ภาคผนวก ก

การเตรียมน้ำมันเชื้อเพลิง

น้ำมันผสมระหว่างน้ำมันปาล์มดิบกับน้ำมันดีเซลที่ใช้ มาจากสองรูปแบบ ได้แก่

- รูปแบบแรก เป็นน้ำมันผสมที่ถูกควบคุมคุณภาพ น้ำมันผสมแบบนี้จะถูกเตรียมและผสมโดยการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย ซึ่งจะมีการศึกษาคุณสมบัติและการควบคุมคุณภาพของทั้งน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันดีเซลที่ใช้อย่างเคร่งครัด น้ำมันแบบนี้จะใช้สำหรับการวัดหาค่าสมรรถนะและปริมาณไอเสียจากเครื่องยนต์
- รูปแบบที่สอง เป็นน้ำมันผสมที่เตรียมและผสมเองโดยผู้วิจัยครั้งต่อครั้ง วิธีการผสมจะใช้วิธีเดียวกับที่ใช้โดยการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย คุณภาพของน้ำมันดีเซลที่ใช้เป็นไปตามที่มีจำหน่ายเชิงพาณิชย์ในพื้นที่ทั่วไป น้ำมันแบบนี้จะใช้สำหรับการทดสอบการสึกหรอจากการใช้งานยาวนานของเครื่องยนต์

เชื้อเพลิงสำหรับการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

เชื้อเพลิงสำหรับการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์จะถูกเตรียมอย่างระมัดระวังเป็นพิเศษ น้ำมันปาล์มดิบที่นำมาใช้ผสมกับน้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันปาล์มดิบที่สกัดมาจากเส้นใยของผลปาล์ม (fiber oil) คุณสมบัติของน้ำมันปาล์มดิบที่นำมาใช้ในการทำวิจัย จะพิจารณาจาก สี ความชื้น และความหนาแน่นของน้ำมัน โดยใช้มาตรฐานของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มเป็นเกณฑ์กำหนดคุณภาพ ซึ่งในการดำเนินการวิจัยนี้ใช้น้ำมันปาล์มดิบชุดเดียวกันจากแหล่งการผลิตเดียวกันและครั้งเดียวกันทั้งหมดตลอด (Batch เดียวกันทั้งหมด) และ Base oil สำหรับน้ำมันดีเซลจะถูกนำมาผสมกับ สารเพิ่มความหล่อลื่น (Lubricity Additive) เพื่อให้คุณสมบัติของน้ำมันเป็นไปตามมาตรฐานที่ถูกกำหนดไว้โดยกระทรวงพาณิชย์ เชื้อเพลิงชนิดนี้จะถูกเตรียมโดยผู้เชี่ยวชาญของสถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท. น้ำมันดีเซลสำหรับการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์นี้ก็เป็นน้ำมันดีเซล Batch เดียวกันทั้งหมดเช่นกัน น้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันดีเซลจะถูกผสมเข้าด้วยกันโดยสัดส่วน 10:90 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการผสมน้ำมันจาก สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท.

ขั้นตอนของการผสมน้ำมันโดย ปตท.

1. น้ำมันปาล์มดิบจะถูกอุ่นให้ร้อนจนอุณหภูมิสูงถึง 60°c ที่อุณหภูมิระดับนี้น้ำมันปาล์มดิบจะมีสภาพเป็นของเหลวเนื้อเดียวกันทั้งหมดสีเหลืองปนส้มและใส
2. น้ำมันดีเซลจะถูกดูดเข้าสู่ถังขนาดสองพันลิตร โดยจะถูกดูดเข้าไปในปริมาณ 90% ของปริมาตรรวม
3. น้ำมันดีเซลจะถูกทำให้ไหลเวียนไปมาภายในถังโดยการใช้ปั๊มดูดจากทางด้านล่างของถังโดยในอันดับแรกนี้ ผู้ผสมน้ำมันจะใส่ Lubricity Additive เข้าไปเพื่อให้คุณสมบัติของน้ำมันได้ตามมาตรฐานของกระทรวงพาณิชย์
4. จากนั้น จะทำการดูดน้ำมันปาล์มดิบที่ถูกอุ่นแล้วเข้าไปไหลเวียนปนกับน้ำมันดีเซล โดยปริมาณของน้ำมันปาล์มดิบจะเท่ากับ 10% ของปริมาตรรวม
5. น้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันดีเซลจะถูกปล่อยให้ไหลเวียนผสมในถังผสมชั่วระยะเวลาหนึ่งเพื่อให้น้ำมันผสมทั้งหมดเป็นเนื้อเดียวกัน

