

บทที่ 5

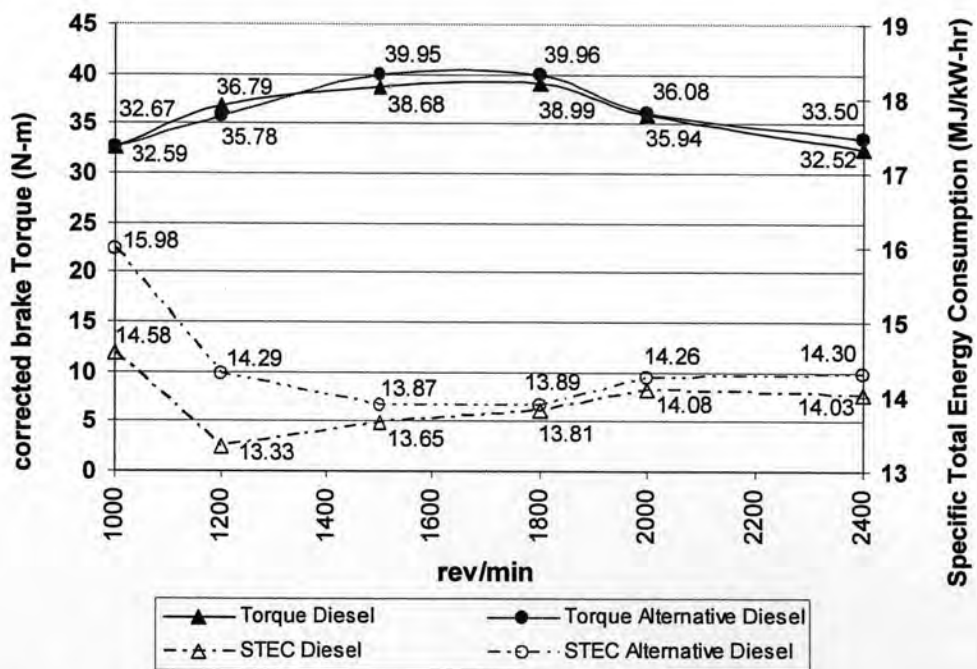
ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล

5.1 ผลการทดสอบสมรรถนะ

ผลจากการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ ระหว่างค่าแรงบิดเบรก อัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรก หลังทำการปรับแก้ไขค่าสำหรับอุณหภูมิและความดันบรรยากาศมาตรฐาน อุณหภูมิไอเสีย และค่าควันท่ำ ซึ่งทำการทดสอบโดยใช้น้ำมันดีเซล และ น้ำมันดีเซลทางเลือก ณ สภาวะคงตัวที่ความเร็วรอบคงที่ บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์ นำเสนอออกเป็นผลที่สภาวะภาระสูงสุด และที่สภาวะภาระบางส่วน ดังนี้

5.1.1 ผลของแรงบิดเบรก (Brake Torque) กับ อัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ (STEC) ที่สภาวะภาระสูงสุด

ผลของแรงบิดเบรก (Brake Torque) กับอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ (STEC) ที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลทางเลือก แสดงในรูปที่ 5-1



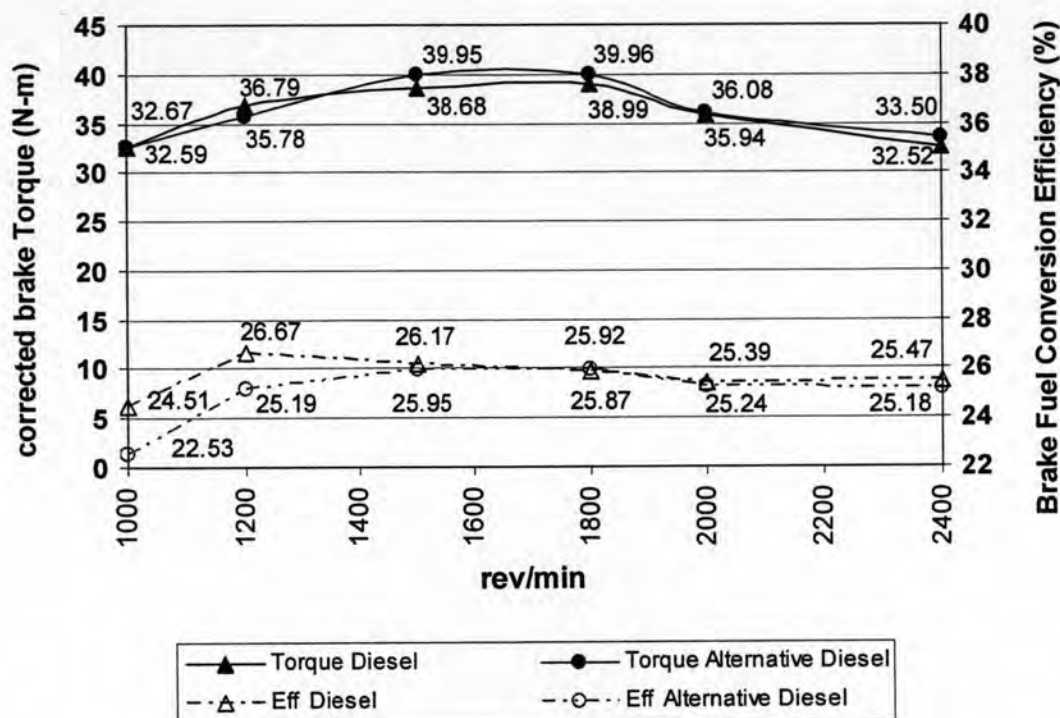
รูปที่ 5-1 เปรียบเทียบผลของแรงบิดเบรก (brake Torque) และอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ (STEC) ที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลทางเลือก

จากรูปที่ 5-1 แสดงผลของแรงบิดเบรก (Brake Torque) กับอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ (STEC) ของเครื่องยนต์เมื่อน้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับเมื่อน้ำมันดีเซลทางเลือกเป็นเชื้อเพลิง พบว่าค่าแรงบิดเบรกสูงสุดที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน แต่มีบางช่วงที่ค่าสูงกว่าเล็กน้อยคือในช่วงความเร็ว 1,300-1,900 รอบต่อนาที โดยค่าแรงบิดเบรกสูงสุดที่ได้จากน้ำมันดีเซลมีค่าประมาณ 39.5 N-m ส่วนแรงบิดเบรกสูงสุดที่ได้จากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกมีค่าประมาณ 40.5 N-m ซึ่งเกิดขึ้นที่ความเร็วรอบเดียวกันคือ 1,600 รอบต่อนาที ความแตกต่างอยู่ที่ร้อยละ 2.5 อัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ ที่ได้จากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกมีค่าสูงกว่าค่าจากการใช้น้ำมันดีเซลอย่างเห็นได้ชัด อัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ ต่ำสุดที่ได้จากน้ำมันดีเซลมีค่า 13.3 MJ/kW-hr ที่ความเร็ว 1,200 รอบต่อนาที และค่าต่ำสุดที่ได้จากน้ำมันดีเซลทางเลือกมีค่า 13.9 MJ/kW-hr ที่ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที

อาจสรุปได้ว่าไม่เห็นถึงความแตกต่างที่ชัดเจนจากค่าแรงบิดเบรกที่ได้จากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก ส่วนอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ ที่ได้จากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากน้ำมันดีเซลอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากน้ำมันดีเซลทางเลือกมีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซล ซึ่งมีอิทธิพลต่อปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงของปั๊ม เนื่องจากความหนืดที่สูงมีแนวโน้มทำให้เกิดการรั่วของเชื้อเพลิงในช่วงการอัดตัวของลูกสูบในปั๊มเชื้อเพลิงลดลงทำให้ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงในหนึ่งช่วงการอัดมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผลของค่าความหนาแน่นของน้ำมันดีเซลทางเลือกมีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซล ซึ่งความหนาแน่นที่สูงทำให้มวลของเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าห้องเผาไหม้มีปริมาณที่สูง ทำให้ค่าแรงบิดเบรกที่ได้มีค่าสูงกว่าเล็กน้อย ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ ที่เพิ่มขึ้น

5.1.2 ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรก (Brake Fuel Conversion Efficiency) ที่สภาวะภาระสูงสุด

ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล เปรียบเทียบกับ เมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกเป็นเชื้อเพลิง แสดงไว้ในรูปที่ 5-2



รูปที่ 5-2 แสดงผลเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลทางเลือก

จากรูปที่ 5-2 แสดงค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ พบว่าประสิทธิภาพที่ได้จากการใช้น้ำมันดีเซลมีค่าสูงกว่าประสิทธิภาพจากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกที่ทุกความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกสูงสุดจากการใช้น้ำมันดีเซล มีค่าสูงสุดร้อยละ 26.7 ที่ความเร็ว 1,200 รอบต่อนาที ขณะที่ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงจากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกสูงสุดมีค่า ร้อยละ 25.9 ที่ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที

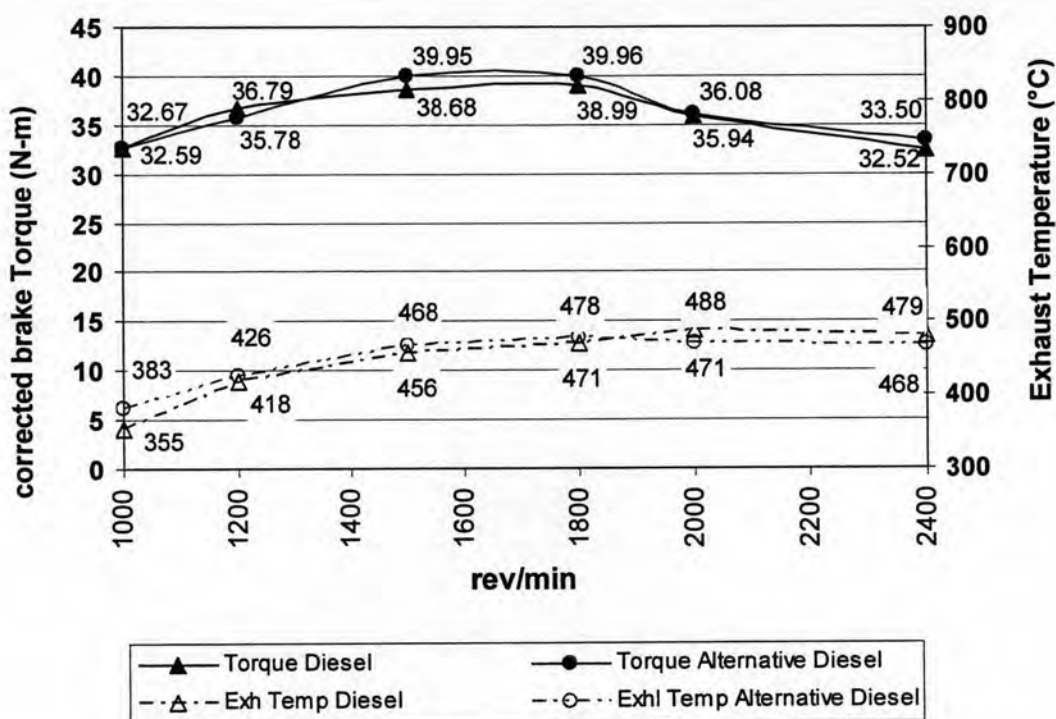
สรุปได้ว่าค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกจำเพาะที่ได้จากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกมีค่าใกล้เคียงกับค่าประสิทธิภาพจากการใช้น้ำมันดีเซล โดยมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อยในช่วงความเร็วรอบต่ำ

5.1.3 อุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระสูงสุด

อุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระสูงสุด (Full Load) ที่ได้จากเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับ เมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกเป็นเชื้อเพลิง แสดงในรูปที่ 5-3

จากรูปที่ 5-3 แสดงค่าอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลทางเลือก พบว่าค่าอุณหภูมิไอเสียที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน

อาจสรุปได้ว่าไม่เห็นถึงความแตกต่างที่ชัดเจนจากค่าอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระสูงสุดที่เกิดจากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก



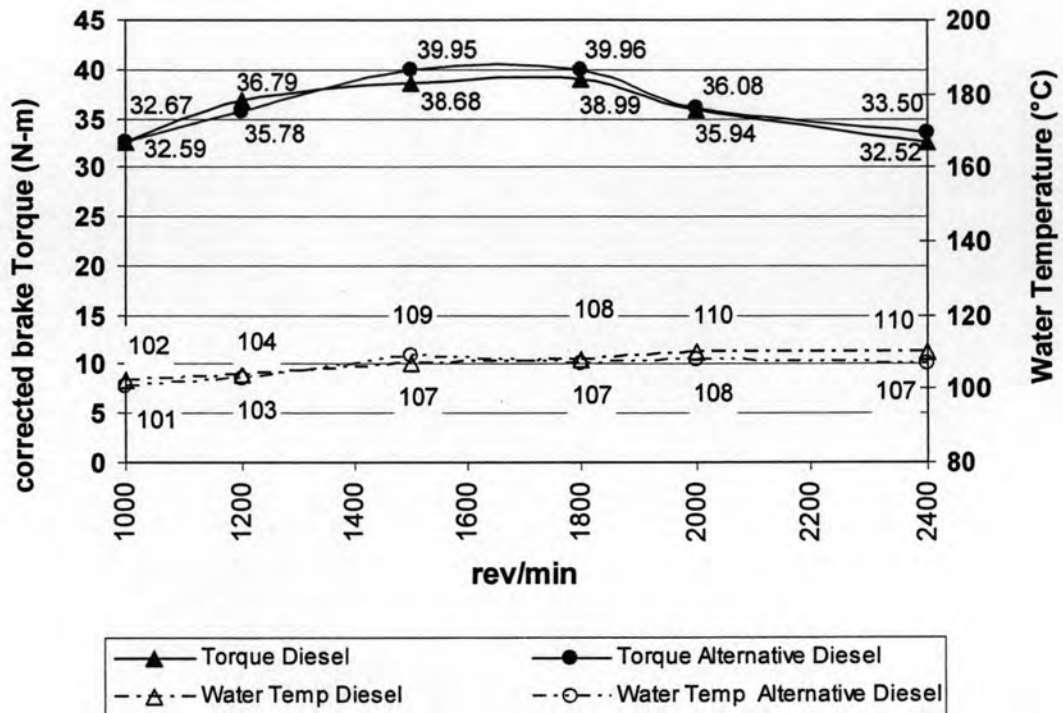
รูปที่ 5-3 แสดงผลเปรียบเทียบอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลทางเลือก

5.1.4 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่สภาวะภาระสูงสุด

อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่สภาวะภาระสูงสุด (Full Load) ที่ได้จากเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับ เมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกเป็นเชื้อเพลิง แสดงในรูปที่ 5-4

จากรูปที่ 5-4 แสดงค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลทางเลือก พบว่าค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน

อาจสรุปได้ว่าไม่เห็นถึงความแตกต่างที่ชัดเจนจากค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่สภาวะภาระสูงสุดที่เกิดจากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก



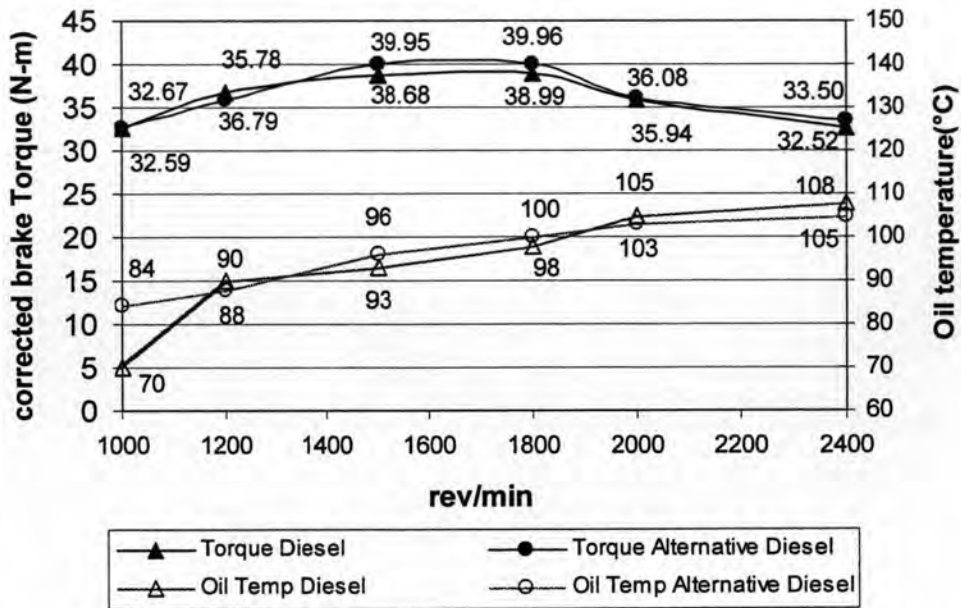
รูปที่ 5-4 แสดงผลเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์
เมื่อนำน้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลทางเลือก

5.1.5 อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะภาระสูงสุด

อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะภาระสูงสุด (Full Load) ที่ได้จากเครื่องยนต์เมื่อนำน้ำมันดีเซล เปรียบเทียบกับ เมื่อนำน้ำมันดีเซลทางเลือกเป็นเชื้อเพลิง แสดงในรูปที่ 5-5

จากรูปที่ 5-5 แสดงค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์เมื่อนำน้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลทางเลือก พบว่าค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน

