

ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล

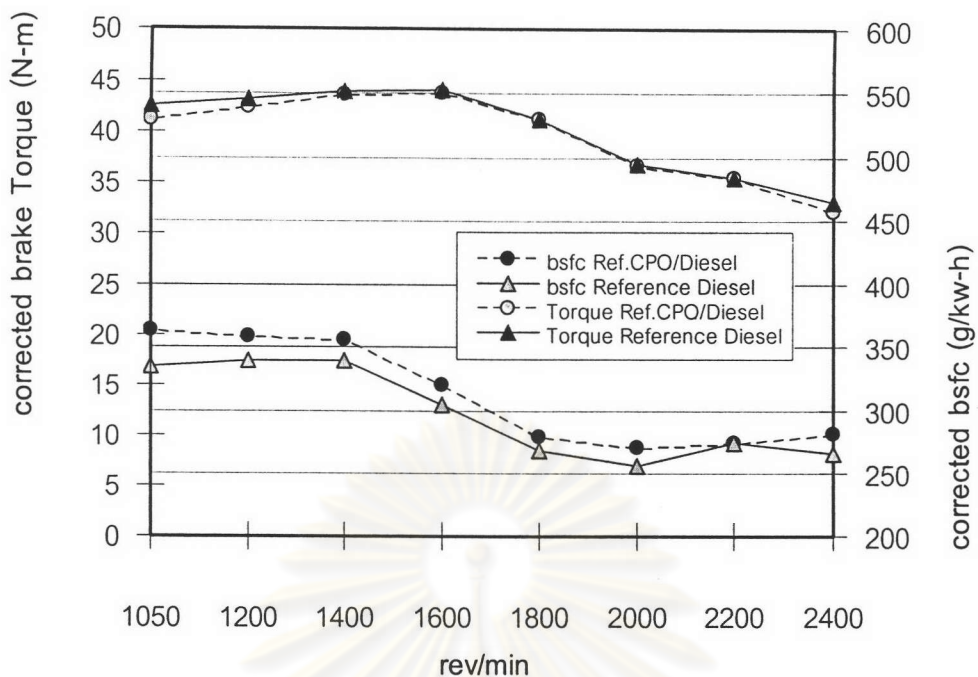
5.1 ผลการทดสอบสมรรถนะ

ผลจากการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ ระหว่างค่าแรงบิดเบรก อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรก หลังทำการปรับแก้ไขค่าสำหรับอุณหภูมิและความดันบรรยากาศมาตรฐาน อุณหภูมิไอเสีย และค่าควันดำ ซึ่งทำการทดสอบโดยใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงและน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงที่ความเร็วรอบคงที่ และสภาวะคงตัว บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์ ได้แบ่งการนำเสนอออกเป็นผลที่สภาวะภาระสูงสุด และที่สภาวะภาระบางส่วน ดังนี้

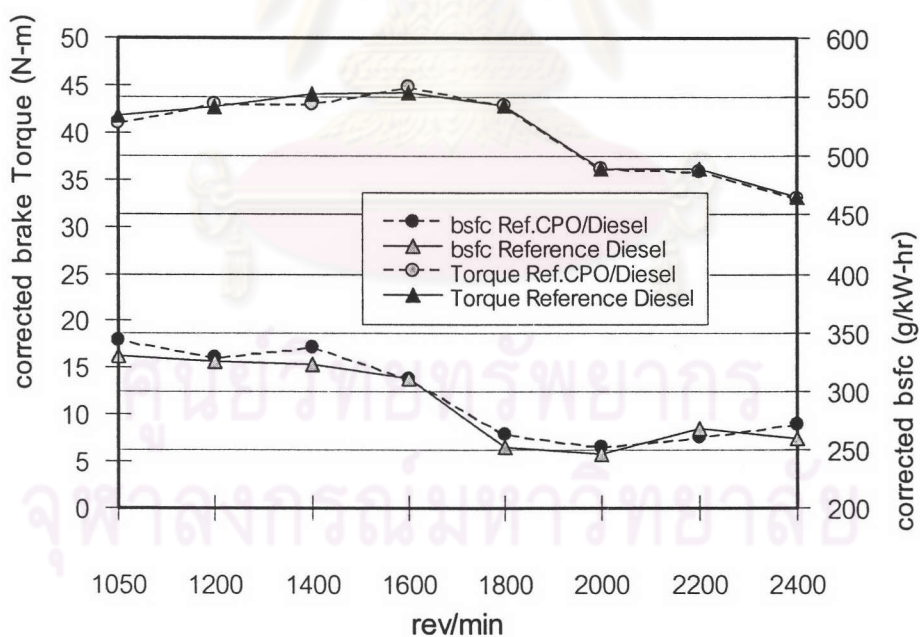
5.1.1 ผลของแรงบิดเบรก(Brake Torque) กับ อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (bsfc) ที่สภาวะภาระสูงสุด

ผลของแรงบิดเบรก (Brake Torque) กับ อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (bsfc) ที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่หนึ่งเมื่อใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิง และน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง แสดงในรูปที่ 5-1 และผลจากเครื่องยนต์ที่สองแสดงในรูปที่ 5-2

จากรูปที่ 5-1 แสดงผลของแรงบิดเบรก (Brake Torque) กับ อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (bsfc) ของเครื่องยนต์ที่หนึ่งเมื่อใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิง และน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง พบว่าค่าแรงบิดเบรกสูงสุดที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยแรงบิดเบรกที่ได้จากน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย ค่าแรงบิดเบรกสูงสุดที่ได้จากน้ำมันดีเซลอ้างอิงมีค่า 44.03 N-m ส่วนแรงบิดเบรกสูงสุดที่ได้จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงมีค่า 43.73N-m ซึ่งเกิดขึ้นที่ความเร็วรอบเดียวกันคือ 1,600 รอบต่อนาที คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างได้ 0.6% อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะที่ได้จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงมีค่าสูงกว่าค่าจากการใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงอย่างเห็นได้ชัด ยกเว้นที่ความเร็ว 2,200 รอบต่อนาทีค่าที่ได้จากทั้งสองเชื้อเพลิงมีค่าใกล้เคียงกันมาก ค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำสุดที่ได้จากน้ำมันดีเซลอ้างอิงมีค่า 255.57 g/kW-hr ที่ความเร็ว 2,000 รอบต่อนาที และค่าต่ำสุดที่ได้จากน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงมีค่า 269.73 g/kW-hr ที่ความเร็วเดียวกัน คิดเป็นค่าแตกต่างได้ 5.54%



รูปที่ 5-1 เปรียบเทียบผลของแรงบิดเบรก (brake Torque) และอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (bsfc) ที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่หนึ่งเมื่อนำน้ำมันดีเซลอ้างอิงและน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง



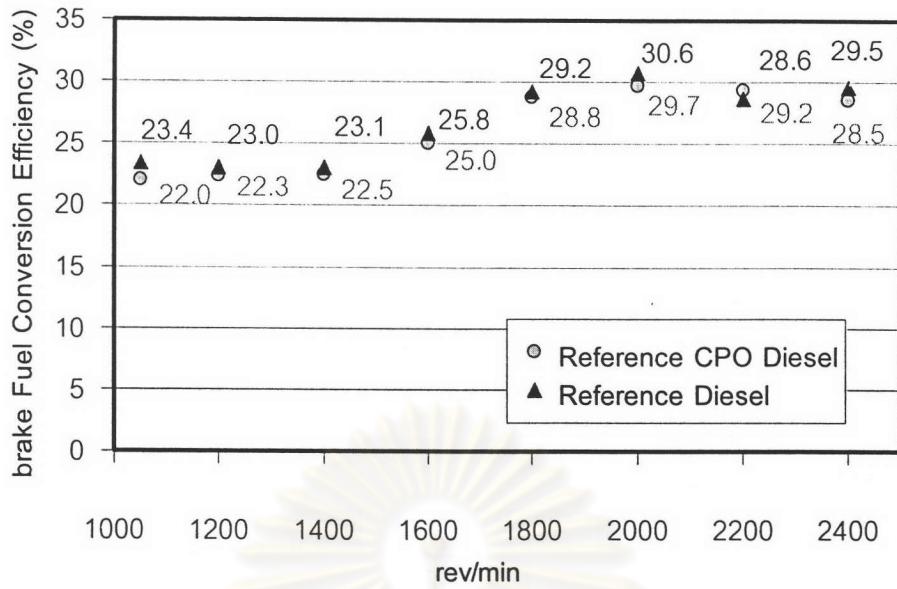
รูปที่ 5-2 เปรียบเทียบผลของแรงบิดเบรก (brake Torque) และอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (bsfc) ที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่สองเมื่อนำน้ำมันดีเซลอ้างอิงและน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง

จากรูปที่ 5-2 แสดงผลของแรงบิดเบรก (Brake Torque) กับ อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (bsfc) ของเครื่องยนต์ที่สองเมื่อใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิง และน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง พบว่าค่าแรงบิดสูงสุดที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันมาก และให้ผลที่สอดคล้องกับเครื่องยนต์ที่หนึ่ง ค่าแรงบิดสูงสุดที่ได้จากการใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงมีค่า 44.29 N-m ส่วนแรงบิดสูงสุดที่ได้จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงมีค่า 44.82 N-m ซึ่งเกิดขึ้นที่ความเร็วรอบเดียวกันคือ 1,600 รอบต่อนาที คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างได้ 1.1 % อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะที่ได้จากน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงมีค่าสูงกว่า ค่าที่ได้จากน้ำมันดีเซลอ้างอิงอย่างเห็นได้ชัด ยกเว้นที่ความเร็ว 2,200 รอบต่อนาทีค่าที่ได้จากการใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงมีค่าสูงกว่าค่าจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง ซึ่งแนวโน้มของผลการทดสอบคล้ายคลึงกับผลจากเครื่องยนต์ที่หนึ่งซึ่งค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกของดีเซลอ้างอิงมีค่าสูงขึ้น ที่ความเร็ว 2,200 รอบต่อนาที ค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกต่ำสุดจากการใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงมีค่า 252.46 g/kW-hr และ 263.04 g/kW-hr จากน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง ที่ความเร็ว 2,000 รอบต่อนาทีเท่ากัน โดยความแตกต่างระหว่างค่าต่ำสุดคิดเป็น 4.19 %

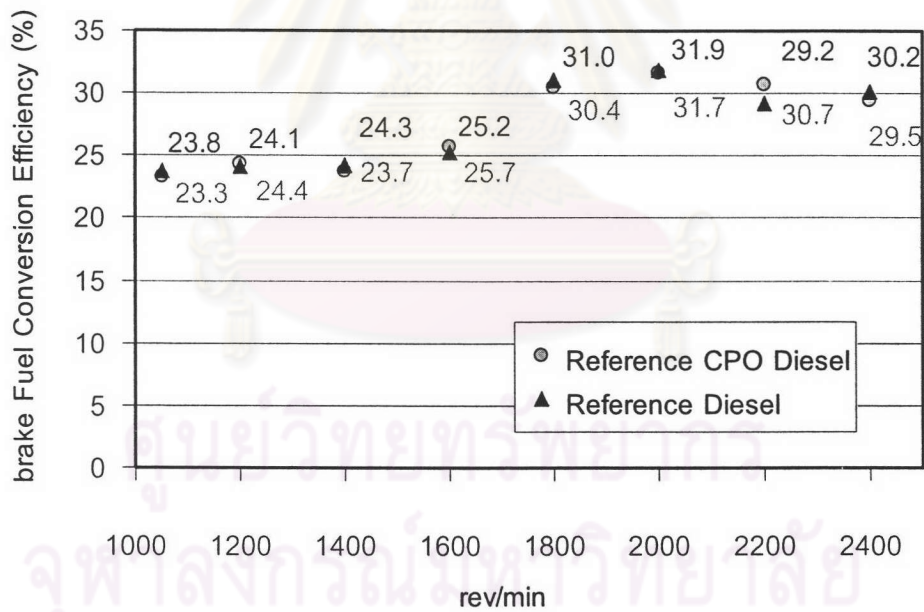
อาจสรุปได้ว่าไม่เห็นถึงความแตกต่างที่ชัดเจนจากค่าแรงบิดเบรกที่ได้จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกที่ได้จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากน้ำมันดีเซลอ้างอิงอย่างเห็นได้ชัด แม้ค่าความร้อนของน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงจะมีค่าต่ำกว่าน้ำมันดีเซลอ้างอิง แต่เนื่องจากน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงมีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลอ้างอิง ซึ่งมีอิทธิพลต่อปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงของปั๊ม เนื่องจากความหนืดที่สูงมีแนวโน้มทำให้เกิดการรั่วของเชื้อเพลิงในช่วงการอัดตัวของลูกสูบในปั๊มเชื้อเพลิงลดลงทำให้ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงในหนึ่งช่วงการอัดมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผลของค่าความหนาแน่นของน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงมีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซลอ้างอิง ซึ่งความหนาแน่นที่สูงทำให้มวลของเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าห้องเผาไหม้มีปริมาณที่สูง ทำให้ค่าแรงบิดเบรกที่ได้มีค่าที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น

5.1.2 ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรก (Brake Fuel Conversion Efficiency) ที่สภาวะภาระสูงสุด

ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่หนึ่งและเครื่องยนต์ที่สองแสดงไว้ในรูปที่ 5-3 และรูปที่ 5-4 ตามลำดับ



รูปที่ 5-3 แสดงผลเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่หนึ่งเมื่อใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงและน้ำมันดีเซลอ้างอิง



รูปที่ 5-4 แสดงผลเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่สองเมื่อใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงและน้ำมันดีเซลอ้างอิง

จากรูปที่ 5-3 แสดงค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่หนึ่ง พบว่าประสิทธิภาพจากที่ได้นำมาใช้ น้ำมันดีเซลอ้างอิงมีค่าสูงกว่าประสิทธิภาพจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง ยกเว้นที่ความเร็ว 2,200 รอบต่อนาที ซึ่งน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงให้ประสิทธิภาพสูงกว่า ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกสูงสุดจากการใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิง มีค่า 30.6% ขณะที่ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง มีค่า 29.7% ที่ 2,000 รอบต่อนาทีเท่ากัน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างได้ 2.94 %

จากรูปที่ 5-4 แสดงค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่สอง พบว่าประสิทธิภาพจากการใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงมีค่าใกล้เคียงกันมาก ยกเว้นที่ความเร็ว 2,200 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกจากการใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิง ให้ค่าที่สูงกว่า ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกสูงสุดจากการใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิง มีค่า 31.9% ขณะที่ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงมีค่า 31.7% ที่ 2,000 รอบต่อนาทีเท่ากัน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างได้ 0.6%

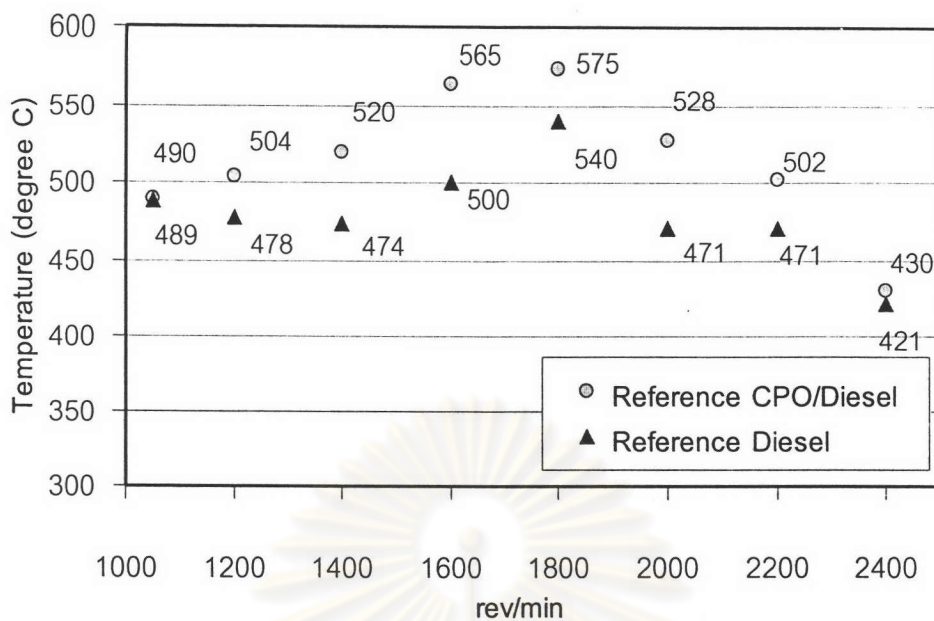
สรุปได้ว่าค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกจำเพาะที่ได้จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลมีค่าใกล้เคียงกับค่าประสิทธิภาพจากการใช้น้ำมันดีเซล โดยมีค่าต่ำกว่าค่าประสิทธิภาพจากการใช้น้ำมันดีเซลเล็กน้อย

5.1.3 อุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระสูงสุด

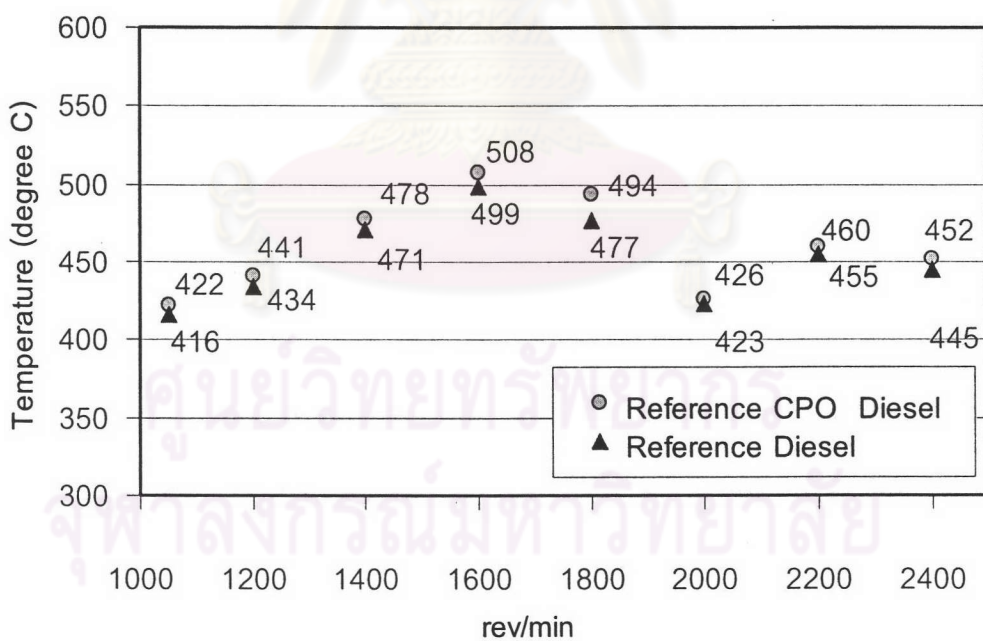
อุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระสูงสุด (Full Load) ที่ได้จากเครื่องยนต์ที่หนึ่งและเครื่องยนต์ที่สอง แสดงในรูปที่ 5-5 และ 5-6

จากผลดังกล่าวพบว่าอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระสูงสุดจากทั้งสองเครื่องยนต์ให้ผลการทดสอบที่ตรงกันคือ อุณหภูมิไอเสียที่ได้จากน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง มีค่าอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิไอเสียเมื่อใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงทุกความเร็วรอบ โดยในเครื่องยนต์ที่หนึ่งมีผลของความแตกต่างของอุณหภูมิที่สูงอย่างเห็นได้ชัด

ผลของอุณหภูมิไอเสียที่มีค่าสูงขึ้นเมื่อใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงแสดงให้เห็นว่าสภาวะการเผาไหม้ของน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลที่มีช่วงการเผาไหม้ที่ยาวนานกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ในช่วงปลายของจังหวะระเบิดมีค่าสูง และอาจแสดงถึงการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ปริมาณเชื้อเพลิงตกค้างที่ยังไม่เผาไหม้หลังช่วงจังหวะขยายมีปริมาณที่มาก ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องที่ปลายจังหวะขยายและจังหวะคาย ส่งผลให้อุณหภูมิของไอเสียมีค่าสูง



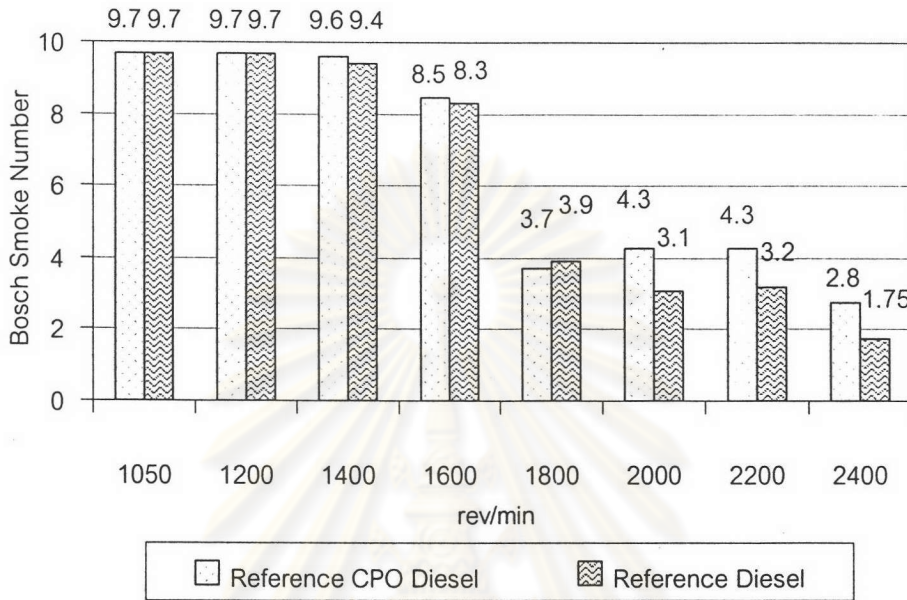
รูปที่ 5-5 แสดงผลเปรียบเทียบอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ ที่หนึ่งเมื่อนำน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงและน้ำมันดีเซลอ้างอิง



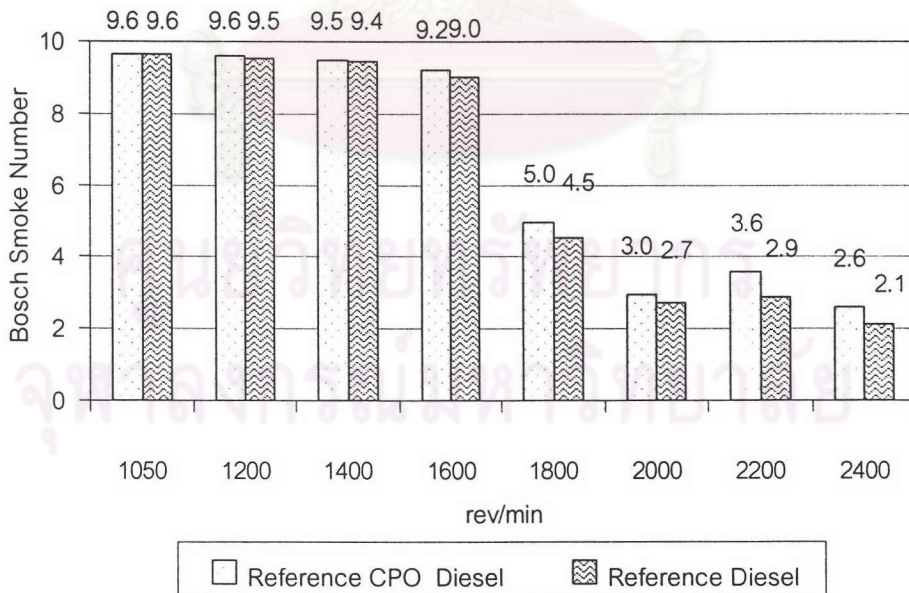
รูปที่ 5-6 แสดงผลเปรียบเทียบอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ ที่สองเมื่อนำน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงและน้ำมันดีเซลอ้างอิง

5.1.4 ค่าควันดำที่สภาวะภาระสูงสุด

ผลการวัดค่าควันดำที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่หนึ่งและเครื่องยนต์ที่สองเมื่อใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงและน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง แสดงในรูปที่ 5-7 และรูปที่ 5-8 ตามลำดับ



รูปที่ 5-7 แสดงผลเปรียบเทียบค่าควันดำที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่หนึ่งเมื่อใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงและน้ำมันดีเซลอ้างอิง



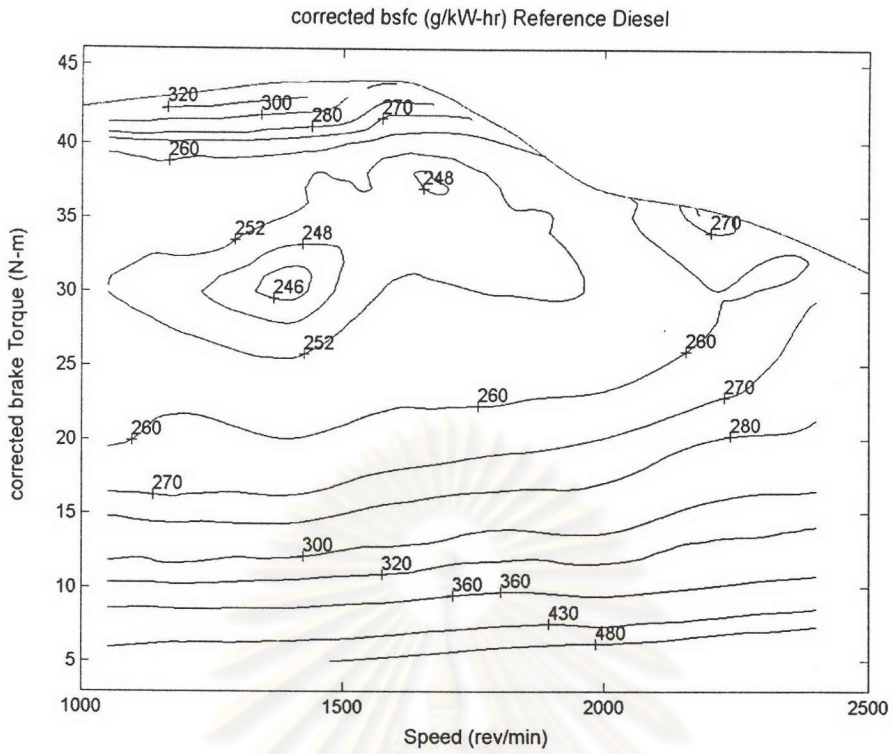
รูปที่ 5-8 แสดงผลเปรียบเทียบค่าควันดำที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่สองเมื่อใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงและน้ำมันดีเซลอ้างอิง

จากผลการเปรียบเทียบค่าควันท่ำที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่หนึ่งและเครื่องยนต์ที่สองพบว่าค่าควันท่ำมีแนวโน้มในลักษณะเดียวกัน คือ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงค่าควันท่ำจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงมีค่าสูงกว่าค่าควันท่ำจากการใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิง แต่ในช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำค่าควันท่ำจากการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองมีค่าไม่แตกต่างกัน ซึ่งเนื่องมาจากน้ำมันปาล์มดิบมีค่า carbon residue และค่าเปอร์เซ็นต์ของเถ้าที่สูง และการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์เนื่องจากเลขซีเทนของน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงมีค่าต่ำกว่าน้ำมันดีเซลอ้างอิง และผลของอุณหภูมิการกลั่นตัวซึ่งอุณหภูมิการกลั่นตัวของน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงมีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซลอ้างอิง ตามรูปที่ 4-1

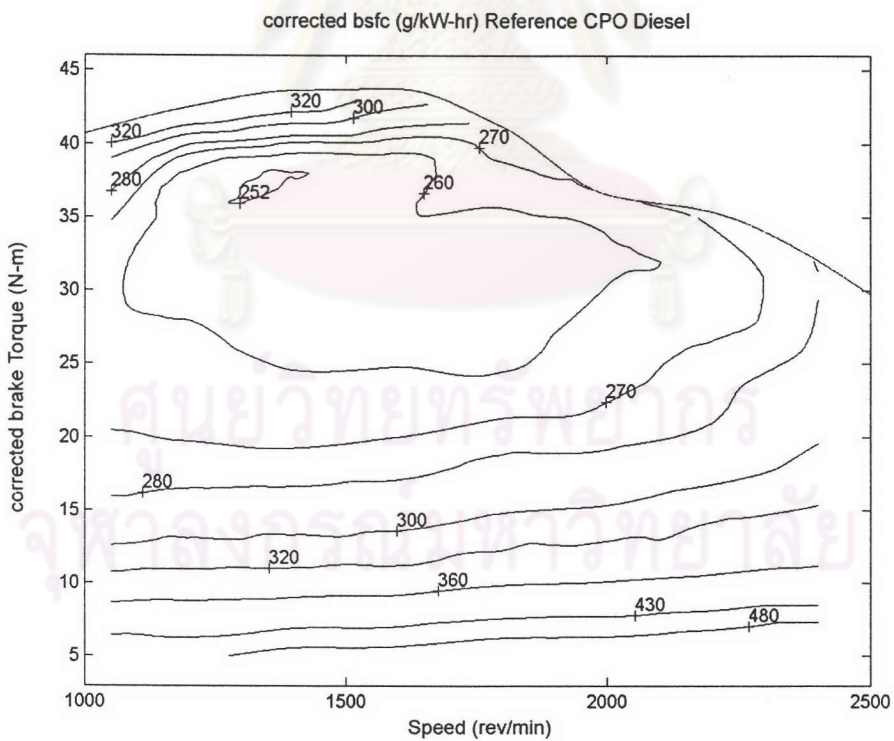
5.1.5 แผนภูมิสมรรถนะ (Performance Map)

ผลการทดสอบที่ภาระบางส่วน (Part-Load) แสดงในรูปของแผนภูมิสมรรถนะ โดยแผนภูมิสมรรถนะที่ได้จากเครื่องยนต์ที่หนึ่งเมื่อใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงและน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง แสดงดังรูปที่ 5-9 และ 5-10 ตามลำดับ และแผนภูมิสมรรถนะที่ได้จากเครื่องยนต์ที่สองเมื่อใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงและน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง แสดงในดังที่ 5-11 และ 5-12 ตามลำดับ