จากกระบวนการดังที่กล่าวมานี้เราสามารถจะมั่นใจได้ว่าแหล่งที่มาของน้ำมันจะไม่ใช่ตัวแปรของการศึกษาครั้งนี้ ดังนั้นเราจึงตัดผลกระทบที่เกิดจากแหล่งที่มาของน้ำมันดีเซลและน้ำมันปาล์มดิบออกไปได้

เชื้อเพลิงสำหรับการทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์

เชื้อเพลิงสำหรับการทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์ เป็นน้ำมันดีเซลผสมกับน้ำมันปาล์มดิบ น้ำมันดีเซลที่ใช้ถูกจัดหาจากแหล่งใกล้เคียงสถานที่ทดสอบ โดยคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลที่ใช้เป็นไปตามที่กำหนดในมาตรฐานของกระทรวงพาณิชย์ เนื่องจากน้ำมันปาล์มดิบที่ใช้มีปริมาณเพียง 10% โดยปริมาตร ซึ่งเป็นปริมาณที่พอจะจัดหาจากแหล่งเดียวกันได้ อนึ่งค่ามาตรฐานสำหรับน้ำมันปาล์มดิบที่กำหนดโดยกระทรวงพาณิชย์ค่อนข้างจะกว้างนอกจากนี้ความแปรปรวนของคุณสมบัติของน้ำมันปาล์มดิบค่อนข้างมากกว่าน้ำมันดีเซลจึงยากที่จะเชื่อมั่นว่าน้ำมันปาล์มดิบที่มาจากแหล่งต่างกันจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกันซึ่งแตกต่างจากน้ำมันดีเซลซึ่งข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณสมบัติของน้ำมันค่อนข้างชัดเจน แม้น้ำมันดีเซลจะมาจากแหล่งต่างกันแต่ก็สามารถที่จะเชื่อมั่นว่าคุณสมบัติทางการเผาไหม้ไม่ได้แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงลงความเห็นที่จะใช้น้ำมันปาล์มดิบ Batch เดียวกันทั้งหมด เพื่อตัดผลกระทบที่เกิดจากแหล่งของน้ำมันปาล์มดิบออกไป

ขั้นตอนของการผสมน้ำมันเองโดยผู้วิจัย (ภาพประกอบใน ภาคผนวก ก)

1. น้ำมันปาล์มดิบจะถูกอุ่นให้ร้อนจนอุณหภูมิสูงถึง 60°c ที่อุณหภูมิระดับนี้น้ำมันปาล์มดิบจะมีสภาพเป็นของเหลวเนื้อเดียวกันทั้งหมดสีเหลืองปนส้มและใส
2. น้ำมันดีเซลจะถูกดูดเข้าสู่ภาชนะที่เตรียมไว้ (ถ้าเป็นไปได้ควรจะเป็นถังขนาด 200 ลิตร)
3. จากนั้น จะทำการดูดน้ำมันปาล์มดิบที่ถูกอุ่นแล้วเข้าไปผสมกับน้ำมันดีเซล โดยปริมาณของน้ำมันปาล์มดิบจะเท่ากับ 10% ของปริมาตรรวม
4. น้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันดีเซลจะถูกผสมในถังผสมชั่วระยะเวลาหนึ่งเพื่อให้น้ำมันผสมทั้งหมดเป็นเนื้อเดียวกัน

รูปที่ ก.1 ชุดอุ่นน้ำมันปาล์มและการผสมน้ำมันปาล์มกับน้ำมันดีเซล

การศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ น้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์มดิบ จากน้ำมันปาล์มดิบผ่านกระบวนการกรองละเอียดกับน้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียม ที่อัตราส่วนร้อยละ 10 โดยปริมาตร และน้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียมบริสุทธิ์ซึ่งใช้เป็นตัวเปรียบเทียบอ้างอิง คุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ศึกษาได้แก่ ค่าความร้อน ค่าความหนืด ค่าความถ่วงจำเพาะ ค่าจุดไหลเท ค่าจุดวาบไฟ ค่าเลขซีเทน และส่วนประกอบอื่นเช่น กำมะถัน กากถ่าน และเศษขี้เถ้า ซึ่งมีวิธีการทดสอบหา ดังนี้

