>10	>25
Tin	D-6595 PPM	0.0	0.1		>10	>25	>10	>25
Aluminum	D-6595 PPM	13.6	0.8		>10	>20	>10	>20
Nickel	D-6595 PPM	0.0	0.1		>5	>10	>5	>10
Silver	D-6595 PPM	0.0	0.1					
Molybdenum	D-6595 PPM	66.9	7.7					
Titanium	D-6595 PPM	0.0	0.1					
Oil Condition					U-Warning	U-Warning	U-Warning	U-Warning
Viscosity @ 40 °C	D-445 AST	67.1			79.1			
Viscosity @ 100 °C	D-6945 AST	10.7 W			12.2	>10.97	>12.8	>13.41
Oxidation	E-2410M AST	7.8			4.7			>8.4
Nitration	E-2411M AST	6.0 W			3.0			>8
TAN	D-924 AST							
TBN	D-9139 AST	8.1			9.4	<2.4		
Contamination					U-Warning	U-Warning	U-Warning	U-Warning
Water	E-2411M ASTM	0.051			0.052			>0.2
Fuel	SAE % Wt	0.10						>5
Glycol	E-2410M Ast	N.A						
Soot	E-2412M (Wt)	0.40						>8
Vanadium	D-6595 PPM	0			0			
Sodium	D-6595 PPM	2			1			
Silicon	D-6595 PPM	11.7	1.8		10	>5	>50	>25 >50
Additive Element					U-Warning	U-Warning	U-Warning	U-Warning
Boron	D-6595 PPM	3			3			
Magnesium	D-6595 PPM	29			46			
Calcium	D-6595 PPM	3404			3342			
Barium	D-6595 PPM	0			0			
Phosphorus	D-6595 PPM	819			602			
Zinc	D-6595 PPM	1264	141		1128			
Additional Test					U-Warning	U-Warning	U-Warning	U-Warning
Flash Point	D-3828 °C							
Viscosity index	D-2270	150			151			

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or ● : NORMAL ; ▲ or ▲ : CAUTION (first level warning limit) ; W or ■ : Warning (second level warning limit)
▲ : Upper CAUTION Level ; ▲ : Lower CAUTION Level ; ■ : Upper WARNING Level ; ■ : Lower WARNING Level
Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification".
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.

รูป แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น ISUZU 05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Code : 20010
Name : KMITL
Address : 3 Moo 2, Chalokkrung Road
Lackrabang Bangkok 10520
Site :
Location :
Test code : EB0400 60400 60600 60900

Unit ID : TOYOTA 01 Engine
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 2KD 2500 CC COMPUTER
Oil type / Viscosity : TOYOTA SAE 10W30
Oil System Capacity :



Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

Fatigue wear appears to be one of the major abnormal wear mode in progress.
Please note comments on the following Ferrographic Analysis page.
Oil condition tests indicate that the base-oil is slightly degraded.

Condition History		Current Sample		Previous Sample		Baseline and Alarm Limit	
Wear	Oil	Cont.					
			300992				
			1064824				
			08-May-15				
			Not Given				
			212798 kms				
Wear Condition							
Wear Element		Fine (small) Wear	Coarse (large) Wear				
Iron	D-6595 PPM	13.2	1.5				
Chromium	D-6595 PPM	0.6	0.1				
Lead	D-6595 PPM	1.3	0.1				
Copper	D-6595 PPM	0.9	0.2				
Tin	D-6595 PPM	0.6	0.1				
Aluminum	D-6595 PPM	2.1	0.1				
Nickel	D-6595 PPM	0.0	0.1				
Silver	D-6595 PPM	0.0	0.1				
Molybdenum	D-6595 PPM	1.0	0.1				
Titanium	D-6595 PPM	0.0	0.1				
Oil Condition							
Viscosity @ 40°C	D-495	67.8					
Viscosity @ 100°C	D-495	10.4					
Oxidation	E-2412M	12.0					
Nitration	E-2412M	7.9					
TAN	D-4239	8.1					
Contamination							
Water	E-2412M (Wt)	0.060					
Fuel	SAW (Wt)	0.10					
Glycol	E-2412M Abs	N/A					
Soot	E-2412M (Wt)	0.15					
Additive Element							
Boron	D-6595 PPM	1					
Magnesium	D-6595 PPM	1150					
Calcium	D-6595 PPM	11					
Barium	D-6595 PPM	1					
Phosphorus	D-6595 PPM	927					
Zinc	D-6595 PPM	1898	226				
Additional Test							
Flash Point	D-3828 °C						
Viscosity Index	D-5270	140					

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or : NORMAL, or : **CAUTION** (first level warning limit), : **WARNING** (second level warning limit)
 : **Upper CAUTION Level**, : **Lower CAUTION Level**
 : **Upper WARNING Level**, : **Lower WARNING Level**
Baseline will be data of either 'The new oil' or 'Reference oil' or 'Oil specification'.
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representative sample and information supplied.