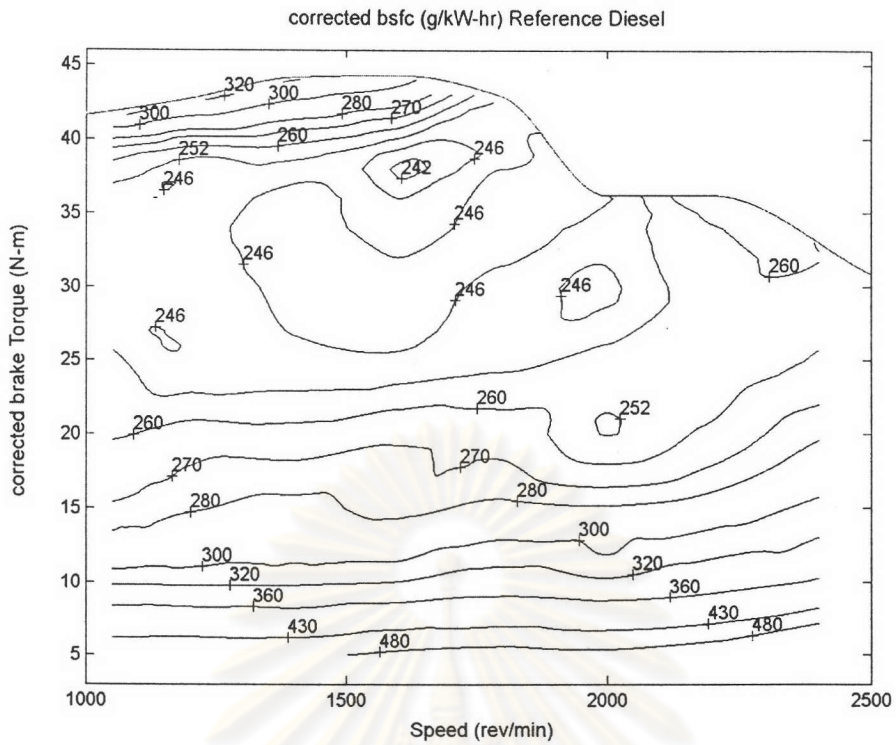
จากรูปที่ 5-9 และ 5-10 แสดงแผนภูมิสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่หนึ่งเมื่อใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงและน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง เมื่อมองภาพรวมของแผนภูมิ พบว่า แนวของเส้นอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคคงที่ จากน้ำมันดีเซลอ้างอิงและน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง มีลักษณะที่คล้ายกันคือแนวโน้มของจุดศูนย์กลางของแผนภูมิซึ่งแสดงถึงค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคต่ำสุดอยู่ในช่วงความเร็วที่กว้างตั้งแต่ 1,200 ถึง 1,800 รอบต่อนาที ที่ช่วงแรงบิดประมาณ 30-35 N-m เมื่อพิจารณาเส้นอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคคงที่พบว่าที่อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคที่เท่ากันบนแผนภูมิที่ใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงมีพื้นที่มากกว่าบนแผนภูมิที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง ถ้าพิจารณาผลที่ตำแหน่งค่าแรงบิดเบรคและความเร็วรอบเดียวกันพบว่าน้ำมันดีเซลอ้างอิงให้ค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคต่ำกว่าน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง



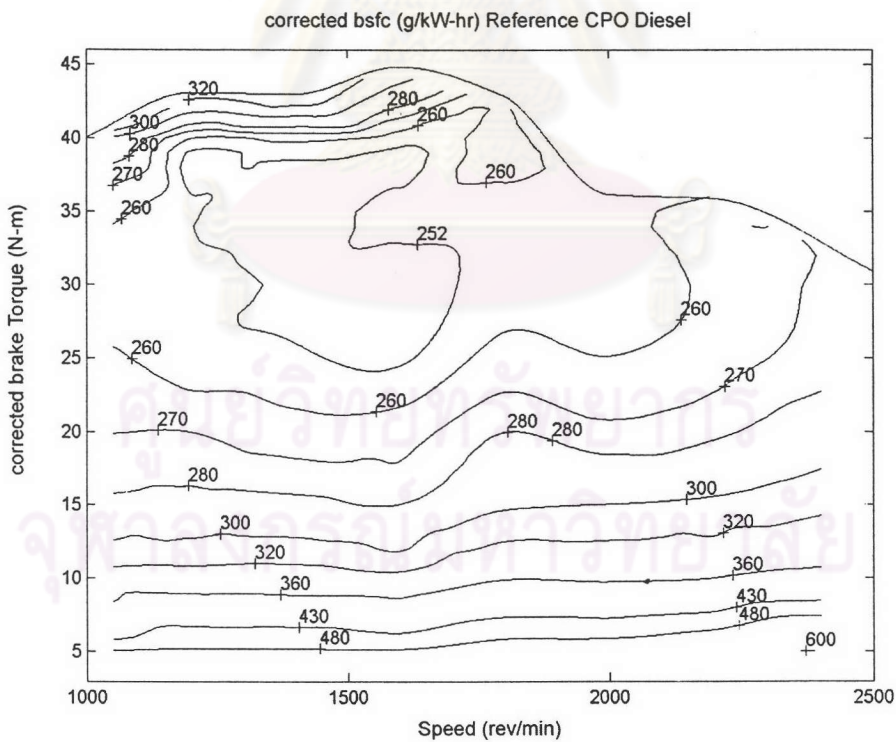
รูปที่ 5-9 แสดงแผนภูมิสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่หนึ่งเมื่อใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิง แสดงค่า contour ของค่าคงที่ corrected bsfc หน่วยเป็น g/kW-hr



รูปที่ 5-10 แสดงแผนภูมิสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่หนึ่งเมื่อใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง แสดงค่า contour ของค่าคงที่ corrected bsfc หน่วยเป็น g/kW-hr



รูปที่ 5-11 แสดงแผนภูมิสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่สองเมื่อใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิง
แสดงค่า contour ของค่าคงที่ corrected bsfc หน่วยเป็น g/kW-hr



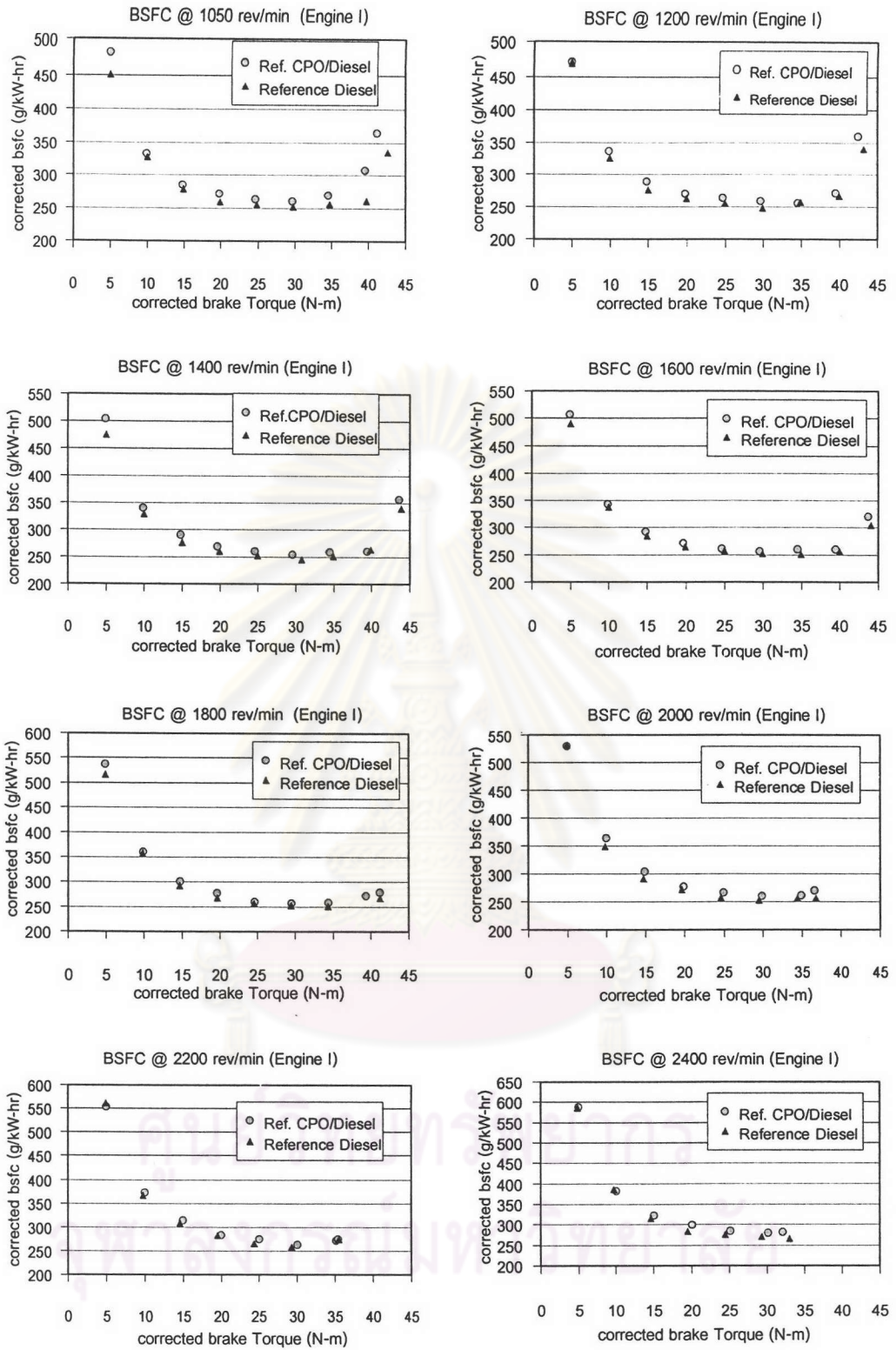
รูปที่ 5-12 แสดงแผนภูมิสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่สองเมื่อใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง
แสดงค่า contour ของค่าคงที่ corrected bsfc หน่วยเป็น g/kW-hr

จากรูปที่ 5-11 และ 5-12 แสดงแผนภูมิสมรรถนะที่ได้จากเครื่องยนต์ที่สองเมื่อใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงและน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง เมื่อมองภาพรวมของแผนภูมิ พบว่า เส้นอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกคงที่ จากน้ำมันดีเซลอ้างอิงและน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง มีลักษณะที่คล้ายกับแผนภูมิจากเครื่องยนต์ที่หนึ่ง ซึ่งค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกต่ำสุดอยู่ในช่วงความเร็วที่กว้างตั้งแต่ 1,200 ถึง 1,800 รอบต่อนาที ที่ช่วงแรงบิดเบรกประมาณ 30-35 N-m ที่อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกที่เท่ากันบนแผนภูมิที่ใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงมีพื้นที่ มากกว่าบนแผนภูมิที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง ที่ตำแหน่งค่าแรงบิดเบรกและความเร็วรอบเดียวกันพบว่าน้ำมันดีเซลอ้างอิงให้ค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกต่ำกว่าน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง

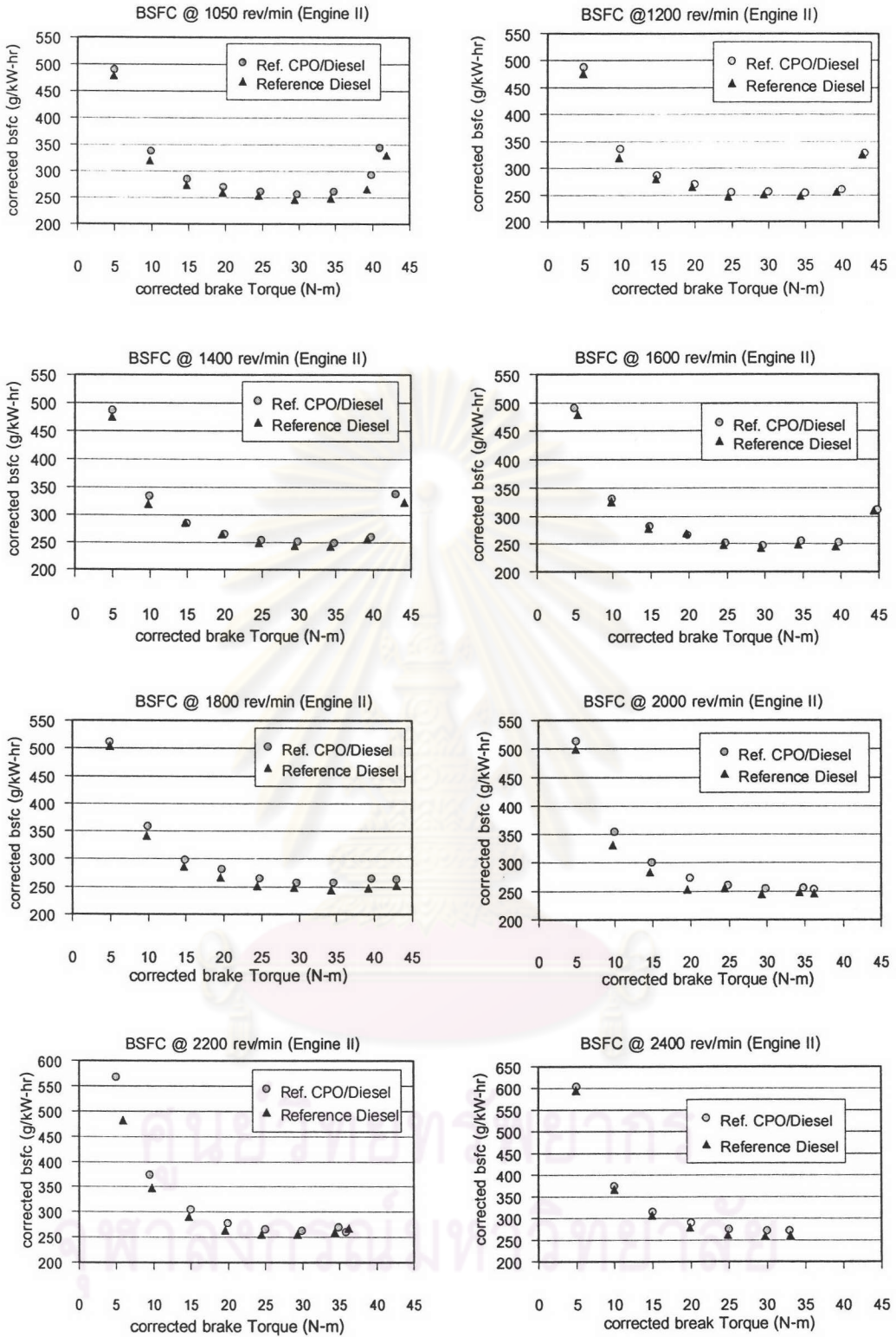
5.1.6 ค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกที่ความเร็วรอบคงที่

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกและค่าแรงบิดเบรกที่ความเร็วรอบคงที่เปรียบเทียบระหว่างค่าจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงและน้ำมันดีเซลอ้างอิงแสดงดังรูปที่ 5-13 และ 5-14

รูปที่ 5-13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรก ที่ค่าความเร็วคงที่ ตั้งแต่ 1,050 , 1,200 , 1,400 , 1,600 , 1,800 , 2,000 , 2,200 และ 2,400 รอบต่อนาที ของเครื่องยนต์ที่หนึ่ง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงมีค่าสูงกว่าค่าจากการใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงอย่างชัดเจน ค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกต่ำสุดเมื่อใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงมีค่า 254.11 g/kW-hr เกิดขึ้นที่ความเร็ว 1,600 รอบต่อนาที และแรงบิดเบรก 30 N-m ส่วนค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกต่ำสุดเมื่อใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงมีค่า 245.35 g/kW-hr เกิดขึ้นที่จุดเดียวกันจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลที่ความเร็ว 1,600 รอบต่อนาที และแรงบิดเบรก 30 N-m ซึ่งค่าจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลมีค่าสูงกว่า 3.57% ส่วนค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกในแต่ละจุดทดสอบอื่นๆ พบว่าค่าจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงมีค่าที่สูงกว่าค่าจากการใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงอยู่ระหว่าง 0.3%-6%



รูปที่ 5-13 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกที่ความเร็วคงที่ของเครื่องยนต์ที่หนึ่ง เมื่อน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงและน้ำมันดีเซลอ้างอิง



รูปที่ 5-14 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคที่ความเร็วคงที่ของเครื่องยนต์ที่สอง เมื่อน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงและน้ำมันดีเซลอ้างอิง

รูปที่ 5-14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรก ที่ค่าความเร็วคงที่ ตั้งแต่ 1,050 , 1,200 , 1,400 , 1,600 , 1,800 , 2,000 , 2,200 และ 2,400 รอบต่อนาที ของเครื่องยนต์ที่สอง ซึ่งค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงมีค่าที่สูงกว่าค่าที่ได้จากน้ำมันดีเซลอ้างอิง ค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกต่ำสุดเมื่อใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงมีค่า 246.48 g/kW-hr เกิดขึ้นที่ความเร็ว 1,600 รอบต่อนาที และแรงบิดเบรก 30 N-m ส่วนค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกต่ำสุดเมื่อใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงมีค่า 243.04 g/kW-hr เกิดขึ้นที่ความเร็ว 1,400 รอบต่อนาที และแรงบิดเบรก 35 N-m ซึ่งค่าจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงมีค่าสูงกว่า 1.42% ส่วนค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกในแต่ละจุดทดสอบอื่นๆ พบว่าค่าจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงมีค่าสูงกว่าค่าจากการใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงอยู่ระหว่าง 1%-8%

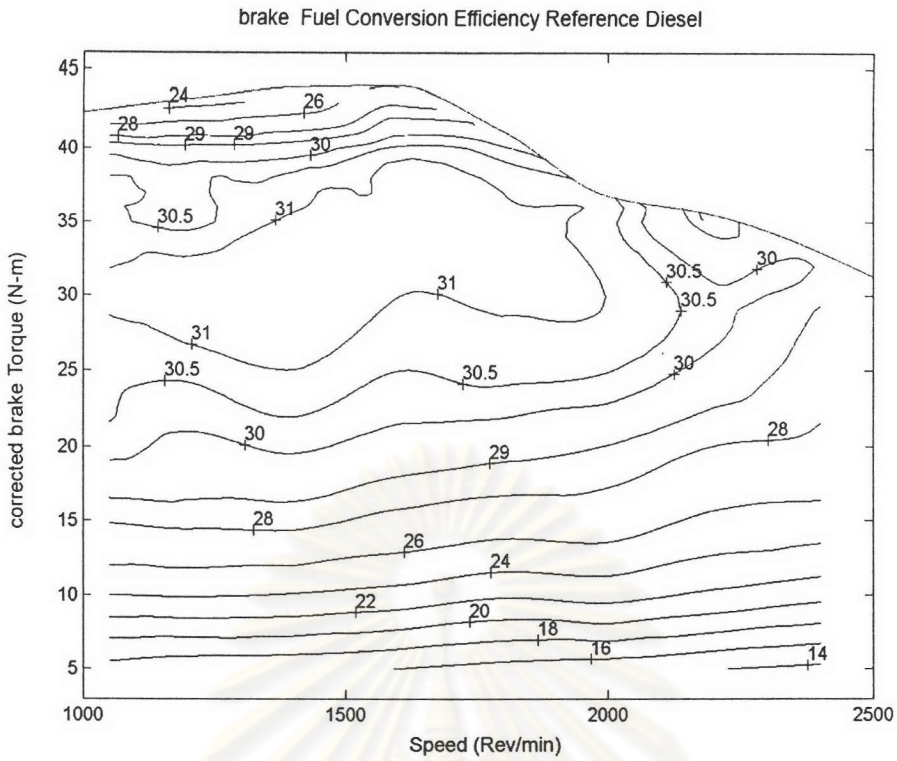
สรุปผลการทดสอบที่สภาวะภาระบางส่วนจากทั้งสองเครื่องยนต์ให้ผลที่สอดคล้องกัน คือ ค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่าสูงขึ้นเมื่อใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง ซึ่งสาเหตุหลักมาจากค่าความร้อนของน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง (45.968 kJ/g) มีค่าที่ต่ำกว่าค่าความร้อนของน้ำมันดีเซลอ้างอิง (44.982 kJ/g) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ที่ 2.15%

5.1.7 ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่สภาวะภาระบางส่วน

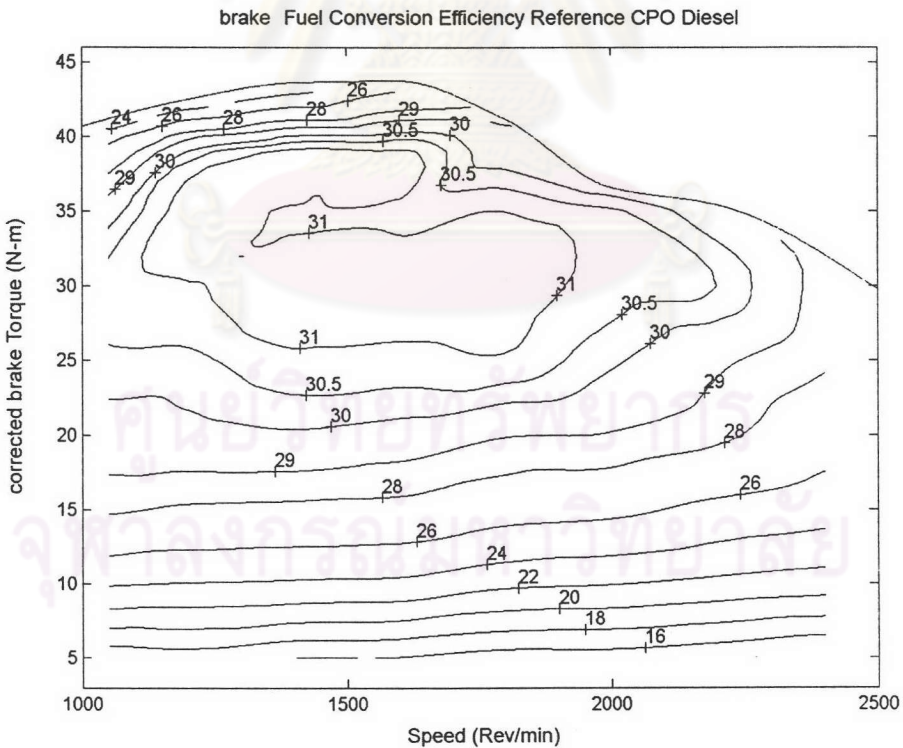
ผลการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่สภาวะภาระบางส่วน (Part Load) ของเครื่องยนต์ที่หนึ่งเมื่อใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงและน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง แสดงในรูปของแผนภูมิ (Map) ดังรูปที่ 5-15 และรูปที่ 5-16 ตามลำดับ และค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกของเครื่องยนต์ที่สอง เมื่อใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงและน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง แสดงดังรูปที่ 5-17 และรูปที่ 5-18 ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบผลระหว่างน้ำมันดีเซลอ้างอิงและน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง สรุปได้ดังนี้

ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระบางส่วน (Part Load) ของเครื่องยนต์ที่หนึ่งและเครื่องยนต์ที่สองให้ผลที่คล้ายคลึงกันคือค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงและน้ำมันดีเซลอ้างอิงมีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่าที่ได้จากน้ำมันดีเซลอ้างอิงในบางจุดทดสอบมีค่ามากกว่าเล็กน้อย

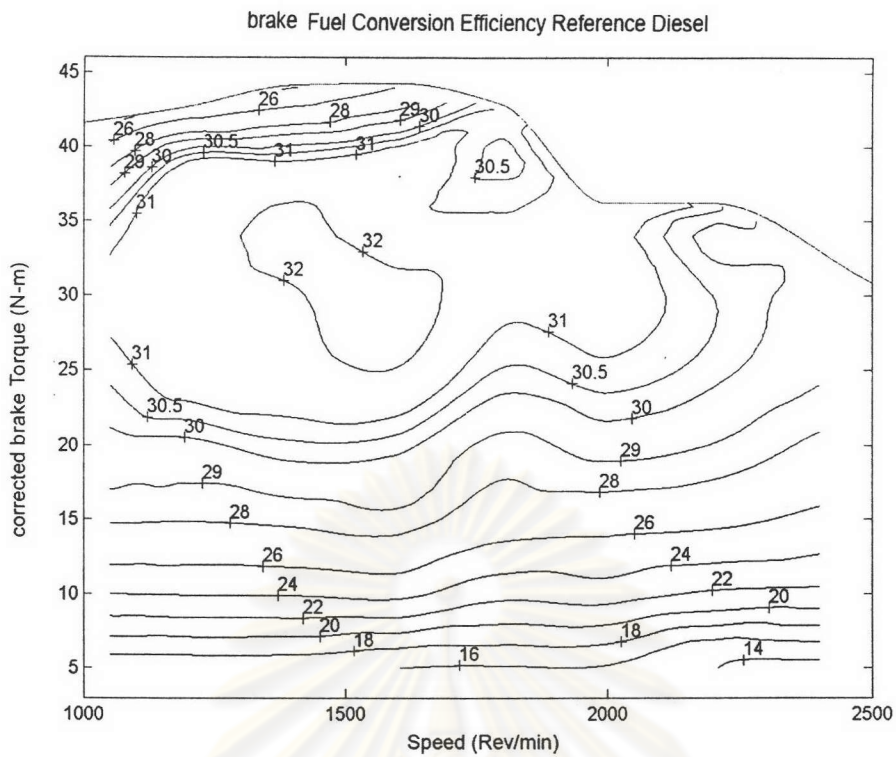
เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างสองเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันเดียวกันพบว่า เครื่องยนต์ที่สองมีประสิทธิภาพสูงกว่าเครื่องยนต์ที่หนึ่ง โดยถ้าดูจากแผนภูมิของเครื่องยนต์ที่หนึ่งจะไม่พบเส้นประสิทธิภาพเท่ากับ 32% แต่สามารถพบได้ในแผนภูมิของเครื่องยนต์ที่สอง



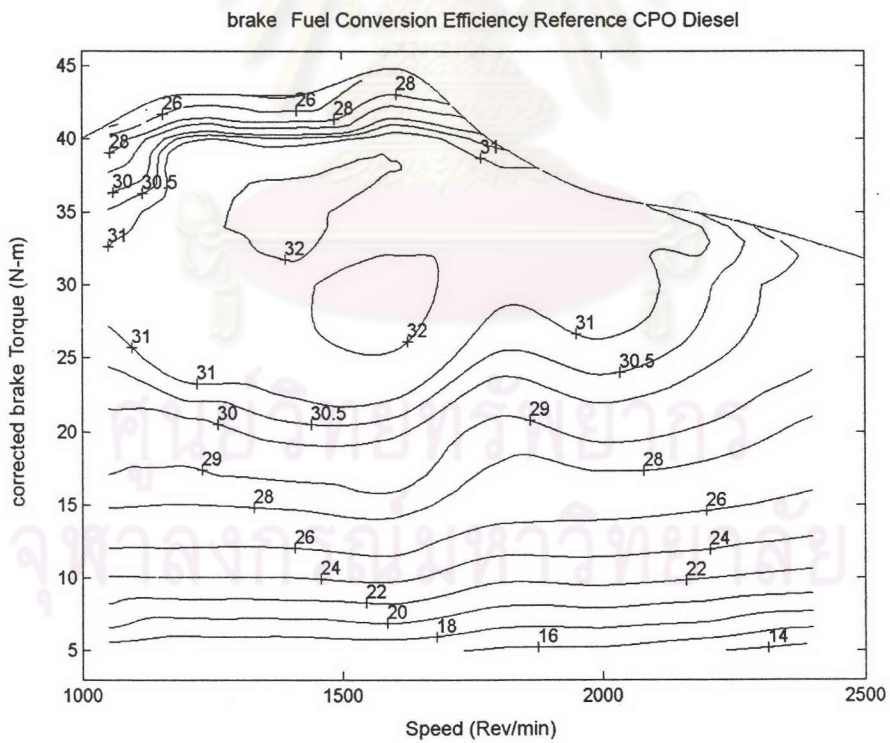
รูปที่ 5-15 แผนภูมิสมรรถนะแสดงค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรก
ที่สภาวะภาระบางส่วนของเครื่องยนต์ที่หนึ่งเมื่อนำน้ำมันดีเซลอ้างอิง



รูปที่ 5-16 แผนภูมิสมรรถนะแสดงค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่สภาวะ
ภาระบางส่วนของเครื่องยนต์ที่หนึ่งเมื่อนำน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง



รูปที่ 5-17 แผนภูมิสมรรถนะแสดงค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่สภาวะภาระบางส่วน of เครื่องยนต์ที่สองเมื่อใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิง



รูปที่ 5-18 แผนภูมิสมรรถนะแสดงค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่สภาวะภาระบางส่วน of เครื่องยนต์ที่สองเมื่อใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง

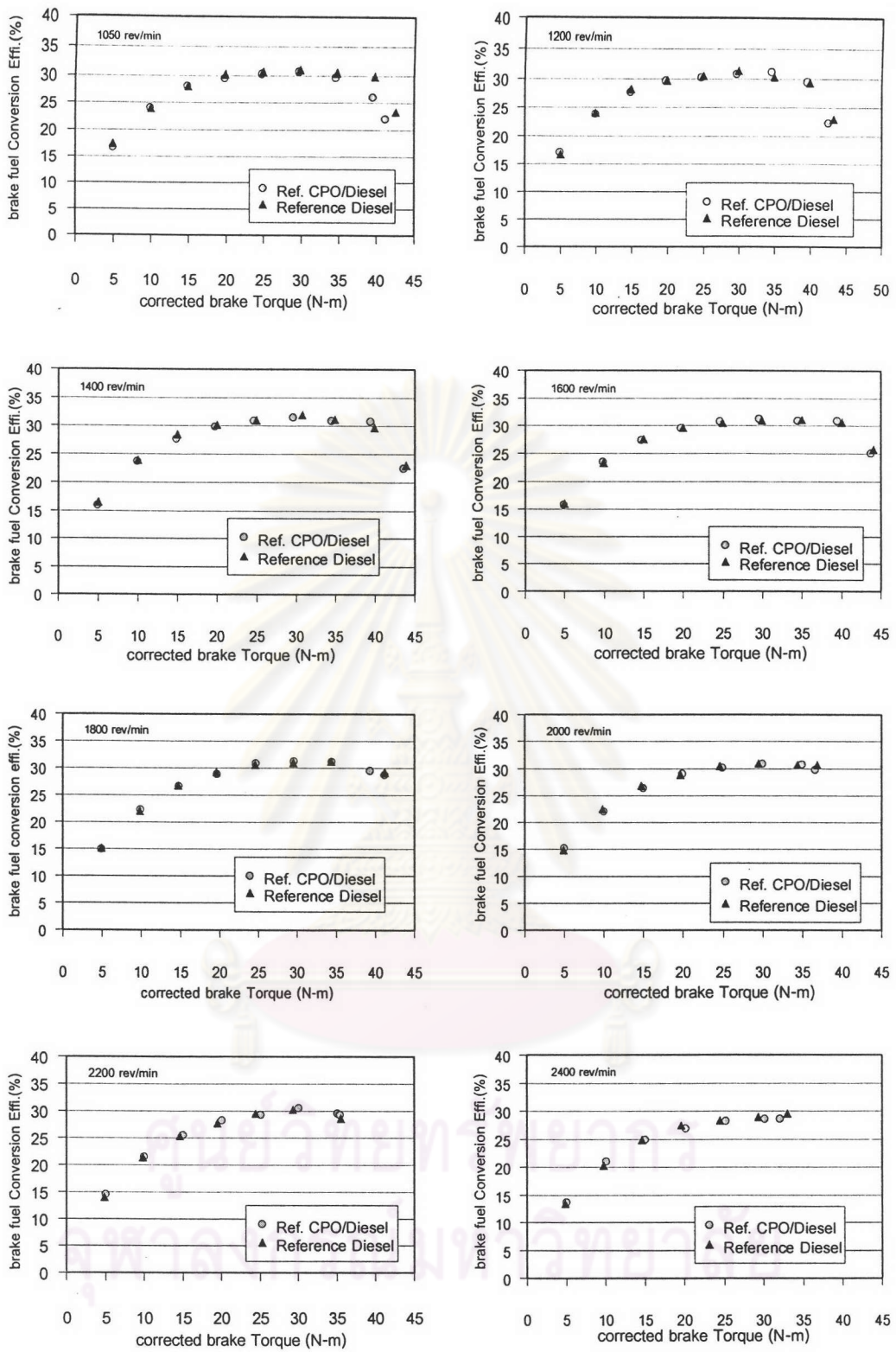
5.1.8 ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่ความเร็วรอบคงที่

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกและค่าแรงบิดเบรกที่ความเร็วรอบคงที่เปรียบเทียบระหว่างค่าจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงและน้ำมันดีเซลอ้างอิงจากเครื่องยนต์ที่หนึ่งและเครื่องยนต์ที่สองแสดงดังรูปที่ 5-19 และ 5-20 ตามลำดับ