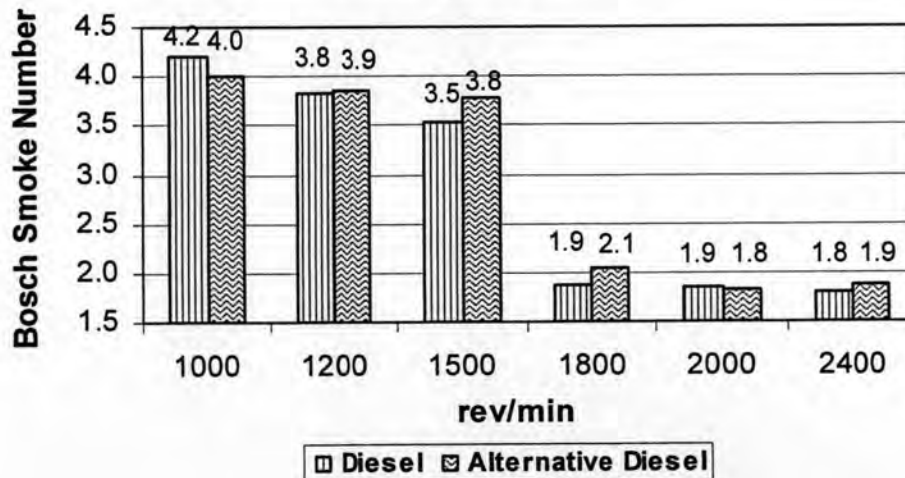
อาจสรุปได้ว่าไม่เห็นถึงความแตกต่างที่ชัดเจนจากค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะภาระสูงสุดที่เกิดจากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก



รูปที่ 5-5 แสดงผลเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลทางเลือก

5.1.6 ค่าควันดำที่สภาวะภาระสูงสุด

ผลการวัดค่าควันดำที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล เปรียบเทียบกับเมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกเป็นเชื้อเพลิง แสดงในรูปที่ 5-6

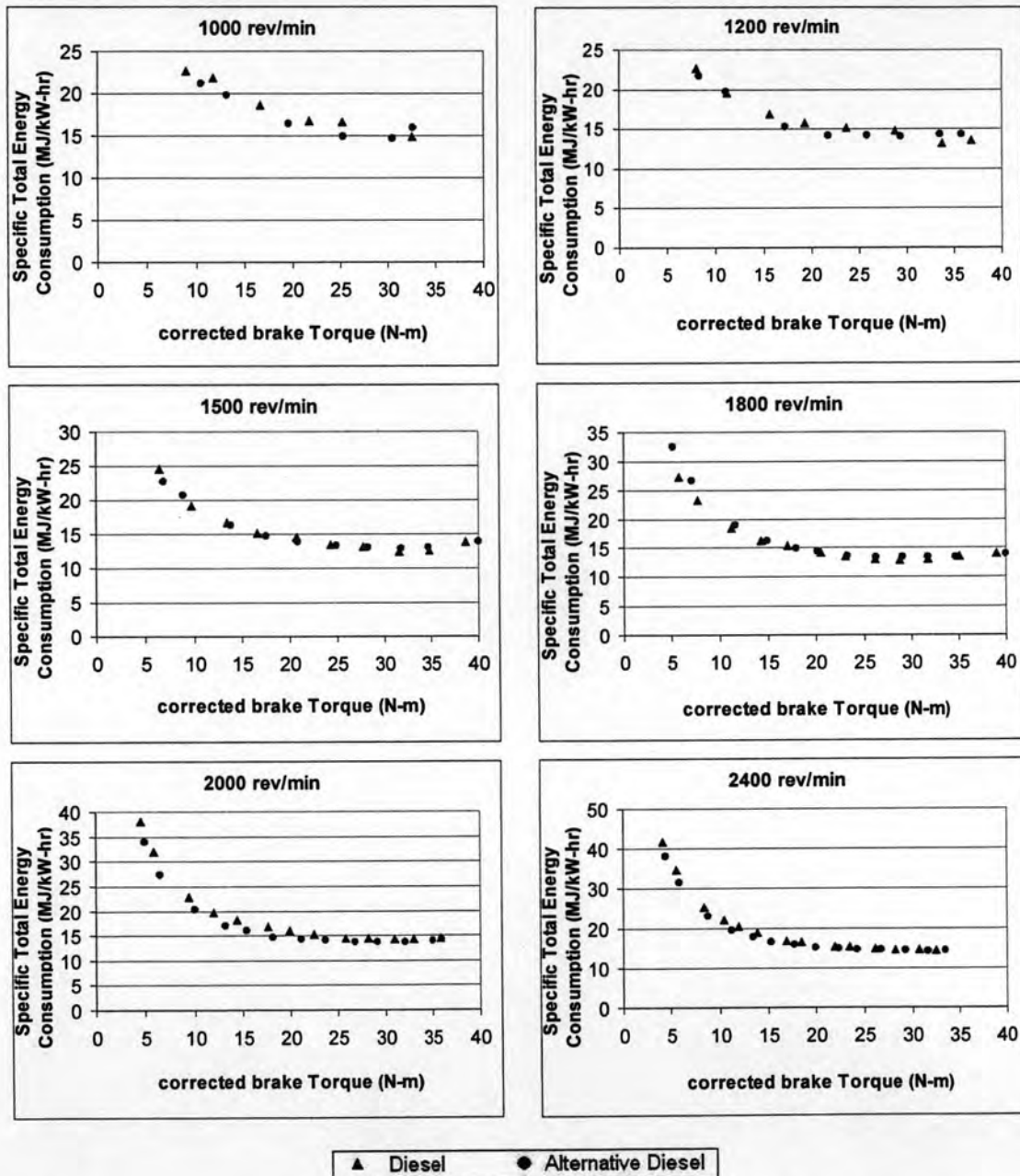


รูปที่ 5-6 แสดงผลเปรียบเทียบค่าควันดำที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลทางเลือก

จากผลการเปรียบเทียบค่าควันดำที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์พบว่าค่าควันดำที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก มีค่าสูงกว่าในหลายๆช่วงความเร็วรอบ ซึ่งเนื่องมาจากน้ำมันเดามีค่า carbon residue และค่าร้อยละของเถ้าที่สูงกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้ในการเผาไหม้ มีเขม่าสูงกว่า

5.1.7 ค่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ สภาวะภาระบางส่วน

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ เบรกและค่าแรงบิดเบรกที่ ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่เปรียบเทียบระหว่างค่าจากการใช้น้ำมันดีเซล กับเมื่อใช้น้ำมันดีเซล ทางเลือกเป็นเชื้อเพลิง แสดงดังรูปที่ 5-7



รูปที่ 5-7 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่ความเร็วรอบ เครื่องยนต์คงที่ค่าต่างๆ ของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และ น้ำมันดีเซลทางเลือก

จากรูปที่ 5-7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะกับแรงบิดเบรก ที่ค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ ตั้งแต่ 1,000 1,200 1,500 1,800 2,000 และ 2,400 รอบต่อนาที ของเครื่องยนต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะจากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกมีค่าสูงกว่าค่าจากการใช้น้ำมันดีเซลอย่างชัดเจน ค่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะต่ำสุดเมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกมีค่า 12.8 MJ/kW-hr เกิดขึ้นที่ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที และแรงบิดเบรก 31.8 N-m ส่วนค่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะต่ำสุดเมื่อใช้น้ำมันดีเซลมีค่า 12.4 MJ/kW-hr เกิดขึ้นที่จุดเดียวกันจากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกที่ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที และแรงบิดเบรก 31.6 N-m ซึ่งค่าจากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกมีค่าสูงกว่าร้อยละ 3.2 ส่วนค่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะในแต่ละจุดทดสอบอื่นๆ พบว่าค่าจากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกในหลายจุดทดสอบมีค่าที่สูงกว่าค่าจากการใช้น้ำมันดีเซลตั้งแต่ ร้อยละ 0.1 ถึง ร้อยละ 14

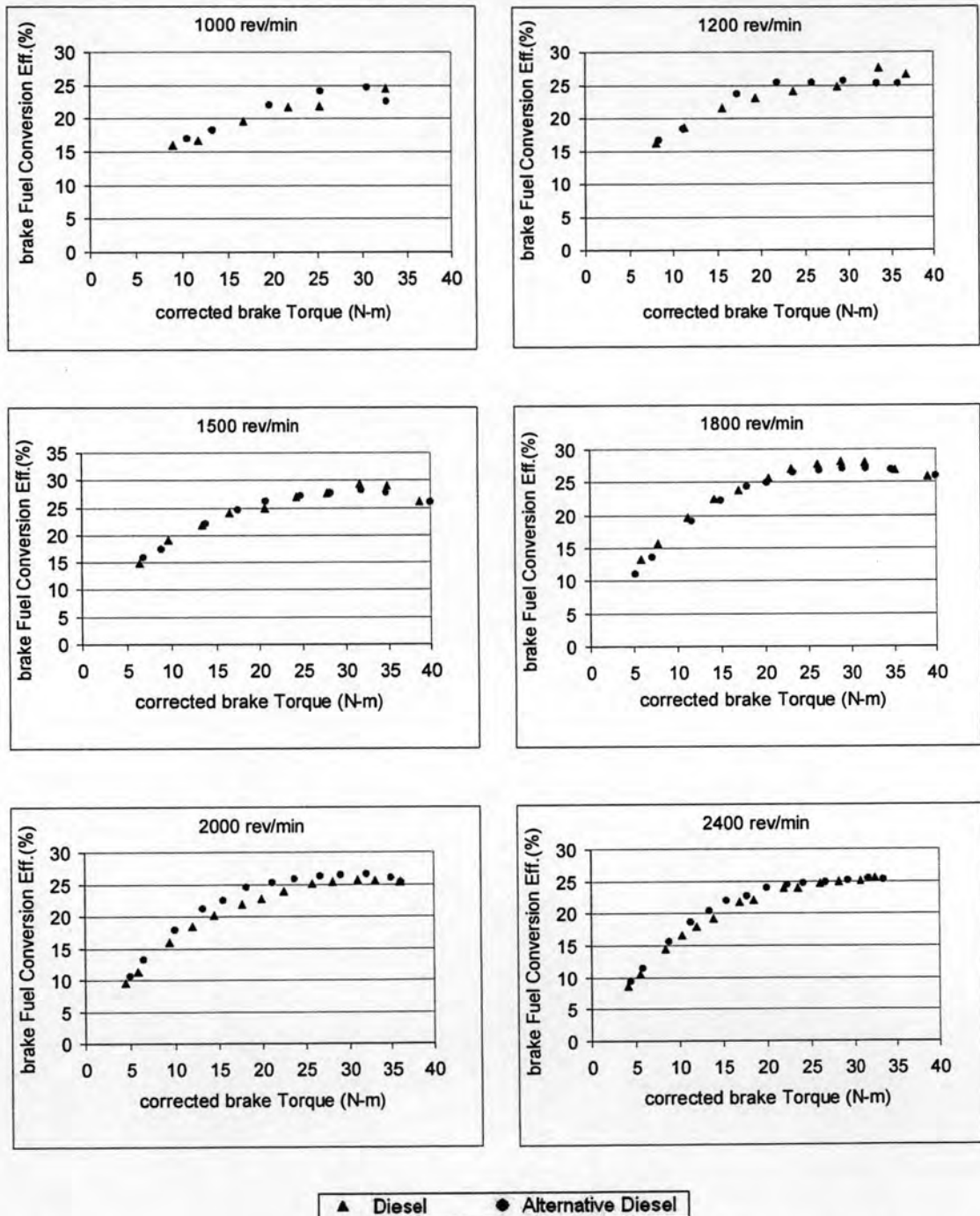
สรุปผลการทดสอบที่สภาวะภาระบางส่วน คือ อัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ มีค่าสูงขึ้นเมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก ซึ่งสาเหตุหลักมาจากค่าความร้อนของน้ำมันดีเซลทางเลือก (44.66 MJ/kg) มีค่าที่ต่ำกว่าค่าความร้อนของน้ำมันดีเซล (45.56 MJ/kg) โดยความแตกต่างของค่าความร้อนอยู่ที่ ร้อยละ 2.0

5.1.8 ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ สภาวะภาระบางส่วน

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกและค่าแรงบิดเบรกที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ เปรียบเทียบผลระหว่างใช้น้ำมันดีเซล และใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกเป็นเชื้อเพลิง แสดงดังรูปที่ 5-8

จากรูปที่ 5-8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกกับแรงบิดเบรก ที่ค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ ตั้งแต่ 1,000 1,200 1,500 1,800 2,000 และ 2,400 รอบต่อนาที ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกจากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากน้ำมันดีเซล โดยค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกสูงสุดเมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกมีค่า ร้อยละ 28.14 เกิดขึ้นที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,500 รอบต่อนาที และแรงบิดเบรก 31.81 N-m ส่วนค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกสูงสุดเมื่อใช้น้ำมันดีเซลมีค่า ร้อยละ 29.4 เกิดขึ้นที่จุดเดียวกันจากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,500 รอบต่อนาที และแรงบิดเบรก 31.6 N-m ซึ่งพบว่า ณ จุดทำงานดังกล่าวค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกจากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกมีค่าต่ำกว่า ร้อยละ 4.4

สรุปได้ว่าค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่ได้จากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลื้อกและน้ำมันดีเซลมีค่าใกล้เคียงกัน โดยน้ำมันดีเซลมีค่าสูงกว่าเล็กน้อยในบางจุดทดสอบ ซึ่งประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรก จะลดความสั้มพันธ์ของตัวแปรค่าความร้อนของเชื้อเพลิง ทำให้ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกจากการใช้น้ำมันทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน

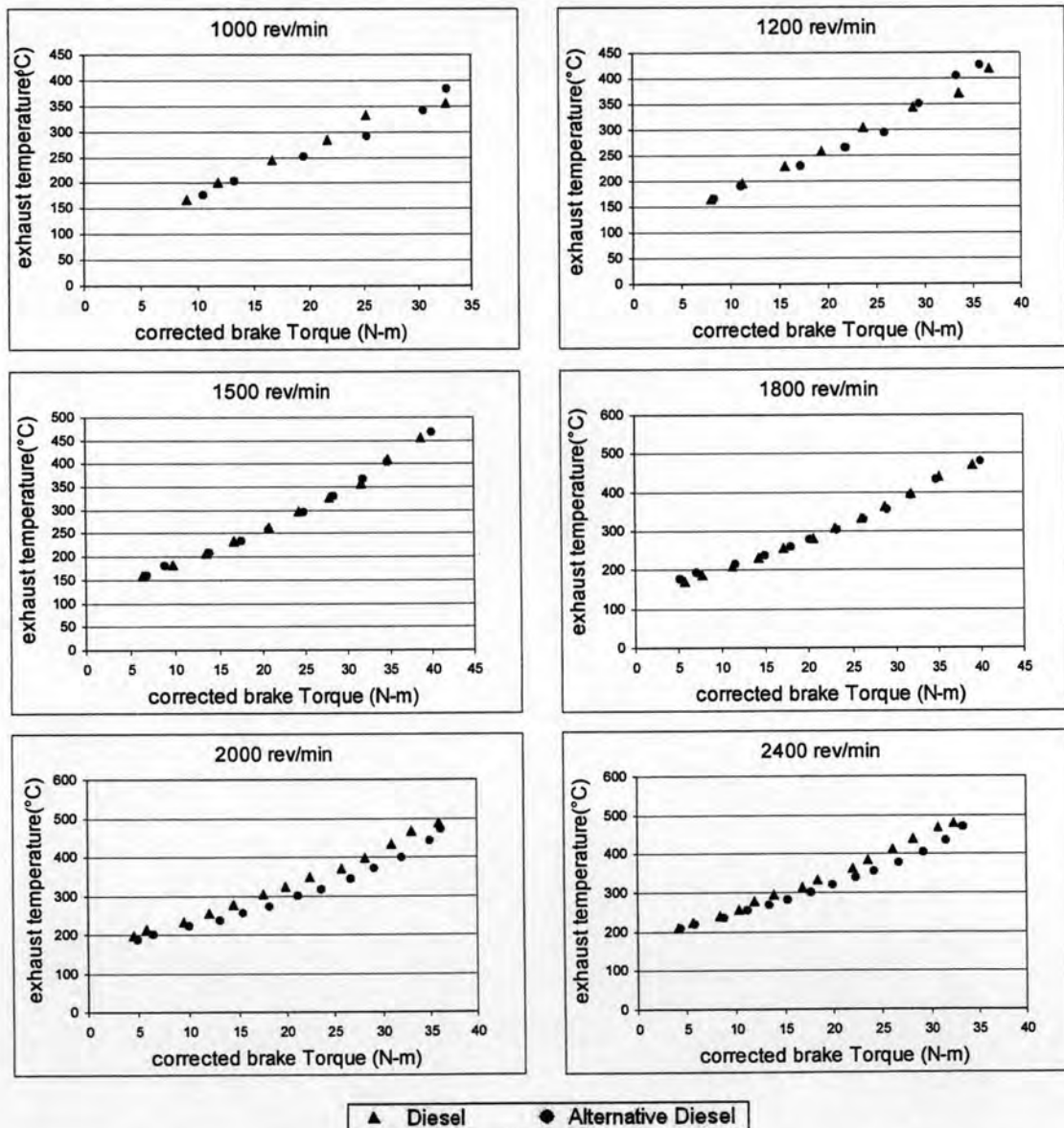


รูปที่ 5-8 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ค่าต่างๆ เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลทางเลื้อก

5.1.9 ค่าอุณหภูมิไอเสียที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ สภาวะภาระบางส่วน

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิไอเสียและค่าแรงบิดเบรกที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ เปรียบเทียบผลระหว่างใช้น้ำมันดีเซล และใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกเป็นเชื้อเพลิง แสดงดังรูปที่ 5-9