รูป แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น TOYOTA 01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C U S T O M E R
Code : 20010
Name : KMITL
Address : 3 Moo 2, Chalongkrung Road
Ladkrabang Bangkok 10520
Site :
Location :
Test code : EB0400 60400 60600 60900

E Q U I P M E N T
Unit ID : **TOYOTA 03 Engine**
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 2KD 2500 CC/HIAC
Oil type / Viscosity : TOYOTA SAE 10W30
Oil System Capacity :



Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

Note abnormal copper detected.
Cutting wear indicates abnormal wear mode in progress. Suspect it is from abrasive wear (dirt).
Oil condition tests indicate that the base-oil is slightly degraded.

Condition History		Current Sample		Previous Sample		Baseline and Alarm Limit			
		Wear	Oil	Cont.					
Lab ID									
Bottle ID									
Date Sampled									
Oil Hours (Kms)									
Unit Hours (Kms)									
Oil Change									
Oil Added (Liters)									
Filters Hours (Kms)									
Test Method									
Result									
		300994							
		1064826							
		08 May 15							
		Not Given							
		78027							
Wear Condition									
Wear Element			Fine (small) Wear	Coarse (large) Wear	Reference Oil	U-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Iron	D-6595 PPM	16.1	0.1		0	>3	>200	>100	>200
Chromium	D-6595 PPM	0.6	0.1		0	>8	>15	>5	>15
Lead	D-6595 PPM	0.5	0.1		0	>80	>50	>30	>50
Copper	D-6595 PPM	94.6 W	20.2		0	>10	>25	>10	>25
Tin	D-6595 PPM	0.6	0.1		0	>10	>25	>10	>25
Aluminum	D-6595 PPM	2.7	0.1		0	>10	>20	>10	>20
Nickel	D-6595 PPM	0.0	0.1		0	>2	>10	>5	>10
Silver	D-6595 PPM	0.0	0.1		0				
Molybdenum	D-6595 PPM	0.7	0.1		0				
Titanium	D-6595 PPM	0.0	0.1		0				
Oil Condition									
Viscosity @ 40°C	D-795 SSI	66.0			66.5				
Viscosity @ 100°C	D-795 SSI	10.0			10.4	<3.6	>3.6	>11.44	
Oxidation	E-2412M Abs	10.9			8.7			>17.4	
Nitration	E-2412M Abs	7.6			4.8			>9.6	
TAN	D-6595 SSI				8.3	<2			
TBN	D-6595 SSI	8.5							
Contamination									
Water	E-2412M % (Wt)	0.072			0.044			>0.2	
Fuel	SAV % (Wt)	0.10						>5	
Glycol	E-2412M Abs	N/A							
Soot	E-2412M % (Wt)	0.18						>6	
Vanadium	D-6595 PPM	1			0				
Sodium	D-6595 PPM	1			1				
Silicon	D-6595 PPM	13.4	0.6		4	>15	>50	>25	>50
Additive Element									
Boron	D-6595 PPM	1			1				
Magnesium	D-6595 PPM	1057			1021				
Calcium	D-6595 PPM	38			18				
Barium	D-6595 PPM	1			0				
Phosphorus	D-6595 PPM	536			663				
Zinc	D-6595 PPM	2019	196		2033				
Additional Test									
Flash Point	C-3828 C				>20	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Viscosity Index	D-2276 C	136			144				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
 No Sign or MIDIAL (first level warning limit), W or (second level warning limit)
 U-Warning : Upper WARNING Level L-Warning : Lower WARNING required Level
 Baseline will be data of either 'The new oil' or 'Reference oil' or 'Oil specification'.
 Accuracy of interpretation and recommendation are based on representative sample and information supplied.
 First Level Alarm: Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
 Second Level Alarm: Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
 TNO = The new oil, RO = Reference oil, OS = Oil Specification
 No warranty is expressed or implied for this report.