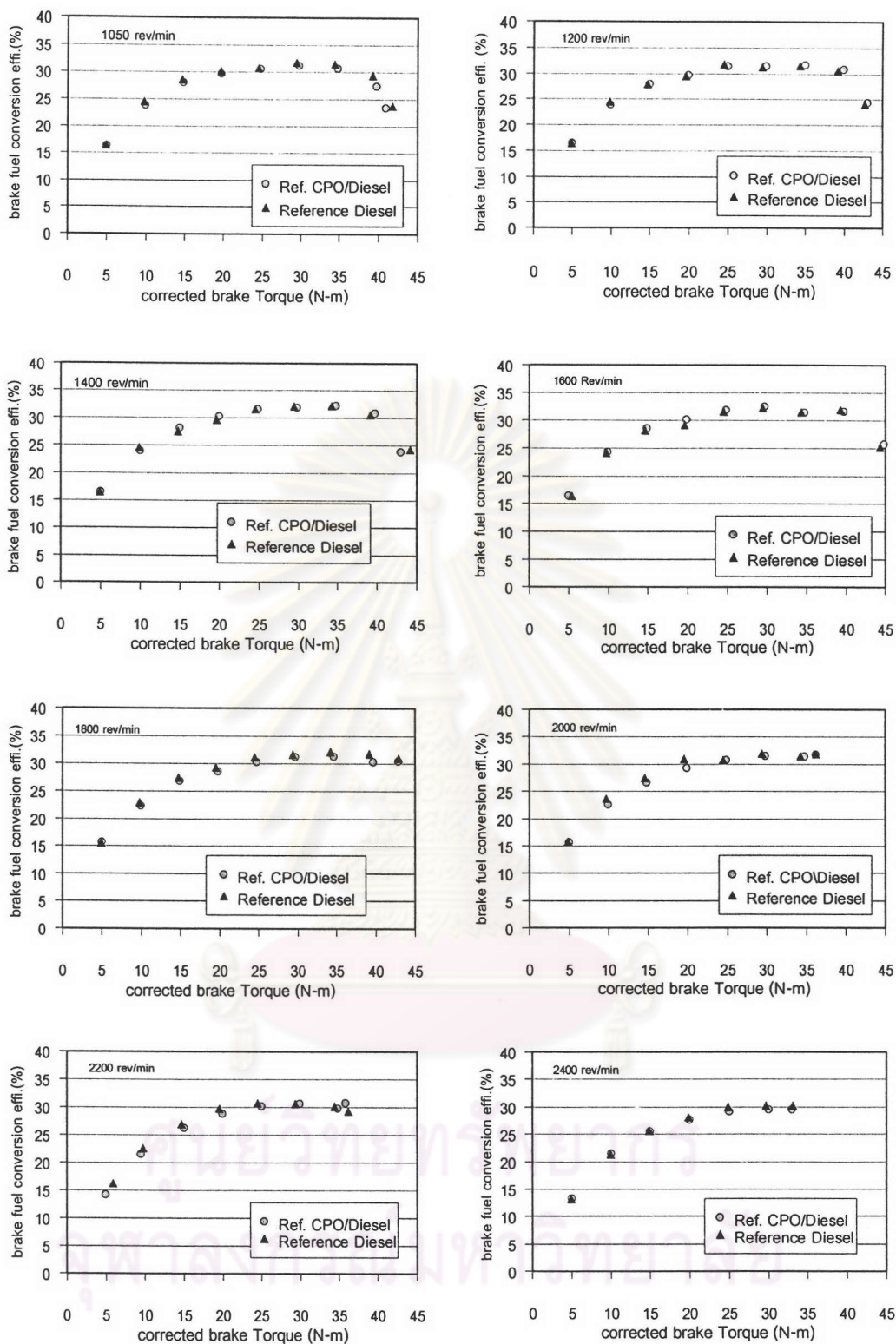
รูปที่ 5-19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกกับแรงบิดเบรก ที่ค่าความเร็วคงที่ ตั้งแต่ 1,050 , 1,200 , 1,400 , 1,600 , 1,800 , 2,000 , 2,200 และ 2,400 รอบต่อนาที ของเครื่องยนต์ที่หนึ่ง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากน้ำมันดีเซลอ้างอิง ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกสูงสุดเมื่อใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงมีค่า 31.5% เกิดขึ้นที่ความเร็ว 1,400 รอบต่อนาที และแรงบิดเบรก 30 N-m ส่วนค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกสูงสุดเมื่อใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงมีค่า 31.9% เกิดขึ้นที่จุดเดียวกันจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลที่ความเร็ว 1,400 รอบต่อนาที และแรงบิดเบรก 30 N-m ซึ่งประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกจากน้ำมันดีเซลอ้างอิงมีค่าสูงกว่าคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ที่ 1.3%

รูปที่ 5-20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกกับแรงบิดเบรก ที่ค่าความเร็วคงที่ ตั้งแต่ 1,050 , 1,200 , 1,400 , 1,600 , 1,800 , 2,000 , 2,200 และ 2,400 รอบต่อนาที ของเครื่องยนต์ที่สอง ซึ่งค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากน้ำมันดีเซลอ้างอิง ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกสูงสุดเมื่อใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงมีค่า 32.5% เกิดขึ้นที่ความเร็ว 1,600 รอบต่อนาที และแรงบิดเบรก 30 N-m ส่วนค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกสูงสุดเมื่อใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงมีค่า 32.2% เกิดขึ้นที่จุดเดียวกันจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลที่ความเร็ว 1,600 รอบต่อนาที และแรงบิดเบรก 30 N-m ซึ่งค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกจากน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลมีค่าสูงกว่าเล็กน้อยไม่ถึง 1 เปอร์เซ็นต์

สรุปได้ว่าค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่ได้จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงและน้ำมันดีเซลอ้างอิงมีค่าใกล้เคียงกัน โดยน้ำมันดีเซลอ้างอิงมีค่าสูงกว่าเล็กน้อยในบางจุดทดสอบ ซึ่งประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกจะลดความสัมพันธ์ของตัวแปรค่าความร้อนของเชื้อเพลิง ทำให้ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกจากการใช้น้ำมันทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน



รูปที่ 5-19 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่ความเร็วคงที่ของเครื่องยนต์ที่หนึ่ง เมื่อใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงและน้ำมันดีเซลอ้างอิง



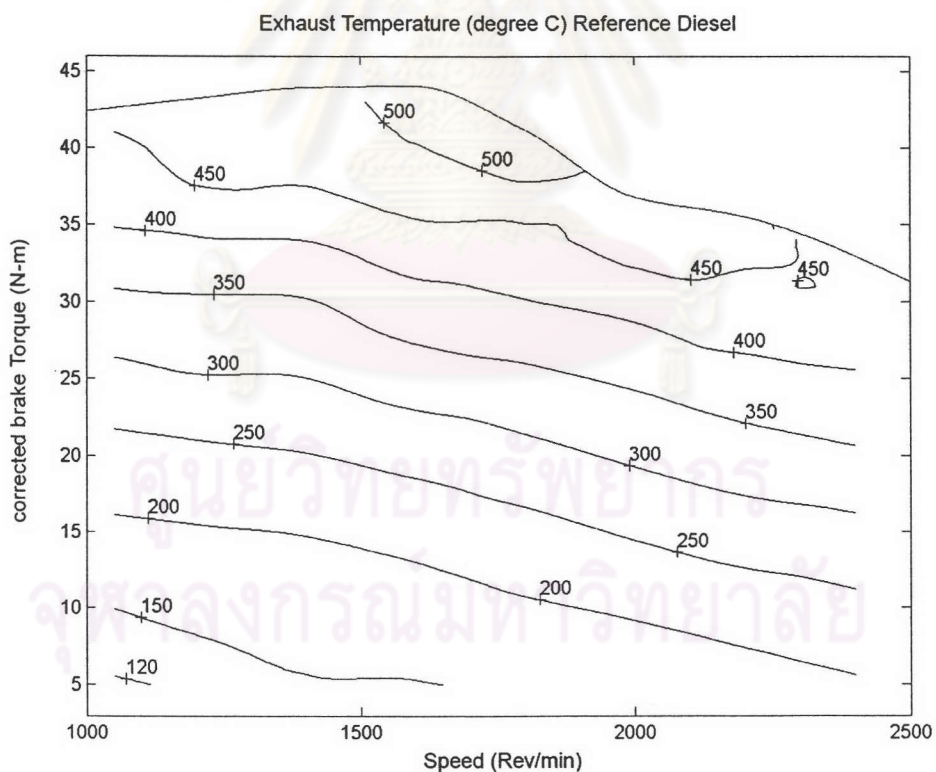
รูปที่ 5-20 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรคที่ความเร็วคงที่ของเครื่องยนต์ทั้งสอง เมื่อนำน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงและน้ำมันดีเซลอ้างอิง

5.1.9 อุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระบางส่วน

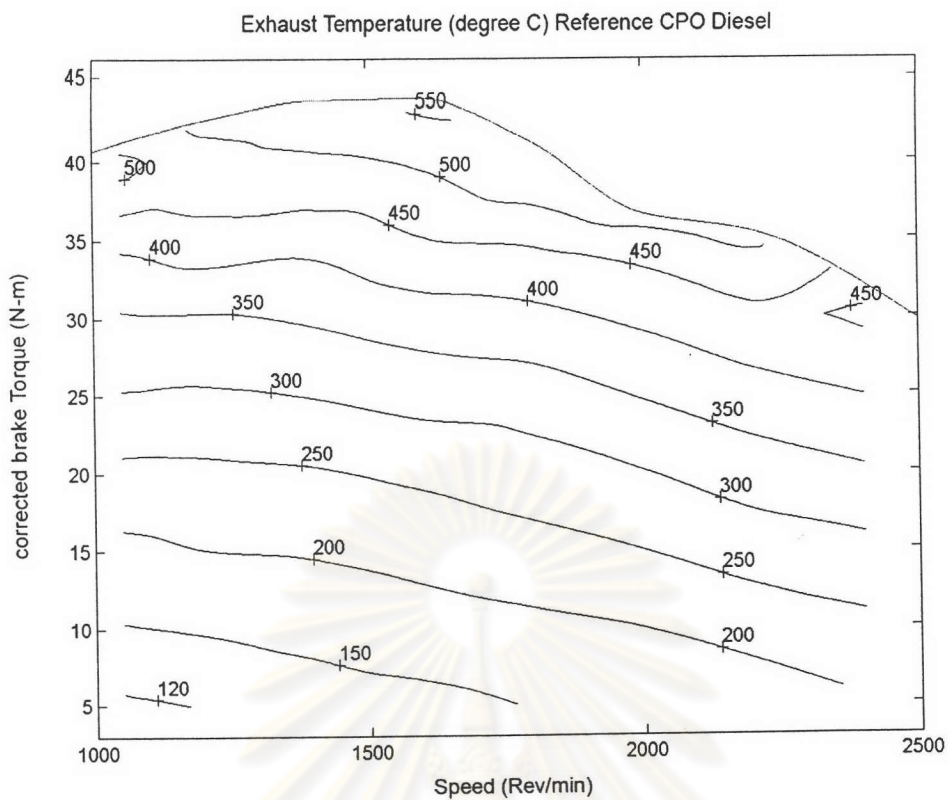
ผลการวัดค่าอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระบางส่วน (Part Load) สามารถนำมาแสดงในรูปของแผนภูมิอุณหภูมิไอเสีย โดยอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ที่หนึ่ง เมื่อใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิง และน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง แสดงในรูปที่ 5-21 และ 5-22 ตามลำดับ และอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ที่สอง เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลอ้างอิงและน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง แสดงในรูปที่ 5-23 และ 5-24 ตามลำดับ

อุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระบางส่วน ระหว่างการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง และ น้ำมันดีเซลอ้างอิง มีค่าใกล้เคียงกัน ไม่เห็นความแตกต่างที่ชัดเจน ในทั้งสองเครื่องยนต์ โดยค่าอุณหภูมิไอเสียจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่าแรงบิดสูงขึ้น และรอบการทำงานสูงขึ้น

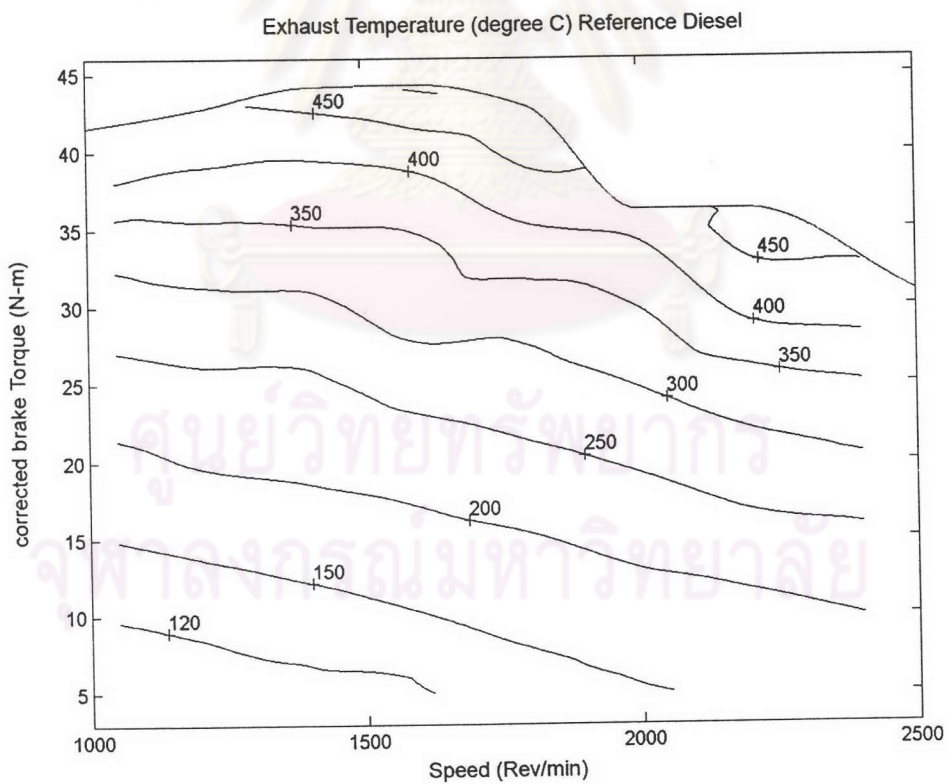
สรุปได้ว่าอุณหภูมิไอเสียเมื่อใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงมีค่าสูงกว่าอย่างชัดเจน เมื่อใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงในช่วงสภาวะภาระสูงสุด แต่มีค่าใกล้เคียงกันในช่วงสภาวะภาระบางส่วน



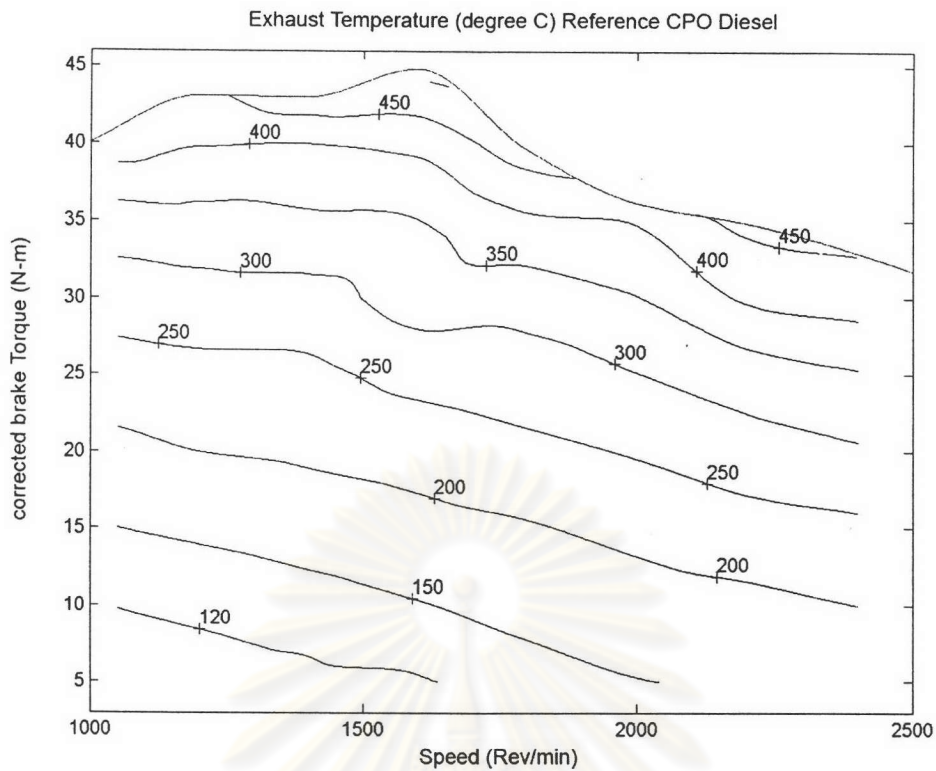
รูปที่ 5-21 แผนภูมิอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ที่หนึ่งเมื่อใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิง



รูปที่ 5-22 แผนภูมิอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ที่หนึ่งเมื่อใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง



รูปที่ 5-23 แผนภูมิอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ที่สองเมื่อใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิง

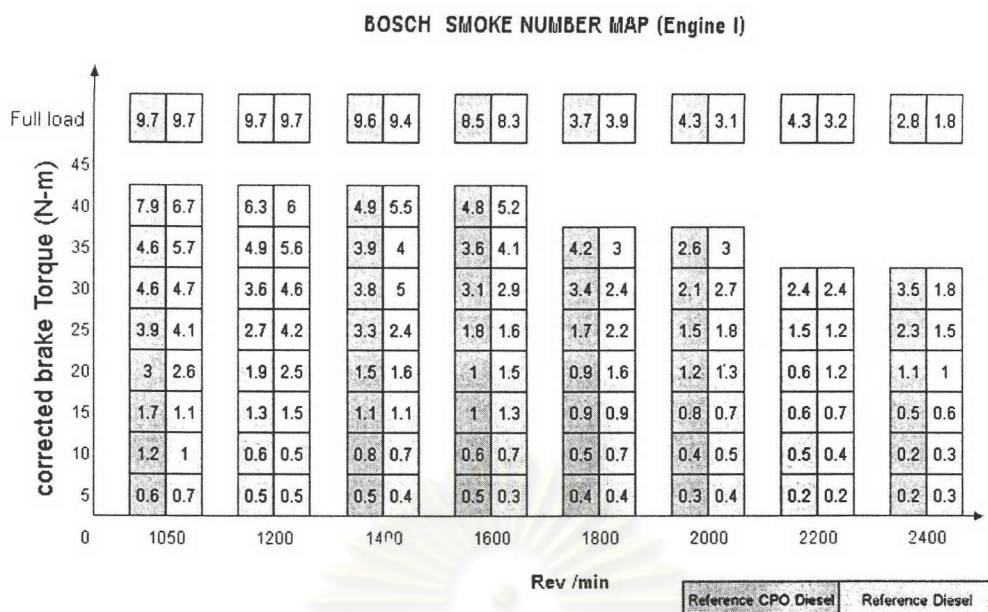


รูปที่ 5-24 แผนภูมิอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ที่สองเมื่อใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง

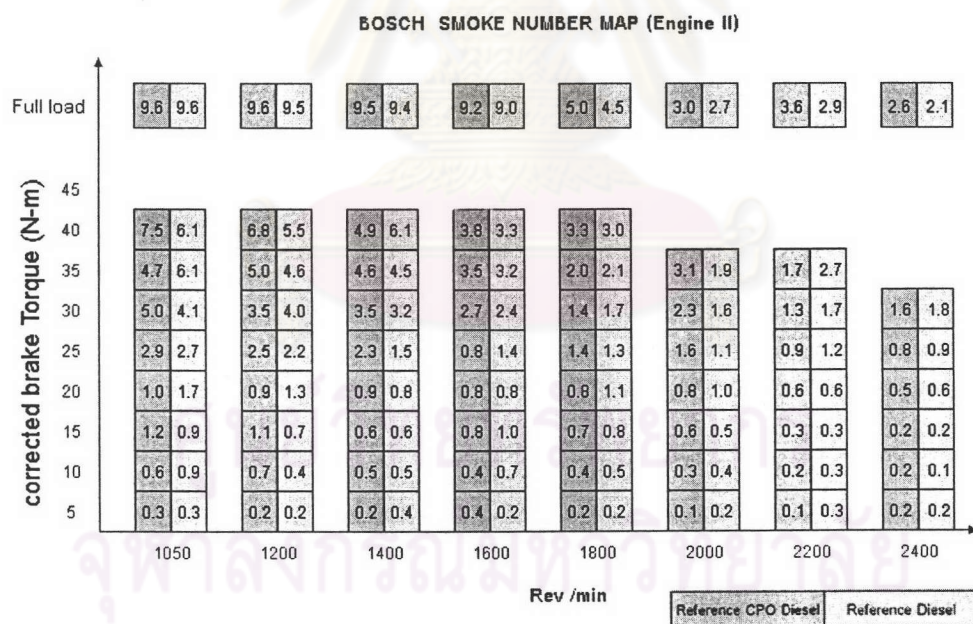
5.1.10 ค่าควันท่ำที่สภาวะภาระบางส่วน

จากการวัดค่าควันท่ำที่สภาวะภาระสูงสุดและที่สภาวะภาระบางส่วนของเครื่องยนต์ที่หนึ่งและเครื่องยนต์ที่สองเมื่อใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงและน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง สามารถนำมาเปรียบเทียบและแสดงไว้ในรูปที่ 5-25 และรูปที่ 5-26 ตามลำดับ

ค่าควันท่ำจากการวัดด้วยเครื่องวัดควันท่ำแบบกระดาษกรองมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง ดังนั้นในการทดสอบจึงทำการวัดค่าควันท่ำถึง 3 ครั้งและหาค่าเฉลี่ยต่อหนึ่งจุดทดสอบ ซึ่งผลจากการวัดจากทั้งสองเครื่องยนต์พบว่า ค่าควันท่ำจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงมีค่าสูงกว่าค่าควันท่ำจากการใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงในย่านการทำงานที่แรงบิดเบรกปานกลางถึงแรงบิดเบรกสูงสุด ส่วนย่านการทำงานที่แรงบิดเบรکت่ำค่าควันท่ำที่ได้จากการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกัน โดยเชื้อเพลิงทั้งสองมีแนวโน้มคล้ายกันคือที่สภาวะภาระบางส่วนค่าควันท่ำมีค่าเพิ่มขึ้นตามแรงบิดเบรกที่เพิ่มขึ้นและน้อยลงตามความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน



รูปที่ 5-25 แสดงผลเปรียบเทียบค่าควันดำที่สภาวะภาระสูงสุดและที่สภาวะภาระบางส่วนเมื่อใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงและน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงของเครื่องยนต์ที่หนึ่ง



รูปที่ 5-26 แสดงผลเปรียบเทียบค่าควันดำที่สภาวะภาระสูงสุดและที่สภาวะภาระบางส่วนเมื่อใช้น้ำมันดีเซลอ้างอิงและน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิงของเครื่องยนต์ที่สอง

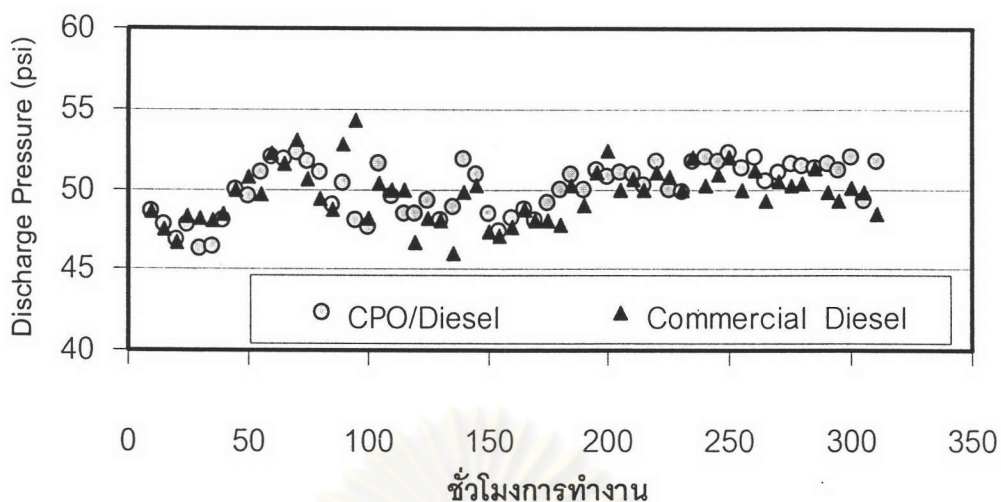
5.2 ผลการทดสอบความทนทาน

ผลจากการทดสอบความทนทานโดยการจำลองภาระของเครื่องยนต์ด้วยการนำไปขับเคลื่อนชุดปั้มน้ำและทำการทดสอบตามวัฏจักรภาระจำลอง ซึ่งดำเนินการทดสอบพร้อมกันสองเครื่องยนต์เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดขึ้นระหว่างเครื่องยนต์หนึ่งที่ใช้ น้ำมันดีเซลตามท้องตลาดและอีกเครื่องยนต์หนึ่งที่ใช้ น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลตามท้องตลาดเมื่อนำมาใช้งานอย่างต่อเนื่อง ในการทดสอบดังกล่าวได้ตรวจวัดเพื่อนำค่าความดันน้ำทางด้านจ่ายของระบบปั้มน้ำที่ใช้ในการทดสอบมาใช้เพื่อการอ้างอิงและควบคุมสภาวะการทำงานของทั้งสองเครื่องยนต์ ให้เป็นไปตามวัฏจักรภาระจำลองที่กำหนดและผลของอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง อุณหภูมิไอเสีย อุณหภูมิ น้ำหล่อเย็น ค่าควันท่ำ ของทั้งสองเครื่องยนต์ ดังนี้

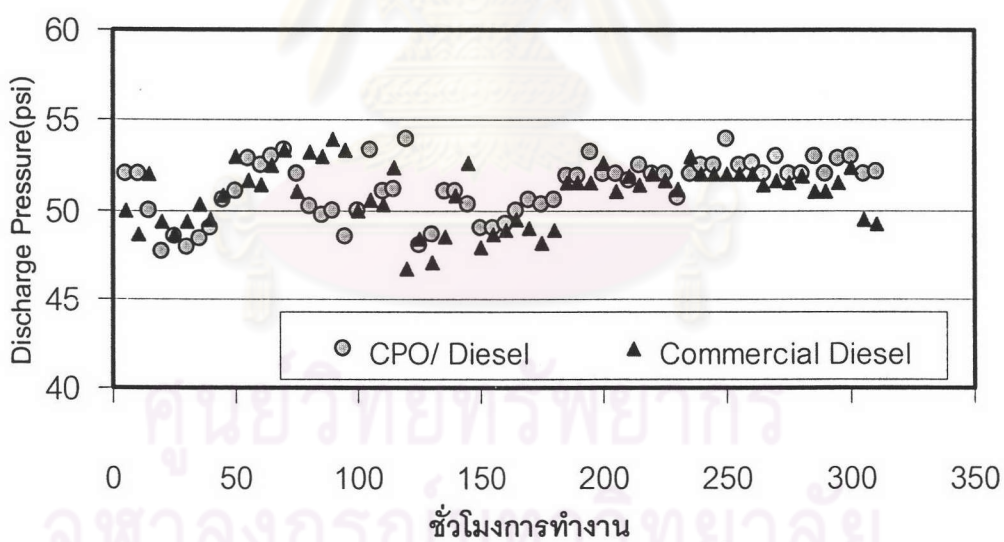
5.2.1 ความดันทางด้านจ่ายของระบบปั้มน้ำ

เพื่อให้แน่ใจว่าการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ทั้งสองเป็นไปตามสภาพการทำงานที่คล้ายกันจึงได้ทำการวัดค่าความดันทางด้านจ่าย ของระบบปั้มน้ำระหว่างทำการทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 1 สภาวะการทำงานที่ 2 และสภาวะการทำงานที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 5-27 , 5-28 และ 5-29 ตามลำดับ

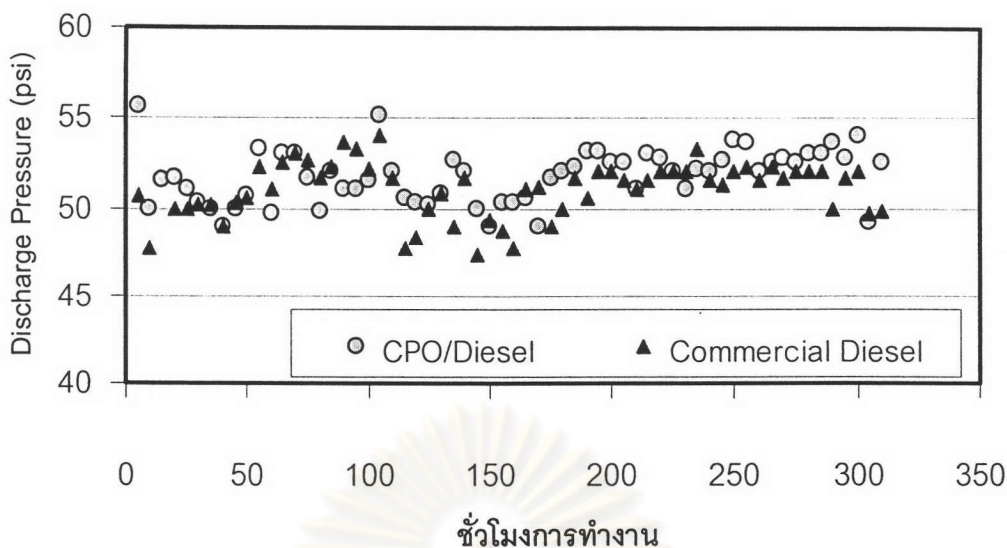
ผลของค่าความดันทางด้านจ่ายน้ำของชุดปั้มน้ำจะใช้ในการอ้างอิงถึงกำลังที่ได้จากชุดปั้มน้ำระหว่างการทำการทดสอบทั้ง 3 สภาวะการทำงานเพื่อให้แน่ใจได้ว่าภาระของทั้งสองเครื่องยนต์มีค่าที่ใกล้เคียงกันตลอดทำการทดสอบ โดยที่สภาวะการทำงานที่ 1 จะมีค่าความดันที่ต่ำกว่าสภาวะการทำงานที่ 2 และสภาวะการทำงานที่ 3 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความดันทางด้านจ่ายที่สูงแสดงถึงอัตราการไหลของน้ำในระบบมีค่าต่ำและผลของกำลังของระบบปั้มน้ำมีค่าที่ลดลง ซึ่งจากทั้งสามสภาวะการทำงานค่าความดันที่ได้จากระบบปั้มน้ำจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลและเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลทั้งสองเครื่องยนต์ให้ค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดสอบ โดยมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงไปในแนวทางเดียวกันซึ่งสาเหตุหนึ่งมาจากความตึงของสายพานที่ใช้ในการส่งกำลัง ซึ่งมีการปรับตั้งความตึงเสมอ และได้ทำการปรับพร้อมกันในทั้งสองเครื่องยนต์



รูปที่ 5-27 แสดงความดันทางด้านจ่ายของระบบปั้มน้ำระหว่างทำการทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 1 เปรียบเทียบระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล



รูปที่ 5-28 แสดงความดันทางด้านจ่ายของระบบปั้มน้ำระหว่างทำการทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 2 เปรียบเทียบระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล



รูปที่ 5-29 แสดงความดันทางด้านจ่ายของระบบปั้มน้ำระหว่างทำการทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 3 เปรียบเทียบระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล

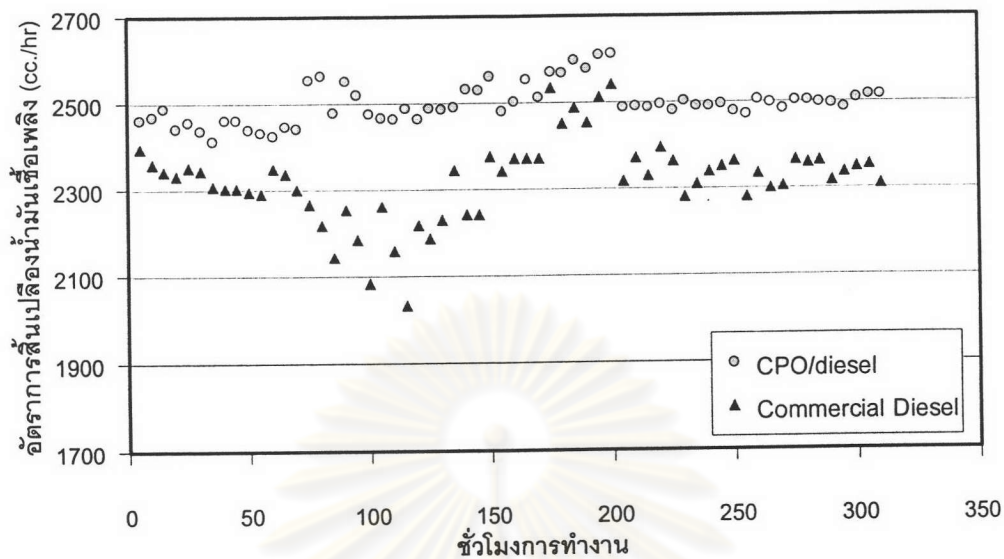
5.2.2 อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงตลอดช่วงเวลากการทดสอบความทนทานเปรียบเทียบระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลที่ สภาวะการทำงานที่ 1 สภาวะการทำงานที่ 2 และสภาวะการทำงานที่ 3 แสดงในรูปที่ 5-30 , 5-31 และ 5-32 ตามลำดับ

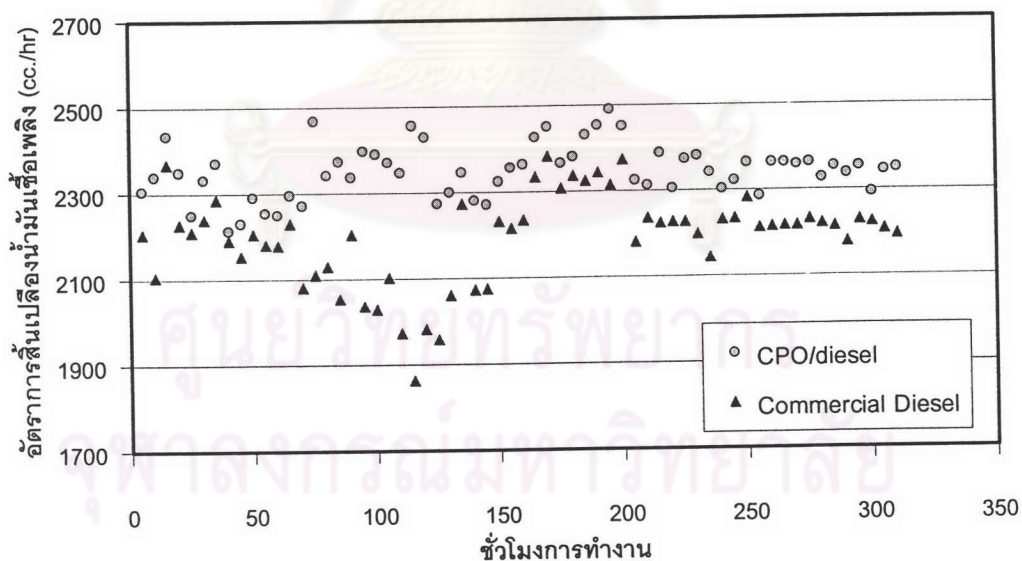
จากการทดสอบทั้งสามสภาวะการทำงานพบว่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลน้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลตลอดช่วงการทดสอบอย่างชัดเจน ค่าที่ได้จากเครื่องยนต์ทั้งสองมีลักษณะที่ลดลงตามกันทั้งสองเชื้อเพลิงในช่วงต้นของชั่วโมงการทำงานมีการเปลี่ยนแปลงของค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลักษณะเป็นช่วง และมีเปลี่ยนแปลงที่น้อยลงในช่วง 100 ชั่วโมงหลังของการทดสอบ และมีแนวโน้มของอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยสัมพันธ์กับช่วงการบำรุงรักษา

ที่สภาวะการทำงานที่ 1 อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ยตลอดการทดสอบของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล และเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล มีค่า 2.22 ลิตร/ชั่วโมง และ 2.5 ลิตร/ชั่วโมงตามลำดับและพบว่าในช่วงชั่วโมงการทำงานที่ 90-110 ค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงใน

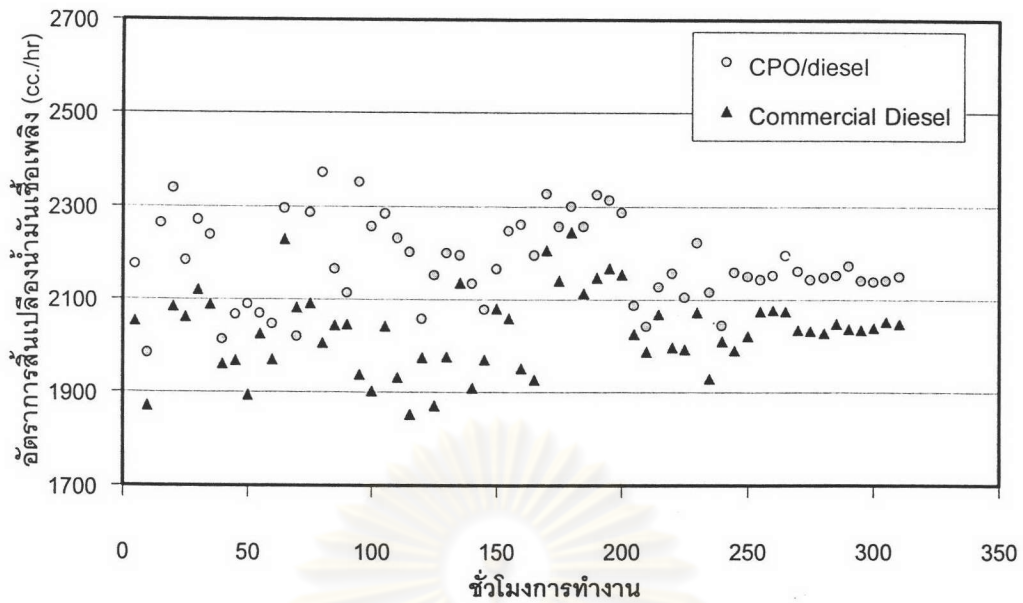
เครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซล มีค่าลดลงอย่างผิดปกติ ซึ่งอาจมีสาเหตุจากข้อผิดพลาดจากการปรับ
ภาวะของปั้มน้ำและคุณภาพของน้ำมันดีเซลที่แตกต่างกันตามแหล่งที่มาและวาระที่ต่างกัน



รูปที่ 5-30 แสดงอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงตลอดช่วงการทดสอบเปรียบเทียบระหว่าง
เครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลกับเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลที่
สภาวะการทำงานที่ 1



รูปที่ 5-31 แสดงอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงตลอดช่วงการทดสอบเปรียบเทียบระหว่าง
เครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลกับเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลที่
สภาวะการทำงานที่ 2



รูปที่ 5-32 แสดงอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงตลอดช่วงการทดสอบเปรียบเทียบระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลที่สภาวะการทำงานที่ 3

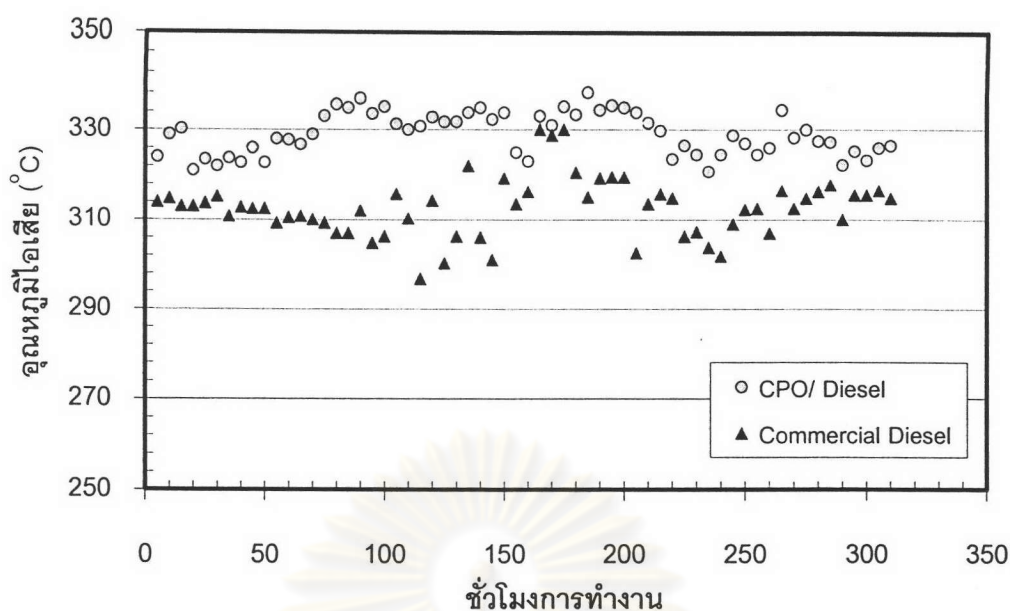
ที่สภาวะการทำงานที่ 2 อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ยตลอดการทดสอบของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล และเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล มีค่า 2.19 ลิตร/ชั่วโมง และ 2.35 ลิตร/ชั่วโมง ตามลำดับ และพบการลดลงของอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล เช่นเดียวกับสภาวะการทำงานที่ 1

ที่สภาวะการทำงานที่ 3 อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ยตลอดการทดสอบของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล และเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลมีค่า 2.00 ลิตร/ชั่วโมง และ 2.18 ลิตร/ชั่วโมง ตามลำดับ

5.2.3 อุณหภูมิไอเสีย

อุณหภูมิไอเสียระหว่างทำการทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 1 แสดงในรูปที่ 5-33

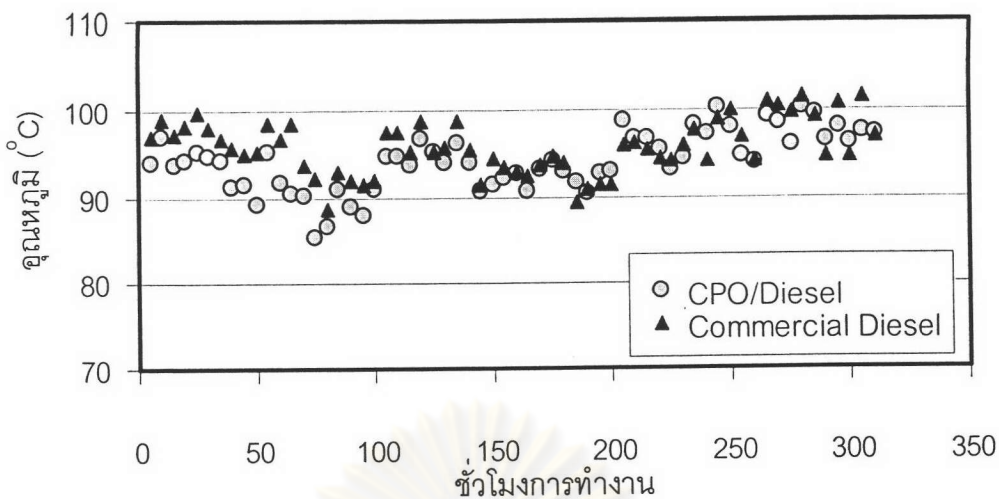
อุณหภูมิไอเสียระหว่างทำการทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 1 พบว่าอุณหภูมิจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลมีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลตลอดช่วงการทดสอบและอุณหภูมิไอเสียมีแนวโน้มสูงขึ้นตามชั่วโมงการทดสอบที่เพิ่มขึ้น และพบว่าในช่วงชั่วโมงการทำงานที่ 90-110 ค่าอุณหภูมิไอเสียในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล มีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลจากอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่สภาวะการทำงานที่ 1



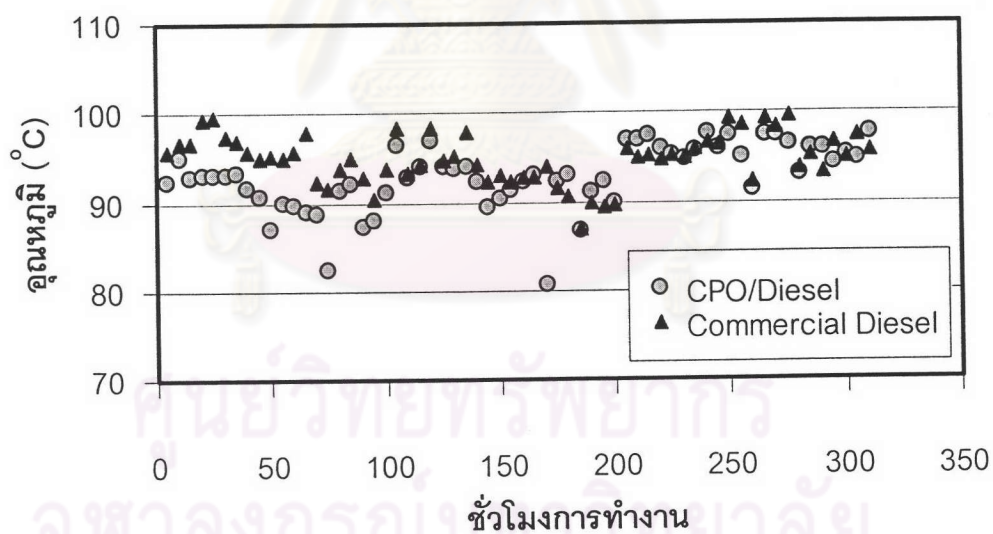
รูปที่ 5-33 แสดงอุณหภูมิไอเสียระหว่างทำการทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 1 เปรียบเทียบระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล

5.2.4 อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น

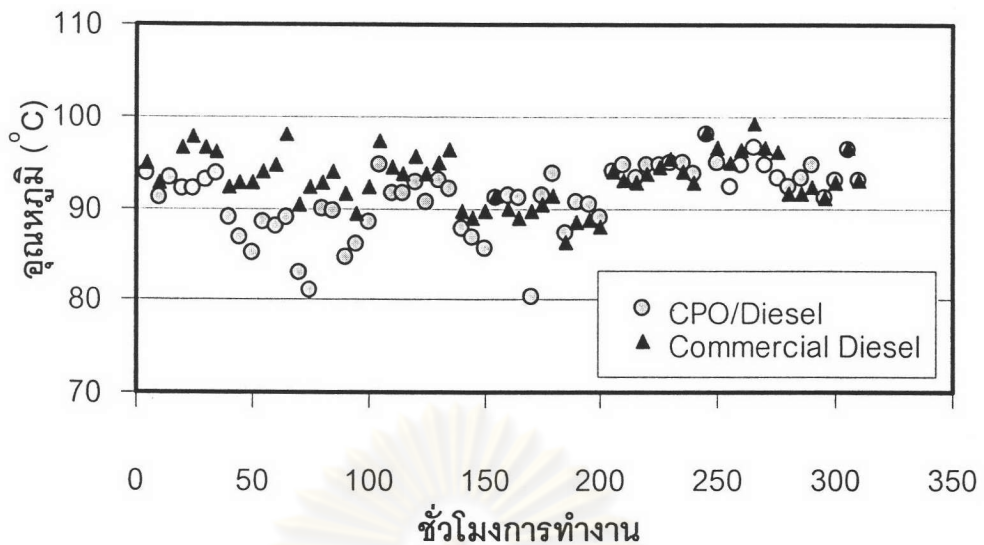
อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นระหว่างทำการทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 1 สภาวะการทำงานที่ 2 และสภาวะการทำงานที่ 3 แสดงดังรูปที่ 5-34 , 5-35 และ 5-36 ตามลำดับ จากผลที่ได้พบว่าในทุกสภาวะการทำงานอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นมีค่าอยู่ในช่วงอุณหภูมิการทำงานที่ใกล้เคียงกันระหว่างสองเครื่องยนต์ โดยสภาวะการทำงานที่ 1 จะมีอุณหภูมิที่สูงที่สุด และลดลงในสภาวะที่ 2 และ 3 ตามลำดับ และพบว่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นของทั้งสองเครื่องยนต์มีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงแบ่งเป็น 3 ช่วง ตามช่วงการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นโดยในหนึ่งช่วงการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นจะมีแนวโน้มที่ลดลงตามอายุของน้ำมันหล่อลื่น และพบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลมีแนวโน้มของอุณหภูมิที่ต่ำกว่าใน 100 ชั่วโมงแรกของการทดสอบและใกล้เคียงกันในช่วงการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นครั้งที่สองในชั่วโมงการทำงานที่ 100-210 และมีแนวโน้มที่อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าสูงกว่าในช่วงการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นครั้งที่สามในชั่วโมงการทำงานที่ 210-320



รูปที่ 5-34 แสดงอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นระหว่างทำการทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 1 เปรียบเทียบระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล



รูปที่ 5-35 แสดงอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นระหว่างทำการทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 2 เปรียบเทียบระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล

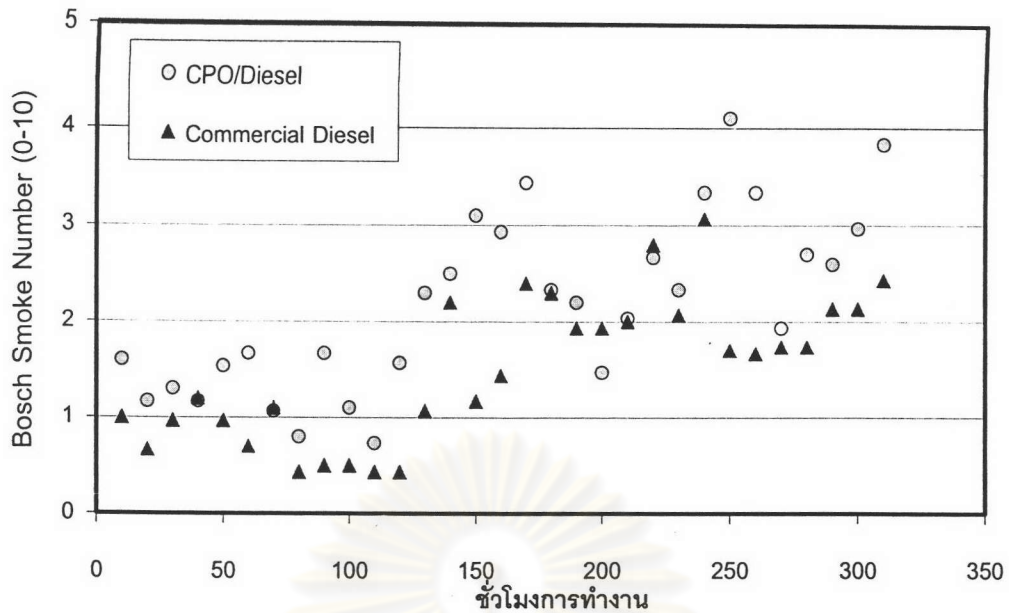


รูปที่ 5-36 แสดงอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นระหว่างทำการทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 3 เปรียบเทียบระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล

5.2.5 ค่าควันดำ

ค่าควันดำระหว่างทำการทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 1 แสดงดังรูปที่ 5-37 พบว่าค่าควันดำในชั่วโมงเริ่มต้นพบว่าค่าที่ได้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล ให้ค่าควันดำสูงกว่าค่าจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล เมื่อผ่านการใช้งานอย่างต่อเนื่องค่าควันดำที่วัดได้จากเครื่องยนต์ทั้งสองยังพบว่าค่าควันดำที่ได้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลยังมีแนวโน้มของค่าที่สูงกว่า และค่าควันดำจากทั้งสองเครื่องยนต์มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อชั่วโมงการทำงานเพิ่มขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5-37 แสดงค่าควันดำระหว่างทำการทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 1 เปรียบเทียบระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล

5.3 ผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น

ผลจากการวิเคราะห์สามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วนด้วยกัน โดยส่วนแรกแสดงคุณสมบัติต่างๆของสารหล่อลื่น ซึ่งใช้ในการตรวจสอบสภาพและอายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่น ส่วนที่สองเป็นปริมาณการปนเปื้อนของโลหะจากการสึกหรอซึ่งบอกปริมาณของโลหะที่สึกหรอจากเครื่องยนต์ ส่วนที่สามแสดงผลจากกระบวนการเฟอโรกราฟฟีเพื่อใช้ในการวิเคราะห์สาเหตุและที่มาของการสึกหรอและส่วนที่สี่แสดงปริมาณของสารเติมแต่งในน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งบอกถึงสภาพของน้ำมันหล่อลื่น

5.3.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นและปริมาณการปนเปื้อน

การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันหล่อลื่นอันมีผลต่อความสามารถในการหล่อลื่นและสมรรถนะของเครื่องยนต์ ที่สนใจจะติดตามผลในช่วงการทดสอบความทนทาน ประกอบด้วย ผลของค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 40 °C และ 100 °C ค่าออกซิเดชัน ค่าซัลเฟชัน ค่าไนเตรชัน และค่า ZDDP แสดงในรูปที่ 5-38 และค่าเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนของเชื้อเพลิง น้ำ

เขม่า และค่าความเป็นด่างรวม (TBN) แสดงในรูปที่ 5-39 ซึ่งเป็นการแสดงค่าเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล และจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล ในแต่ละชั่วโมงการทำงานของเครื่องยนต์ตลอดช่วงการทดสอบความทนทาน โดยช่วงเวลาที่พิจารณาสามารถแบ่งเป็น 4 ช่วง คือ ชั่วโมงที่ -20 ถึง 0 คือ ช่วงของการรันอิน (Run in) เครื่องยนต์ ซึ่งทั้งสองเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลในการรันอิน ชั่วโมงที่ 0 ถึง 100 ชั่วโมงที่ 100 ถึง 210 และชั่วโมงที่ 210 ถึง 320 ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาตามการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งค่าเริ่มต้นของแต่ละช่วง คือที่ ชั่วโมงการทำงานที่ -20, 0, 100 และ 210 แสดงด้วยค่าที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นใหม่

จากรูปที่ 5-38 และ รูปที่ 5-39 พบว่าในช่วงรันอิน (ชั่วโมงการทำงานที่ -20 ถึง 0) ค่าไนเตรชั่น ZDDP และค่าความหนืดที่ 100°C มีค่าเพิ่มขึ้นในปริมาณที่เท่ากันในทั้งสองเครื่องยนต์ ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนน้ำมีค่าลดลงในปริมาณที่เท่ากันทั้งสองเครื่องยนต์ ค่าออกซิเดชั่นและเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนของเชื้อเพลิงไม่มีการเปลี่ยนแปลงในทั้งสองเครื่องยนต์ ขณะที่ค่า TBN จากทั้งสองเครื่องยนต์มีค่าลดลงโดยเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมีการลดลงในปริมาณที่มากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล สำหรับค่าความหนืดที่ 40°C จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลพบว่า มีค่าสูงขึ้นขณะที่ในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมีค่าคงที่ ปริมาณการเกิดซัลเฟชันและเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนของเขม่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นโดยค่าที่ได้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลมีค่าสูงกว่าค่าจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล

เมื่อพิจารณาชั่วโมงการทำงานที่ 0 ถึง 320 พบว่า

- ค่าความหนืดที่ 40°C มีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่นในทั้งสองเครื่องยนต์ โดยเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมีปริมาณการเพิ่มขึ้นในอัตราที่ช้ากว่าปริมาณการเพิ่มขึ้นของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล อย่างเห็นได้ชัด และอัตราการเพิ่มขึ้นจะมีค่าสูงขึ้นในช่วงที่สองและช่วงที่สามตามการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่น ในชั่วโมงการทำงานที่ 210 ถึง 320 ค่าความหนืดจากน้ำมันในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมีอัตราการเพิ่มที่สูงขึ้นจนมีอัตราใกล้เคียงกันทั้งสองเครื่องยนต์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้

- ค่าความหนืดที่ 100°C มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามอายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่นในทั้งสองเครื่องยนต์ โดยเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมีปริมาณการเพิ่มขึ้นในอัตราที่ช้ากว่าปริมาณการเพิ่มขึ้นของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล อย่างเห็นได้ชัด และอัตราการเพิ่มขึ้นจะมีค่าสูงขึ้นตามชั่วโมงการทำงานของเครื่องยนต์ที่สูงขึ้น ค่าความหนืดที่ 100°C นี้ได้มีการตั้งเกณฑ์สูงสุดในการเตือน อยู่ที่ 15% ของค่าเริ่มต้น ซึ่งพบว่าในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลที่ชั่วโมงการทำงาน 200 และ 210 (อายุน้ำมันหล่อลื่น 100 ชั่วโมง และ 110 ชั่วโมง) และในชั่วโมงการทำงานที่ 310 และ 320 (อายุน้ำมันหล่อลื่น 100 และ 110) มีค่าที่เกินเกณฑ์สูงสุดที่ผู้ผลิตได้เตือนไว้

- ค่าออกซิเดชัน ซัลเฟชันและไนเตรชัน มีการแกว่งตัว โดยมีแนวโน้มที่คล้ายกันในทุกสามค่าซึ่งการแกว่งตัวนี้อยู่ในช่วงที่แคบเมื่อเทียบกับ ค่าเกณฑ์สูงสุดในการเตือน

- ค่า ZDDP (Zinc Dialkyldithiophosphate) เป็นสารที่ช่วยลด และยับยั้งการกัดกร่อน พบว่า มีค่าเท่ากันทั้งสองเครื่องยนต์ โดยใน 50 ชั่วโมงแรกของการทำงานจะมีค่าเพิ่มขึ้นแล้วลดลง อยู่ที่ค่าประมาณ 12 (Abs) และ 13 (Abs) จนจบการทดสอบ ยกเว้นในช่วงการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นครั้งสุดท้ายที่ชั่วโมงการทำงานที่ 220 ถึง 320 เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมีการลดลงของ ZDDP สูงกว่าจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล

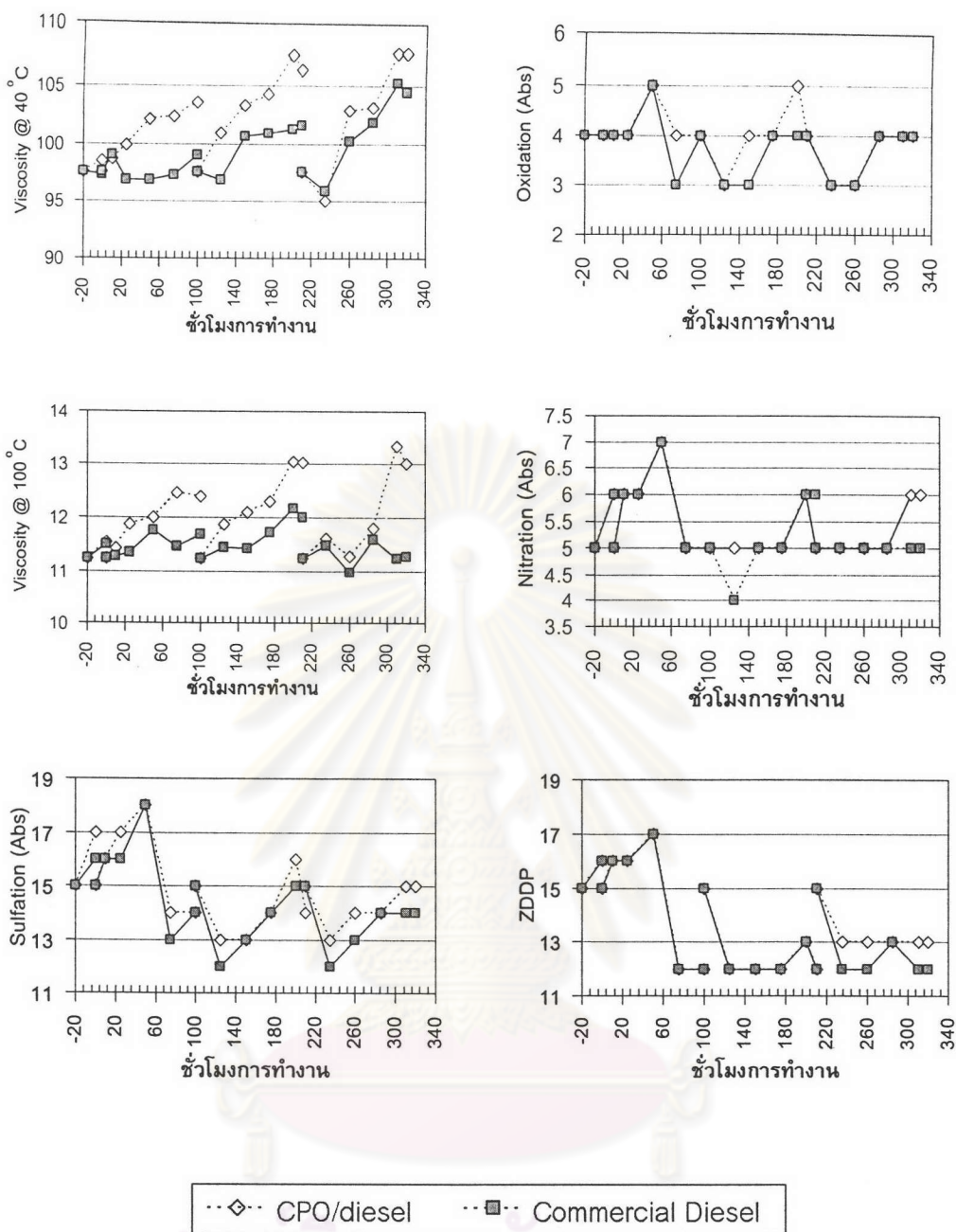
- ค่า TBN มีแนวโน้มที่ลดลงตามอายุของน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งแสดงถึงความเป็นกรดที่สูงขึ้นในน้ำมันหล่อลื่น โดยจากแนวโน้มพบว่าค่าที่ได้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลจะมีค่า TBN ที่ต่ำกว่า เนื่องจากน้ำมันปาล์มดิบมีค่าการเป็นกรดสูงเมื่อผสมกับน้ำมันหล่อลื่นจึงทำให้ค่า TBN มีแนวโน้มลดลง แต่ค่า TBN อาจมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นถ้ามีการเติมน้ำมันหล่อลื่นใหม่ ระหว่างช่วงระยะเวลาการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่น

- ค่าเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนของน้ำ ในช่วงเริ่มต้นการใช้งานมีค่าต่ำลงจากน้ำมันใหม่ จากนั้นมีค่าคงที่ตลอดการใช้งาน ซึ่งแสดงว่าไม่มีปริมาณน้ำเข้ามายังระบบหล่อลื่นและห้องเผาไหม้