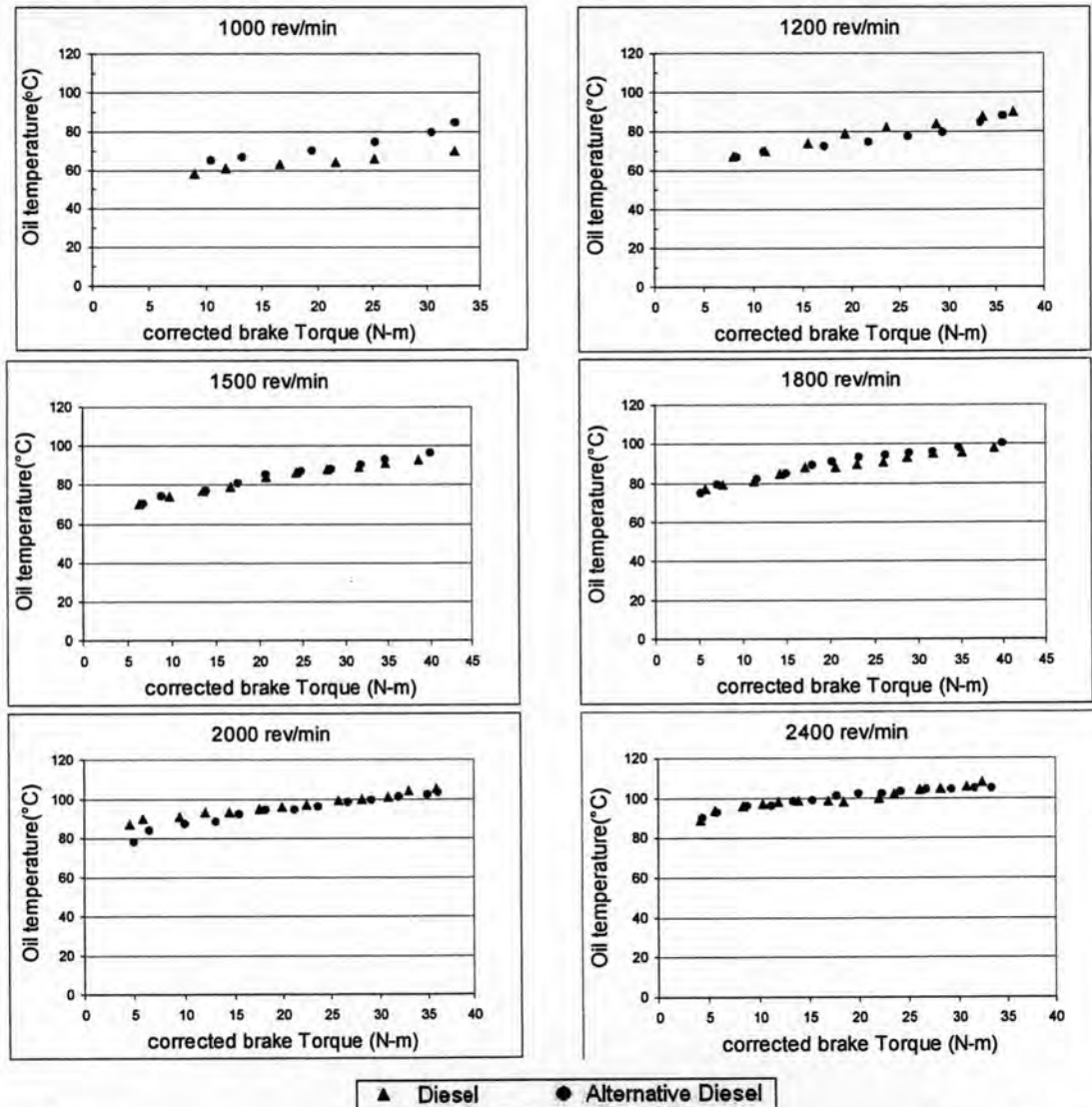
จากรูปที่ 5-9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิไอเสียกับแรงบิดเบรก ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ ตั้งแต่ 1,000 1,200 1,500 1,800 2,000 และ 2,400 รอบต่อนาที ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าอุณหภูมิไอเสียจากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่เกิดจากน้ำมันดีเซล สรุปได้ว่าค่าอุณหภูมิไอเสียที่เกิดจากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกและน้ำมันดีเซลมีค่าใกล้เคียงกัน โดยน้ำมันดีเซลมีค่าสูงกว่าเล็กน้อยในบางจุดทดสอบ



รูปที่ 5-9 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิไอเสียที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ค่าต่างๆ เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลทางเลือก

5.1.10 ค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ สภาวะภาระบางส่วน

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นและค่าแรงบิดเบรกที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ เปรียบเทียบผลระหว่างใช้น้ำมันดีเซล และใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกเป็นเชื้อเพลิง แสดงดังรูปที่ 5-10



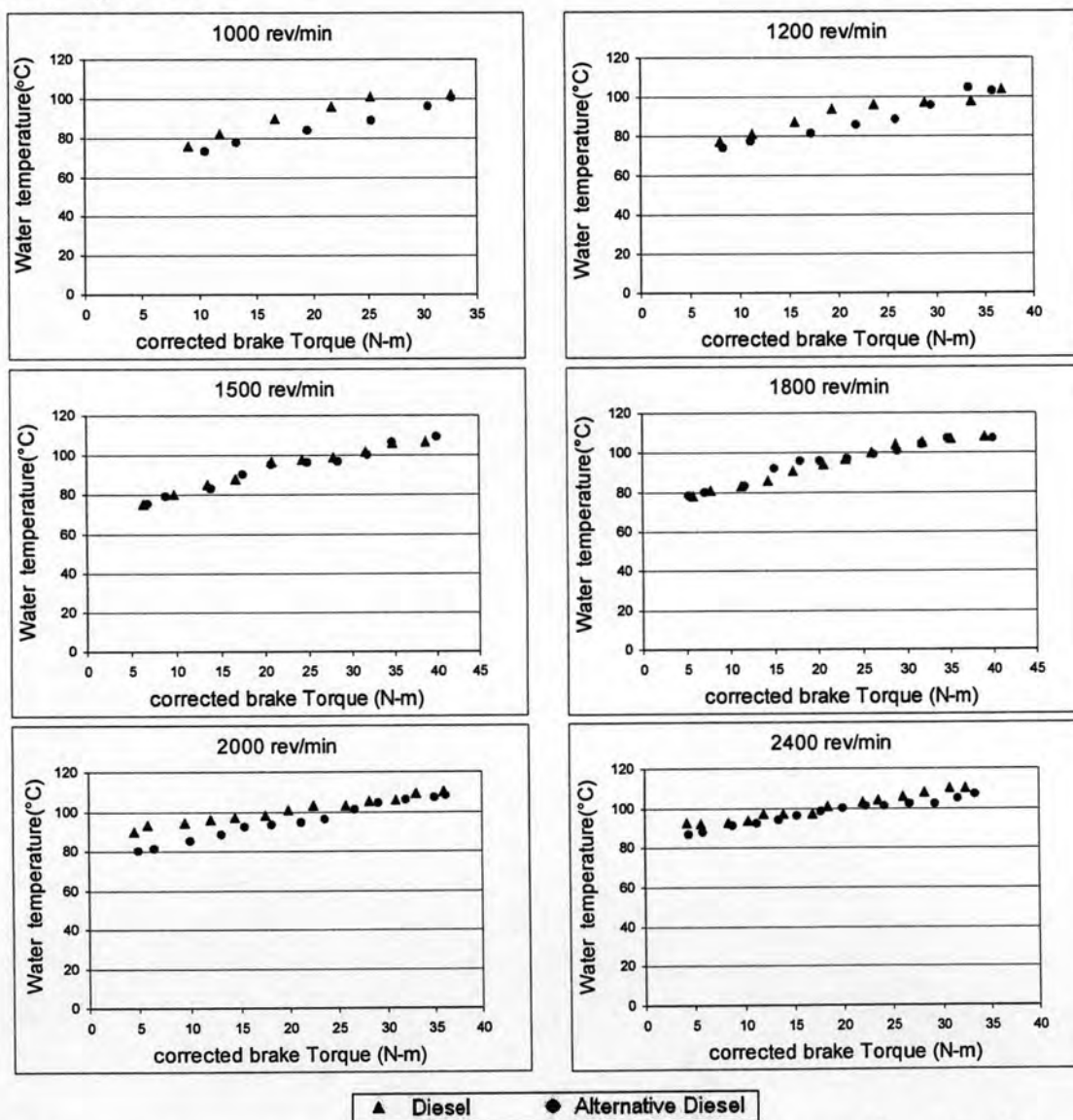
รูปที่ 5-10 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ที่ค่าต่างๆ เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลทางเลือก

จากรูปที่ 5-10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นกับแรงบิดเบรก ที่ค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ ตั้งแต่ 1,000 1,200 1,500 1,800 2,000 และ 2,400 รอบต่อนาที ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นจากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่เกิดจากน้ำมันดีเซล โดยค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นเมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกมีค่าสูงกว่าเล็กน้อยที่ความเร็ว 1,000 รอบต่อนาที

สรุปได้ว่าค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่เกิดจากการใช้น้ำมันดีเซลทางเล็กลงและน้ำมันดีเซลมีค่าใกล้เคียงกัน โดยน้ำมันดีเซลทางเล็กลงมีค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นสูงกว่าเล็กน้อยในบางจุดทดสอบ

5.1.11 ค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ สภาวะภาระบางส่วน

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นและค่าแรงบิดเบรกที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ เปรียบเทียบผลระหว่างใช้น้ำมันดีเซล และใช้น้ำมันดีเซลทางเล็กลงเป็นเชื้อเพลิงแสดงดังรูปที่ 5-11



รูปที่ 5-11 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ค่าต่างๆ เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลทางเล็กลง

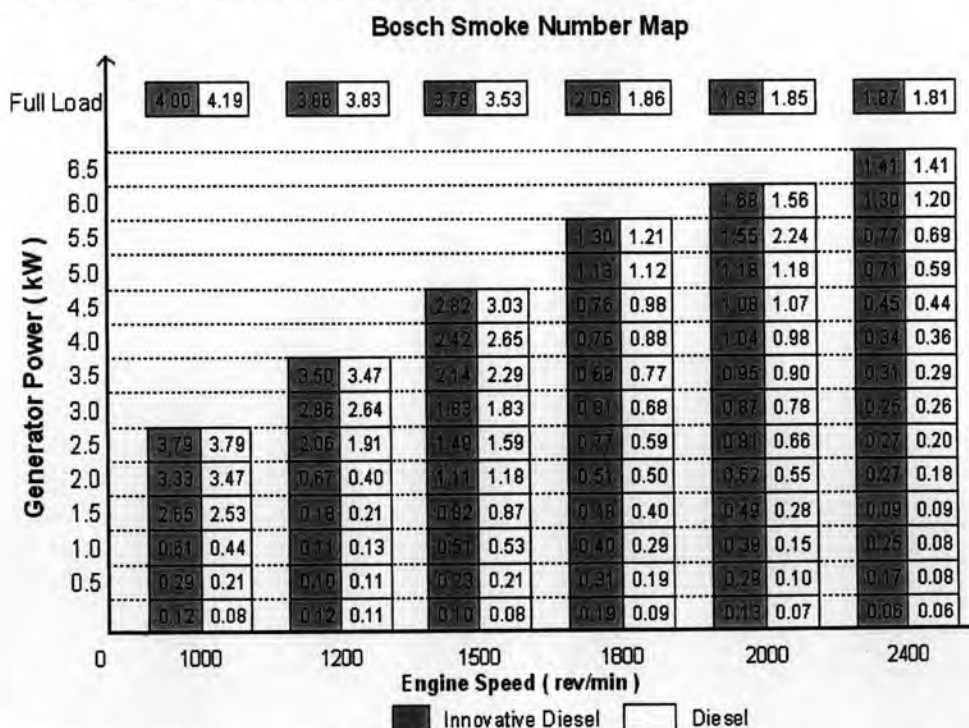
จากรูปที่ 5-11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นกับแรงบิดเบรก ที่ค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ ตั้งแต่ 1,000 1,200 1,500 1,800 2,000 และ 2,400 รอบต่อนาที ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นจากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากน้ำมันดีเซล

สรุปได้ว่าค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่เกิดจากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกและน้ำมันดีเซลมีค่าใกล้เคียงกัน โดยน้ำมันดีเซลมีค่าสูงกว่าเล็กน้อยในบางจุดทดสอบ

5.1.12 ค่าควันดำที่สภาวะภาระบางส่วน

จากการวัดค่าควันดำที่สภาวะภาระสูงสุดและที่สภาวะภาระบางส่วนของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลทางเลือก สามารถนำมาเปรียบเทียบและแสดงไว้ในรูปที่ 5-12

ค่าควันดำจากการวัดด้วยเครื่องวัดควันดำแบบกระดาษกรองมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง ดังนั้นในการทดสอบจึงทำการวัดค่าควันดำถึง 3 ครั้งและหาค่าเฉลี่ยต่อหนึ่งจุดทดสอบ ซึ่งผลจากการวัดพบว่า ค่าควันดำจากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกมีค่าสูงกว่าค่าควันดำจากการใช้น้ำมันดีเซลในย่านการทำงานที่แรงบิดเบรกปานกลางถึงแรงบิดเบรกสูงสุด ส่วนย่านการทำงานที่แรงบิดเบรต่ำค่าควันดำที่ได้จากการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกัน โดยเชื้อเพลิงทั้งสองมีแนวโน้มคล้ายกันคือที่สภาวะภาระบางส่วนค่าควันดำมีค่าเพิ่มขึ้นตามแรงบิดเบรกที่เพิ่มขึ้นและน้อยลงตามความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน



รูปที่ 5-12 แสดงผลเปรียบเทียบค่าควันดำที่สภาวะภาระสูงสุดและที่สภาวะภาระบางส่วนเมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลทางเลือก

5.1.13 แผนภูมิแสดงสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ (Engine Map)

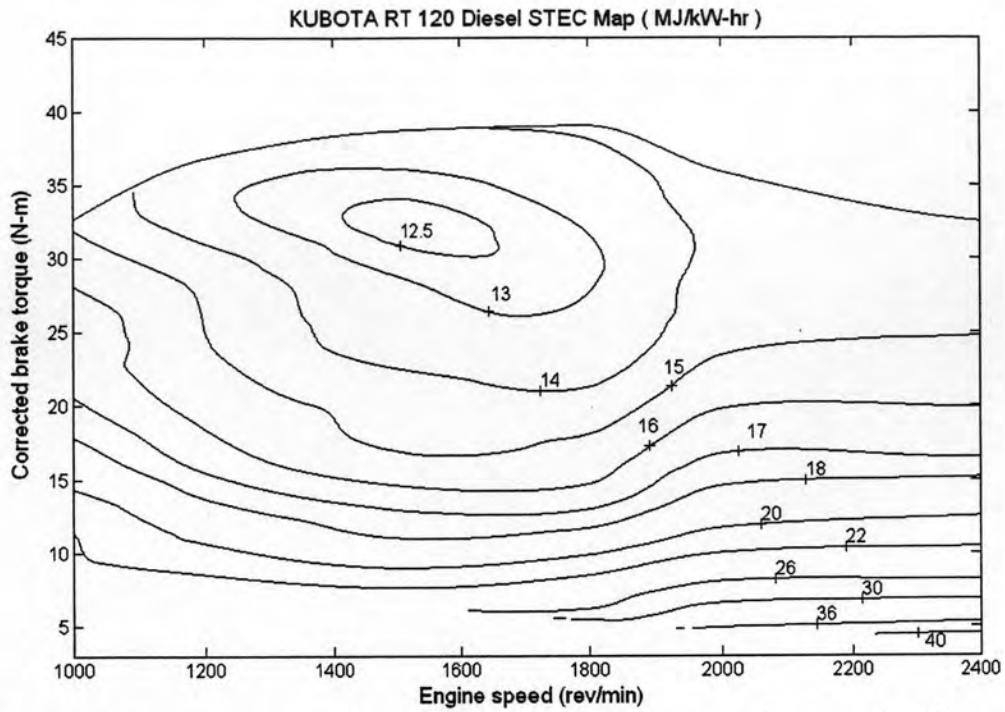
เมื่อเราทราบค่าการทำงานของเครื่องยนต์ ที่สภาวะสูงสุด และสภาวะบางส่วนแล้ว เราสามารถนำค่าที่ได้ มาแสดงในรูปของแผนภูมิแสดงสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ เพื่อให้เห็นภาพรวมของสภาวะการทำงานได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น เนื่องจากแผนภูมิแสดงสภาวะการทำงานจะแสดงค่าที่ทุกความเร็วรอบ และ ที่ทุกสภาวะการทำงาน โดยเราจะแสดงแผนภูมิต่างๆดังนี้

- แผนภูมิอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ
- แผนภูมิประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรก
- แผนภูมิอุณหภูมิไอเสีย
- แผนภูมิอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น
- แผนภูมิอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น

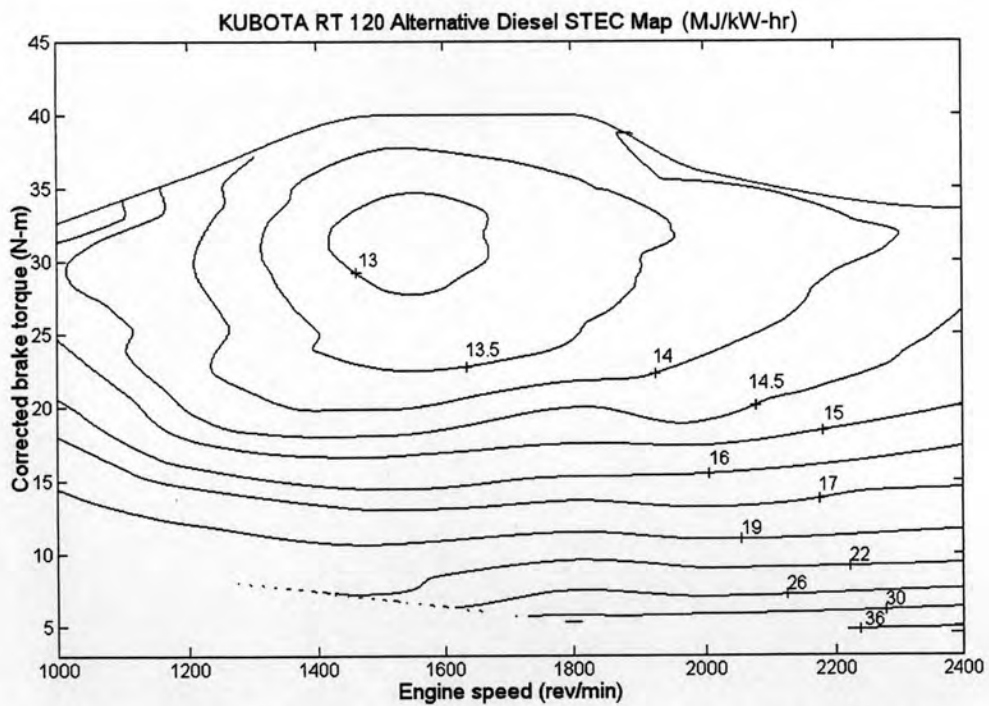
5.1.14 แผนภูมิอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ

ผลการทดสอบที่ภาวะสูงสุดและสภาวะภาวะบางส่วน แสดงในรูปของแผนภูมิอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ โดยแผนภูมิอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่ได้จากเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล เปรียบเทียบกับ เมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกเป็นเชื้อเพลิง แสดงดังรูปที่ 5-13 และ 5-14 ตามลำดับ

จากรูปที่ 5-13 และ 5-14 แสดงแผนภูมิอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะเมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลทางเลือก เมื่อมองภาพรวมของแผนภูมิ พบว่า แนวของเส้นอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ จากน้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลทางเลือก มีลักษณะที่คล้ายกันคือ แนวโน้มของจุดศูนย์กลางของแผนภูมิซึ่งแสดงถึงค่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ ต่ำสุดอยู่ในช่วงความเร็วที่กว้างตั้งแต่ 1,400 ถึง 1,700 รอบต่อนาที ที่ช่วงแรงบิดประมาณ 30-35 N-m เมื่อพิจารณาผลที่ตำแหน่งค่าแรงบิดเบรกและความเร็วรอบเดียวกันพบว่าน้ำมันดีเซลให้ค่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ ต่ำกว่าน้ำมันดีเซลทางเลือก



รูปที่ 5-13 แสดงแผนภูมิอัตราการใช้พลังงานรวมจำเพาะของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล

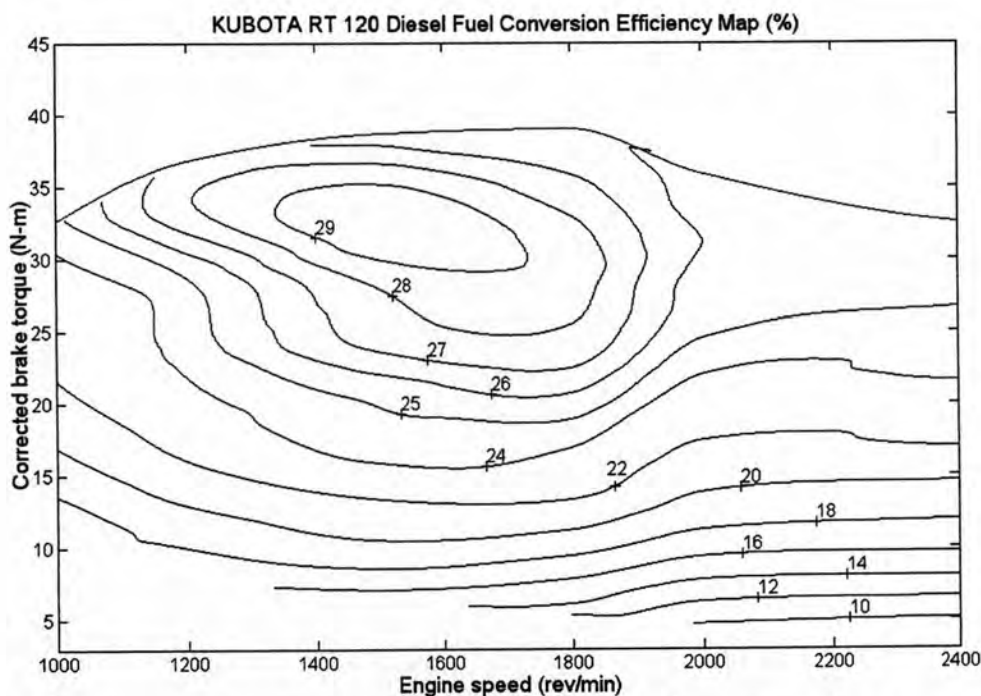


รูปที่ 5-14 แสดงแผนภูมิอัตราการใช้พลังงานรวมจำเพาะของเครื่องยนต์
เมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก

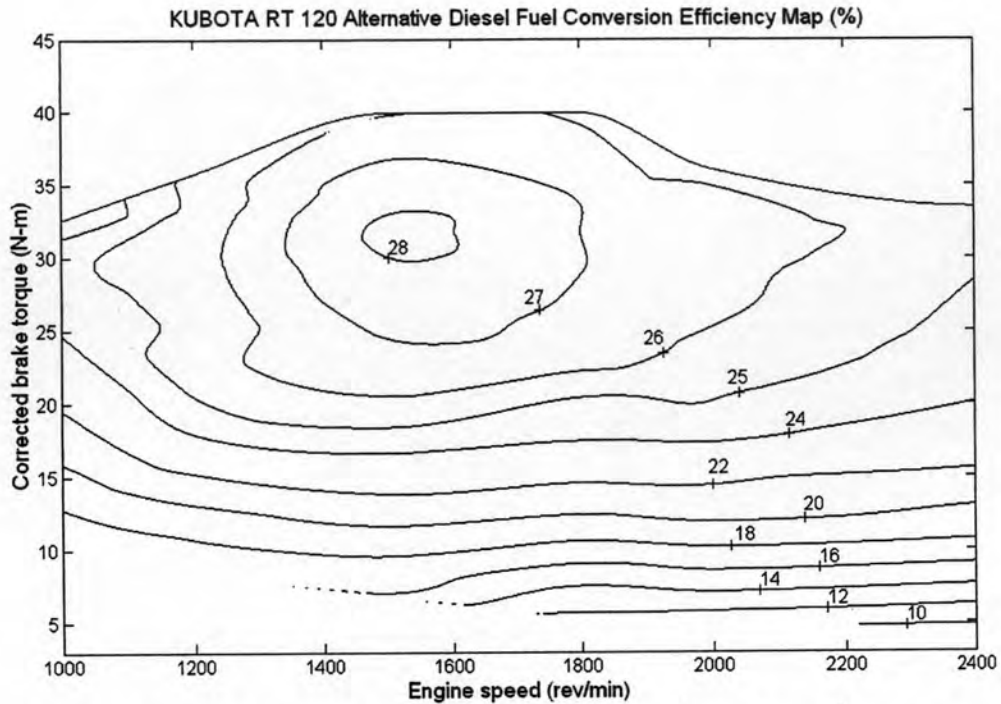
5.1.15 แผนภูมิประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรก

ผลการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่สภาวะภาระสูงสุด และสภาวะภาระบางส่วน ของเครื่องยนต์เมื่อนำน้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลทางเลือก แสดงในรูปแบบของแผนภูมิ ดังรูปที่ 5-15 และรูปที่ 5-16 ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบผลระหว่างใช้น้ำมันดีเซล และใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกเป็นเชื้อเพลิง สรุปได้ดังนี้

จากแผนภูมิที่ได้พบว่าค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระบางส่วน ของเครื่องยนต์จากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกมีค่าน้อยกว่าน้ำมันดีเซลอย่างชัดเจน ในช่วงภาระสูง ส่วนในช่วงภาระต่ำประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระบางส่วน ของเครื่องยนต์จากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก มีค่าใกล้เคียงกับดีเซล



รูปที่ 5-15 แผนภูมิสมรรถนะแสดงค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกของเครื่องยนต์เมื่อนำน้ำมันดีเซล



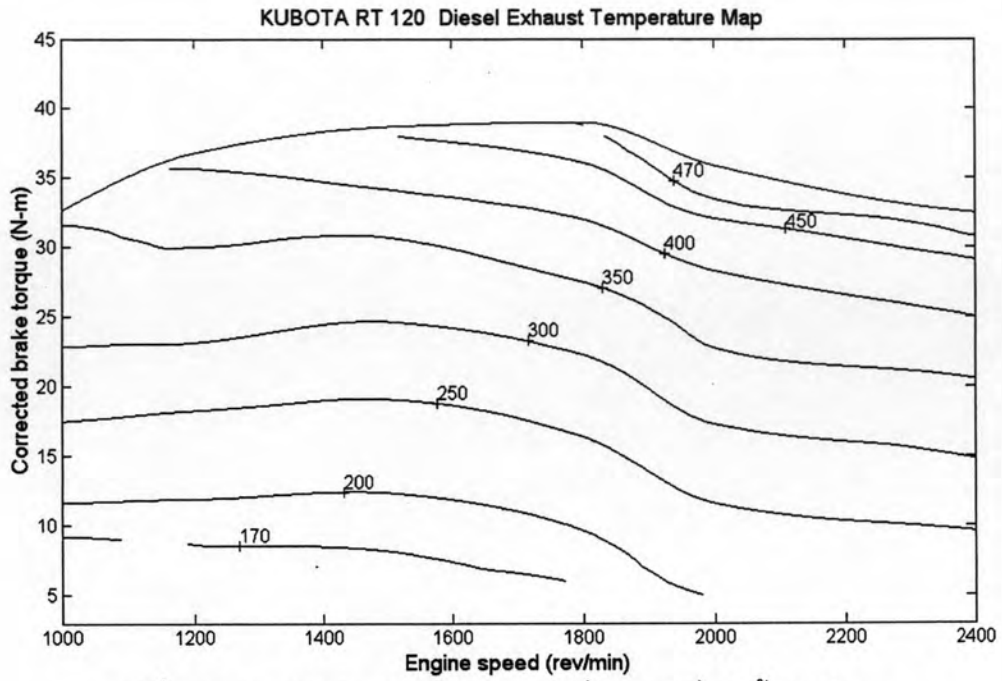
รูปที่ 5-16 แผนภูมิสมรรถนะแสดงค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรก
ของเครื่องยนต์เมื่อนำน้ำมันดีเซลทางเลือก

5.1.16 แผนภูมิอุณหภูมิไอเสีย

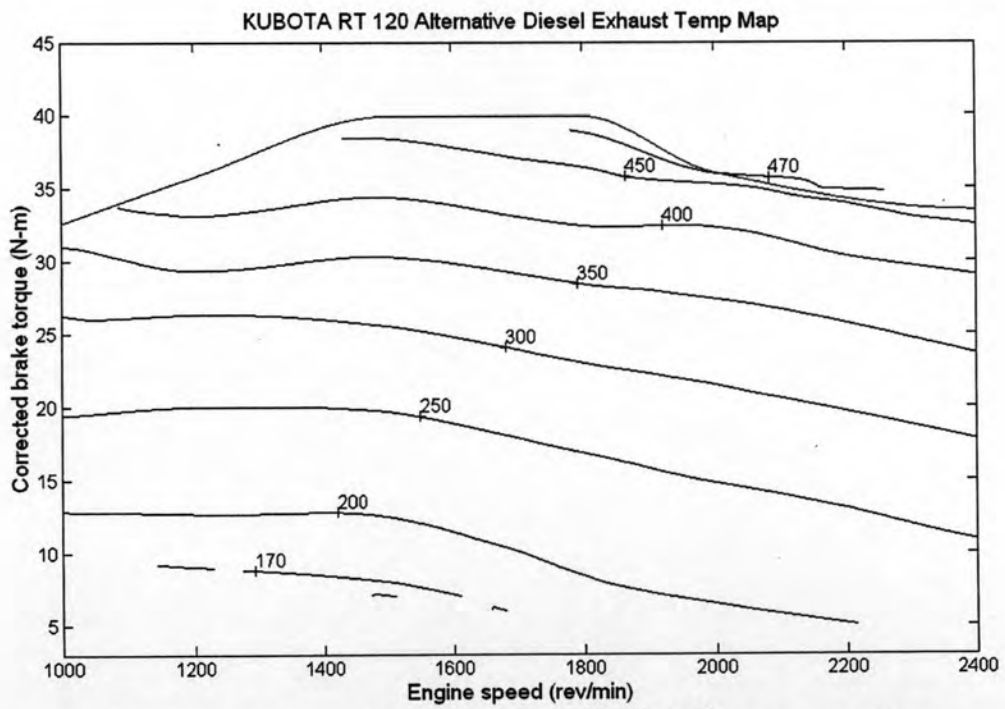
ผลการวัดค่าอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระสูงสุด และสภาวะภาระบางส่วน สามารถนำมาแสดงในรูปของแผนภูมิอุณหภูมิไอเสีย โดยอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ เมื่อนำน้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลทางเลือก แสดงในรูปที่ 5-17 และ 5-18 ตามลำดับ

อุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระบางส่วน ระหว่างการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกและ น้ำมันดีเซล มีค่าใกล้เคียงกัน ไม่เห็นความแตกต่างที่ชัดเจน โดยค่าอุณหภูมิไอเสียจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่าแรงบิดสูงขึ้น และรอบการทำงานสูงขึ้น

สรุปได้ว่าอุณหภูมิไอเสียเมื่อนำน้ำมันดีเซลทางเลือกและ น้ำมันดีเซล มีค่าใกล้เคียงกัน ไม่เห็นความแตกต่างที่ชัดเจน ทั้งในช่วงสภาวะภาระสูงสุด และช่วงสภาวะภาระบางส่วน



รูปที่ 5-17 แผนภูมิอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล



รูปที่ 5-18 แผนภูมิอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก

5.1.17 แผนภูมิอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น

ผลการวัดค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะภาระสูงสุด และสภาวะภาระบางส่วน สามารถนำมาแสดงในรูปของแผนภูมิอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น โดยอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และ น้ำมันดีเซลทางเลือก แสดงในรูปที่ 5-19 และ 5-20 ตามลำดับ

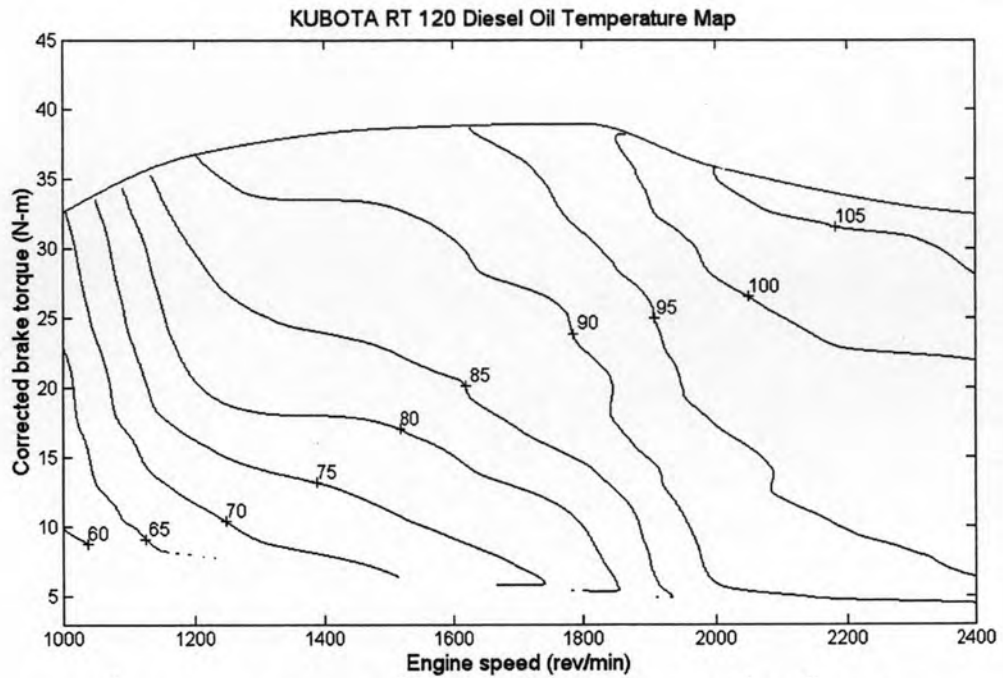
อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะภาระบางส่วน ระหว่างการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกและน้ำมันดีเซล มีค่าใกล้เคียงกัน ไม่เห็นความแตกต่างที่ชัดเจน โดยค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่าแรงบิดสูงขึ้น และรอบการทำงานสูงขึ้น

สรุปได้ว่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นเมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกและ น้ำมันดีเซล มีค่าใกล้เคียงกัน ไม่เห็นความแตกต่างที่ชัดเจน ทั้งในช่วงสภาวะภาระสูงสุด และช่วงสภาวะภาระบางส่วน

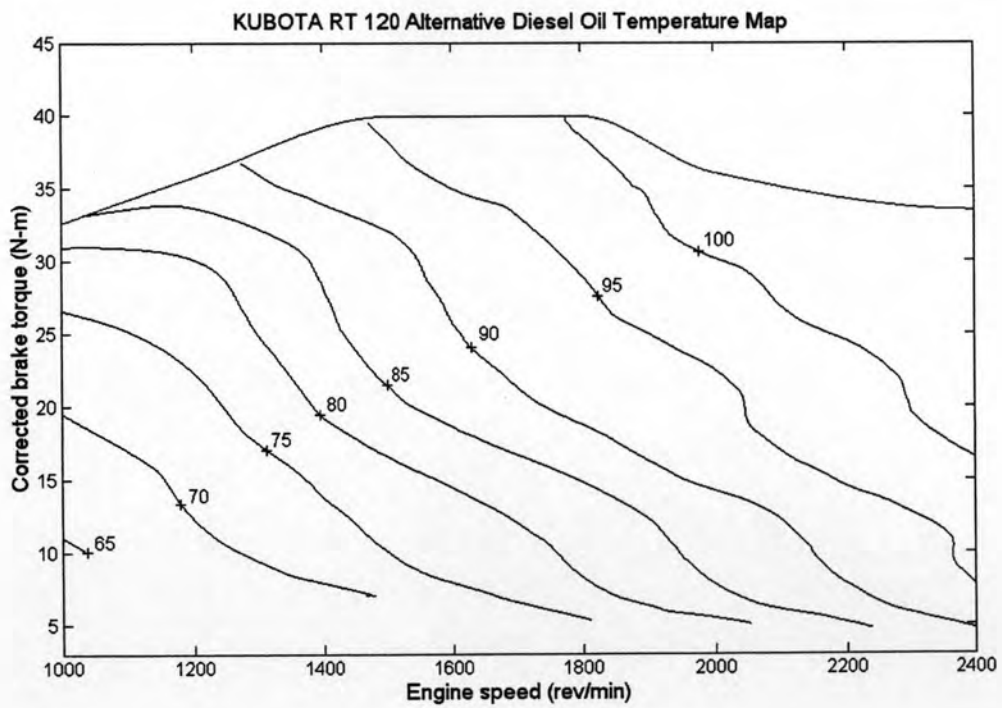
5.1.18 แผนภูมิอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น