รูป แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น TOYOTA 03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าการใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C U S T O M E R
Code : 20010
Name : KMITL
Address : 3 Moo 2, Chalongkrung Road
Ladkrabang Bangkok 10520
Site :
Location :
Test code : EB0400 60400 60600 60900

E Q U I P M E N T
Unit ID : TOYOTA 04 Engine
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 2KD HILUX VIGO
Oil type / Viscosity : TOYOTA SAE 10W30
Oil System Capacity :



Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

Note abnormal copper detected
Cutting wear indicates abnormal wear mode in progress. Suspect it is from abrasive wear (dirt).
Oil condition tests indicate that the base-oil is slightly degraded.

Condition History		Current Sample		Previous Sample	Baseline and Alarm Limit					
Test Method	Result	Wear	Oil	Cont.	Alarm Limit					
Lab ID		300995			Alarm Limit Matrix - Set Name (Equipment type / oil type)					
Bottle ID		1064828			Engine Diesel General Toyota SAE 10W30 (KMITL)					
Date Sampled		08 May-15								
Oil Hours (Kms)		Not Given								
Unit Hours (Kms)		30933 kms								
Oil Change										
Oil Added (Liters)										
Filters Hours (Kms)										
Wear Condition					Fine wear	Coarse wear	U-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Wear Element					U-Caution	U-Warning	U-Caution	U-Warning		
Iron	D-6595 PPM	15.1	1.1		0	>100	>200	>100	>200	
Chromium	D-6595 PPM	0.3	0.1		0	>5	>15	>5	>15	
Lead	D-6595 PPM	1.5	0.1		0	>50	>50	>50	>50	
Copper	D-6595 PPM	18.8	4.7		0	>10	>25	>10	>25	
Tin	D-6595 PPM	1.2	0.1		0	>10	>25	>10	>25	
Aluminum	D-6595 PPM	4.9	0.1		0	>10	>20	>10	>20	
Nickel	D-6595 PPM	0.0	0.1		0	>5	>10	>5	>10	
Silver	D-6595 PPM	0.0	0.1		0					
Molybdenum	D-6595 PPM	1.8	0.1		0					
Titanium	D-6595 PPM	0.0	0.1		0					
Oil Condition					U-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning		
Viscosity @ 40°C	D-1445 PPM	65.5			66.5					
Viscosity @ 100°C	D-1445 PPM	10.0			10.4	<9.36	>10.0	>11.44		
Oxidation	E-2099M Abs	10.9			8.7		>9	>17.4		
Nitration	E-2099M Abs	7.4			4.8		>5	>9.6		
TAN	D-6595 PPM									
TBN	D-4733 PPM	8.2			8.3	<2	>12			
Contamination					U-Caution	U-Warning				
Water	E-2419M %Wt	0.069			0.044		>0.15	>0.2		
Fuel	SAW %Wt	0.10					>5			
Glycol	E-2419M Abs	N/A								
Soot	E-2419M %Wt	0.05						>6		
Vanadium	D-6595 PPM	0			0					
Sodium	D-6595 PPM	1			1					
Silicon	D-6595 PPM	24.2	12.9		4	>5	>50	>25	>50	
Additive Element										
Boron	D-6595 PPM	1			1					
Magnesium	D-6595 PPM	1104			1021					
Calcium	D-6595 PPM	78			18					
Barium	D-6595 PPM	1			0					
Phosphorus	D-6595 PPM	902			963					
Zinc	D-6595 PPM	2142	232		2033					
Additional Test					U-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning		
Flash Point	D-3029 °C				144					
Viscosity index	D-2270	137								

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or : NORMAL, or : L-Warning (first level warning limit), or : Warning (second level warning limit)
U-Warning : Upper WARNING Level, L-Warning : Lower WARNING required Level
First Level Alarm: Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Second Level Alarm: Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
TNO = The new oil, RO = Reference oil, OS = Oil Specification
No warranty is expressed or implied for this report.

รูป แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น TOYOTA 04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C Code : 20010
U Name : KMITL
S
T Address : 3 Moo 2, Chalokkrung Road
O Ladkrabang Bangkok 10520
M
E Site :
Location :
Test code : EB0400 60400 60600 60900

E Unit ID : TOYOTA 05 Engine
O
U Unit Type : Engine Diesel
I Unit Make : TOYOTA
P Unit Model : 1KD 3000 CC FORTUNER
M
E Oil type /
N Viscosity : TOYOTA SAE 10W30
T
L Oil System Capacity :



Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.
Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.