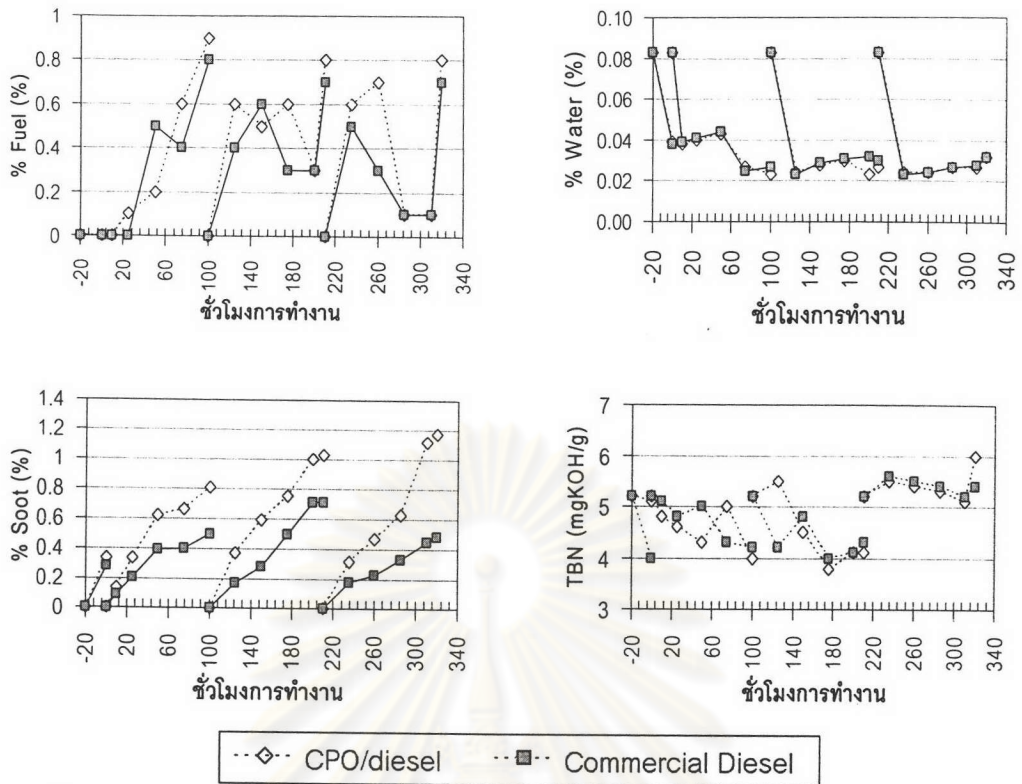
- ค่าเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนของเขม่า พบว่าในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล มีค่าการปนเปื้อนของเขม่าสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณเขม่าจากไอเสียที่มีปริมาณสูงกว่าในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล และมีค่าของเขม่าเพิ่มขึ้นตามชั่วโมงการทำงานโดยอัตราการเพิ่มขึ้นเท่ากันตลอดทั้งสามช่วงการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่น ค่าการปนเปื้อนของเขม่านี้อาจมีผลต่อค่าความหนืด ซึ่งจะทำให้ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นมีค่าสูงขึ้น

- ค่าเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนของเชื้อเพลิง พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตามชั่วโมงการทำงานในปริมาณที่ใกล้เคียงกันทั้งสองเครื่องยนต์

ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5-38 แสดงค่าคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นระหว่างทดสอบความทนทานเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลกับน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล



รูปที่ 5-39 แสดงปริมาณการปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นและค่า TBN ตลอดการทดสอบความทนทาน เปรียบเทียบระหว่างน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลกับน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล

5.3.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะจากการสึกหรอ

โลหะที่เกิดจากการสึกหรอในเครื่องยนต์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มาจากชิ้นส่วนและที่มาที่ต่างกัน ดังนี้

- เหล็ก - กระบอกสูบ , แหวนลูกสูบ , ลูกสูบ(เป็นส่วนผสมระหว่างเหล็กกับอลูมิเนียม), เพลาข้อเหวี่ยง, ก้านสูบ, เพลาลูกเบี้ยว, วาล์ว
- โครเมียม - เคลือบผิวแหวนอัดตัวที่ 1 และแหวนน้ำมัน
- ตะกั่ว - แบร็งก์ก้านสูบ , บุชก้านสูบ
- ทองแดง - แบร็งก์ก้านสูบ , บุชก้านสูบ
- อลูมิเนียม - ลูกสูบ
- ซิลิกอน - ฝุ่นละอองและเศษผงที่หลุดจากกรองอากาศเข้าสู่เครื่องยนต์

ผลของปริมาณเหล็ก,โครเมียม ตะกั่ว,ทองแดง,อลูมิเนียมและซิลิกอน สะสมในน้ำมันหล่อลื่นในหน่วยกรัม แสดงในรูปที่ 5-40 ซึ่งแสดงค่าเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล และค่าที่ได้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลในแต่ละชั่วโมงการทำงาน และในรูปที่ 5-41 (ก) และ 5-41 (ข) เปรียบเทียบค่าตามอายุการใช้งานของ

ชั่วโมงการทำงาน และในรูปที่ 5-41 (ก) และ 5-41 (ข) เปรียบเทียบค่าตามอายุการใช้งานของ น้ำมันหล่อลื่น 4 ช่วงการใช้งาน (ช่วงการรันอินและชั่วโมงการทำงานที่ 0-100, 100-210 และ 210-320) ซึ่งภาพฝั่งซ้ายเป็นค่าจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล และในภาพฝั่งขวา เป็นค่าที่ได้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล จากรูปที่ 5-40 , 5-41 (ก) และ 5-41 (ข) พบว่า

- ปริมาณเหล็กที่พบหลังช่วงการรันอินจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล มีค่าสูงกว่าค่าจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล หลังจากการรันอินพบปริมาณเหล็กเพิ่มขึ้นตามชั่วโมงการทำงานที่สูงขึ้น โดยปริมาณเหล็กในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลมีค่าสูงกว่าค่าจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลตลอดการทดสอบ และหลังชั่วโมงการทำงานที่ 210 (อายุ น้ำมันหล่อลื่น 110 ชั่วโมง) ปริมาณเหล็กจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลมีค่าสูงขึ้นผิดปกติ ขณะที่ปริมาณเหล็กจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลยังคงมีอัตราการเพิ่มขึ้นที่เป็นปกติ จากรูปที่ 5-41 (ก) แสดงแนวโน้มตามชั่วโมงการทำงานของน้ำมันหล่อลื่น ปริมาณเหล็กจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมีแนวโน้มของการเพิ่มปริมาณเหล็กที่ใกล้เคียงกัน และจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลพบการเพิ่มขึ้นของปริมาณเหล็กในช่วงปลายของชั่วโมงการทำงานที่ 100 – 210 และต่อเนื่องถึงช่วงต้นของชั่วโมงการทำงานที่ 210 -320

- ปริมาณโครเมียม ช่วงรันอินในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลมีค่าสูงกว่าปริมาณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล ตลอดช่วงการทดสอบ ปริมาณโครเมียมสะสมในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลมีค่าสูงกว่าค่าจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล และเพิ่มขึ้นสูงอย่างรวดเร็วในช่วงชั่วโมงการทำงานที่ 100-210 ซึ่งพบปริมาณโครเมียมสะสมสูงสุดในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล ดังแสดงในรูปที่ 5-41 (ก)

- ปริมาณตะกั่วที่พบหลังช่วงการรันอินจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล มีค่าสูงกว่าค่าจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล หลังจากการรันอินพบปริมาณตะกั่วเพิ่มขึ้นตามชั่วโมงการทำงานที่สูงขึ้น โดยปริมาณตะกั่วในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลมีค่าสูงกว่าค่าจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลตลอดการทดสอบ และหลังชั่วโมงการทำงานที่ 210 (อายุ น้ำมันหล่อลื่น 110 ชั่วโมง) ปริมาณตะกั่วในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลมีค่าสูงอย่างผิดปกติ คล้ายกับการเพิ่มของปริมาณเหล็ก ขณะที่ปริมาณตะกั่วในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลยังคงมีอัตราการเพิ่มขึ้นเป็นปกติ

- ปริมาณทองแดงในช่วงรันอินจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล หลังรันอินในชั่วโมงการทำงานที่ 0-50 ปริมาณทองแดงจากทั้งสองเครื่องยนต์มีค่าใกล้เคียงกัน หลังจากนั้นจนจบการทดสอบพบค่าปริมาณทองแดงสะสมในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลมีค่าสูงกว่าในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล โดยมีค่าปริมาณต่างกันมากในชั่วโมงการทำงานที่ 125-210

- ปริมาณอนุภาคน้ำมันในช่วงรันอิน และตลอดช่วงการทดสอบในช่วงชั่วโมงการทำงานที่ 0-320 จากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล มีค่าสูงกว่าปริมาณจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซล ซึ่งความแตกต่างชัดเจนในช่วงชั่วโมงการทำงานที่ 0-210 และมีความแตกต่างที่น้อยลงในช่วงชั่วโมงการทำงานที่ 210-320

- ปริมาณซิลิกอนจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลในช่วงรันอินมีปริมาณสูงกว่าปริมาณจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล ในช่วงชั่วโมงการทำงานที่ 25-320 ปริมาณซิลิกอนในเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลมีค่าสูงกว่าในเครื่องยนต์เครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซล ซึ่งความแตกต่างชัดเจนในช่วงชั่วโมงการทำงานที่ 0-210 และปริมาณซิลิกอนในเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซล มีค่าสูงขึ้นใกล้เคียงกับปริมาณจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลในช่วงชั่วโมงการทำงานที่ 210-320 ปริมาณซิลิกอนที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่อาจจะมาจากฝุ่นละอองในอากาศ ซึ่งการเพิ่มของซิลิกอนอาจมีผลต่อการเพิ่มของปริมาณโลหะอื่นๆ เนื่องจากอนุภาคของซิลิกอนอาจเป็นตัวกลางที่ทำให้เกิดการสึกหรอที่เร็วขึ้นกว่าปกติ

ผลของการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่สุ่มได้ในแต่ละครั้งได้มีการเปรียบเทียบกับค่าขอบเขตการเตือนสิ่งผิดปกติซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ระดับ (แสดงในใบรายงานผลการวิเคราะห์ น้ำมันหล่อลื่น ดังแสดงในภาคผนวก จ) คือ ระดับ "C" – Caution ซึ่งเป็นระดับเตือนขั้นเริ่มต้นถึงความผิดปกติต่อน้ำมันหล่อลื่นที่ควรเริ่มติดตามและเอาใจใส่ และระดับ "A"- Abnormal (หรือ Critical) ซึ่งเป็นระดับการเตือนขั้นวิกฤตซึ่งแสดงถึงสภาพน้ำมันหล่อลื่นหรือการสึกหรอของเครื่องจักรอยู่ในขอบเขตที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องจักรได้ ขอบเขตการเตือนสิ่งผิดปกติทั้งสองระดับนี้อ้างอิงและกำหนดจากหลักสถิติที่สะสมจากการวิเคราะห์ข้อมูลผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ลักษณะเดียวกันเป็นจำนวนมาก

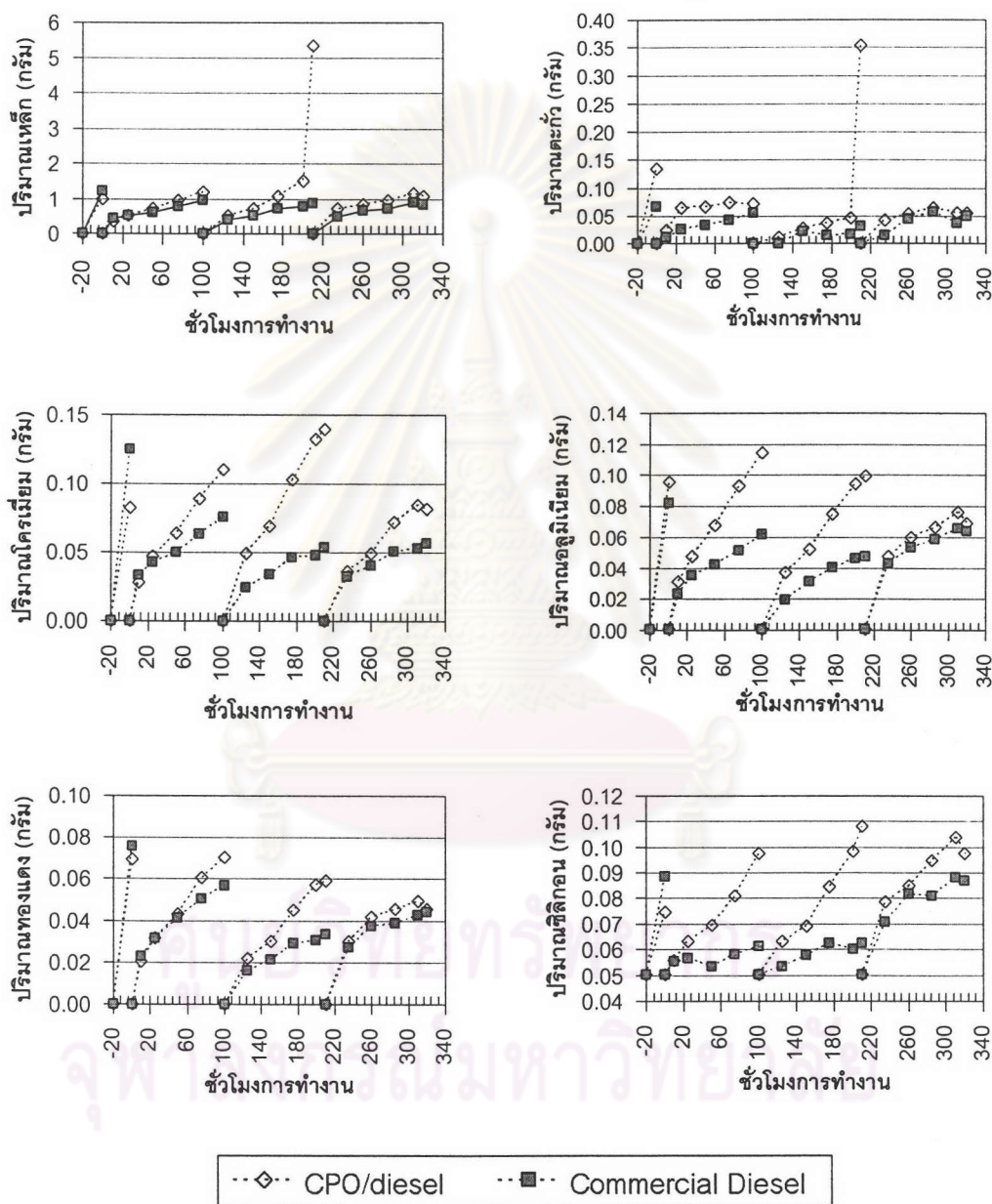
ตารางที่ 5-1 แสดงค่าระดับการเตือนที่พบระหว่างการทดสอบความทนทาน 310 ชั่วโมง

(Diesel/CPO Diesel) กรอบหนาแสดงช่วงการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่น ค่า C-Caution และค่า A-Abnormal

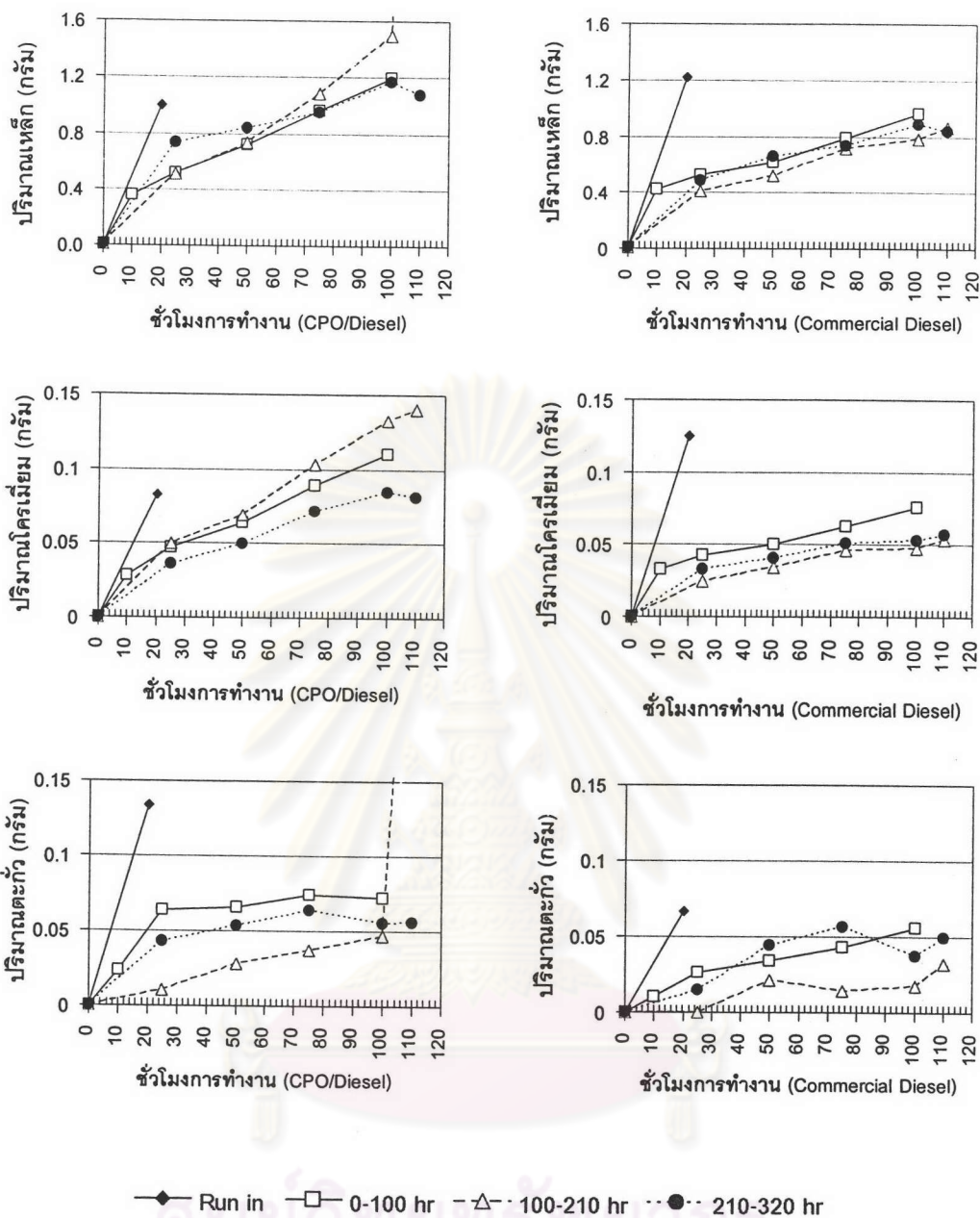
ชั่วโมง	-20	10	25	50	75	100	125	150	175	200	210	235	260	285	310	320
Fe	A/A	-	C/C	C/A	A/A	A/A	-/C	C/A	A/A	A/A	A/A	C/A	C/A	C/A	A/A	A/A
Cr	A/A	A/A	A/A	A/A	A/A	A/A	C/A	A/A	A/A	A/A	A/A	A/A	A/A	A/A	A/A	A/A
Pb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-/A	-	-	-	-	-
Al	A/A	-/C	C/A	A/A	A/A	A/A	-/A	C/A	A/A	A/A	A/A	A/A	A/A	A/A	A/A	A/A
Si	C/C	-	-	-	-/C	-/C	-	-/C	-/C	C/C	C/C	C/C	C/C	C/C	C/C	C/C
Viscos.100°C	-	-	-	-	-/C	-/C	-	-	-	-/A	-/A	-	-	-	-/A	-/A

ตารางที่ 5-1 แสดงค่าระดับการเตือนที่พบจากการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นตลอดการทดสอบความทนทาน 310 ชั่วโมง พบว่าปริมาณ Cr มีค่าเกินระดับ A ตลอดการทดสอบทั้งสองเชื้อเพลิง ส่วนปริมาณ Fe, Al และ Si พบว่าค่าจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลมีการ

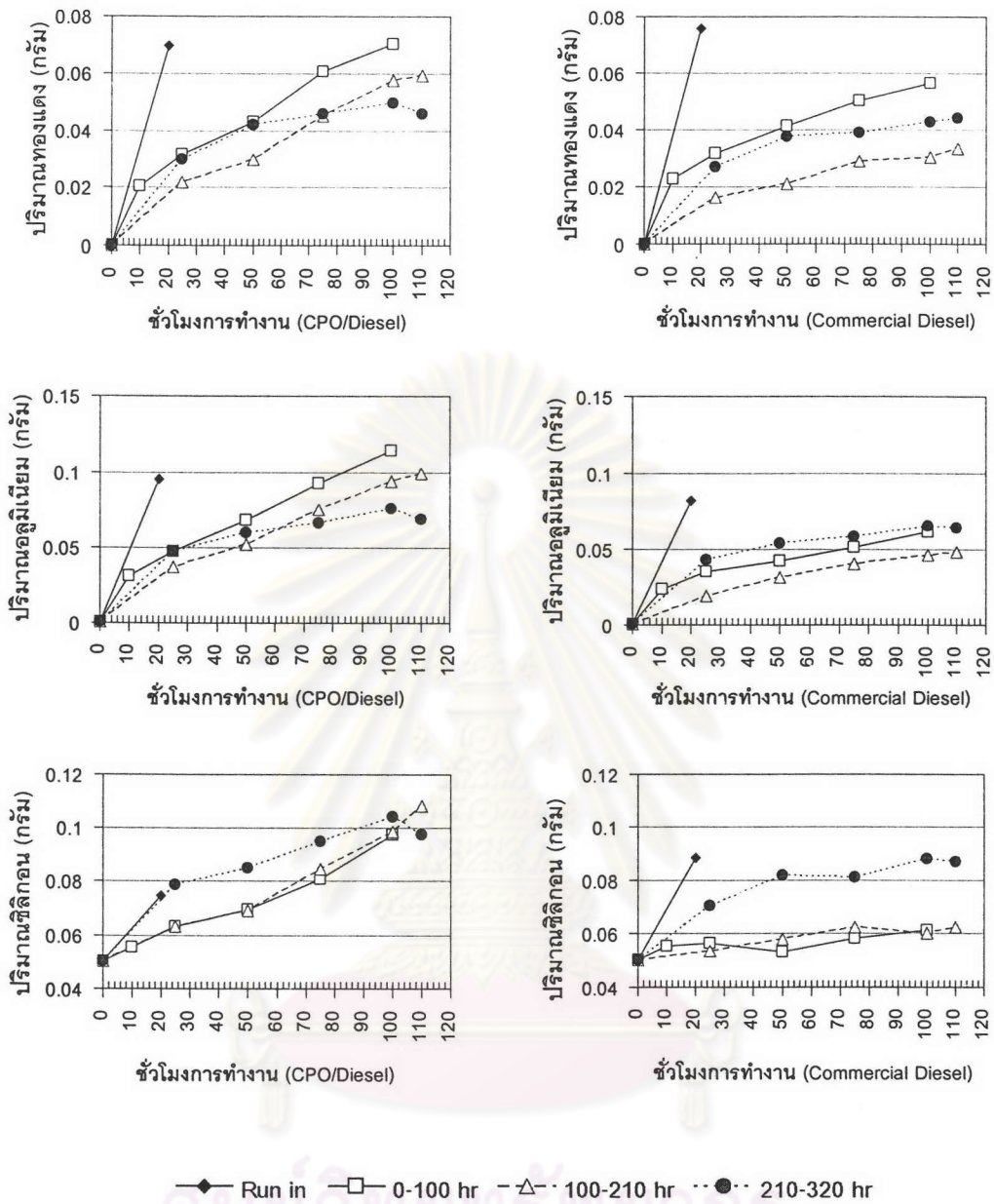
เดือนระดับ C และระดับ A เกิดขึ้นก่อนค่าจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลในทุกช่วงอายุ น้ำมันหล่อลื่นก่อนการเปลี่ยนถ่าย ปริมาณ Si พบเพียงระดับการเตือน C และเกิดขึ้นก่อนในค่าจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล ส่วนค่าความหนืดที่ 100°C จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล พบระดับการเตือน C ในช่วงเวลาที่ 75 และ 100 และระดับการเตือน A ในช่วงเวลาที่ 200, 210, 310 และ 320 ขณะที่ค่าจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลไม่พบว่ามีค่าเกินกว่าเกณฑ์การเตือนตลอดการทดสอบ



รูปที่ 5-40 แสดงปริมาณโลหะสะสมในน้ำมันหล่อลื่นระหว่างทดสอบความทนทานเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลกับน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล



รูปที่ 5-41 (ก) แสดงปริมาณเถ้าโครเมียมและตะกั่วสะสมในน้ำมันหล่อลื่นโดยเปรียบเทียบตามอายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่นตลอดการทดสอบความทนทาน
 ภาพซ้ายแสดงปริมาณโลหะสะสมในน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล
 ภาพขวาแสดงปริมาณโลหะสะสมในน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล



รูปที่ 5-41 (ข) แสดงปริมาณทองแดงออกซุมีเนียมและซัลฟิวไรต์ในน้ำมันหล่อลื่นโดยเปรียบเทียบตามอายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่นตลอดการทดสอบความทนทาน ภาพซ้ายแสดงปริมาณโลหะสะสมในน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล ภาพขวาแสดงปริมาณโลหะสะสมในน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล

5.3.3 ผลจากกระบวนการเฟอโรกราฟี

เนื่องจากปริมาณโลหะของการสึกหรอหลังจากชั่วโมงที่ 210 ของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล มีปริมาณโลหะบางชนิดเพิ่มขึ้นสูงมากผิดปกติ จึงได้นำกระบวนการเฟอโรกราฟีมาใช้ร่วมในการวิเคราะห์ผลข้อมูล โดยทำการทดสอบในตัวอย่างน้ำมันหลังผ่านการใช้งานที่ 200 ชั่วโมง และ 210 ชั่วโมงทั้งจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล และเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล

การวิเคราะห์เฟอโรแกรมเป็นการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ด้วยการศึกษาลักษณะ รูปร่าง ขนาดของเศษโลหะที่เกิดขึ้น ดังนั้นจึงไม่สามารถวิเคราะห์ในเชิงปริมาณและค่าตัวเลขในการตัดสินใจได้

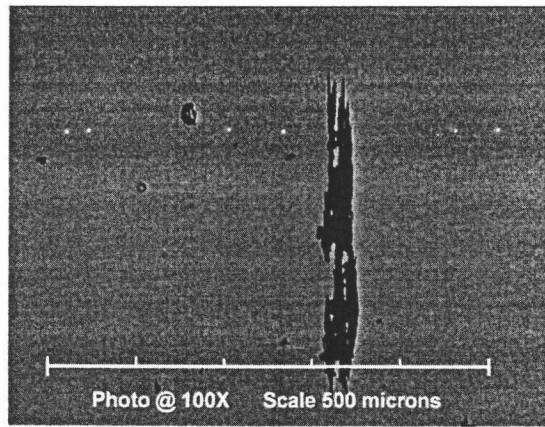
1. ผลของน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลหลังชั่วโมงการทำงานที่ 200 (อายุน้ำมันหล่อลื่น 100 ชั่วโมง)

ผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลหลังชั่วโมงการทำงานที่ 200 (อายุน้ำมันหล่อลื่น 100 ชั่วโมง) แสดงดังตารางที่ 5-2 ซึ่งแสดงถึงชนิดของอนุภาคที่พบในแผ่นเฟอโรแกรม ซึ่งพบเพียงแต่ อนุภาคของ Ferrous ที่เกิดจากการสึกหรอแบบ Rubbing wear ขนาดตั้งแต่ 3-5 ไมครอนเมตร อัตราการตรวจพบอนุภาคชนิดนี้ในแผ่นเฟอโรแกรมมีค่า 1 (เต็ม 10) ภาพถ่ายจากแผ่นเฟอโรแกรมแสดงไว้ในรูปที่ 5-42

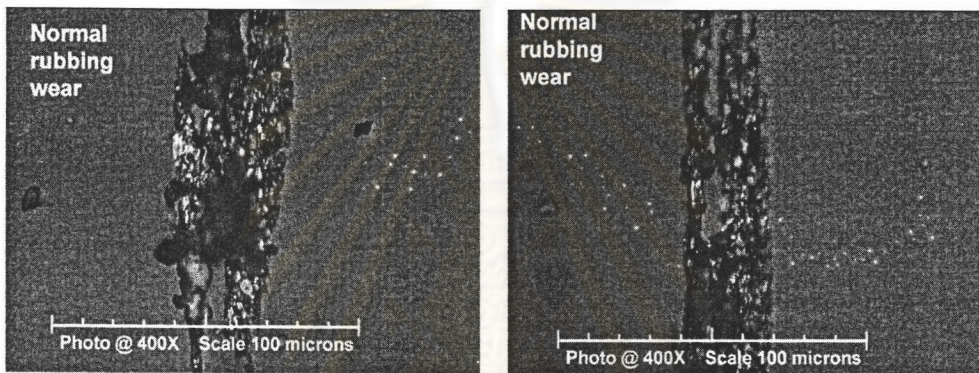
ตารางที่ 5-2 ผลเฟอโรกราฟีของน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลหลังชั่วโมงการทำงานที่ 200 (อายุน้ำมันหล่อลื่น 100 ชั่วโมง)

ชนิดของอนุภาคการสึกหรอ	อัตราการตรวจพบ Rating (10)	ประเภทของอนุภาค	ขนาด (ไมครอน)
Rubbing Wear	1	Ferrous	3-5

จากรูปที่ 5-42 ที่กำลังขยาย 100 เท่า พบปริมาณอนุภาคบนแผ่นเฟอโรแกรม เมื่อตรวจดูด้วยกำลังขยายขนาด 400 เท่า ดังแสดงในรูปที่ 5-43 พบว่าเป็นอนุภาคที่เกิดจากการสึกหรอแบบ Normal rubbing wear ซึ่งเป็นการสึกหรอแบบปกติตามระยะเวลาของอนุภาค Ferrous จากผลการวิเคราะห์เฟอโรกราฟี ไม่เห็นถึงการสึกหรอที่ผิดปกติ และรุนแรงในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลที่ชั่วโมงการทำงานที่ 200



รูปที่ 5-42 แสดงภาพเฟอโรแกรมของน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลหลัง ชั่วโมงการทำงานที่ 200 กำลังขยาย 100 เท่า



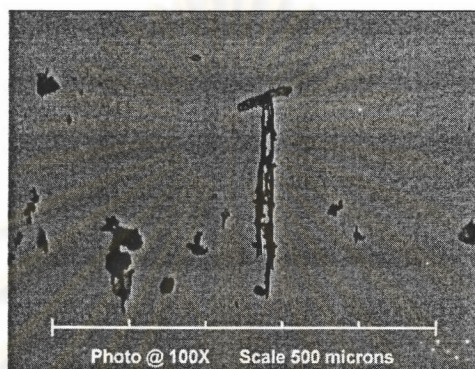
รูปที่ 5-43 แสดงภาพเฟอโรแกรมของน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลหลัง ชั่วโมงการทำงานที่ 200 กำลังขยาย 400 เท่า

2. ผลของน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลหลัง ชั่วโมงการทำงานที่ 200 (อายุ น้ำมันหล่อลื่น 100 ชั่วโมง)

ผลจากการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นด้วยวิธีเฟอโรกราฟฟี จากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลหลัง ชั่วโมงการทำงานที่ 200 (อายุ น้ำมันหล่อลื่น 100 ชั่วโมง) แสดงดังตารางที่ 5-3 ซึ่งพบเพียงแค่อนุภาค Ferrous ที่เกิดจากการสึกหรอแบบ Rubbing wear, Sphere และ Corrosion ซึ่งภาพถ่ายอนุภาคการสึกหรอจากแผ่นเฟอโรแกรมแสดงไว้ในรูปที่ 5-44 และ 5-45

ตารางที่ 5-3 ผลเฟอโรกราฟฟีของน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล
หลังชั่วโมงการทำงานที่ 200 (อายุน้ำมันหล่อลื่น 100 ชั่วโมง)