ผลการวัดค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่สภาวะภาระสูงสุด และสภาวะภาระบางส่วน สามารถนำมาแสดงในรูปของแผนภูมิอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น โดยอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และ น้ำมันดีเซลทางเลือก แสดงในรูปที่ 5-21 และ 5-22 ตามลำดับ

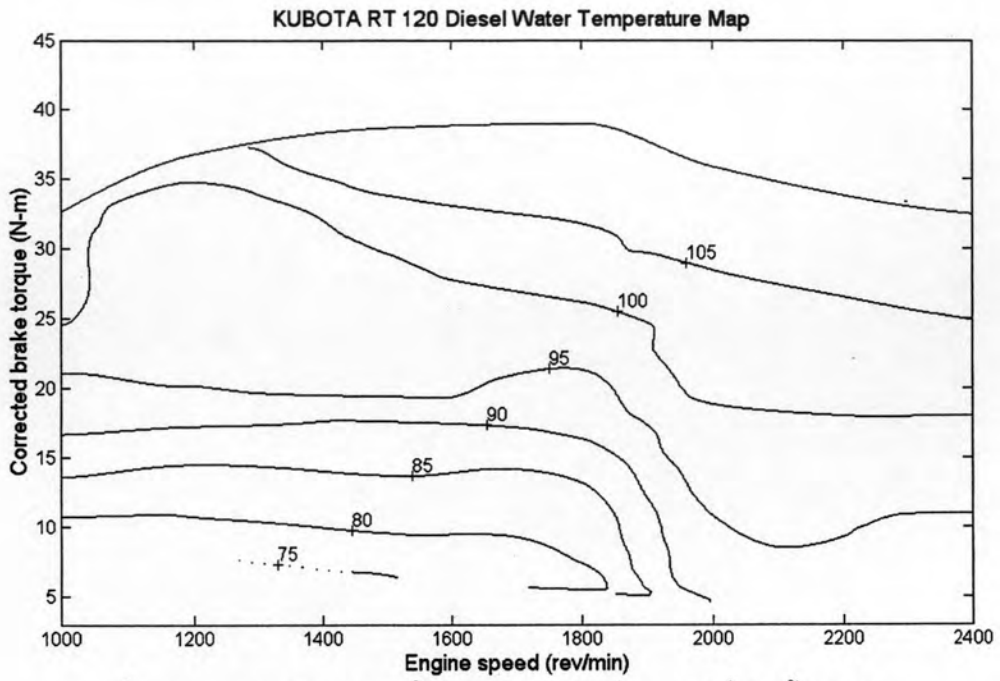
จากแผนภูมิอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นพบว่า ค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นระหว่างการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกและ น้ำมันดีเซล มีค่าใกล้เคียงกันไม่เห็นความแตกต่างที่ชัดเจน ทั้งในช่วงสภาวะภาระสูงสุด และช่วงสภาวะภาระบางส่วน โดยอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่าแรงบิดสูงขึ้น และรอบการทำงานสูงขึ้น



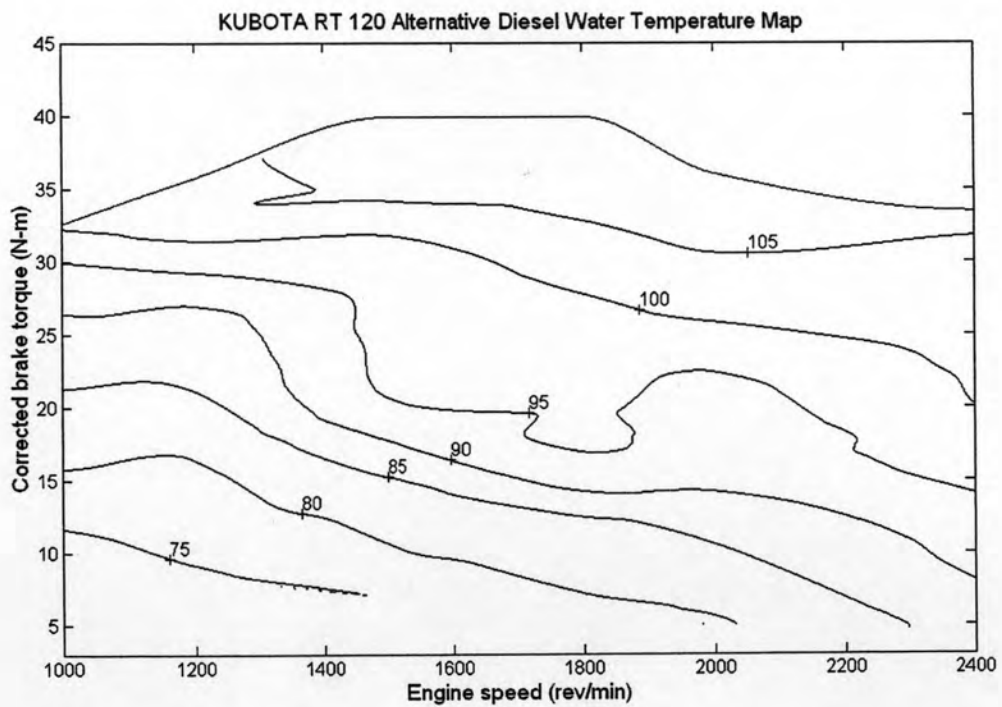
รูปที่ 5-19 แผนภูมิอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล



รูปที่ 5-20 แผนภูมิอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก



รูปที่ 5-21 แผนภูมิอุณหภูมิหม้อน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล



รูปที่ 5-22 แผนภูมิอุณหภูมิหม้อน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก

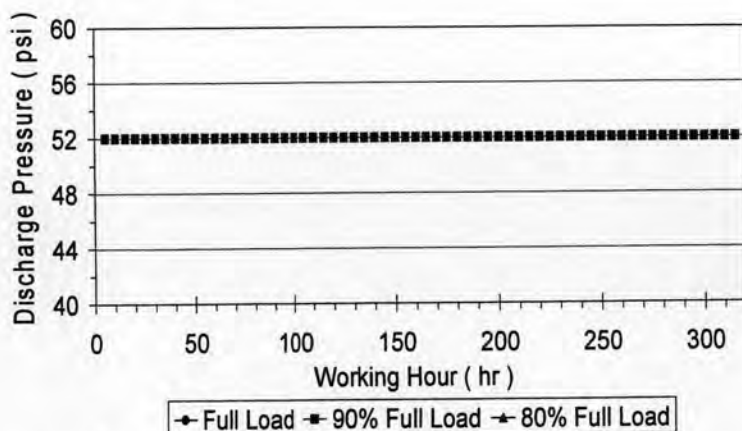
5.2 ผลการทดสอบความทนทาน

ผลจากการทดสอบความทนทานโดยการจำลองภาระของเครื่องยนต์ด้วยการนำไปขับเคลื่อนชุดปั๊มน้ำและทำการทดสอบตามวัฏจักรภาระจำลอง เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นของเครื่องยนต์เมื่อนำน้ำมันดีเซลทางเลือกเป็นเชื้อเพลิงและนำมาใช้งานอย่างต่อเนื่อง ในการทดสอบดังกล่าวได้ตรวจวัดเพื่อนำค่าความดันน้ำทางด้านจ่ายและดูดของระบบปั๊มน้ำที่ใช้ในการทดสอบมาใช้เพื่อการอ้างอิงและควบคุมสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ ให้เป็นไปตามวัฏจักรภาระจำลองที่กำหนด จากการทดสอบพบว่าตลอดช่วงการทดสอบ 320 ชั่วโมง นั้นภาระสูงสุดที่เครื่องยนต์ทำได้ลดลงเล็กน้อย และสามารถควบคุมการทำงานต่อเนื่องที่สภาวะการทำงานที่ 2 และ 3 ได้ โดยผลของกำลังที่ได้ ผลของอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง อุณหภูมิไอเสีย อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น ค่าควันท้า ของเครื่องยนต์ แสดงสรุปได้ดังนี้

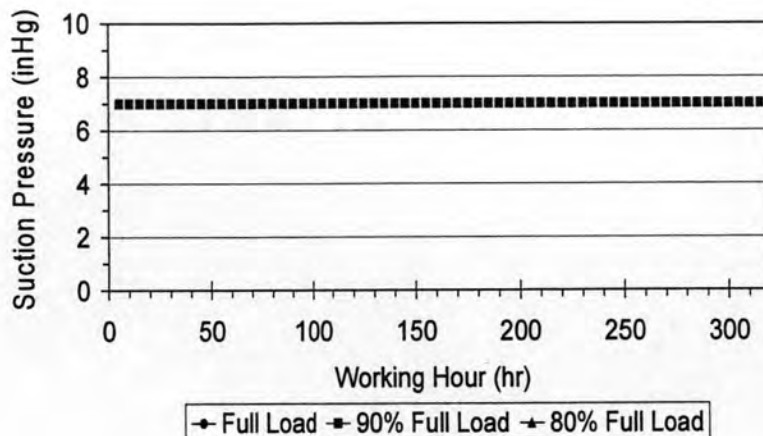
5.2.1 ความดันทางด้านจ่ายและดูดของระบบปั๊มน้ำ

เพื่อให้แน่ใจว่าการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์เป็นไปตามสภาพการทำงานเดียวกันตลอดช่วงการทดสอบจึงได้ทำการวัดค่าความดันทางด้านจ่าย และดูดของระบบปั๊มน้ำระหว่างทำการทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 1 สภาวะการทำงานที่ 2 และสภาวะการทำงานที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 5-23 และ 5-24 ตามลำดับ

ผลของค่าความดันทางด้านจ่ายน้ำของชุดปั๊มน้ำจะใช้ในการอ้างอิงถึงกำลังที่ได้จากชุดปั๊มน้ำระหว่างการทำการทดสอบทั้ง 3 สภาวะการทำงานเพื่อให้แน่ใจได้ว่าภาระของเครื่องยนต์มีค่าที่ใกล้เคียงกันตลอดการทดสอบ ซึ่งจากทั้งสามสภาวะการทำงานค่าความดันที่ได้จากระบบปั๊มน้ำให้ค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดสอบ ซึ่งสาเหตุหนึ่งมาจากความตึงของสายพานที่ใช้ในการส่งกำลัง ซึ่งมีการปรับตั้งความตึงเสมอ



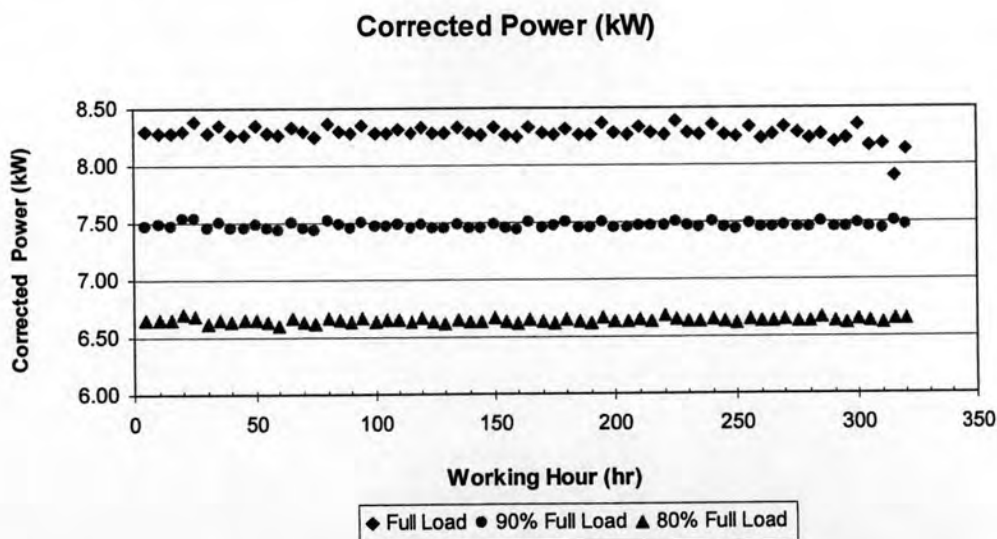
รูปที่ 5-23 แสดงความดันทางด้านจ่ายของระบบปั๊มน้ำระหว่างทำการทดสอบความทนทานที่ สภาวะการทำงานที่ 1, 2 และ 3



รูปที่ 5-24 แสดงความดันทางด้านดูดของระบบปั้มน้ำระหว่างทำการทดสอบความทนทานที่ สภาวะการทำงานที่ 1, 2 และ 3

5.2.2 กำลังที่ได้ในช่วงการทดสอบความทนทาน

กำลังที่ได้ตลอดช่วงเวลารทดสอบความทนทานที่ สภาวะการทำงานที่ 1 สภาวะการทำงานที่ 2 และสภาวะการทำงานที่ 3 หลังทำการปรับแก้ไขค่าสำหรับอุณหภูมิและความดันบรรยากาศมาตรฐาน แสดงในรูปที่ 5-25



รูปที่ 5-25 แสดงกำลังเบรกตลอดช่วงการทดสอบความทนทานที่ สภาวะการทำงานที่ 1, 2 และ 3

ที่สภาวะการทำงานที่ 1 พบว่าในช่วงแรกของการทดสอบชั่วโมงที่ 0 -280 กำลังที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันเฉลี่ย 8.30 kW และในช่วงการทดสอบชั่วโมงที่ 280-320 พบว่ากำลังที่ได้มีแนวโน้ม

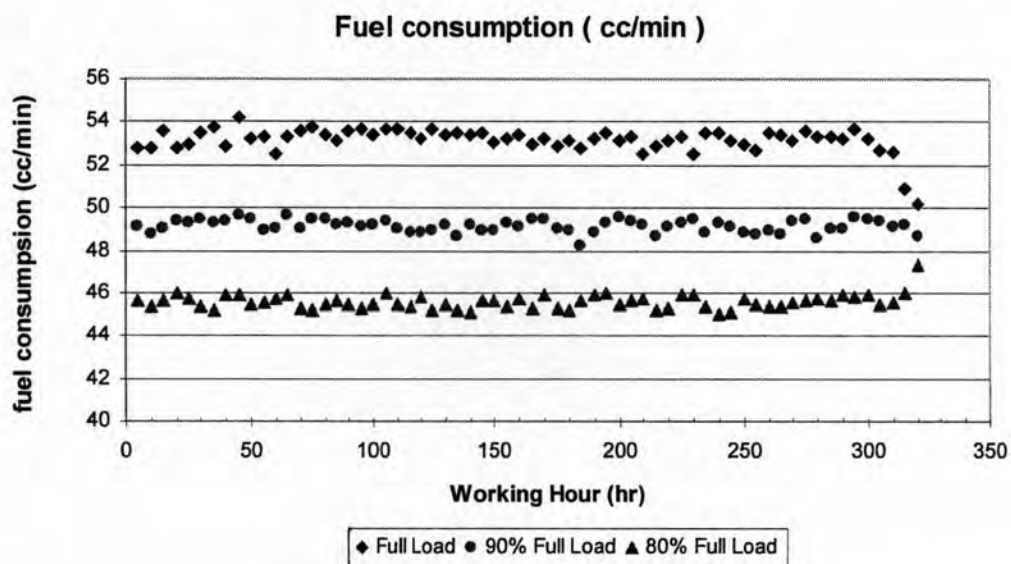
ลดลงอย่างเห็นได้ชัด สาเหตุเนื่องมาจากสภาพเครื่องยนต์ที่สึกหรอ และ สภาพของน้ำมันหล่อลื่นที่เสื่อมสภาพ ทำให้กำลังของเครื่องยนต์ที่สภาวะภาระสูงสุดลดลง

ที่สภาวะการทำงานที่ 2 พบว่ากำลังที่ได้จากเครื่องยนต์มีค่าใกล้เคียงกันตลอดช่วงการทดสอบจากการทดสอบ เฉลี่ย 7.47 kW

ที่สภาวะการทำงานที่ 3 พบว่ากำลังที่ได้จากเครื่องยนต์มีค่าใกล้เคียงกันตลอดช่วงการทดสอบจากการทดสอบ เฉลี่ย 6.64 kW

5.2.3 อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงตลอดช่วงระยะเวลาการทดสอบความทนทานที่ สภาวะการทำงานที่ 1 สภาวะการทำงานที่ 2 และสภาวะการทำงานที่ 3 แสดงในรูปที่ 5-26



รูปที่ 5-26 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงตลอดช่วงการทดสอบความทนทานที่ สภาวะการทำงานที่ 1, 2 และ 3

ที่สภาวะการทำงานที่ 1 อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในช่วงการทดสอบชั่วโมงที่ 0 -280 มีค่าใกล้เคียงกันเฉลี่ย 53.26 cc/min และในช่วงการทดสอบชั่วโมงที่ 280-320 อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ลดลงอย่างชัดเจน เนื่องจากกำลังของเครื่องยนต์ตกลงในช่วงปลายของการทดสอบ