- ค่าความร้อน

เป็นการวิเคราะห์หาค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงตัวอย่าง ตามวิธีทดสอบของ ASTM D240 ซึ่งมีผลต่อกำลังเครื่องยนต์ และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน วิธีทดสอบนี้จะวัดเป็นค่าความร้อนสูงหรือค่าความร้อยมวลรวม นั่นคือ ค่าความร้อนที่ได้จากากรเผาไหม้รวมเข้ากับค่าความร้อนแฝงของการกลั่นตัวกลายเป็นไอของน้ำ ซึ่งนำไปใช้ในการคำนวณประสิทธิภาพการเผาไหม้ การใช้เชื้อเพลิง หรือ ค่าอื่นๆได้

- ค่าความหนืด

เป็นการวิเคราะห์หาความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิงตัวอย่าง ตามวิธีทดสอบของ ASTM D445 ความหนืดคือสมบัติในการต้านทานการไหล มีส่วนสัมพันธ์กับอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ และความยากง่ายในการถูกฉีดออกเป็นละอองฝอย ความหนืดของน้ำมันจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้การไหลผ่านปั้มเชื้อเพลิงเป็นไปโดยสะดวก รวมถึงการฉีดเป็นละอองฝอยที่หัวฉีดด้วย ซึ่งมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้ ที่สภาวะการทำงานที่อุณหภูมิต่ำ อาจมีปัญหาการไหลของน้ำมัน จุดติดยาก ทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

- ความถ่วงจำเพาะ

เป็นการหาค่าความถ่วงจำเพาะ ของน้ำมันเชื้อเพลิงตัวอย่าง ตามวิธีทดสอบของ ASTM D1298 ซึ่งเป็นวิธีการหาค่าโดยใช้หลักการของไฮโดรมิเตอร์ โดยมีเครื่องมือมาตรฐานสำหรับการใช้วัดและจะต้องอ่านอุณหภูมิขณะที่วัดด้วย เพื่อนำไปปรับค่าเป็นอุณหภูมิมาตรฐาน โดยใช้ Petroleum measurement tables ในด้านคุณภาพผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้ค่าความถ่วงจำเพาะพิจารณาร่วมกับคุณสมบัติอื่นๆ จะสามารถบอกถึงองค์ประกอบของน้ำมันเชื้อเพลิงตัวอย่างนั้นๆได้ โดยความถ่วงจำเพาะที่วัดจะอยู่ในหน่วยของน้ำหนักต่อปริมาตรน้ำมันเชื้อเพลิงตัวอย่างที่อุณหภูมิ 15.6°c เทียบกับน้ำหนักต่อปริมาตรของน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน

- จุดไหลเท

เป็นการวิเคราะห์หาจุดไหลเทของน้ำมันเชื้อเพลิงตัวอย่าง ตามวิธีทดสอบของ ASTM D97 จุดไหลเท คือ อุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันยังสามารถไหลได้ เป็นการบอกให้ทราบถึงขอบเขต จุดหรืออุณหภูมิที่น้ำมันไม่ควรอยู่ต่ำกว่านี้ เพราะไม่สามารถไหลได้ ไขที่มีอยู่ในน้ำมันจะแยกตัวออกมาอุดตันท่อ และ หม้อกรอง ทำให้อุปกรณ์ทำงานไม่ได้ จุดไหลเทขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณลักษณะของไขที่มีอยู่ในน้ำมัน น้ำมันที่มีไขมากก็จะมีจุดไหลเทสูง

- จุดวาบไฟ

เป็นการวิเคราะห์หาค่าจุดวาบไฟ ของน้ำมันเชื้อเพลิงตัวอย่าง ตามวิธีทดสอบของ ASTM D93 ซึ่งใช้เครื่องมือ Pensky Martin close cup (PMCC) ซึ่งใช้สำหรับน้ำมันดีเซลและน้ำมันเตา จุดวาบไฟ คือ อุณหภูมิต่ำสุดของน้ำมันที่ทำให้เกิดไอน้ำมันมีปริมาณมากพอ และเมื่อมีเปลวไฟก็จำให้เกิดการลุกไหม้ทันที จุดวาบไฟไม่มีผลต่อคุฯภาพหรือการใช้งานตรง แต่เป็นข้อกำหนดทางกฎหมายเพื่อความปลอดภัย จากการเกิดไฟไหม้ในการเก็บรักษาและการขนถ่าย ถ้าอุณหภูมิสูงกว่านี้จะถึงจุดติดไฟ ซึ่งจุดติดไฟ คือ อุณหภูมิต่ำสุดของน้ำมันที่จะเกิดไอน้ำมันขึ้นแล้วทำให้มีเปลวไฟลุกไหม้อย่างต่อเนื่อง โดยทั่วไป จุดติดไฟจะสูงกว่าจุดวาบไฟ ประมาณ 5 - 35oC