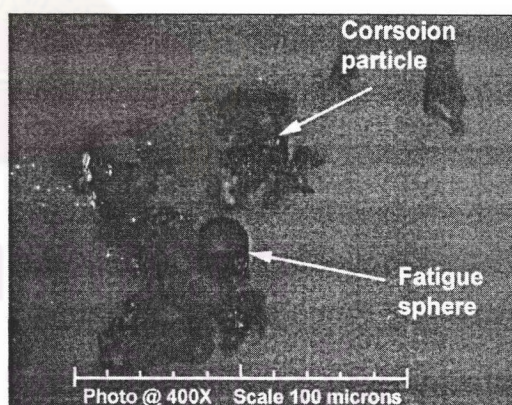
ชนิดของอนุภาคการสึกหรอ	อัตราการตรวจพบ Rating (10)	ประเภทของอนุภาค	ขนาด (ไมครอน)
Rubbing Wear	1	Ferrous	3-5
Sphere	1	Ferrous	15
Corrosion	1	Ferrous	20



รูปที่ 5-44 แสดงภาพเฟอโรแกรมของน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมัน
ปาล์มดิบผสมดีเซลหลังชั่วโมงการทำงานที่ 200 ที่กำลังขยาย 100 เท่า



รูปที่ 5-45 (ก) แสดงภาพเฟอโรแกรมของ
น้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้
น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลหลังชั่วโมง
การทำงานที่ 200 กำลังขยาย 400 เท่า



รูปที่ 5-45 (ข) แสดงภาพเฟอโรแกรมของ
น้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้
น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลหลังชั่วโมง
การทำงานที่ 200 กำลังขยาย 400 เท่า

รูปที่ 5-44 แสดงภาพจากแผ่นเฟอโรแกรมที่กำลังขยาย 100 เท่า พบปริมาณอนุภาคบนแผ่นเฟอโรแกรมเมื่อตรวจดูด้วยกำลังขยายขนาด 400 เท่า พบทั้งอนุภาคที่เกิดจากการสึกหรอแบบ Normal rubbing wear ซึ่งเป็นอนุภาคที่มาจาก การสึกหรอแบบขัดถู ดังแสดงในรูปที่ 5-45 (ก) และอนุภาคที่เกิดจากการสึกหรอแบบ Fatigue sphere ซึ่งเป็นอนุภาคที่เกิดจากการกัดกร่อนบนแผ่นเฟอโรแกรม ดังแสดงในรูป 5-45 (ข)

3. ผลจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลหลังชั่วโมงการทำงานที่ 210 (อายุน้ำมันหล่อลื่น 110 ชั่วโมง)

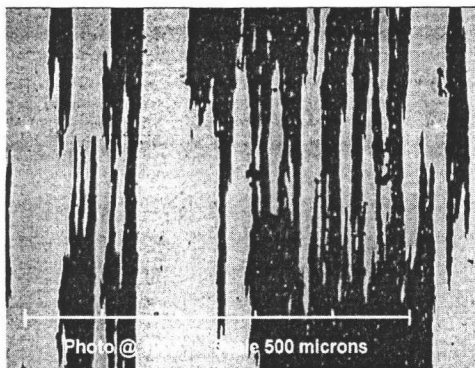
ผลจากการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นด้วยวิธีเฟอโรกราฟฟี จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลหลังชั่วโมงการทำงานที่ 210 (อายุน้ำมันหล่อลื่น 110 ชั่วโมง) แสดงในตารางที่ 5-4 ซึ่งพบเพียงอนุภาคที่เกิดจาก Rubbing wear และ Dirt

ตารางที่ 5-4 ผลเฟอโรกราฟฟีของน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลหลังชั่วโมงการทำงานที่ 210 (อายุน้ำมันหล่อลื่น 110 ชั่วโมง)

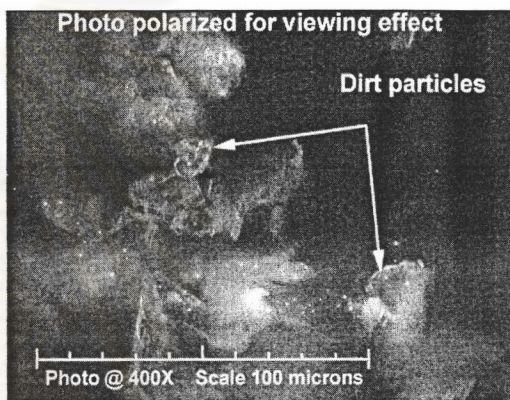
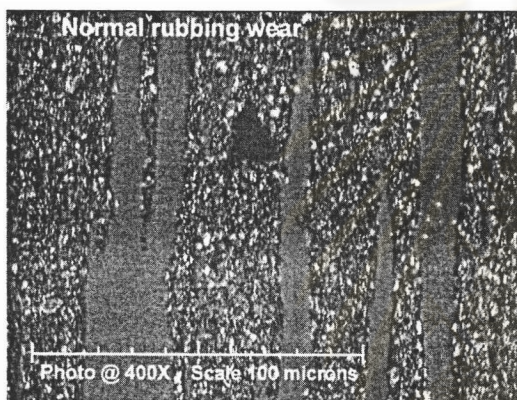
ชนิดของอนุภาคการสึกหรอ	อัตราการตรวจพบ Rating (10)	ประเภทของอนุภาค	ขนาด (ไมครอน)
Rubbing Wear	<1	Ferrous	3-5
Dirt/Dust	1	Contaminants	10-100

รูปที่ 5-46 ที่กำลังขยาย 100 เท่า แสดงอนุภาคการสึกหรอแบบ Normal rubbing wear ที่มีปริมาณมากกว่าน้ำมันหล่อลื่นที่อายุการใช้งาน 100 ชั่วโมง เมื่อตรวจดูด้วยกำลังขยาย 400 เท่า พบอนุภาคที่เกิดจากการสึกหรอแบบ Normal rubbing wear ในรูปที่ 5-47 (ก) และพบอนุภาคของสิ่งสกปรก ดังแสดงในรูปที่ 5-47 (ข)

ผลจากการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นด้วยวิธีเฟอโรกราฟฟีพบว่าน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลหลังชั่วโมงการทำงานที่ 210 (อายุน้ำมันหล่อลื่น 110 ชั่วโมง) พบการสึกหรอแบบปกติ และพบอนุภาคของสิ่งสกปรกขนาด 10-100 ไมครอนเมตรในน้ำมันหล่อลื่น



รูปที่ 5-46 แสดงภาพเฟอริโรแกรมของน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลหลังชั่วโมงการทำงานที่ 210กำลังขยาย 100 เท่า



รูปที่ 5-47 (ก) แสดงภาพเฟอริโรแกรมของน้ำมันหล่อลื่นจาก เครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลหลังชั่วโมงการทำงานที่ 210กำลังขยาย 400 เท่า

รูปที่ 5-47 (ข) แสดงภาพเฟอริโรแกรมของน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลหลังชั่วโมงการทำงานที่ 210กำลังขยาย 400 เท่า

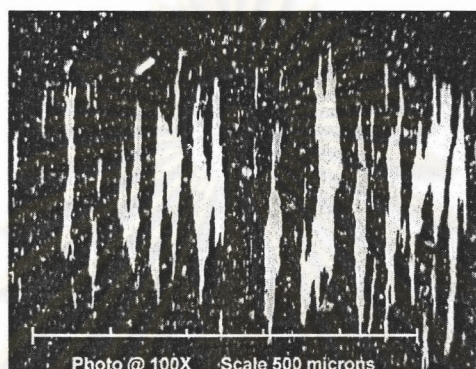
4. ผลของน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลหลังชั่วโมงการทำงานที่ 210 (อายุน้ำมันหล่อลื่น 110 ชั่วโมง)

ผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลหลังชั่วโมงการทำงานที่ 210 (อายุน้ำมันหล่อลื่น 110 ชั่วโมง)แสดงในตารางที่ 5-5

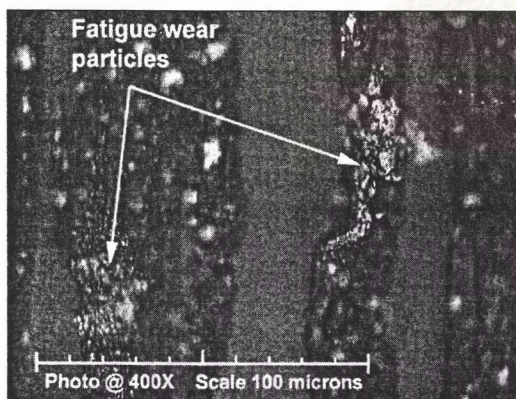
จากตารางที่ 5-5 พบอนุภาคของโลหะกลุ่มเหล็กขนาด 3-5 ไมโครเมตร ในปริมาณที่มาก ซึ่งเป็นอนุภาคที่เกิดจากการสึกหรอแบบ Rolling fatigue wear และพบโลหะกลุ่มเหล็ก ขนาด 20-70 ไมโครเมตรที่เกิดจาก Rolling fatigue และอื่นๆ ในปริมาณมากเพิ่มขึ้นจากชั่วโมงการทำงานที่ 200

ตารางที่ 5-5 ผลเฟอโรกราฟฟีของน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลหลังชั่วโมงการทำงานที่ 210 (อายุน้ำมันหล่อลื่น 110 ชั่วโมง)

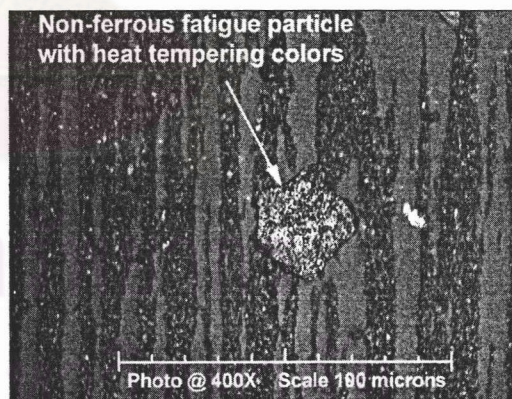
ชนิดของอนุภาคการสึกหรอ	อัตราการตรวจพบ Rating (10)	ประเภทของอนุภาค	ขนาด (ไมครอน)
Rubbing Wear	6	Ferrous	3-5
Rolling Fatigue	3	Ferrous	10-100
Other	3	Non - Ferrous	10-40



รูปที่ 5-48 แสดงภาพเฟอโรแกรมของน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันปาล์มดิบ ผลมดีเซลหลังชั่วโมงการทำงานที่ 210 กำลังขยาย 100 เท่า



รูปที่ 5-49 (ก) แสดงภาพเฟอโรแกรมของน้ำมันหล่อลื่นจาก เครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลหลังชั่วโมงการทำงานที่ 210 กำลังขยาย 400 เท่า



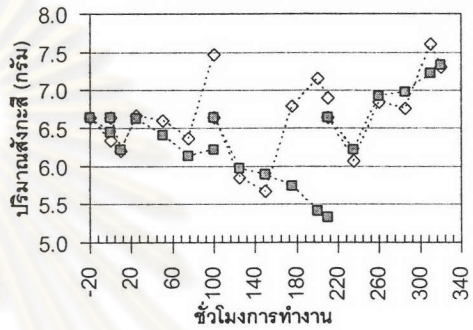
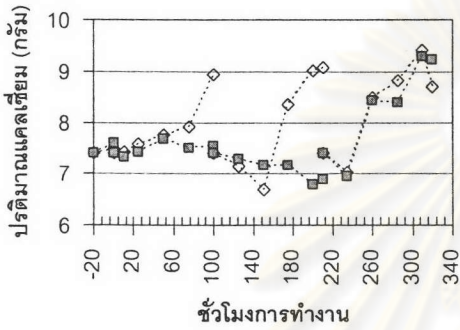
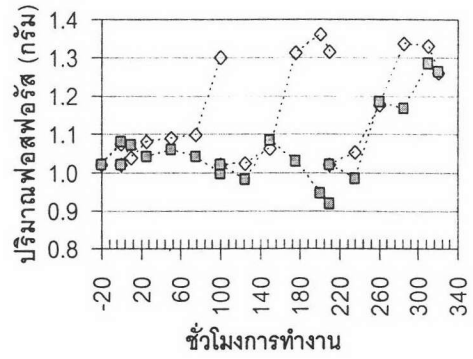
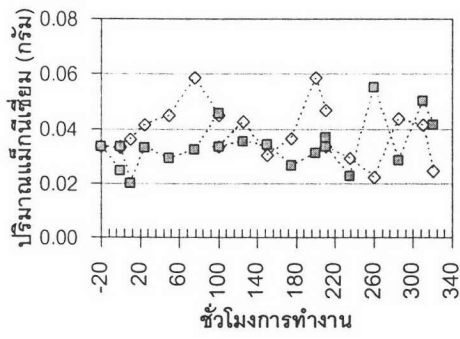
รูปที่ 5-49 (ข) แสดงภาพเฟอโรแกรมของน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลหลังชั่วโมงการทำงานที่ 210 กำลังขยาย 400 เท่า

จากรูปที่ 5-48 ภาพจากแผ่นเฟอร์โรแกรมที่กำลังขยาย 100 เท่า พบอนุภาคการสึกหรอแบบ Normal rubbing wear ในปริมาณมากผิดปกติ สังเกตจากพื้นที่สีดำที่มีปริมาณมาก เมื่อตรวจดูด้วยกำลังขยายขนาด 400 เท่า พบทั้งอนุภาคชนิดที่เกิดจาก Fatigue wear ดังแสดงในรูปที่ 5-49 (ก) และพบอนุภาค Fatigue wear ของโลหะนอกกลุ่มเหล็ก ซึ่งสีที่เห็นเป็นสีม่วง แสดงถึงการได้ผ่านอุณหภูมิสูง (Heat tempering) ดังแสดงในรูปที่ 5-49 (ข)

5.3.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารเติมแต่ง

สารเติมแต่งที่พบในน้ำมันหล่อลื่นที่สุ่มตัวอย่างประกอบด้วย แมกนีเซียม, ฟอสฟอรัส, แคลเซียม และสังกะสี ซึ่งในผลการทดสอบความทนทานสามารถประมาณการปริมาณของสารเหล่านี้ได้ดังในรูปที่ 5-50 ในรูปของปริมาณโลหะสะสมในหน่วยกรัมในแต่ละชั่วโมงการทำงาน ซึ่งแนวโน้มของปริมาณ ฟอสฟอรัส, แคลเซียม และสังกะสีมีแนวโน้มคล้ายกันตลอดช่วงการทดสอบ โดยจะมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงอยู่ในช่วงแคบๆ จนกระทั่งช่วงปลายของอายุน้ำมันที่ประมาณชั่วโมงที่ 100, 175-210 และ 285-320 ปริมาณโลหะทั้งสามชนิดที่พบในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลมีค่าสูงขึ้นชัดเจน ในขณะที่เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมีค่าลดลง ยกเว้นที่ชั่วโมงการทำงานที่ 230-320 ค่าที่ได้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมีค่าเพิ่มขึ้นตามเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมักเกิดขึ้นในช่วงที่สอดคล้องกับการเติมน้ำมันหล่อลื่นใหม่แทนน้ำมันที่ขาดหายไป จึงอาจเป็นเหตุทำให้ค่าเหล่านี้เปลี่ยนแปลง ส่วนค่าแมกนีเซียมมีการแกว่งตัวไม่มีแนวโน้มที่แน่ชัด และพบว่า ปลายอายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่นในช่วง 50-100, 175-210 ค่าแมกนีเซียมจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล มีค่าสูงกว่าค่าจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล

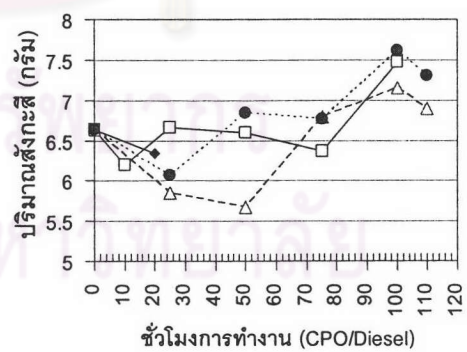
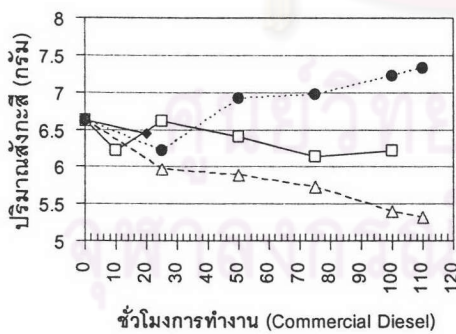
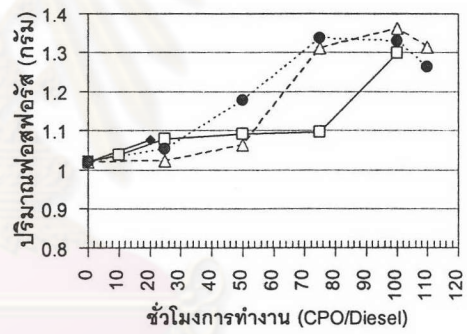
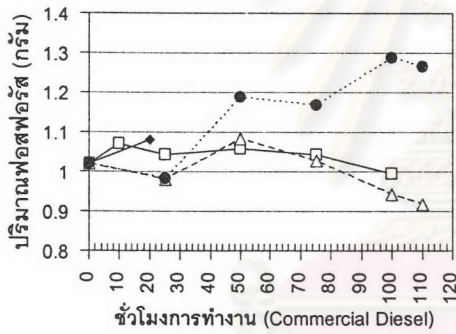
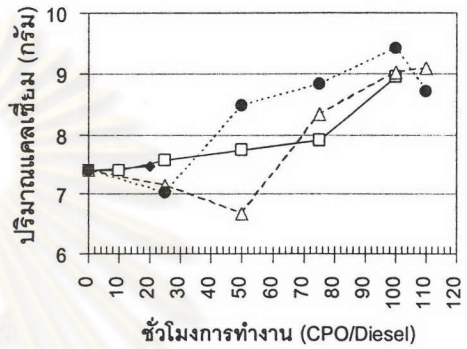
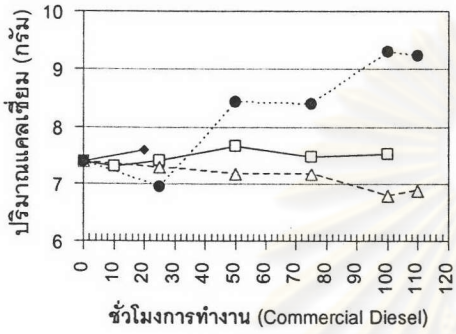
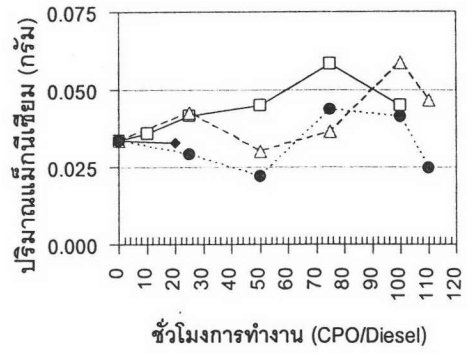
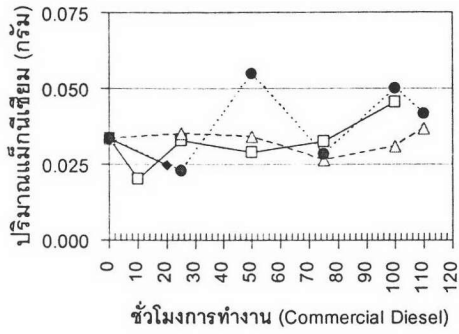
รูปที่ 5-51 แสดงปริมาณสารเติมแต่งสะสมในน้ำมันหล่อลื่นโดยเปรียบเทียบตามอายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่นตลอดการทดสอบความทนทาน ซึ่งไม่อาจสรุปแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงตามอายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่นได้ชัดเจน จากรูปที่ 5-51 แสดงให้เห็นชัดเจนว่าแนวโน้มของปริมาณ ฟอสฟอรัส, แคลเซียม และสังกะสีมีแนวโน้มที่คล้ายกันสำหรับน้ำมันชนิดเดียวกันตลอดช่วงการทดสอบ โดยในช่วงของชั่วโมงการทำงานที่ 0-100 และ 100-210 แนวโน้มของปริมาณสารดังกล่าวในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมีแนวโน้มลดลงซึ่งตรงข้ามกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ในช่วงชั่วโมงการทำงานที่ 210-320 ค่าดังกล่าวจากเครื่องยนต์ทั้งสองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นคล้ายกันและเป็นช่วงที่มีค่าสูงสุดภายในช่วงการทดสอบความทนทาน ส่วนปริมาณแมกนีเซียม มีปริมาณที่เปลี่ยนแปลงในช่วงคงที่ ไม่แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นหรือลดลงที่ชัดเจน ในทุกช่วงอายุของน้ำมันหล่อลื่นที่ทำการทดสอบ และให้ผลที่คล้ายคลึงกันในทุกเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลและน้ำมันดีเซล



◆ CPO/diesel ■ Commercial Diesel

รูปที่ 5-50 แสดงปริมาณสารเติมแต่งสะสมในน้ำมันหล่อลื่นระหว่างทดสอบความทนทาน
เปรียบเทียบระหว่างน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลกับน้ำมันหล่อลื่นจาก
เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



—●— Run in —□— 0-100 hr —△— 100-210 hr —◐— 210-320 hr

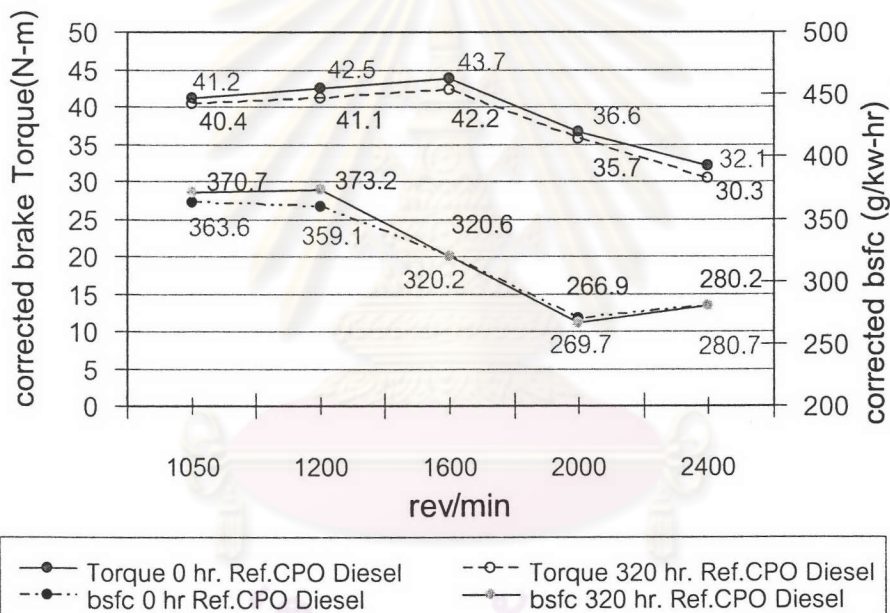
รูปที่ 5-51 แสดงปริมาณสารเติมแต่งสะสมในน้ำมันหล่อลื่นโดยเปรียบเทียบตามอายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่นตลอดการทดสอบความทนทาน ภาพซ้ายแสดงค่าจากน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล ภาพขวาแสดงค่าจากน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซล

5.4 ผลการทดสอบสมรรถนะภายหลังทดสอบความทนทาน

ผลของสมรรถนะ อุณหภูมิไอเสีย และค่าควันดำ ภายหลังจากการทดสอบความทนทาน ได้ทำการทดสอบเฉพาะเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลเท่านั้น โดยการทดสอบได้นำเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลตามท้องตลาด ติดตั้งบนแท่นทดสอบ และทำการทดสอบด้วยน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง ที่สภาวะคงตัว

5.4.1 ผลของแรงบิดเบรก(brake Torque) กับ อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (bsfc) ที่สภาวะภาระสูงสุด

ผลของแรงบิดเบรก (brake Torque) กับ อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (bsfc) ที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล เปรียบเทียบระหว่างสภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทานกับหลังทดสอบความทนทาน แสดงในรูปที่ 5-52



รูปที่ 5-52 แสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลอ้างอิง เปรียบเทียบที่

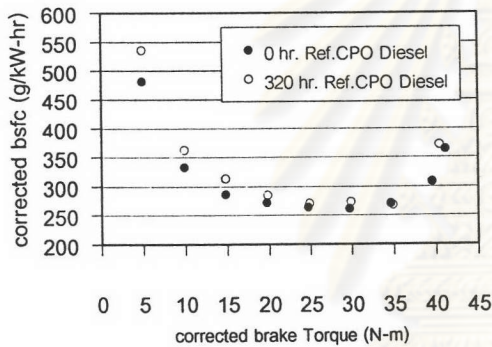
สภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทานกับหลังทดสอบความทนทาน

ผลจากการเปรียบเทียบสมรรถนะที่สภาวะภาระสูงสุด (Full Load) ก่อนการทดสอบและหลังการทดสอบความทนทานเป็นเวลา 320 ชั่วโมงพบว่า แรงบิดเบรกหลังผ่านการทดสอบมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัดในทุกความเร็วรอบเครื่องยนต์ มีค่าลดลงระหว่าง 0.8 -1.8 N-m คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ระหว่าง 1.9 %-5.8 % ค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก มีค่าต่างกันชัดเจนที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ช่วงต่ำ (1,050 และ 1,200 รอบต่ออนาที) แต่ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์

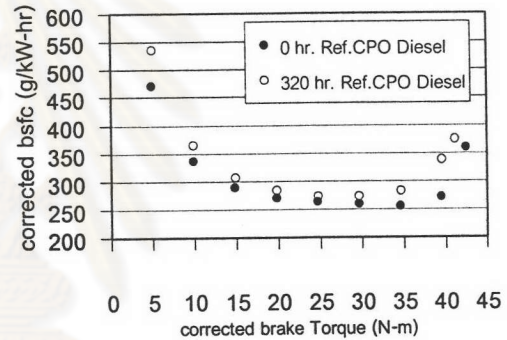
ช่วงปานกลางและความเร็วรอบเครื่องยนต์ช่วงสูงไม่เห็นความแตกต่างที่ชัดเจนของค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ

5.4.2 ค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก และประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรก

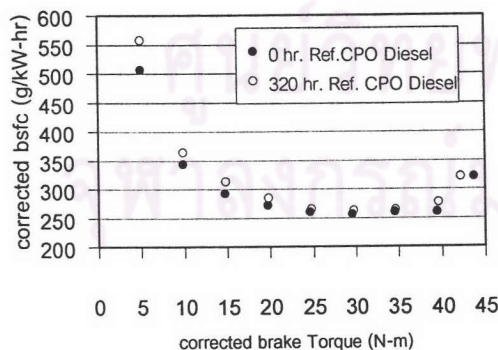
ผลการเปรียบเทียบระหว่างสมรรถนะก่อนและหลังการทดสอบความทนทานพบว่าค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกที่สภาวะภาระบางส่วน (Part Load) ที่ความเร็วรอบคงที่ที่ 1,050 , 1,200 , 1,600 และ 2,000 รอบต่อนาที แสดงในรูปที่ 5-53, 5-54, 5-55 และ 5-56 ตามลำดับ ซึ่งผลของค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกหลังผ่านการทดสอบความทนทานมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งเห็นได้ชัดที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ (1,050 และ 1,200 รอบต่อนาที) และให้ผลที่ใกล้เคียงกันในช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ปานกลางและสูง โดยเฉพาะที่ค่าแรงบิดเบรกสูงค่าที่ได้ไม่แตกต่างจากค่าก่อนการทดสอบความทนทานอย่างเห็นได้ชัด



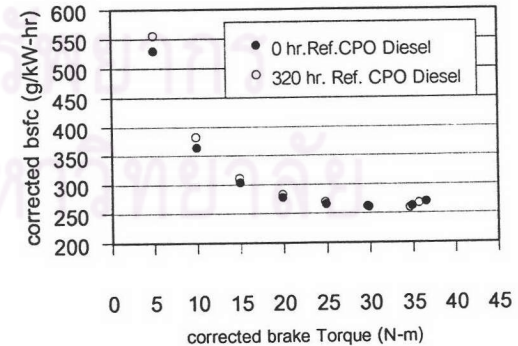
รูปที่ 5-53 ค่า bsfc เปรียบเทียบก่อนและหลังการทดสอบความทนทานที่ความเร็ว 1050 รอบ/นาที



รูปที่ 5-54 ค่า bsfc เปรียบเทียบก่อนและหลังการทดสอบความทนทานที่ความเร็ว 1200 รอบ/นาที

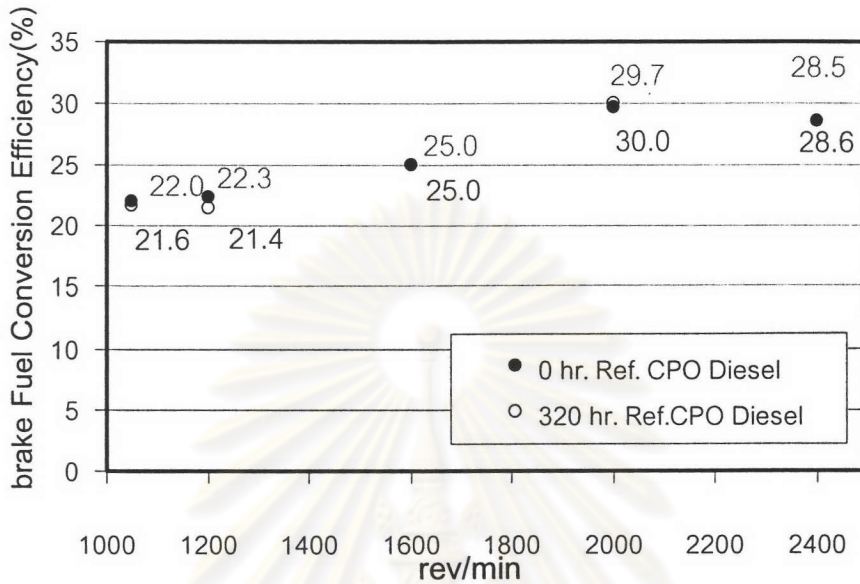


รูปที่ 5-55 ค่า bsfc เปรียบเทียบก่อนและหลังการทดสอบความทนทานที่ความเร็ว 1600 รอบ/นาที



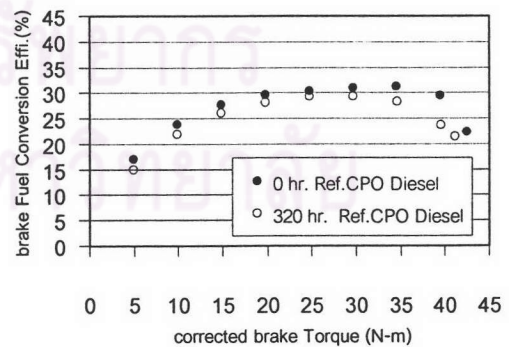
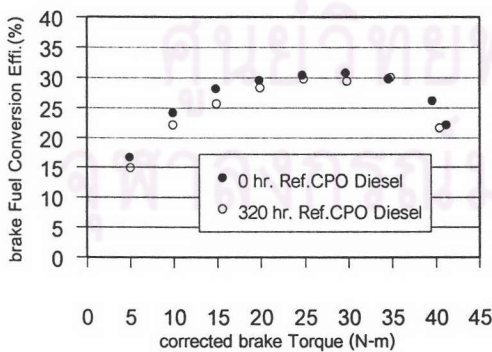
รูปที่ 5-56 ค่า bsfc เปรียบเทียบก่อนและหลังการทดสอบความทนทานที่ความเร็ว 2000 รอบ/นาที

ผลการเปรียบเทียบของประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรก ($\eta_{\text{brake fuel}}$) ที่สภาวะภาระสูงสุดระหว่างก่อนและหลังการทดสอบความทนทาน แสดงในรูปที่ 5-57 ซึ่งผลที่ได้มีแนวโน้มเดียวกับค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกที่สภาวะภาระสูงสุด คือ ประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องยนต์เมื่อผ่านการทดสอบความทนทานมีค่าลดลง 0.3% ตลอดช่วงการใช้งาน



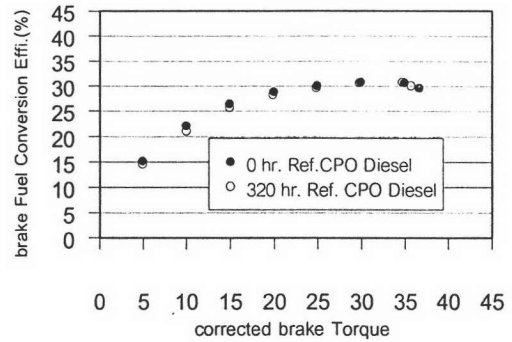
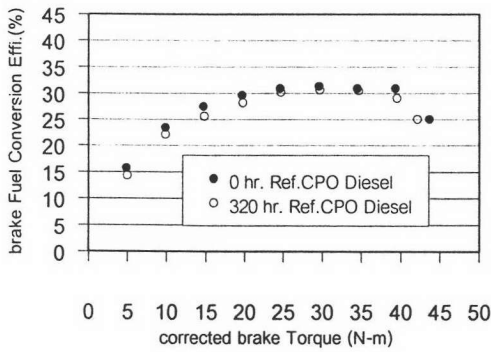
รูปที่ 5-57 แสดงประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการทดสอบความทนทาน ที่สภาวะภาระสูงสุด

สำหรับค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่ความเร็วรอบคงที่ที่ 1,050 , 1,200 , 1,600 และ 2,000 รอบต่อนาที แสดงในรูปที่ 5-58, 5-59, 5-60 และ 5-61 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกหลังผ่านการทดสอบความทนทานมีค่าลดลง มีลักษณะแนวโน้มที่คล้ายกับค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก



รูปที่ 5-58 ค่า $\eta_{\text{brake fuel}}$ เปรียบเทียบก่อนและหลังทดสอบความทนทานที่ความเร็ว 1050 รอบ/นาที

รูปที่ 5-59 ค่า $\eta_{\text{brake fuel}}$ เปรียบเทียบก่อนและหลังทดสอบความทนทานที่ความเร็ว 1200 รอบ/นาที

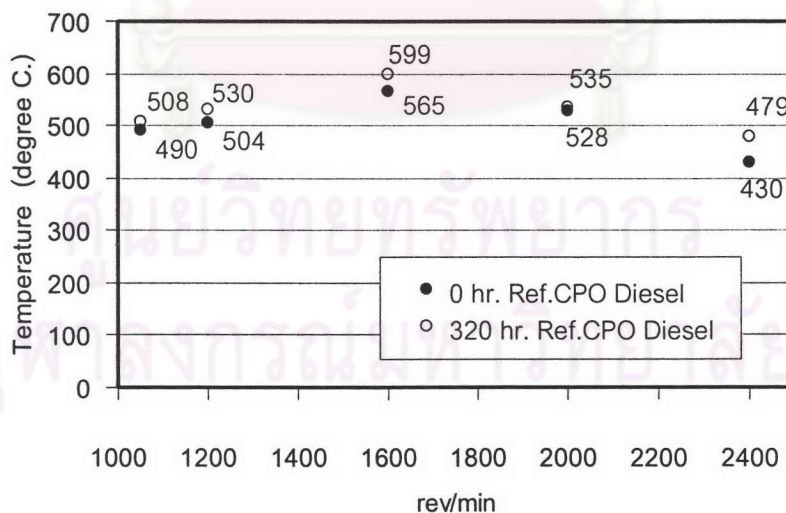


รูปที่ 5-60 ค่า $\eta_{\text{brake fuel}}$ เปรียบเทียบก่อนและหลัง ทดสอบความทนทานที่ความเร็ว 1600 รอบ/นาที

รูปที่ 5-61 ค่า $\eta_{\text{brake fuel}}$ เปรียบเทียบก่อนและหลัง ทดสอบความทนทานที่ความเร็ว 2000 รอบ/นาที

5.4.3 ค่าอุณหภูมิไอเสีย

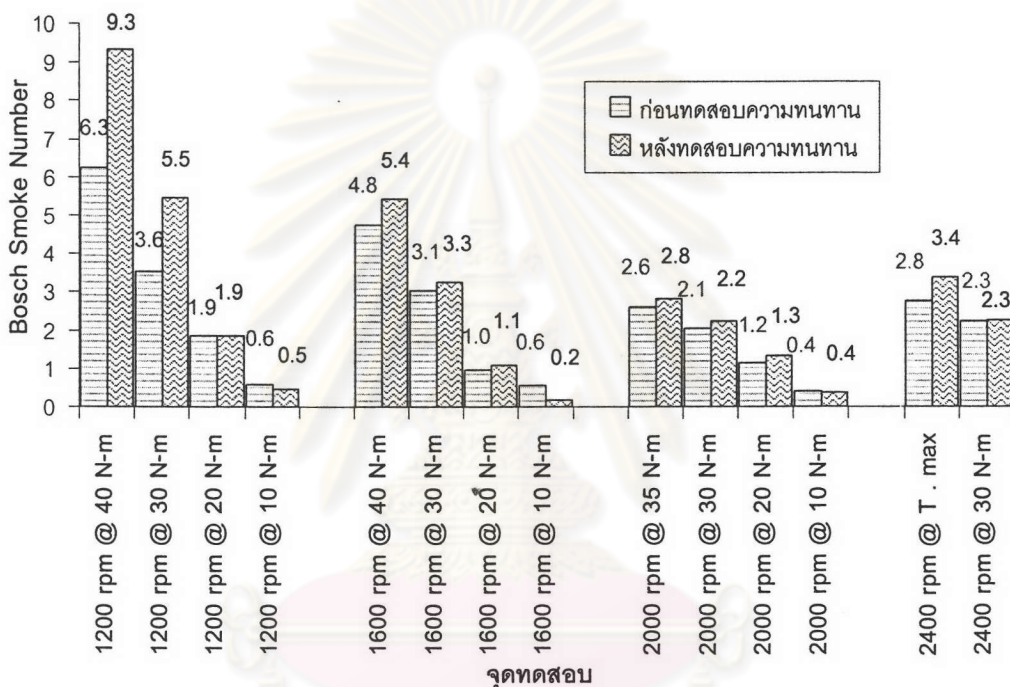
ผลการเปรียบเทียบของค่าอุณหภูมิไอเสียภายหลังผ่านการทดสอบความทนทานที่สภาวะภาระสูงสุดเปรียบเทียบกับอุณหภูมิไอเสียก่อนการทดสอบความทนทาน แสดงในรูปที่ 5-62 ซึ่งพบว่าอุณหภูมิไอเสียหลังผ่านการทดสอบความทนทานมีค่าสูงขึ้นกว่าอุณหภูมิก่อนการทดสอบความทนทานทุกค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์ โดยเห็นความแตกต่างที่ชัดเจน ยกเว้นที่ความเร็ว 2,000 รอบต่อนาทีให้ค่าความแตกต่างที่น้อย



รูปที่ 5-62 แสดงค่าอุณหภูมิไอเสียภายหลังผ่านการทดสอบความทนทานที่สภาวะภาระสูงสุด เปรียบเทียบกับอุณหภูมิไอเสียก่อนการทดสอบความทนทาน

5.4.4 ค่าควันดำ

ผลการสู่มวัดค่าควันดำ ที่จุดทดสอบต่างๆ ของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล อ่างอิง เปรียบเทียบระหว่างสภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทานกับหลังทดสอบความทนทาน จุดทดสอบที่ทำการสู่มวัด คือที่ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,200 รอบต่อนาที ที่ค่าแรงบิด 10,20,30 และ 40 N-m ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,600 รอบต่อนาทีที่ค่าแรงบิด 10,20,30 และ 40 N-m ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2,000 รอบต่อนาทีที่ค่าแรงบิด 10,20,30 และ 35 N-m ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2,400 รอบต่อนาทีที่ค่าแรงบิด 30 และ ที่สภาวะภาระสูงสุด (30.3 N-m) ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5-63



รูปที่ 5-63 แสดงค่าควันดำของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล เปรียบเทียบที่สภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทานกับหลังทดสอบความทนทาน

ผลการวัดค่าควันดำหลังทดสอบความทนทานมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ที่ค่าแรงบิดสูงทุก ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ทำการทดสอบ และช่วงการทำงานที่ค่าแรงบิดต่ำผลการวัดค่าควันดำที่ได้จะมีค่าไม่แตกต่างกับค่าก่อนการทดสอบความทนทาน โดยมีผลของค่าควันดำหลังการทดสอบที่ต่ำกว่าเล็กน้อยที่ แรงบิด 10 N-m ของความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,200 และ 1,600 รอบต่อนาที

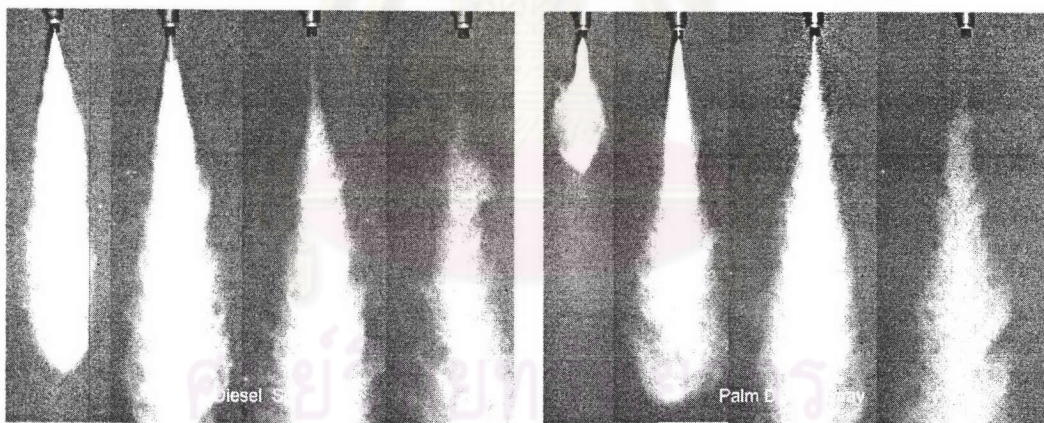
5.5 ผลการทดสอบความดันในการเริ่มฉีดเชื้อเพลิง

ผลการทดสอบความดันในการเริ่มฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลที่สภาวะก่อนการทดสอบความทนทาน และหลังการทดสอบความทนทานที่ 320 ชั่วโมงแสดงค่าเปรียบเทียบไว้ในตารางที่ 5-6

ตารางที่ 5-6 แสดงข้อมูลความดันที่ใช้ในการฉีดเชื้อเพลิง

รายการ	ความดันในการฉีดเชื้อเพลิง (kg/cm ³)	
	หัวฉีดใหม่	หลัง 320 ชั่วโมง
หัวฉีดจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล	128-130	128-130
หัวฉีดจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล	128-130	128-130

จากตารางที่ 5-6 ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของความดันในการเริ่มฉีดเชื้อเพลิง หลังจากผ่านการทดสอบความทนทานในทั้งสองเครื่องยนต์ อาจกล่าวได้ว่าช่วงที่ทดสอบความทนทานของเชื้อเพลิงทั้งสองไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่า stiffness ของสปริงในหัวฉีดของเครื่องยนต์ทั้งสอง



รูปที่ 5-64 แสดงรูปของสเปรย์ ขณะทำการทดสอบความดันในการเริ่มฉีดเชื้อเพลิงภายหลังผ่านการทดสอบความทนทาน ภาพซ้ายจากหัวฉีดเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล ภาพขวาจากหัวฉีดเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล

อย่างไรก็ตามจากผลที่พบว่าสมรรถนะของเครื่องยนต์หลังการทดสอบความทนทานมีอุณหภูมิไอเสียและค่าควันดำสูงขึ้น คาดว่าน่าจะมาจากการเผาไหม้ที่ด้อยกว่า ดังนั้นจึงมุ่ง

สมมุติฐานว่าน่าจะมีสาเหตุมาจาก การฉีดเชื้อเพลิงที่ต่างกัน จึงทำการตรวจสอบเปรียบเทียบ ลักษณะการฉีดเชื้อเพลิง

จากรูปที่ 5-64 แสดงรูปของสเปรย์ ขณะทำการทดสอบความดันในการเริ่มฉีดเชื้อเพลิง จากหัวฉีดของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลหลังผ่านการทดสอบความทนทาน พบว่ามุมของสเปรย์มีความแตกต่างกัน โดยในรูปแบบของสเปรย์ของ หัวฉีดจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลมีมุมแคบกว่าหัวฉีดของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน ดีเซล อย่างไรก็ตามไม่พบลักษณะของสเปรย์ที่เกิดเป็นหยดเชื้อเพลิงในทั้งสองเครื่องยนต์ซึ่งแสดง ถึงการอุดตันที่หัวฉีด

จากมุมของสเปรย์ที่แคบกว่าของหัวฉีดจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลนี้มี ส่วนให้ละอองฝอยมีขนาด droplet ใหญ่น่าจะส่งผลให้การเผาไหม้ในเครื่องยนต์ที่ผ่านการ ทดสอบความทนทานเกิดขึ้นน้อยกว่า ตามสมมุติฐานข้างต้น

5.6 ผลการตรวจพินิจชิ้นส่วน

หลังการทดสอบความทนทาน ได้ทำการถอดชิ้นส่วนภายในของทั้งสองเครื่องยนต์ เครื่องยนต์เพื่อทำการตรวจสภาพเปรียบเทียบ และได้ทำการถ่ายภาพประกอบเพื่อใช้ในการตรวจ พินิจชิ้นส่วนภายในของเครื่องยนต์ ซึ่งชิ้นส่วนที่ทำการตรวจพินิจประกอบไปด้วย แบริ่งก้านสูบ ลูกสูบ ผนังกระบอกสูบ ฝาสูบ บ่าวาล์วไอดีและไอเสียที่ฝาสูบ วาล์วไอดี วาล์วไอเสีย และหัวฉีด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.6.1 แบริ่งก้านสูบ

จากรูปที่ 5-65 และรูปที่ 5-66 แสดงภาพถ่ายของแบริ่งก้านสูบจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน ดีเซล และเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลตามลำดับ โดยรูป (ก) ภาพด้านหน้า ขนาดเต็มรูป ชิ้นส่วนทางด้านซ้ายเป็นแบริ่งขึ้นบนติดกับก้านสูบ ชิ้นส่วนทางขวาเป็นชิ้นส่วนที่ติดกับประกับก้าน สูบ รูป (ข) แสดงภาพขยายส่วนบนของรูป (ก) รูป (ค) แสดงภาพขยายส่วนล่างของรูป (ก) และ รูป (ง) แสดงภาพด้านหลังของแบริ่ง

จากรูปที่ 5-65 ซึ่งแสดงแบริ่งก้านสูบจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล ซึ่งไม่พบสิ่งผิดปกติ เกิดขึ้นกับผิวแบริ่ง มีรอยขีดข่วนขนาดเล็กอยู่ทั่วไป จากรูป 5-65 (ข) ชิ้นส่วนบน (ชิ้นซ้าย) พบ คราบน้ำมันหล่อลื่นและรอยจุดซึ่งเกิดการสึกหรอในปริมาณเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-66 ซึ่งแสดงแบริ่งก้านสูบจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล ซึ่งพบ คราบหลุมวงกลมกระจายอยู่ในแบริ่ง และพบรอยขีดข่วนขนาดใหญ่ ซึ่งเห็นได้ชัดเจน บนทั้งชิ้น

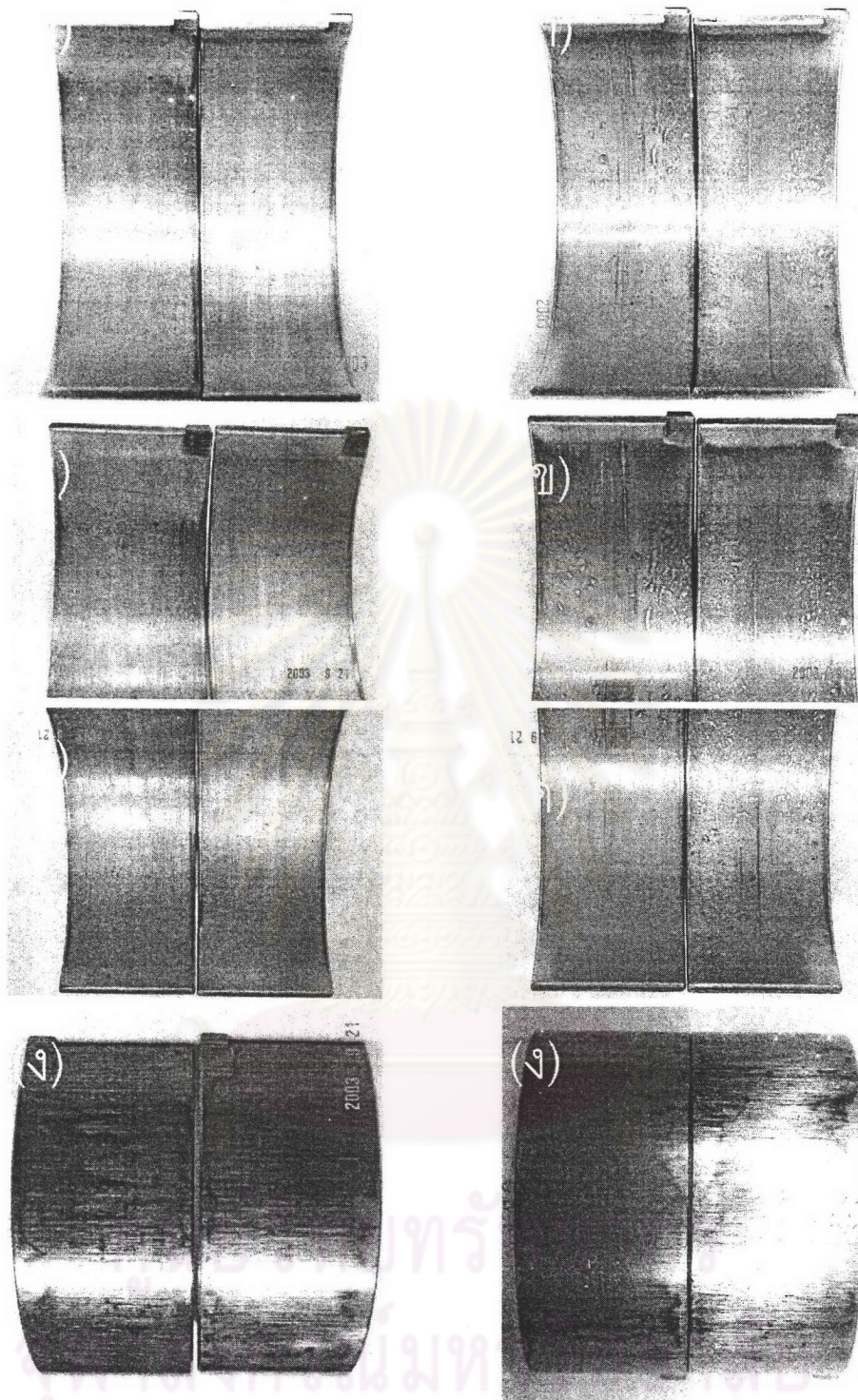
ส่วนบนและชิ้นส่วนล่างของแบร์ริง ซึ่งคราบลักษณะเป็นวงกลมที่พบน่าจะเกิดจากสภาพของการขาดสารหล่อลื่นและอุณหภูมิในการใช้งานที่สูงเกินไป จึงมีการสึกหรอเกิดขึ้นมากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล

5.6.2 ลูกสูบ

รูปที่ 5-67 และ รูปที่ 5-68 แสดงภาพถ่ายลูกสูบจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลตามลำดับ โดยภาพในฝั่งซ้าย แสดงภาพลูกสูบในแต่ละด้านของลูกสูบ ส่วนภาพในฝั่งขวา แสดงภาพขยายบริเวณขอบด้านบนของลูกสูบและร่องแหวน

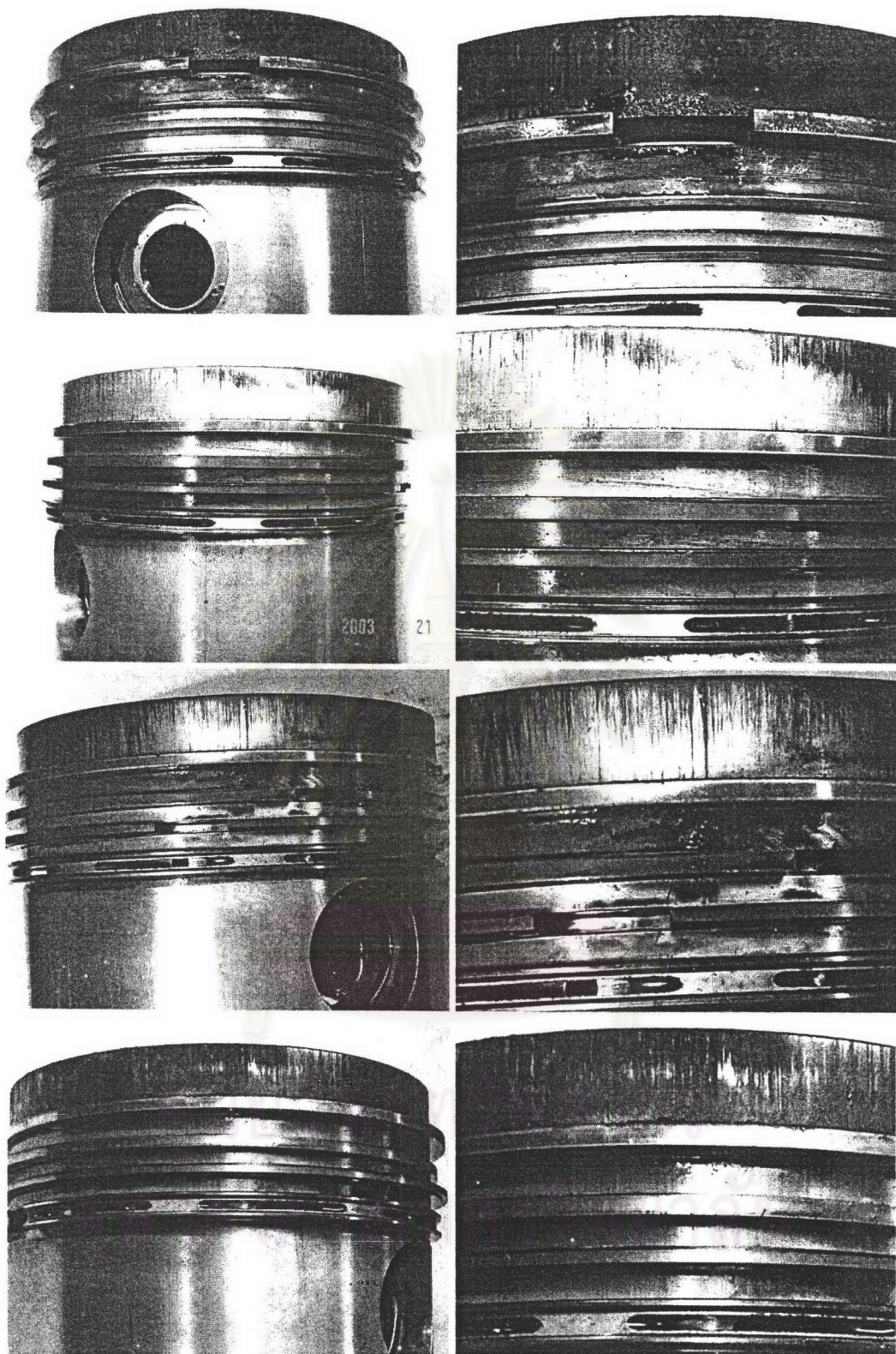
จากรูปที่ 5-67 ซึ่งแสดงภาพถ่ายลูกสูบจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล พบปริมาณเขม่าบริเวณขอบบนของลูกสูบ พบรอยขีดขีดทั้งขนาดใหญ่และเล็กโดยรอบขอบบนของลูกสูบ บริเวณร่องแหวนพบคราบเขม่าเกาะตัวสะสมในร่องแหวน และมีปริมาณที่มากกว่าบริเวณปากแหวน จากรูปที่ 5-68 ซึ่งแสดงภาพถ่ายลูกสูบจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล พบปริมาณเขม่าและรอยขีดขีดบริเวณขอบบนของลูกสูบเช่นเดียวกับที่พบในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล และพบคราบเขม่าในปริมาณที่มากกว่าตามร่องแหวน

สรุปได้ว่าไม่พบความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดจากสภาพของลูกสูบระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลและเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล

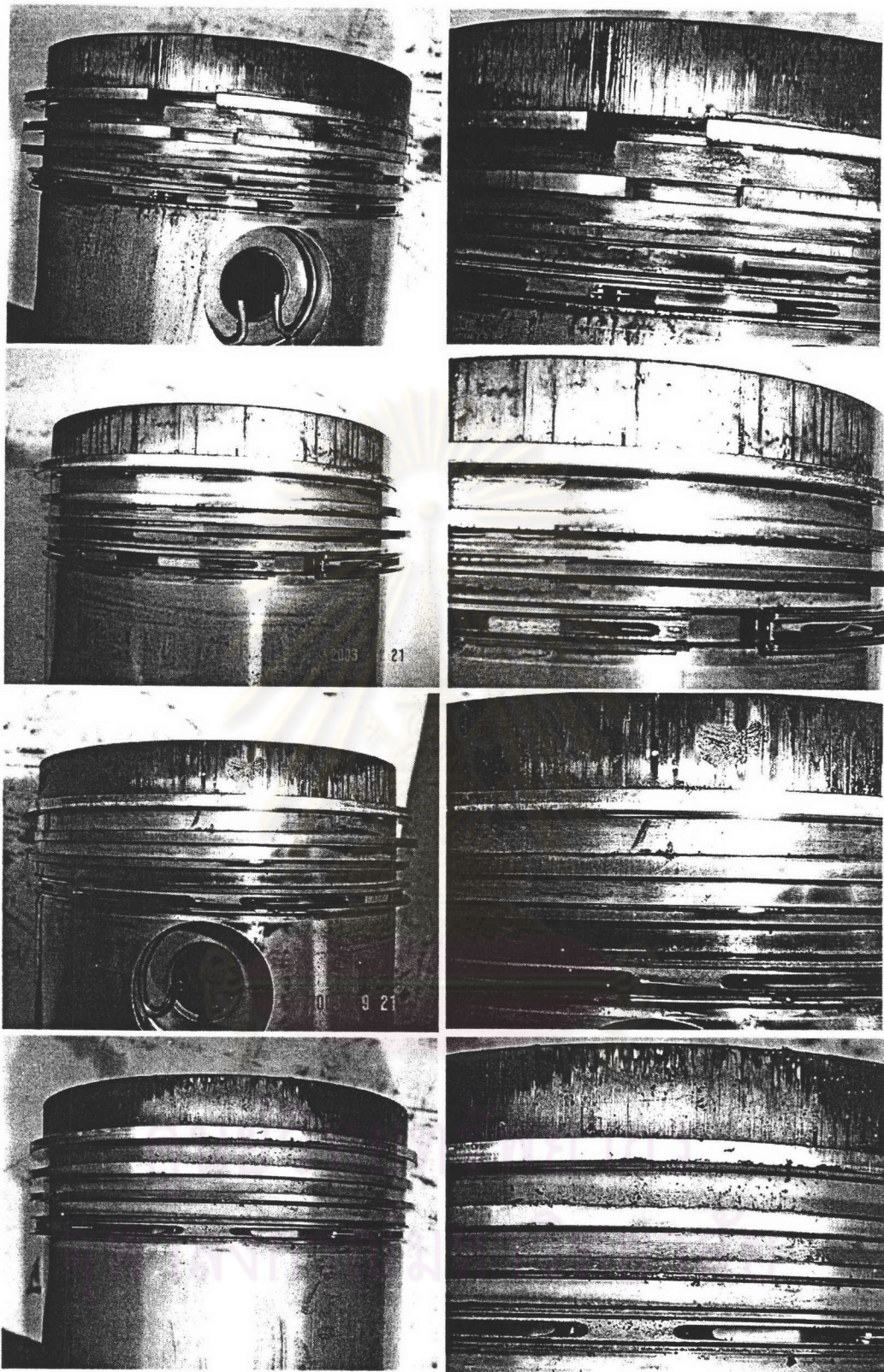


รูปที่ 5-65 แสดงภาพถ่ายแบริ่งก้านสูบจาก
เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลหลังผ่าน
การทดสอบความทนทาน

รูปที่ 5-66 แสดงภาพถ่ายแบริ่งก้านสูบจาก
เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสม
ดีเซลหลังผ่านการทดสอบความ
ทนทาน



รูปที่ 5-67 แสดงภาพถ่ายลูกสูบจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลในแต่ละด้านและภาพขยายในภาพฝั่งขวา



รูปที่ 5-68 แสดงภาพถ่ายลูกสูบจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลในแต่ละด้าน
และภาพขยายในภาพฝั่งขวา

5.6.3 ผนังกระบอกสูบ

รูปที่ 5-69 และรูปที่ 5-70 แสดงภาพถ่ายสภาพภายในผนังกระบอกสูบในแต่ละด้าน 4 ด้าน ประกอบด้วย Bottom คือผนังกระบอกสูบด้านที่ติดกับส่วนล่างของเครื่องยนต์ ด้าน Top คือผนังกระบอกสูบในด้านบนติดกับหม้อน้ำ และในด้าน Left และ Right คือฝั่งซ้ายและฝั่งขวาเมื่อหันหน้าเข้าเครื่องยนต์ตามลำดับ

จากรูปที่ 5-69 ที่ผนังกระบอกสูบของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซล พบรอยขีดข่วนในทุกด้าน และในช่วงปลายของห้องเผาไหม้ส่วนที่ติดกับฝาสูบ พบคราบเขม่าในทุกด้าน โดยเฉพาะในด้าน Top ซึ่งตรงข้ามกับทิศทางการพุ่งของเปลวไฟออกจากห้องเผาไหม้ หมุนวน จะมีคราบเขม่าที่หนา กว่าในทุกๆด้าน ซึ่งพบรูปแบบการเกิดเขม่าลักษณะคล้ายกันนี้เกิดขึ้นในเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมัน ปาล์มดิบผสมดีเซลเช่นกัน ดังรูปที่ 5-70

สรุปได้ว่าไม่พบความแตกต่างที่ชัดเจนจากสภาพผนังกระบอกสูบระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลและเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล

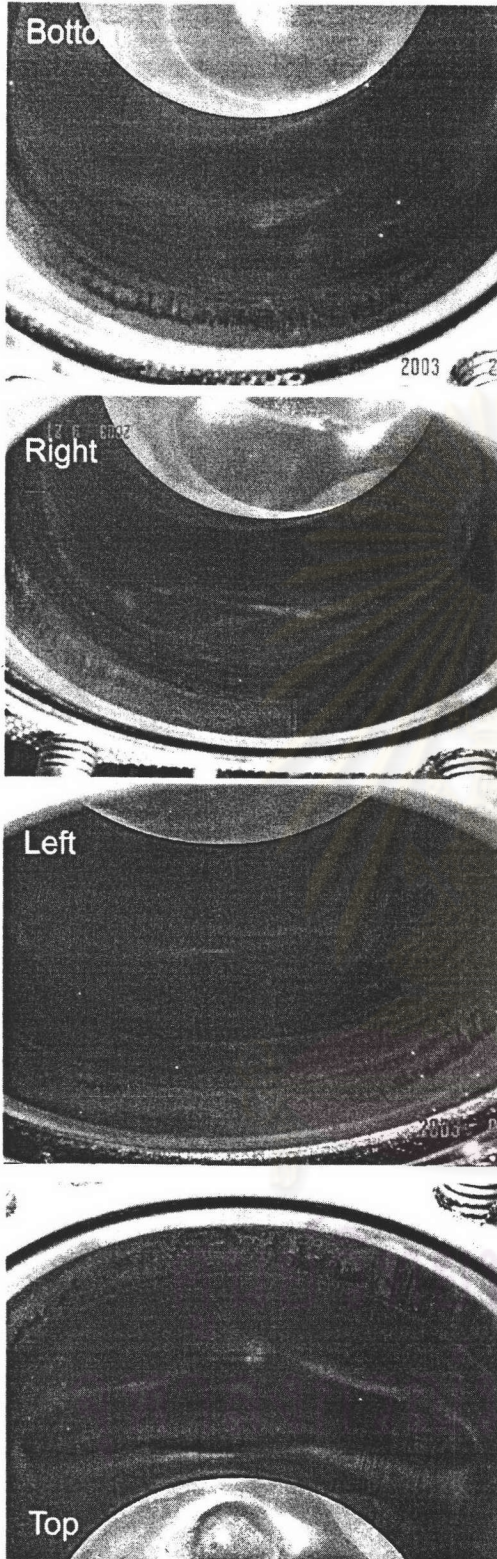
5.6.4 ฝาสูบ

รูปที่ 5-71 และ รูปที่ 5-72 แสดงภาพถ่ายฝาสูบหลังผ่านการทดสอบความทนทาน ของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซล และเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล ตามลำดับ

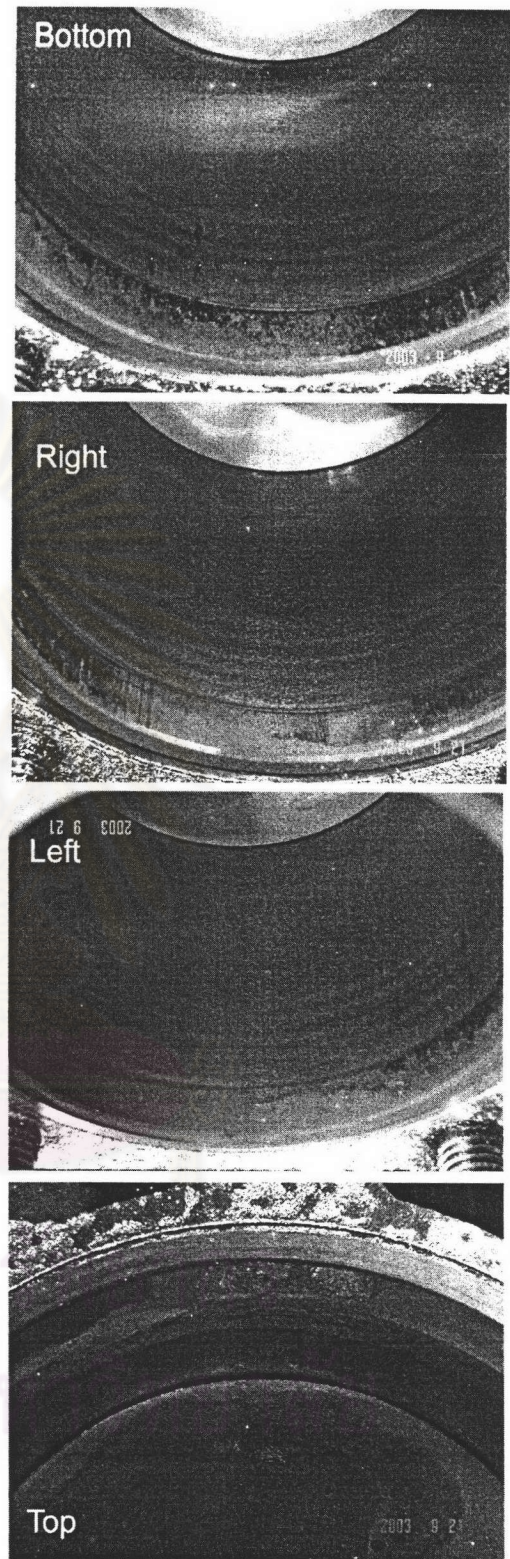
จากรูปที่ 5-71 แสดงภาพถ่ายฝาสูบของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซล พบปริมาณเขม่า ตกค้างติดอยู่เต็มพื้นที่ฝาสูบและหน้าวาล์วและพบคราบสีน้ำตาลอ่อนตามทิศทางการพุ่งของสเปรย์ที่ ออกจากห้องเผาไหม้ หมุนวน และพบปริมาณเขม่าหนาอยู่ในแนวขอบของกระบอกสูบ

จากรูปที่ 5-72 แสดงภาพถ่ายฝาสูบของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล พบ ปริมาณเขม่าตกค้างติดอยู่เต็มพื้นที่ฝาสูบและหน้าวาล์วและพบคราบสีส้มแดงเป็นบริเวณกว้าง บริเวณกลางฝาสูบและตามทิศทางการพุ่งของสเปรย์ที่ออกจากห้องเผาไหม้ช่วย และพบปริมาณเขม่า หนาอยู่ในแนวขอบของกระบอกสูบ เมื่อทำความสะอาดเขม่าชั้นนอกที่ติดอยู่บนฝาสูบออก พบ คราบสีแดงเข้มอย่างชัดเจนและติดแน่นอยู่บริเวณฝาสูบเป็นปริมาณที่มาก

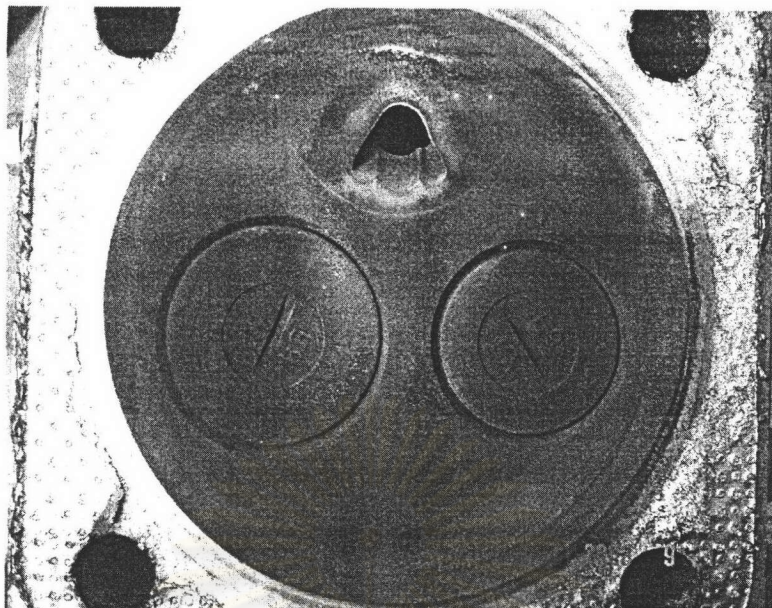
สรุปได้ว่าพบความแตกต่างที่ชัดเจนจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลต่อฝาสูบ ซึ่งพบ คราบตะกอนสีแดงติดอยู่บริเวณฝาสูบในปริมาณที่มากและเป็นบริเวณกว้าง และปริมาณเขม่า ตามขอบกระบอกสูบและหลังห้องเผาไหม้ หมุนวนมีปริมาณมากกว่าฝาสูบจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลอย่างชัดเจน



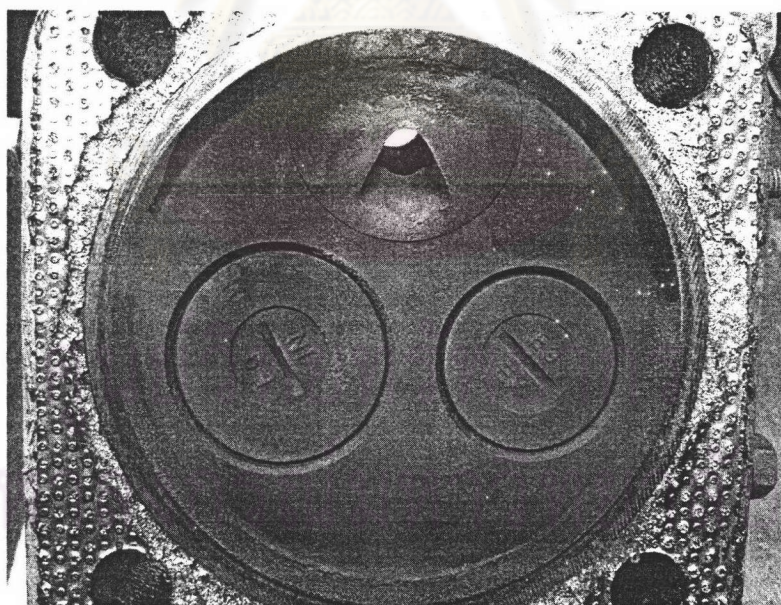
รูปที่ 5-69 แสดงภาพถ่ายฝาสอบหลังผ่านการ
ทดสอบความทนทาน ของเครื่องยนต์
ที่ใช้น้ำมันดีเซล



รูปที่ 5-70 แสดงภาพถ่ายฝาสอบหลังผ่านการ
ทดสอบความทนทาน ของเครื่องยนต์
ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล



รูปที่ 5-71 แสดงภาพถ่ายฝาสูบหลังผ่านการทดสอบความทนทาน ของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซล



รูปที่ 5-72 แสดงภาพถ่ายฝาสูบหลังผ่านการทดสอบความทนทาน ของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล

5.6.5 บ่าวาล์วไอดีและบ่าวาล์วไอเสียที่ฝาสือบ

รูปที่ 5-73 และ รูปที่ 5-74 แสดงภาพถ่ายบ่าวาล์วไอดีบนฝาสือบทั้ง 4 มุมจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลและน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลตามลำดับ จากการตรวจพินิจและเปรียบเทียบรูปทั้งสอง ไม่พบความแตกต่างที่บ่าวาล์ว โดยบ่าวาล์วของทั้งสองเครื่องยนต์มีสภาพที่ใกล้เคียงกันมีหน้าสัมผัสที่เรียบมีร่องรอยของการสึกหรอเป็นจุดเล็กๆอยู่ในปริมาณที่น้อยทั้งสองเครื่องยนต์ เมื่อพิจารณาในช่องทางอากาศเข้าพบปริมาณเขม่าสะสมเป็นจำนวนมากในทั้งสองเครื่องยนต์

รูปที่ 5-75 และรูปที่ 5-76 แสดงภาพถ่ายบ่าวาล์วไอเสียบนฝาสือบทั้ง 4 มุมจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลและน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลตามลำดับ จากการเปรียบเทียบรูปทั้งสอง ไม่พบความแตกต่างของสภาพบ่าวาล์ว พบร่องรอยของการสึกหรอเป็นจุดเล็กๆ ในปริมาณที่ใกล้เคียงกันทั้งสองเครื่องยนต์ เมื่อพิจารณาในช่องทางออกของไอเสียพบปริมาณเขม่าปกคลุมเต็มช่องทางเดินของไอเสียทั้งสองเครื่องยนต์

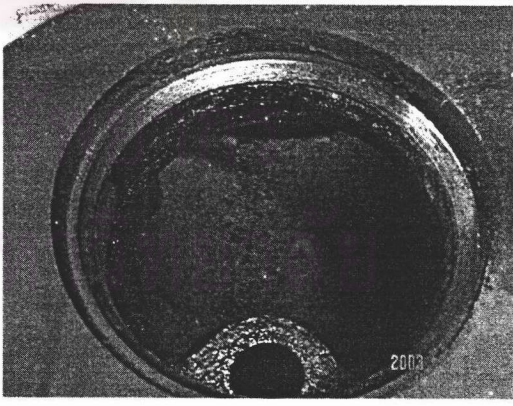
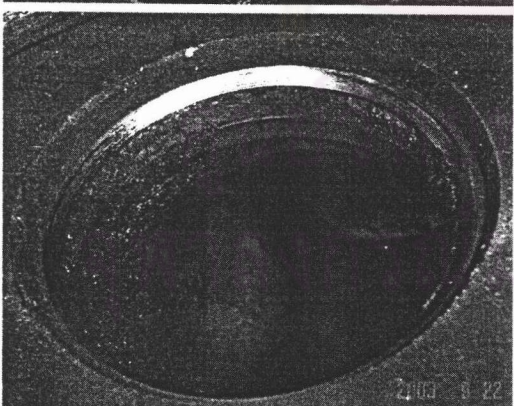
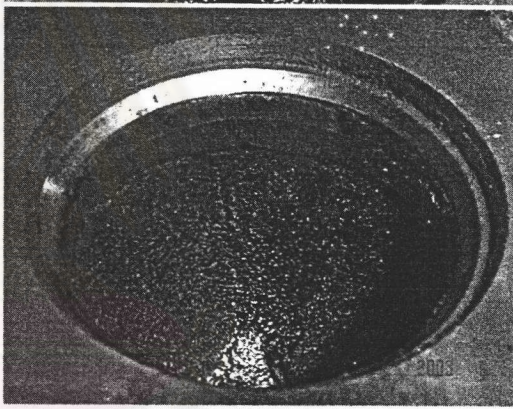
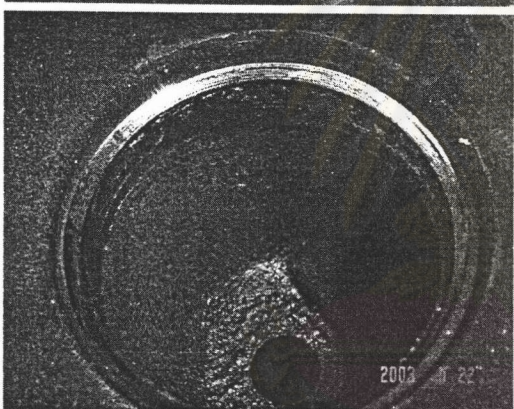
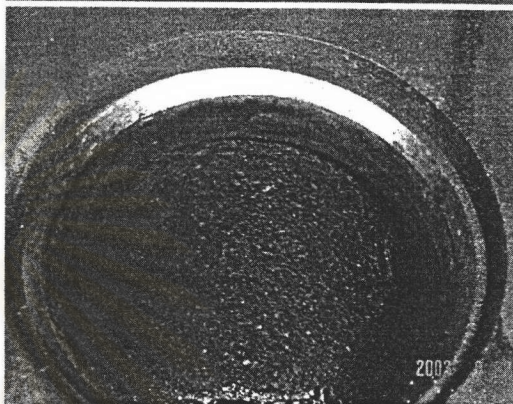
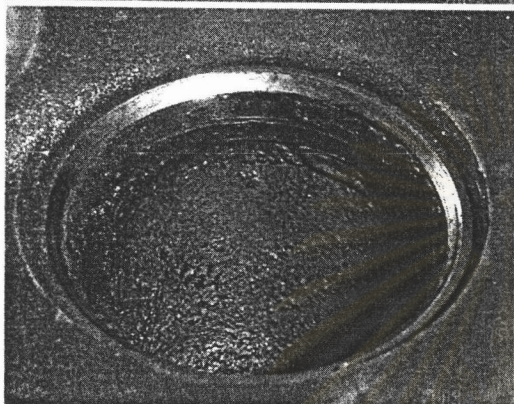
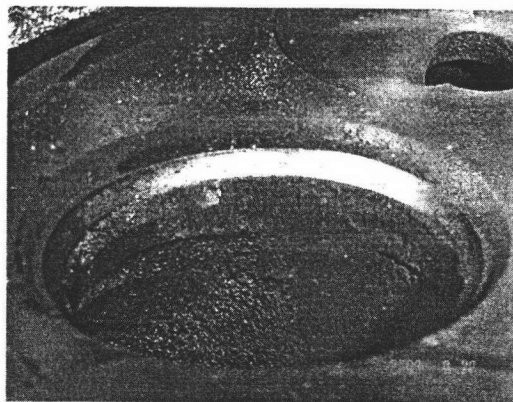
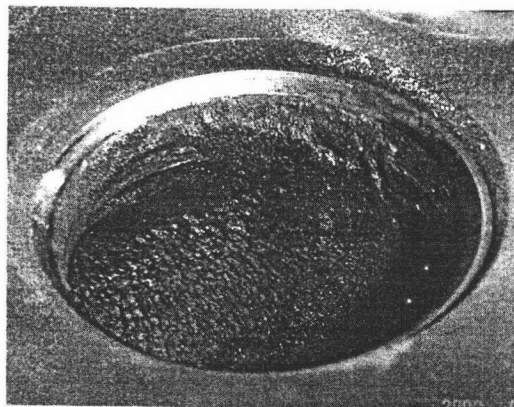
5.6.6 วาล์วไอดีและวาล์วไอเสีย

รูปที่ 5-77 และรูปที่ 5-78 แสดงภาพถ่ายของวาล์วไอดีจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลและน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลตามลำดับ พบว่าบริเวณหลังวาล์วไอดีของเครื่องยนต์ทั้งสองมีปริมาณคราบตะกอนสะสมอยู่เป็นจำนวนมากในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน โดยคราบตะกอนจากวาล์วของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลจะมีสีน้ำตาลชัดเจน ซึ่งต่างจากวาล์วของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซล

รูปที่ 5-79 และรูปที่ 5-80 แสดงภาพถ่ายของวาล์วไอเสียจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลและน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลตามลำดับ พบว่าไม่มีความแตกต่างเกิดขึ้นระหว่างวาล์วจากเครื่องยนต์ทั้งสอง หลังวาล์วมีเขม่าปกคลุมเต็มพื้นที่ บ่าวาล์วมีสภาพสมบูรณ์ ร่องรอยการสึกหรอเกิดขึ้นน้อยมาก

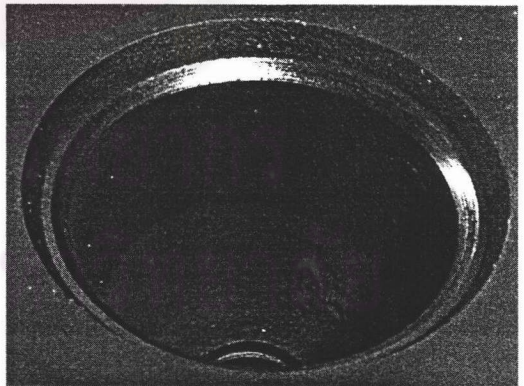
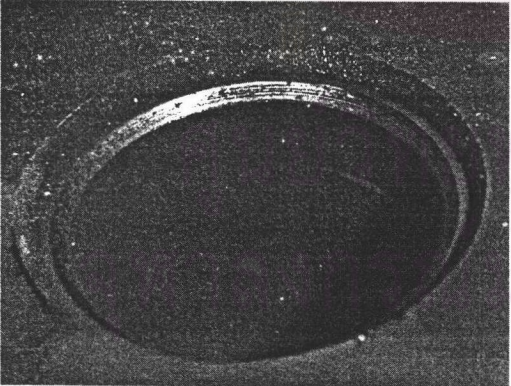
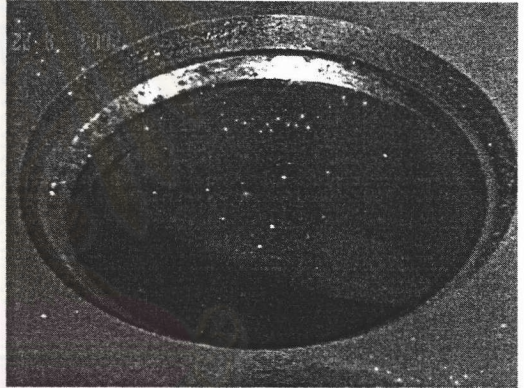
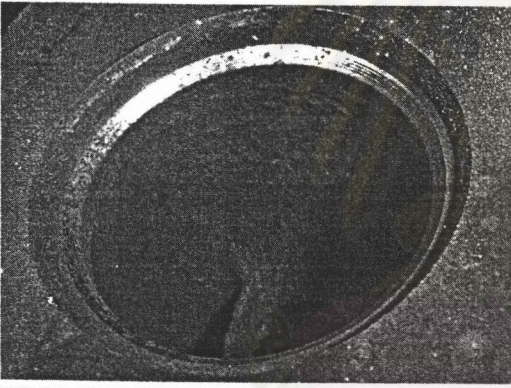
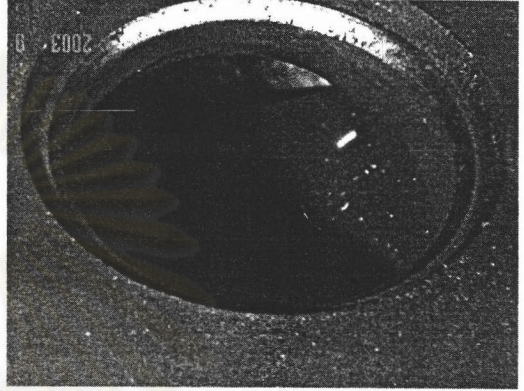
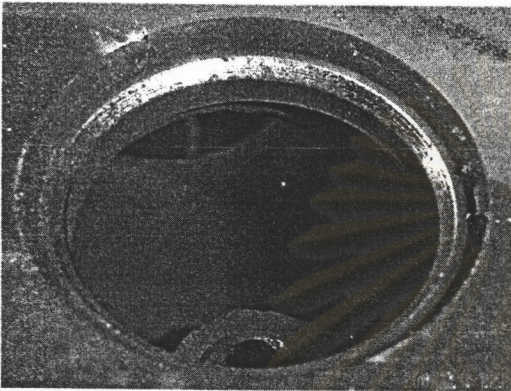
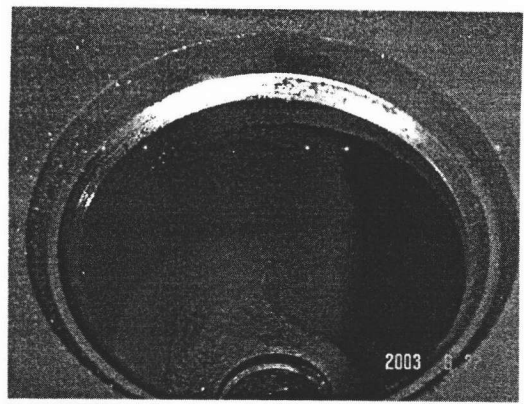
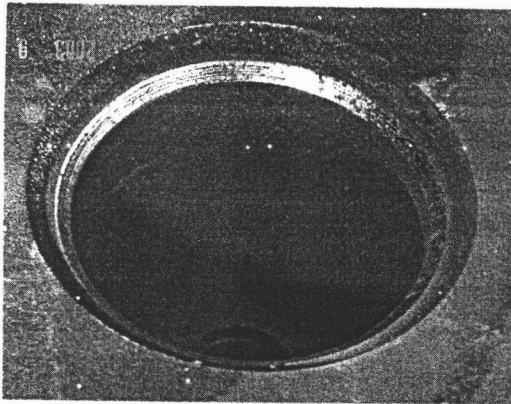
5.6.7 หัวฉีด

รูปที่ 5-81 และรูปที่ 5-82 แสดงภาพถ่ายหัวฉีดจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลและน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลตามลำดับ พบความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดที่ปลายของหัวฉีดจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล เนื่องจากมีก้อนของเขม่าสะสมอยู่ที่ปลายของหัวฉีด และสภาพโดยรอบของหัวฉีดมีคราบเขม่าหนาเกาะตัวในปริมาณที่มาก ซึ่งแตกต่างจากหัวฉีดจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลอย่างชัดเจน



รูปที่ 5-73 แสดงภาพถ่ายบิวาล์วไอดีบนฝาสูบ
จากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซล

รูปที่ 5-74 แสดงภาพถ่ายบิวาล์วไอดีบนฝาสูบ
จากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันปาล์มดิบ
ผสมดีเซล



รูปที่ 5-75 แสดงภาพถ่ายบ่าวาล์วไอเสียบนฝา
สูบจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล

รูปที่ 5-76 แสดงภาพถ่ายบ่าวาล์วไอเสียบนฝา
สูบจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์ม
ดิบผสมดีเซล



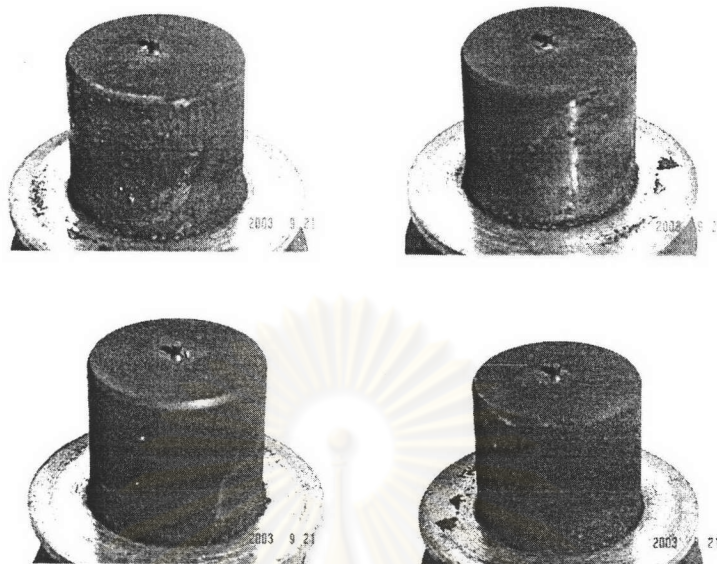
รูปที่ 5-77 แสดงภาพถ่ายวาล์วไอดีจาก
เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล

รูปที่ 5-78 แสดงภาพถ่ายวาล์วไอดีจาก
เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสม
ดีเซล

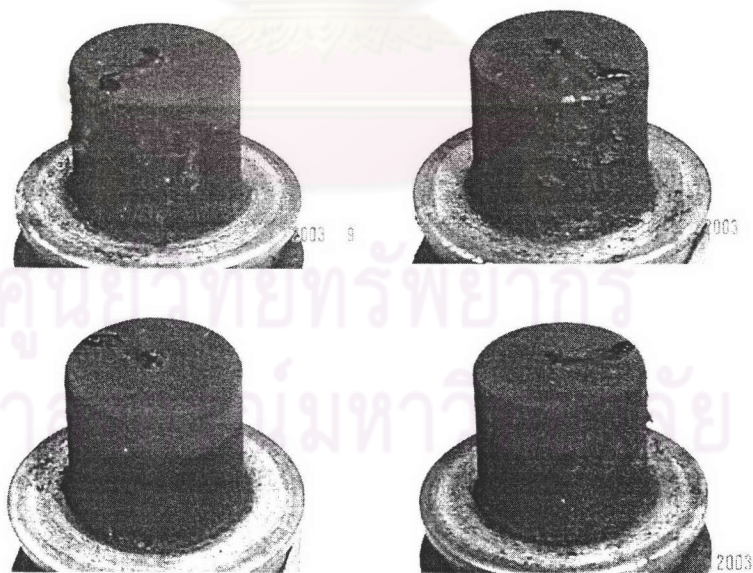


รูปที่ 5-79 แสดงภาพถ่ายวาล์วไอเสียจาก
เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล

รูปที่ 5-80 แสดงภาพถ่ายวาล์วไอเสียจาก
เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสม
ดีเซล



รูปที่ 5-81 แสดงภาพถ่ายหัวฉีดจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล



รูปที่ 5-82 แสดงภาพถ่ายหัวฉีดจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล

5.7 ผลการเปรียบเทียบน้ำหนักชิ้นส่วนในเครื่องยนต์ก่อนและหลังการทดสอบความทนทาน

หลังจากทำการตรวจพินิจชิ้นส่วนภายในเปรียบเทียบระหว่างทั้งสองเครื่องยนต์แล้วได้ทำ ความสะอาดคราบตะกอนและเขม่าออก เพื่อทำการชั่งน้ำหนักเปรียบเทียบกับน้ำหนักของชิ้นส่วน ก่อนการทดสอบที่ได้ทำการชั่งไว้ก่อนแล้ว การเปรียบเทียบมุ่งเน้นตรวจ 3 กลุ่มที่เกี่ยวข้องกับ น้ำมันเชื้อเพลิง คือ กลุ่มชิ้นส่วนจากห้องเผาไหม้ กลุ่มชิ้นส่วนหัวฉีด และกลุ่มชิ้นส่วนปั๊มหัวฉีด

ผลการชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนในห้องเผาไหม้แสดงดังตารางที่ 5-7 ผลการชั่งน้ำหนักชิ้นส่วน หัวฉีดแสดงดังตารางที่ 5-8 และผลการชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนปั๊มเชื้อเพลิงแสดงดังตารางที่ 5-9

ตาราง 5-7 แสดงผลการชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนในเครื่องยนต์

ชิ้นส่วน	น้ำหนัก (กรัม)					
	เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล			เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล		
	ก่อนการทดสอบ	หลัง 320 ชม.	เปลี่ยนแปลง	ก่อนการทดสอบ	หลัง 320 ชม.	เปลี่ยนแปลง
แหวนอัด 1	17.743	17.682	0.061	17.693	17.583	0.109
แหวนอัด 2	15.916	15.852	0.064	15.866	15.771	0.095
แหวนอัด 3	14.780	14.723	0.056	14.631	14.562	0.069
แหวนน้ำมัน	24.477	24.446	0.031	24.186	24.157	0.029
บุช ก้านสูบ	35.774	35.773	0.002	35.542	35.540	0.002
ลูกสูบ	636.730	636.430	0.300	638.210	636.040	2.170
สลักลูกสูบ	236.140	236.040	0.100	236.170	236.040	0.130

ตารางที่ 5-8 แสดงผลการชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนหัวฉีด

ชิ้นส่วน	น้ำหนัก (กรัม)					
	เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล			เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล		
	ก่อนการทดสอบ	หลัง 320 ชม.	เปลี่ยนแปลง	ก่อนการทดสอบ	หลัง 320 ชม.	เปลี่ยนแปลง
เข็มหัวฉีด	5.164	5.163	0.000	5.166	5.166	0.000
ชิ้นส่วนต่อเข็มหัวฉีด	14.129	14.128	0.001	14.258	14.258	0.000

ตารางที่ 5-9 แสดงผลการชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนปั๊มเชื้อเพลิง

ชิ้นส่วน	น้ำหนัก (กรัม)					
	เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล			เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล		
	ก่อนการทดสอบ	หลัง 320 ชม.	เปลี่ยนแปลง	ก่อนการทดสอบ	หลัง 320 ชม.	เปลี่ยนแปลง
วาล์วกันย้อนกลับ	2.074	2.075	0.000	2.041	2.041	0.000
เรือนวาล์วกันย้อนกลับ	7.816	7.816	0.000	7.800	7.800	0.000
ลูกสูบ	10.713	10.713	0.000	10.776	10.775	0.000
กระบอกลูกสูบ	24.173	24.173	0.000	24.237	24.237	0.000

ผลการชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนของเครื่องยนต์พบว่าชิ้นส่วนจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลมีน้ำหนักที่ลดลงในปริมาณที่สูงกว่าชิ้นส่วนจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล ยกเว้นน้ำหนักของแหวนน้ำมันซึ่งค่าลดลงจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมีค่าที่สูงกว่า ไม่พบความแตกต่างของการลดลงของน้ำหนักแบริ่งก้านสูบและพบว่าน้ำหนักของลูกสูบ แหวนอัดที่ 1 และ 2 มีค่าลดลงต่างกัน ปริมาณที่สูง

ส่วนผลจากการชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนของชุดหัวฉีดและชุดปั๊มเชื้อเพลิงพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของชิ้นส่วนดังกล่าวในทั้งสองเครื่องยนต์