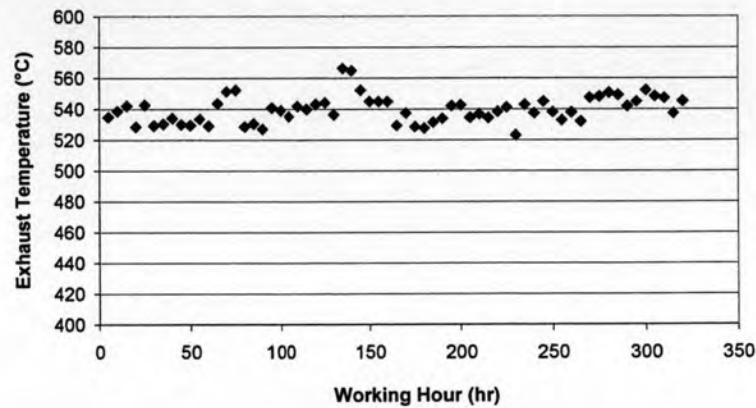
ที่สภาวะการทำงานที่ 2 อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงตลอดการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ มีค่าใกล้เคียงกันเฉลี่ย 49.15 cc/min

ที่สภาวะการทำงานที่ 3 อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงตลอดการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ มีค่าใกล้เคียงกันเฉลี่ย 45.57 cc/min

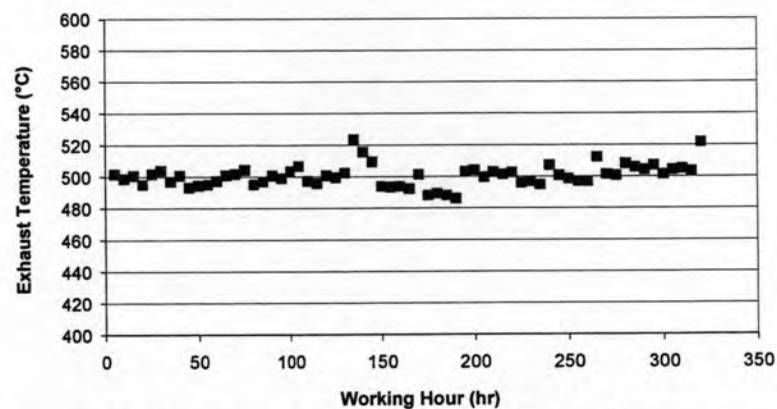
5.2.4 อุณหภูมิไอเสีย

อุณหภูมิไอเสียระหว่างทำการทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 1 สภาวะการทำงานที่ 2 และสภาวะการทำงานที่ 3 แสดงในรูปที่ 5-27, 5-28 และ 5-29 ตามลำดับ

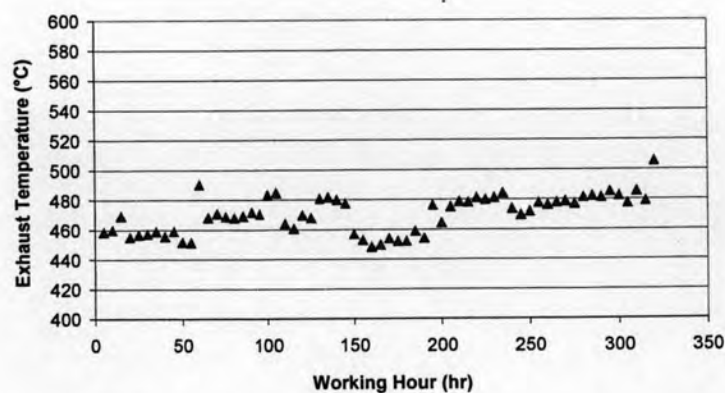
อุณหภูมิไอเสียตลอดการทดสอบความทนทานพบว่าค่าของอุณหภูมิมิแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อชั่วโมงการทำงานมีค่าสูงขึ้น ที่ทุกสภาวะของการทดสอบ



รูปที่ 5-27 แสดงอุณหภูมิไอเสียระหว่างทำการทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 1



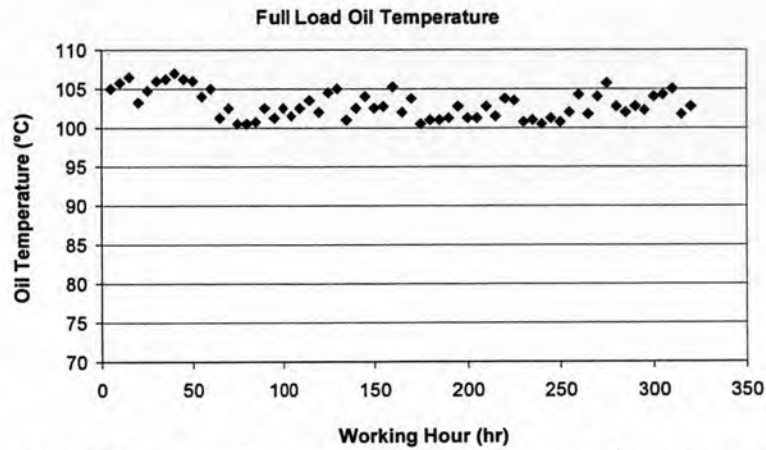
รูปที่ 5-28 แสดงอุณหภูมิไอเสียระหว่างทำการทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 2



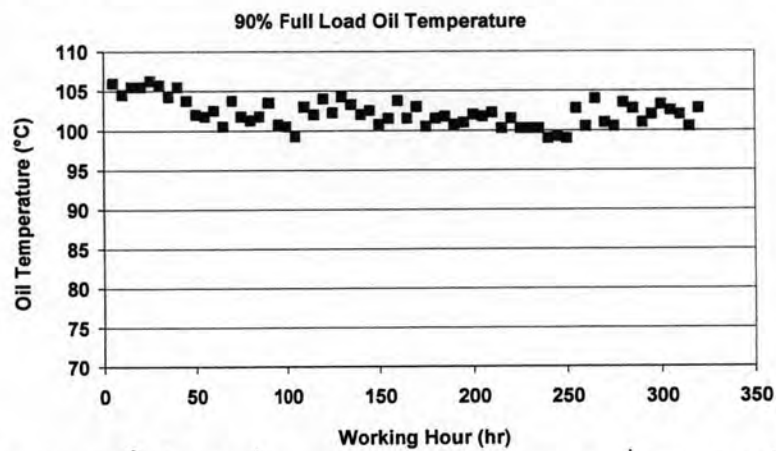
รูปที่ 5-29 แสดงอุณหภูมิไอเสียระหว่างทำการทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 3

5.2.5 อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น

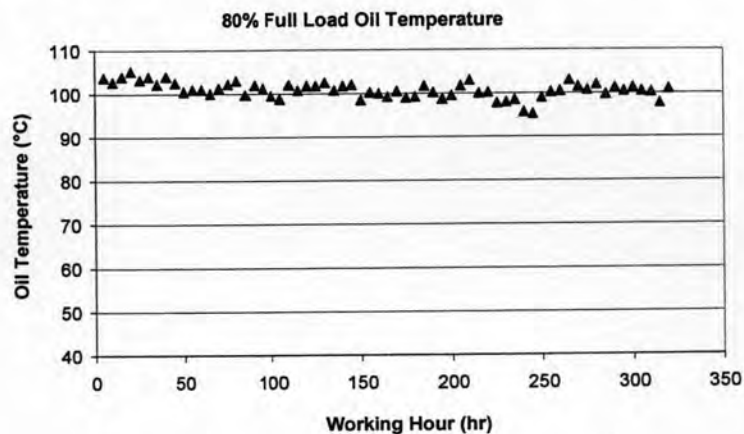
อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นระหว่างทำการทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 1 สภาวะการทำงานที่ 2 และสภาวะการทำงานที่ 3 แสดงดังรูปที่ 5-30, 5-31 และ 5-32 ตามลำดับ



รูปที่ 5-30 แสดงอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นระหว่างทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 1



รูปที่ 5-31 แสดงอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นระหว่างทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 2



รูปที่ 5-32 แสดงอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นระหว่างทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 3

จากผลที่ได้พบว่า ที่สภาวะการทำงานที่ 1 จะมีอุณหภูมิที่สูงที่สุด และลดลงในสภาวะที่ 2 และ 3 ตามลำดับ และพบว่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์มีลักษณะของการเปลี่ยนแปลง แบ่งเป็น 3 ช่วง ตามช่วงการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นโดยในหนึ่งช่วงการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นจะมีแนวโน้มที่ลดลงตามอายุของน้ำมันหล่อลื่น และพบว่าในช่วงท้ายของการทดสอบตั้งแต่ช่วงชั่วโมงที่ 240-320 ค่าของอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าช่วงก่อนหน้านี สาเหตุเนื่องมาจากตั้งแต่ชั่วโมงที่ 240-320 มีการเติมน้ำมันหล่อลื่นใหม่เพิ่มทุกๆ 15 ชั่วโมง เพื่อรักษาระดับของน้ำมันหล่อลื่นในเครื่องยนต์ เฉลี่ย ครั้งละ 350 ml ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงกว่าการเติมในช่วงการทดสอบก่อนหน้านี ทำให้มีปริมาณน้ำมันหล่อลื่นใหม่ อยู่ในเครื่องยนต์มากกว่าปกติ ส่งผลให้คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นดีขึ้น โดยเฉพาะความหนืดจะลดลง ทำให้ประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนของน้ำมันดีขึ้น อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นจึงมีค่าสูงกว่าช่วงก่อนหน้านีแต่ยังคงมีแนวโน้มที่ลดลงตามอายุของน้ำมันหล่อลื่น

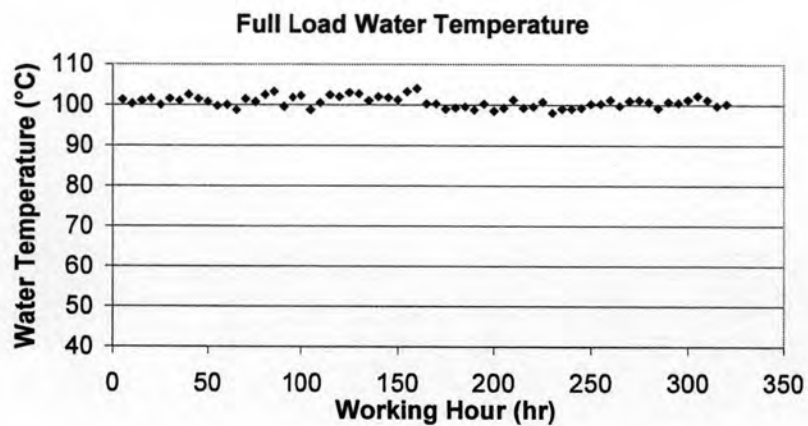
จากผลที่ได้พบว่า อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นมีแนวโน้มลดลงตลอดการทดสอบความทนทาน สาเหตุเนื่องมาจาก เกิดการสะสมของเขม่าที่เกิดจากการเผาไหม้บริเวณผนังภายในห้องเผาไหม้ และชิ้นส่วนต่างๆเช่น แหวนลูกสูบ ทำให้การถ่ายเทความร้อน จากภายในห้องเผาไหม้สู่น้ำมันหล่อลื่นแยกลง อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นจึงมีแนวโน้มลดลง

5.2.6 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น

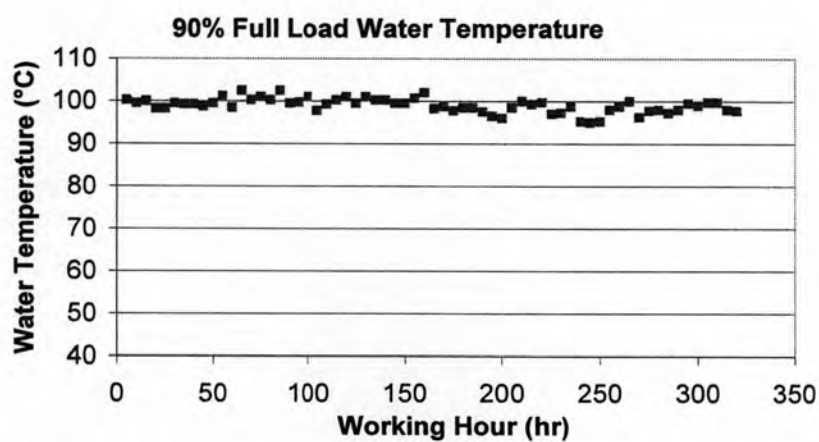
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นระหว่างทำการทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 1 สภาวะการทำงานที่ 2 และสภาวะการทำงานที่ 3 แสดงดังรูปที่ 5-33, 5-34 และ 5-35 ตามลำดับ

จากผลที่ได้พบว่า ที่สภาวะการทำงานที่ 1 จะมีอุณหภูมิที่สูงที่สุด และลดลงในสภาวะที่ 2 และ 3 ตามลำดับ และพบว่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์มีแนวโน้มที่ลดลงตลอดการทดสอบความทนทาน สาเหตุเนื่องมาจากเกิดการสะสมของเขม่าที่เกิดจากการเผาไหม้บริเวณผนังภายในห้องเผาไหม้ และชิ้นส่วนต่างๆเช่น แหวนลูกสูบ ทำให้การถ่ายเทความร้อน จากภายในห้องเผาไหม้สู่น้ำหล่อเย็นแยกลง อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นจึงมีแนวโน้มลดลง

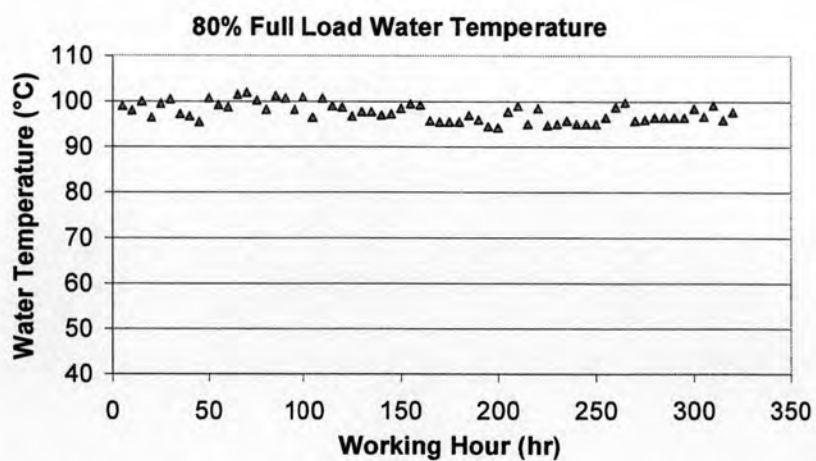
สรุปได้ว่าสาเหตุสำคัญที่ทำให้อุณหภูมิไอเสีย , น้ำมันหล่อลื่น และ น้ำหล่อเย็น มีแนวโน้มที่เปลี่ยนแปลง เนื่องมาจาก การสะสมของเขม่าที่เกาะติดตามผนังและชิ้นส่วนต่างๆภายในห้องเผาไหม้ ทำให้การถ่ายเทความร้อนไปสู่ น้ำมันหล่อลื่น และ น้ำหล่อเย็น แยกลง ส่งผลให้ความร้อนสะสมอยู่ในห้องเผาไหม้ อุณหภูมิไอเสียจึงมีแนวโน้มที่สูงขึ้น



รูปที่ 5-33 แสดงอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นระหว่างทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 1



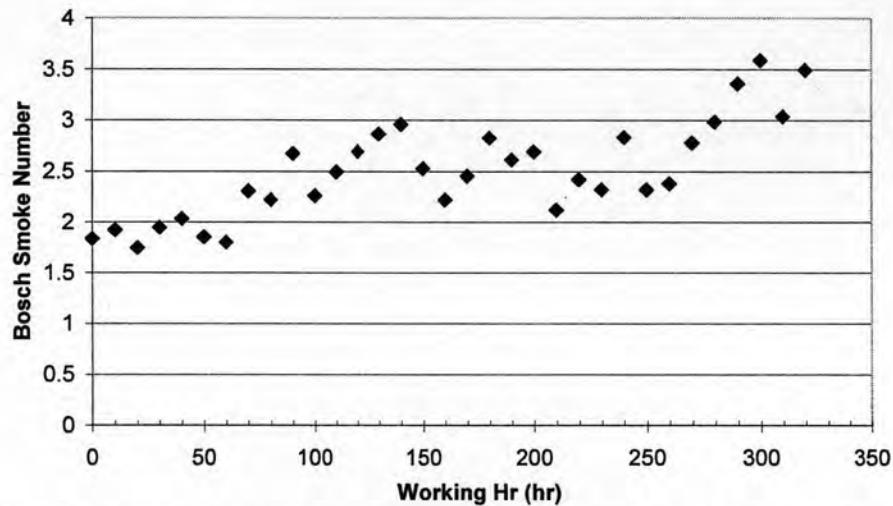
รูปที่ 5-34 แสดงอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นระหว่างทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 2



รูปที่ 5-35 แสดงอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นระหว่างทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 3

5.2.7 ค่าควินดำ

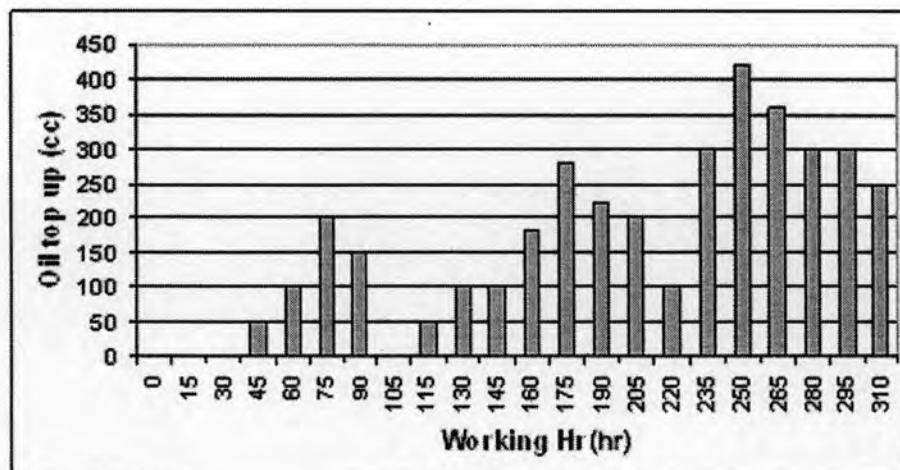
ค่าควินดำระหว่างทำการทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 1 แสดงดังรูปที่ 5-36 พบว่าค่าควินดำมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อชั่วโมงการทำงานของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น