- เลขซีเทน

ค่าเลขซีเทนเป็นตัวเลขที่บ่งบอกถึงความล่าช้าในการจุดระเบิดของน้ำมันดีเซล ซึ่งหมายถึงช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปในห้องเผาไหม้ จนกระทั่งมีการจุดระเบิด โดยที่ค่าเลขซีเทนยิ่งสูงหมายถึงความสามารถในการจุดระเบิดได้รวดเร็ว การวิเคราะห์หาค่าเลขซีเทนของน้ำมันเชื้อเพลิงตัวอย่าง ตามวิธีทดสอบของ ASTM D613 โดยการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย หลักการคือ การพยายามปรับอัตราส่วนการอัดของห้องเผาไหม้ในเครื่องยนต์ จนกระทั่งเครื่องยนต์มีความล่าช้าในการจุดติดระเบิดเท่ากันกับองศาการฉีดเชื้อเพลิง ซึ่งตั้งไว้ที่ 13.0 +/- 0.2 องศา ดังนั้นในน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิดจะให้ค่าอัตราส่วนการอัดของห้องเผาไหม้ในสภาวะดังกล่าวไม่เท่ากัน จึงได้ใช้จุดนี้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดค่าเลขซีเทน ในการทดสอบวัดจะทำเปรียบเทียบกับน้ำมันมาตรฐานที่ทราบค่าเลขซีเทน ซึ่งได้แก่ n-cetane (n-hexadecane) ซึ่งถือว่ามีค่าเลขซีเทนเป็น 100 และ heptamethylnonane ซึ่งมีเลขซีเทน เป็น 15

- กำมะถัน

เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณกำมะถันในน้ำมันเชื้อเพลิงตัวอย่าง ตามวิธีทดสอบของ ASTM D3120 ซึ่งปริมาณกำมะถันจะมีมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันดิบที่นำมากลั่นและกระบวนการกลั่นที่ใช้ กำมะถันจะอยู่ในรูปแบบต่างๆได้ เช่น เมอร์แคปแทน ไดซัลไฟด์ หรือสารประกอบเฮเตอร์โรไซคลิก เช่น ไธโอเฟน ปริมาณกำมะถันสูงจะก่อให้เกิดการกัดกร่อน ใน 2

ลักษณะด้วยกัน คือ (1) เกิดจากการกัดกร่อนของสารประกอบที่เกิดจากการเผาไหม้ของกำมะถัน เมื่อรวมกับน้ำจะกลายเป็นสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรด ส่งผลให้มีการกัดกร่อนชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ได้ (2) เกิดจากกำมะถัน (active sulfur) ในน้ำมันเชื้อเพลิง กัดกร่อนชิ้นส่วนของระบบหัวฉีดเครื่องยนต์โดยตรง

- กากถ่าน

เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณกากถ่าน หรือคาร์บอนที่เหลือจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงตัวอย่าง ตามวิธีทดสอบของ ASTM D4530 ซึ่งมีผลต่อความสกปรกจากการเกาะติดของกากคาร์บอนในห้องเผาไหม้ และยังใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงการก่อตัวของขี้เถ้า จากสารเติมแต่งในน้ำมันเชื้อเพลิง

- เศษขี้เถ้า

เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณเศษขี้เถ้า หรือกากที่เหลือจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงตัวอย่าง ตามวิธีทดสอบของ ASTM D482 ซึ่งปริมาณขี้เถ้าสามารถใช้บ่งบอกถึงความเหมาะสมในการใช้งานของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ซึ่งปริมาณของเศษขี้เถ้าอาจมาจากสารประกอบโลหะหรือเกิดจากสิ่งปนเปื้อนที่เป็นของแข็งหรือสนิม