Condition History		Current Sample			Previous Sample			Baseline and Alarm Limit						
		Wear	Oil	Cont.					Alarm Limit					
Lab ID Bottle ID Date Sampled Oil Hours (Kms) Unit Hours (Kms) Oil Change Oil Added (Liters) Filters Hours (Kms)	Test Method Result								Alarm Limit Matrix - Set Name (Equipment type / oil type) Engine Diesel General Toyota SAE 10W30 (KMITL)					
			300996	1064829	08 May 15									
					Not Given									
					80961 Kms									
		Wear Condition												
		Wear Element		Element	Unit	Current	Previous	Baseline	U-Caution	U-Warning	L-Caution	L-Warning		
Iron	D-6595 PPM	14.9	5.2	0	>100	>200	>100	>200						
Chromium	D-6596 PPM	0.8	1.0	0	>5	>15	>5	>15						
Lead	D-6594 PPM	0.2	0.1	0	>25	>50	>25	>50						
Copper	D-6595 PPM	4.3	2.1	0	>10	>25	>10	>25						
Tin	D-6595 PPM	0.0	0.1	0	>10	>25	>10	>25						
Aluminum	D-6595 PPM	4.1	0.3	0	>10	>20	>10	>20						
Nickel	D-6595 PPM	0.0	0.1	0	>5	>10	>5	>10						
Silver	D-6595 PPM	0.0	0.1	0										
Molybdenum	D-6595 PPM	1.0	0.1	0										
Titanium	D-6595 PPM	0.0	0.1	0										
Oil Condition														
Viscosity @ 40°C	D-440 CS	68.2		66.5										
Viscosity @ 100°C	D-445 CS	10.5		10.4	>9.36	>9.36	>9.36	>11.44						
Oxidation	E-2412M Ac	10.0		8.7				>17.4						
Nitration	E-2412M Ac	7.4		4.8				>9.6						
TAN	D-6594 CS													
TBN	D-4735 %KOH	8.5		8.3	<2	<2	<2							
Contamination														
Water	E-2412M Ac (W)	0.05%		0.044				>0.2						
Fuel	SAW (W)	0.10						>5						
Glycol	E-2412M Ac	N/A												
Soot	E-2412M Ac (S)	0.10						>6						
Vanadium	D-6595 PPM	0												
Sodium	D-6594 PPM	2		1										
Silicon	D-6595 PPM	13.2	9.9	4	>3	>50	>3	>50						
Additive Element														
Boron	D-6595 PPM	3		3										
Magnesium	D-6595 PPM	1029		1021										
Calcium	D-6595 PPM	252		18										
Barium	D-6595 PPM	0		0										
Phosphorus	D-6595 PPM	987		963										
Zinc	D-6595 PPM	1941	298	2033										
Additional Test														
Flash Point	D-3828 °C													
Viscosity Index	D-2270	143		144										

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
 No Sign or : NORMAL, or : Caution (first level warning limit), or : Warning (second level warning limit)
 : Upper CAUTION Level, : L-Caution, : Lower CAUTION Level
 : Upper WARNING Level, : L-WARNING, : Lower WARNING required Level
 Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification".
 Accuracy of interpretation and recommendation are based on representative sample and information supplied.
 First Level Alarm: Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
 Second Level Alarm: Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
 TNO = The new oil, FO = Reference oil, OS = Oil Specification
 No warranty is expressed or implied for this report.

รูป แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น TOYOTA 05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ดร.ปนัดดา นิรนาทล้ำพงศ์ และคณะ. 2547. การสีกหรือในงานอุตสาหกรรม : ความรู้เบื้องต้นและการป้องกัน. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
- [2] รศ.ดร.สุรพล ราชภูร์นุ้ย. 2549. วิศวกรรมกลล่อสั่นเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น
- [3] Johnson, K.L. (1985). *Contact Mechanics*, Copyright Cambridge University Press 1985 under license agreement with Books24x7.
URL:<http://www.globalspec.com/reference/57905/203279/appendix-5-linear-creep-coefficients-as-defined-in-equations-8-41-8-42-and-8-43-0-3>
- [4] Masteryoda (2548). คอมพิวเตอร์สำหรับผู้เริ่มต้น. นนทบุรี: Info Distributor Center.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้