รูปที่ 5-36 แสดงค่าควินดำระหว่างทำการทดสอบความทนทานที่สภาวะการทำงานที่ 1

5.2.8 ปริมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่น

เมื่อพิจารณาปริมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่นซึ่งทำการวัดทุก 15 ชั่วโมง แสดงดังรูปที่ 5-37 พบว่าแนวโน้มแบ่งเป็น 3 ช่วงตามการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่น คือช่วงแรก 0-100 ชั่วโมง ช่วงที่สอง 100-210 ชั่วโมง และช่วงสุดท้ายที่ 210-320 ชั่วโมงโดยมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้น ตามชั่วโมงการทำงานของเครื่องยนต์



รูปที่ 5-37 แสดงปริมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการทดสอบความทนทาน

โดยสามารถหาความสัมพันธ์ของปริมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่นกับชั่วโมงการทำงานได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ช่วง } 0-100 \text{ ชั่วโมง: } y = -0.3514X^5 + 4.8213X^4 - 20.892X^3 + 36.828X^2 - 22.368X \quad (5-1)$$

$$R^2 = 0.9901$$

$$\text{ช่วง } 100-210 \text{ ชั่วโมง: } y = 0.0012X^5 - 0.3365X^4 + 3.0583X^3 - 2.346X^2 + 14.642X \quad (5-2)$$

$$R^2 = 0.9255$$

$$\text{ช่วง } 210-320 \text{ ชั่วโมง: } y = -1.1992X^5 + 22.653X^4 - 148.89X^3 + 369.98X^2 - 149.24X \quad (5-3)$$

$$R^2 = 0.9916$$

โดยค่า y คือ ปริมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่น (cc)

X คือ ชั่วโมงการทดสอบความทนทาน (ชั่วโมง)

R^2 คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

เมื่อพิจารณาปริมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่นพบว่าอัตราการสิ้นเปลืองจะเพิ่มสูงขึ้นตามการสึกหรอของเครื่องยนต์ นั่นคือ ในช่วงชั่วโมงการทำงานที่ 0-100 ปริมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่นจะน้อยที่สุด และในช่วงชั่วโมงการทำงานที่ 210-320 ปริมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่นจะมากที่สุด

เมื่อพิจารณาปริมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่นในแต่ละช่วงพบว่า ทั้งสามช่วงมีแนวโน้มการสิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่น เหมือนกัน กล่าวคือ อัตราการสิ้นเปลืองจะเพิ่มขึ้นถึงจุดหนึ่งและจะลดลง สาเหตุที่อัตราการสิ้นเปลืองลดลงเนื่องมาจากเกิดการสะสมของเขม่าที่บริเวณแหวนลูกสูบและผนังกระบอกสูบในปริมาณมาก ทำให้น้ำมันหล่อลื่นเข้าไปในห้องเผาไหม้ได้น้อยลง ส่งผลให้อัตราการสิ้นเปลืองลดลง แต่เมื่อทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่น น้ำมันหล่อลื่นใหม่จะไปชะล้างเขม่าที่สะสมอยู่ตามแหวนและผนังกระบอกสูบ ทำให้น้ำมันหล่อลื่นสามารถเข้าไปในห้องเผาไหม้ได้ อัตราการสิ้นเปลืองจึงเพิ่มขึ้น และอัตราการสิ้นเปลืองจะลดลงเมื่อเกิดการสะสมของเขม่าที่บริเวณแหวนและผนังกระบอกสูบในปริมาณที่มากจนน้ำมันหล่อลื่นเข้าไปในห้องเผาไหม้ได้น้อยลง

5.3 ผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น

ผลจากการวิเคราะห์สามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วนด้วยกัน โดยส่วนแรกแสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ ของน้ำมันหล่อลื่น ส่วนที่สองเป็นผลการวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนของน้ำมันหล่อลื่น ส่วนที่สามแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของสารปรุงแต่งในน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งทั้งสามส่วนใช้ในการตรวจสภาพและอายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่น และส่วนที่สี่แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของโลหะจากการสึกหรอ ซึ่งจะครอบคลุมถึงผลจากกระบวนการเพอร์โรกราฟฟีเพื่อใช้ศึกษาถึงลักษณะ รูปร่างและขนาดของโลหะ โดยช่วงเวลาในการพิจารณาสามารถแบ่งเป็น 4 ช่วง ตามระยะการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่น คือ

- ชั่วโมงที่ -20 ถึง 0 คือ ช่วงของการรันอินเครื่องยนต์(ใช้น้ำมันดีเซล)
- ชั่วโมงที่ 0 ถึง 100 (ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก)
- ชั่วโมงที่ 100 ถึง 210 (ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก)
- ชั่วโมงที่ 210 ถึง 320 (ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก)

ในการวิเคราะห์จะนำเสนอเป็น 2 รูปแบบคือ แสดงค่าตลอดช่วงการทดสอบความทนทาน ชั่วโมงที่ -20 ถึงชั่วโมงที่ 320 (working hr) และ แสดงค่าตามอายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่น (oil hr) เพื่อง่ายต่อการเปรียบเทียบและศึกษาแนวโน้มต่างๆ ในการวิเคราะห์

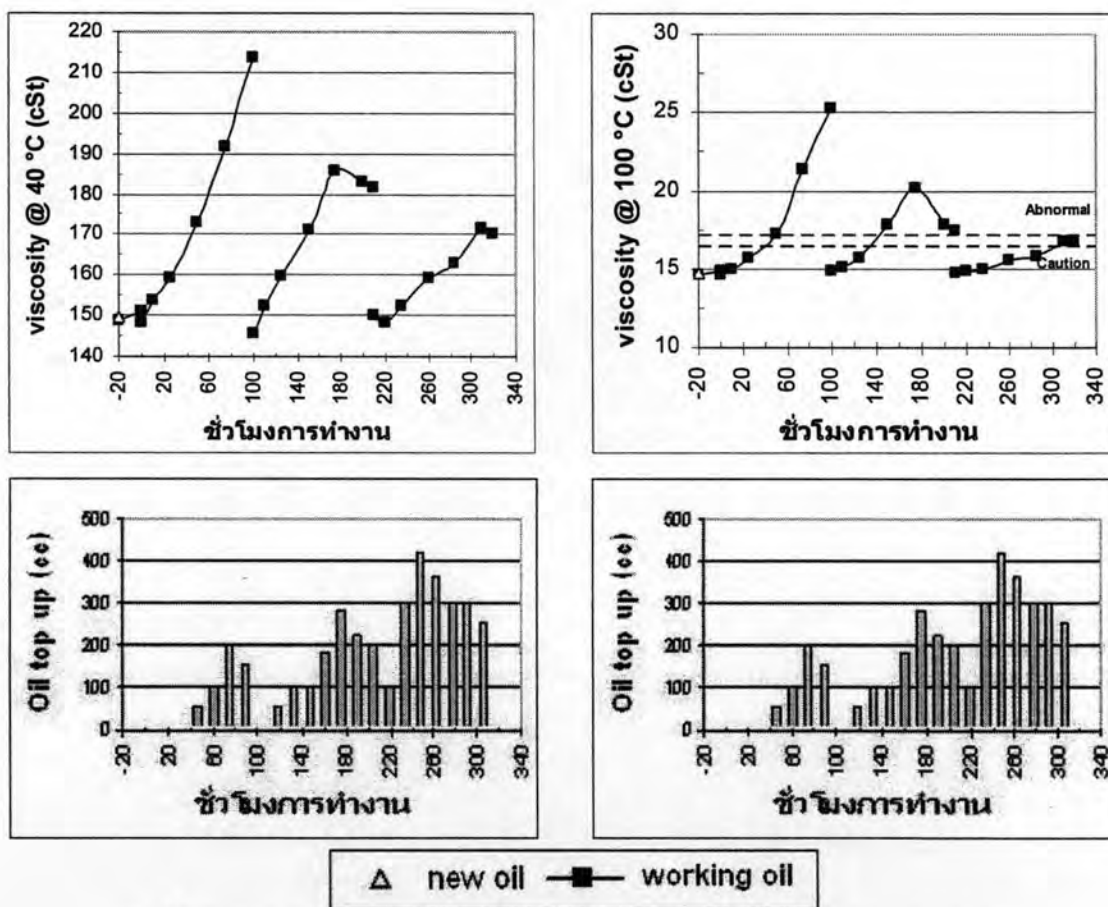
ผลของการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่สุ่มได้ในแต่ละครั้งได้มีการเปรียบเทียบกับค่าขอบเขตการเตือนสิ่งผิดปกติซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ระดับ (แสดงในใบรายงานผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น ดังแสดงในภาคผนวก จ) คือ ระดับ "C" – Caution ซึ่งเป็นระดับเตือนขั้นเริ่มต้นถึงความผิดปกติต่อน้ำมันหล่อลื่นที่ควรเริ่มติดตามและเอาใจใส่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

5.3.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น

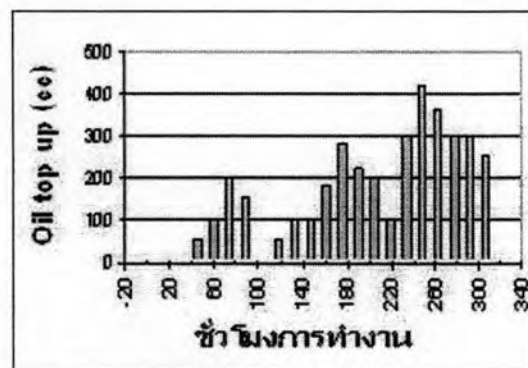
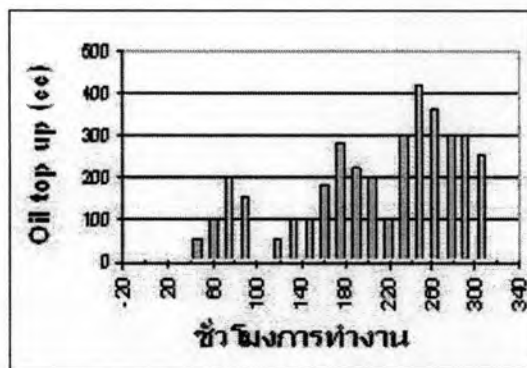
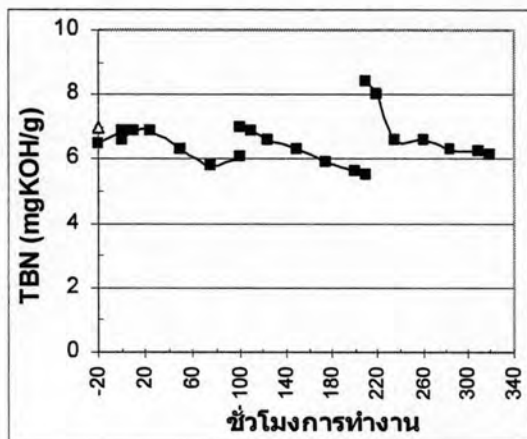
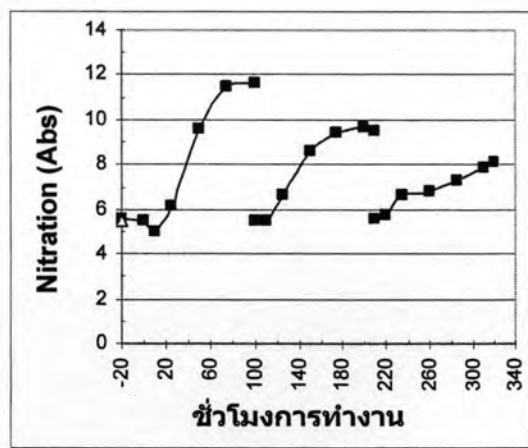
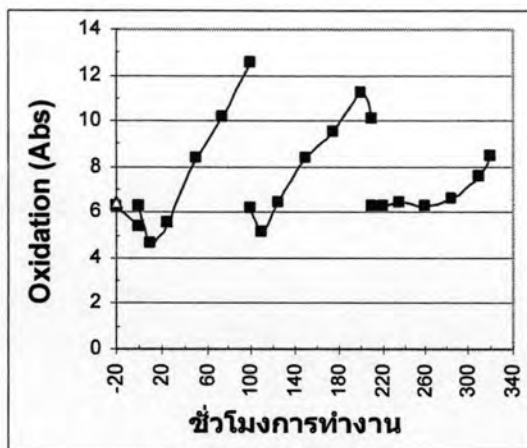
การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันหล่อลื่นอันมีผลต่อความสามารถในการหล่อลื่นและสมรรถนะของเครื่องยนต์ ที่สนใจจะติดตามผลในช่วงการทดสอบความทนทานประกอบด้วย ผลของค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 40 °C และ 100 °C ค่าความเป็นด่างรวม (TBN) ค่าออกซิเดชัน และ ค่าไนเตรชัน แสดงในรูปที่ 5-38 และรูปที่ 5-39

- **ค่าความหนืดที่ 40 °C** จากการวิเคราะห์พบว่าค่าความหนืดมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และพบว่าอัตราการเพิ่มของค่าความหนืดในช่วงเวลาที่ 0-100 มีค่าสูงสุด และลดลงในช่วงถัดมา เนื่องจากในช่วงแรกการสิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่นมีค่าน้อยที่สุด และจะเพิ่มขึ้นในช่วงต่อมา กล่าวคือในช่วงแรก มีการเติมน้ำมันหล่อลื่นเพื่อรักษาระดับของน้ำมันหล่อลื่นในปริมาณที่น้อยที่สุด และจะเพิ่มขึ้นในช่วงต่อมา ทำให้น้ำมันหล่อลื่นเจือจางในช่วงที่สอง และสาม มากกว่าในช่วงแรกของการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่น ส่งผลให้แนวโน้มการเพิ่มของค่าความหนืดในช่วงที่สองและสามลดลง ตามลำดับ และแนวโน้มการเพิ่มของค่าความหนืดในแต่ละช่วงยังมีลักษณะที่มีค่าสูงขึ้นถึงจุดหนึ่งแล้วลดลง ซึ่งมีแนวโน้มคล้ายกับอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่น ที่เพิ่มสูงขึ้นถึงจุดหนึ่งแล้วลดลง เนื่องมาจากการสะสมของเขม่าที่สูงขึ้นจนปริมาณน้ำมันหล่อลื่นที่สามารถเข้าไปในห้องเผาไหม้ได้น้อยลง ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดลดลง
- **ค่าความหนืดที่ 100 °C** จากการวิเคราะห์พบว่าค่าความหนืดมีค่าเพิ่มขึ้นแนวโน้มเดียวกับค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 40 °C เมื่อพิจารณาตามอายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่น พบว่า
 - ช่วงชั่วโมงที่ 0-100 ค่าความหนืดเกินระดับการเตือนขั้นต้นและระดับการเตือนเริ่มขั้นวิกฤต ที่อายุของน้ำมันหล่อลื่น ประมาณ 40 และ 50 ชั่วโมง ตามลำดับ
 - ช่วงชั่วโมงที่ 100-210 ค่าความหนืดเกินระดับการเตือนขั้นต้นและระดับการเตือนเริ่มขั้นวิกฤต ที่อายุของน้ำมันหล่อลื่น ประมาณ 35 และ 45 ชั่วโมง ตามลำดับ
 - ช่วงชั่วโมงที่ 210-320 ค่าความหนืดเกินระดับการเตือนขั้นต้น ที่อายุของน้ำมันหล่อลื่น ประมาณ 90 ชั่วโมง โดยค่ายังไม่ถึงระดับการเตือนเริ่มขั้นวิกฤต

- **ค่าออกซิเดชัน และไนเตรชัน** จากการวิเคราะห์พบว่าค่าออกซิเดชัน และไนเตรชันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มขึ้นของค่ามีสาเหตุมาจากความร้อนสูง เนื่องจากโดยปกติแล้วทุกๆ 10°C ที่เพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่เกินกว่า 70°C อัตราการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า อีกทั้งการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์และการมีปริมาณเขม่าจำนวนมากก็เป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าออกซิเดชัน และไนเตรชันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกัน อีกทั้งแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่าออกซิเดชัน และไนเตรชันเช่นเดียวกับแนวโน้มของค่าความหนืด
- **ค่าความเป็นด่างรวม (TBN)** จากจากการวิเคราะห์พบว่าค่าความเป็นด่างรวมมีแนวโน้มลดลงตามสภาพการเป็นกรดที่เพิ่มขึ้นของน้ำมันหล่อลื่นเนื่องมาจากการใช้งาน