- น้ำและตะกอน

เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณที่ปนเปื้อนของน้ำและตะกอน ในน้ำมันเชื้อเพลิงตัวอย่าง ตามวิธีทดสอบของ ASTM D2709 ซึ่งใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงสาเหตุของการกัดกร่อนเครื่องมือ และทำให้ประสิทธิภาพในการใช้งานลดลง

- **การกัดกร่อนแผ่นทองแดง**

เป็นการวิเคราะห์หาความสามารถในการกัดกร่อนของน้ำมันเชื้อเพลิงตัวอย่าง ตามวิธีทดสอบของ ASTM D130 ซึ่งวัดออกมาในรูปของระดับการกัดกร่อน มีผลเสียต่อการใช้งานกับอุปกรณ์

- ความสามารถในการหล่อลื่น

เป็นการวิเคราะห์หาความสามารถในการหล่อลื่นของน้ำมันเชื้อเพลิงตัวอย่าง ตามวิธีเอชเอฟอาร์อาร์ (HFRR, High Frequency Reciprocating Rig) ของ CEC F-06-A-96 ซึ่งมีผลต่อการลดการสึกหรอที่เกิดจากการใช้งานของชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงตัวอย่าง

- จุดกลั่นตัว ได้ 90%

เป็นการวิเคราะห์หาอุณหภูมิของส่วนที่กลั่นได้โดยปริมาตรในอัตรา 90% ของน้ำมันเชื้อเพลิงตัวอย่าง ตามวิธีทดสอบของ ASTM D86 ตามปกตินำมันเชื้อเพลิงมีองค์ประกอบที่ระเหยได้เร็ว ปานกลาง และช้า รวมกันอยู่ สำหรับน้ำมันดีเซลจะพิจารณาผลการวัดอัตราการระเหยที่วัดเป็นค่าอุณหภูมิที่น้ำมันระเหยเป็นไอแล้วกลั่นตัวเป็นของเหลว โดยดูเฉพาะส่วนที่ระเหยช้า

PTT RESEARCH AND TECHNOLOGY INSTITUTE
PTT PUBLIC COMPANY LIMITED

Department : Fuels & Lubricants Research

71 Moo 2 Phahonyothin Rd., Wangnoi, Ayutthaya Tel. : (035)723066-124 Ext. 3230 Fax.: (036)723048 Ext. 3210

CERTIFICATE OF ANALYSIS

CERT NO.	: FLA-F039/45	PAGE	: 1/1
REFERENCE NO.	: -	NO. OF SAMPLE REPORTED	: 1
SAMPLING DATE	: 11/06/44	RECEIVED DATE	: 12/06/44
SAMPLE CONDITION	: good	ANALYSIS DATE	: 12-28/06/45
SAMPLE FROM	: สถาบันสิรินธร	OPERATOR NAME	: SUP. MJ

SAMPLE ID.	SAMPLE NAME	TEST ITEM (UNIT)	TEST METHOD	RESULT
FA-195/45	น้ำมันดีเซล ผสมน้ำมันปาล์ม	Specific gravity at 15.6/15.6 °C	ASTM D4052	0.8360
		Cetane number	ASTM D613	55.4
		Viscosity at 40 °C (cSt)	ASTM D445	3.910
		Pour point (°C)	ASTM D97	-6.0
		Copper strip corrosion (number)	ASTM D130	1a
		Carbon residue (%wt.)	ASTM D4530	0.039
		Water and sediment (%vol.)	ASTM D2709	0.025
		Ash (%wt.)	ASTM D482	0.002
		Flash point (°C)	ASTM D93	73
		Distillation	ASTM D86	
		90% recovered (°C)		346.2
		Lubricity by HFRR (µm)	CEC F-06-A-96	209
		Gross heating value (J/g)	ASTM D240	44982
		TAN (mgKOH/g)	ASTM D664	1.02

REMARK :

REPORTED BY : Pissawan

APPROVED BY : (SPECIALIST)

DATE OF ISSUE : Jul 3, 2002

THIS CERTIFICATE OF ANALYSIS IS REFERRED TO ONLY SUBMITTED SAMPLE(S). IT IS YOUR RESPONSIBLE TO USE HEREIN RESULTS IN ANY PURPOSES. EXCEPT IN FULL. THIS CERTIFICATE SHALL NOT BE REPRODUCED WITHOUT THE WRITTEN APPROVAL OF THE SPECIALIST.

รูปที่ ก.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์มดิบที่ใช้ในโครงการ