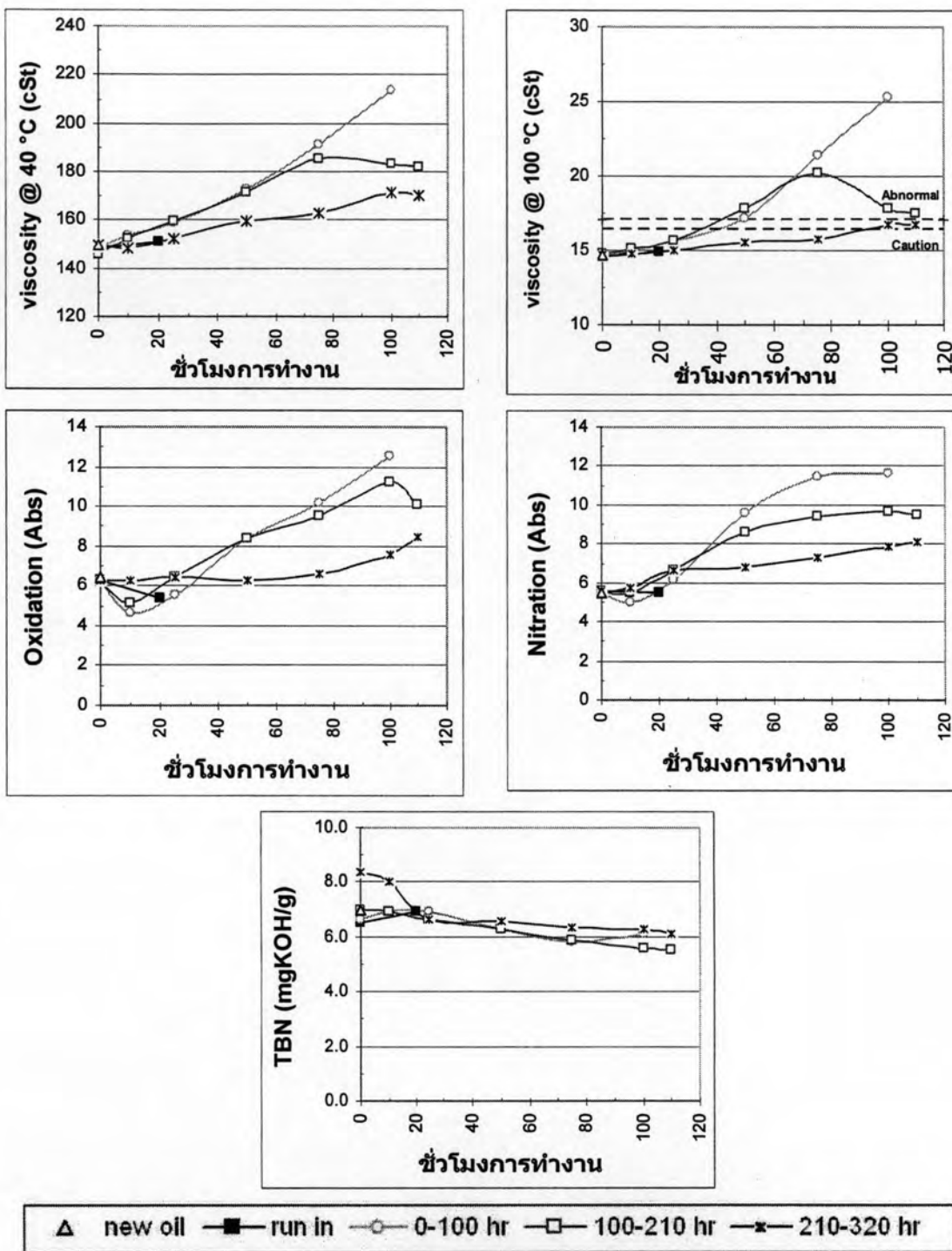
รูปที่ 5-38 แสดงค่าคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นระหว่างทดสอบความทนทาน



△ new oil ■ working oil

รูปที่ 5-38 แสดงค่าคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นระหว่างทดสอบความทนทาน(ต่อ)





รูปที่ 5-39 แสดงค่าคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นโดยเปรียบเทียบตามอายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่นตลอดการทดสอบความทนทาน

5.3.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนของน้ำมันหล่อลื่น

ปริมาณการปนเปื้อนของน้ำมันหล่อลื่น ที่สนใจจะติดตามผลในช่วงการทดสอบความทนทานประกอบด้วย การปนเปื้อนของ ซิลิกอน, โซเดียม, น้ำ, เชม่า และ น้ำมันเชื้อเพลิงแสดงในรูปที่ 5-40 และรูปที่ 5-41

- **การปนเปื้อนของซิลิกอน และ โซเดียม** จากการวิเคราะห์พบว่าการปนเปื้อนของซิลิกอนและโซเดียม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน สาเหตุหลักมาจาก ฝุ่นละอองจากภายนอก เนื่องจากการทดสอบความทนทานนี้ได้ทำการทดสอบในบริเวณที่ไม่สามารถควบคุมปริมาณของฝุ่นละอองได้ จึงทำให้การปนเปื้อนของซิลิกอนและโซเดียม มีค่าสูงเกินกว่าระดับค่าเตือนทั้งสองระดับ โดยเฉพาะในช่วงชั่วโมงที่ 0-100 พบว่าอัตราการเพิ่มของปริมาณซิลิกอนและโซเดียม สูงกว่าช่วงอื่นๆอย่างชัดเจน เมื่อพิจารณาตามอายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่น พบว่า

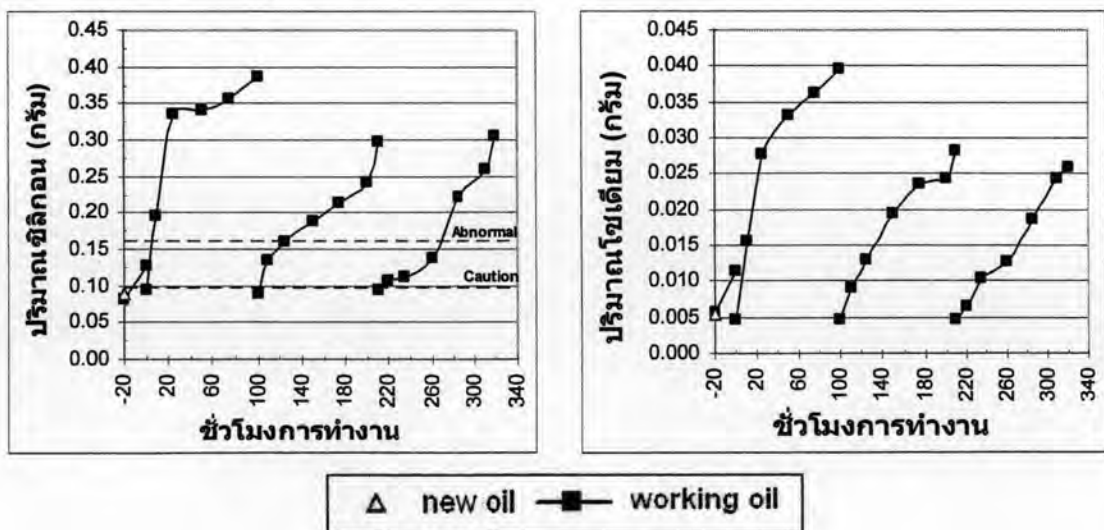
- ช่วงชั่วโมงที่ 0-100 ค่าการปนเปื้อนของซิลิกอนเกินระดับการเตือนขั้นวิกฤต ที่อายุของน้ำมันหล่อลื่น ประมาณ 5 ชั่วโมง
- ช่วงชั่วโมงที่ 100-210 ค่าการปนเปื้อนของซิลิกอนเกินระดับการเตือนขั้นวิกฤต ที่อายุของน้ำมันหล่อลื่น ประมาณ 25 ชั่วโมง
- ช่วงชั่วโมงที่ 210-320 ค่าการปนเปื้อนของซิลิกอนเกินระดับการเตือนขั้นวิกฤต ที่อายุของน้ำมันหล่อลื่น ประมาณ 60 ชั่วโมง

เนื่องจากการปนเปื้อนของซิลิกอน เป็นจำนวนมาก จะเร่งให้เกิด surface fatigue ต่อชิ้นส่วนต่างๆ นับว่าเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้ปริมาณการปนเปื้อนของโลหะในน้ำมันหล่อลื่น มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

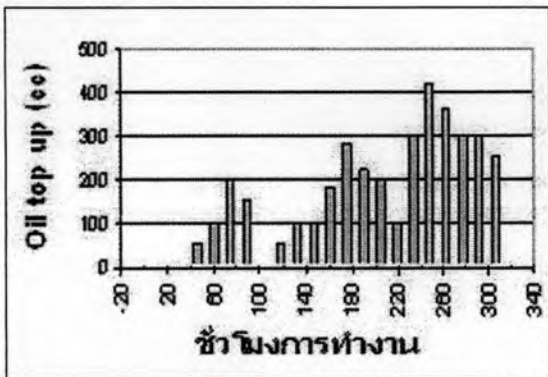
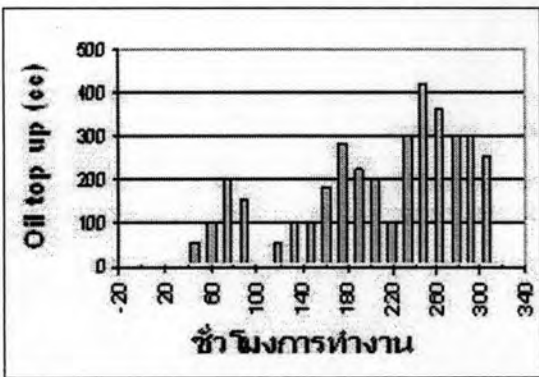
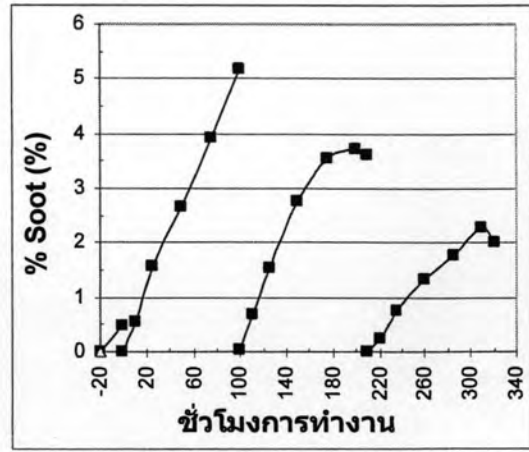
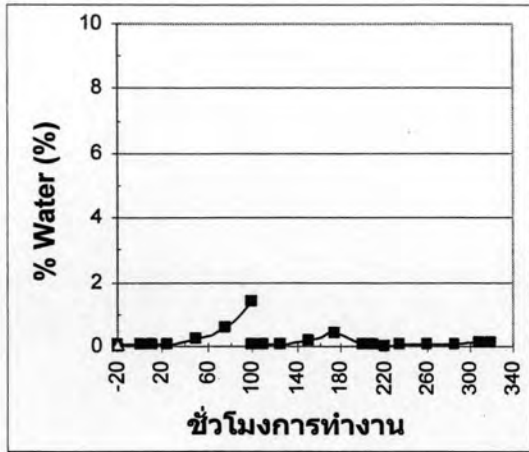
- **การปนเปื้อนของน้ำ** จากการวิเคราะห์พบว่าไม่เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนของการปนเปื้อนของน้ำ
- **การปนเปื้อนของเชม่า** จากการวิเคราะห์พบว่าค่าการปนเปื้อนของเชม่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยมีค่าสูงสุดประมาณร้อยละ 2.5-5.0 เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลซึ่งมีค่าสูงสุดประมาณ ร้อยละ 0.7 จะเห็นได้ว่าการปนเปื้อนของเชม่าจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกมีค่าที่สูงกว่ามาก ซึ่งปริมาณเชม่ามาจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง และน้ำมันหล่อลื่น กล่าวคือการใช้ น้ำมันดีเซลทางเลือกจะมีปริมาณเชม่าที่สูงมาก อีกทั้ง เชม่ายังเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่นเช่น ส่งผลให้ความหนืดสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลของความหนืดที่ได้วิเคราะห์ ก่อนหน้านี้ อีกทั้งพบว่าอัตราการเพิ่ม

ของปริมาณเขม่าในชั่วโมงที่ 0-100 มีค่าสูงสุด และลดลงในช่วงถัดมา เนื่องมาจากในช่วงแรกการสิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่นมีค่าน้อยที่สุด และจะเพิ่มขึ้นในช่วงต่อมา กล่าวคือในช่วงแรก มีการเติมน้ำมันหล่อลื่นเพื่อรักษาระดับของน้ำมันหล่อลื่นในปริมาณที่น้อยที่สุด และจะเพิ่มขึ้นในช่วงต่อมา ทำให้น้ำมันหล่อลื่นเจือจางในช่วงที่สอง และสาม มากกว่าในช่วงแรกของการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่น ส่งผลให้แนวโน้มการเพิ่มของเขม่าในช่วงที่สองและสาม ลดลงตามลำดับ และแนวโน้มการเพิ่มของเขม่าในแต่ละช่วงยังมีลักษณะที่มีค่าสูงขึ้นถึงจุดหนึ่งแล้วลดลง ซึ่งมีแนวโน้มคล้ายกับอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่น ที่เพิ่มสูงขึ้นถึงจุดหนึ่งแล้วลดลง เนื่องมาจากการสะสมของเขม่าที่สูงขึ้นจนปริมาณน้ำมันหล่อลื่นที่สามารถเข้าไปในห้องเผาไหม้ได้ลดลง ส่งผลให้ปริมาณการปนเปื้อนของเขม่าในน้ำมันหล่อลื่นลดลง

- การปนเปื้อนของเชื้อเพลิง จากการวิเคราะห์พบว่าค่าการปนเปื้อนของเชื้อเพลิงมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่น โดยมีค่าสูงสุดประมาณร้อยละ 1.8-2.0 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการปนเปื้อนของเชื้อเพลิง ในเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลซึ่งมีค่าสูงสุดประมาณ ร้อยละ 0.7-0.8 นั่นคือเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลทางเล็กลง มีค่าการปนเปื้อนของเชื้อเพลิงมากกว่าเท่าตัว เนื่องมาจากเกิดการสึกหรอที่มากกว่า โดยเฉพาะการสึกหรอของแหวนลูกสูบที่เพิ่มขึ้นตามอายุการทำงานของเครื่องยนต์ เมื่อแหวนลูกสูบเกิดการสึกหรอทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงจากห้องเผาไหม้สามารถปนเปื้อนกับน้ำมันหล่อลื่นได้ โดยปริมาณการปนเปื้อนในแต่ละช่วงพบว่าจะลดลงในช่วงปลายของแต่ละช่วง เนื่องมาจากการสะสมของเขม่าที่สูงขึ้นระหว่างแหวนและกระบอกสูบ ส่งผลให้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ปนเปื้อนกับน้ำมันหล่อลื่นลดลง

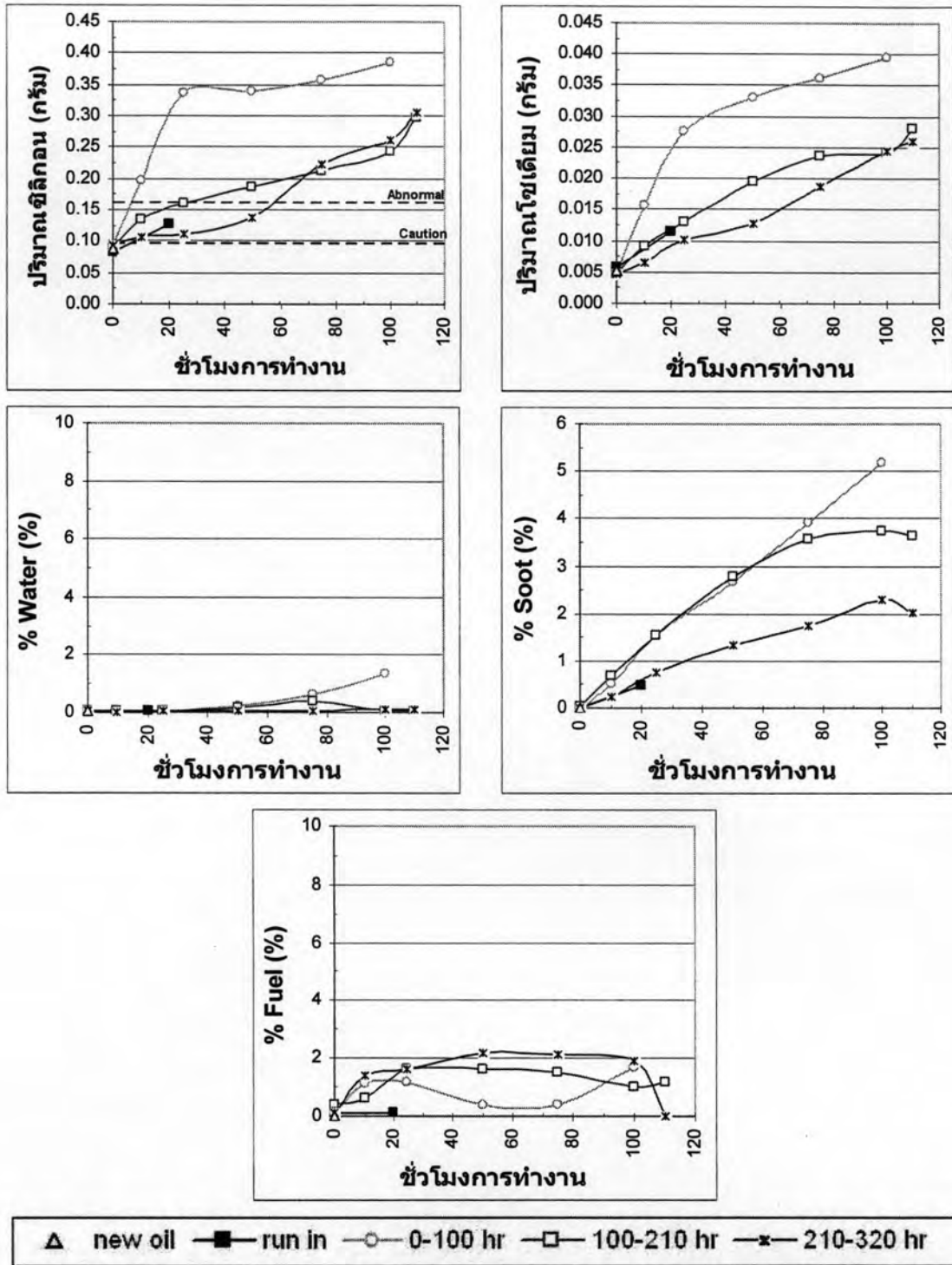


รูปที่ 5-40 แสดงปริมาณการปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นระหว่างทดสอบความทนทาน



△ new oil ■ working oil

รูปที่ 5-40 แสดงปริมาณการปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นระหว่างทดสอบความทนทาน(ต่อ)



รูปที่ 5-41 แสดงปริมาณการปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นโดยเปรียบเทียบตามอายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่นตลอดการทดสอบความทนทาน

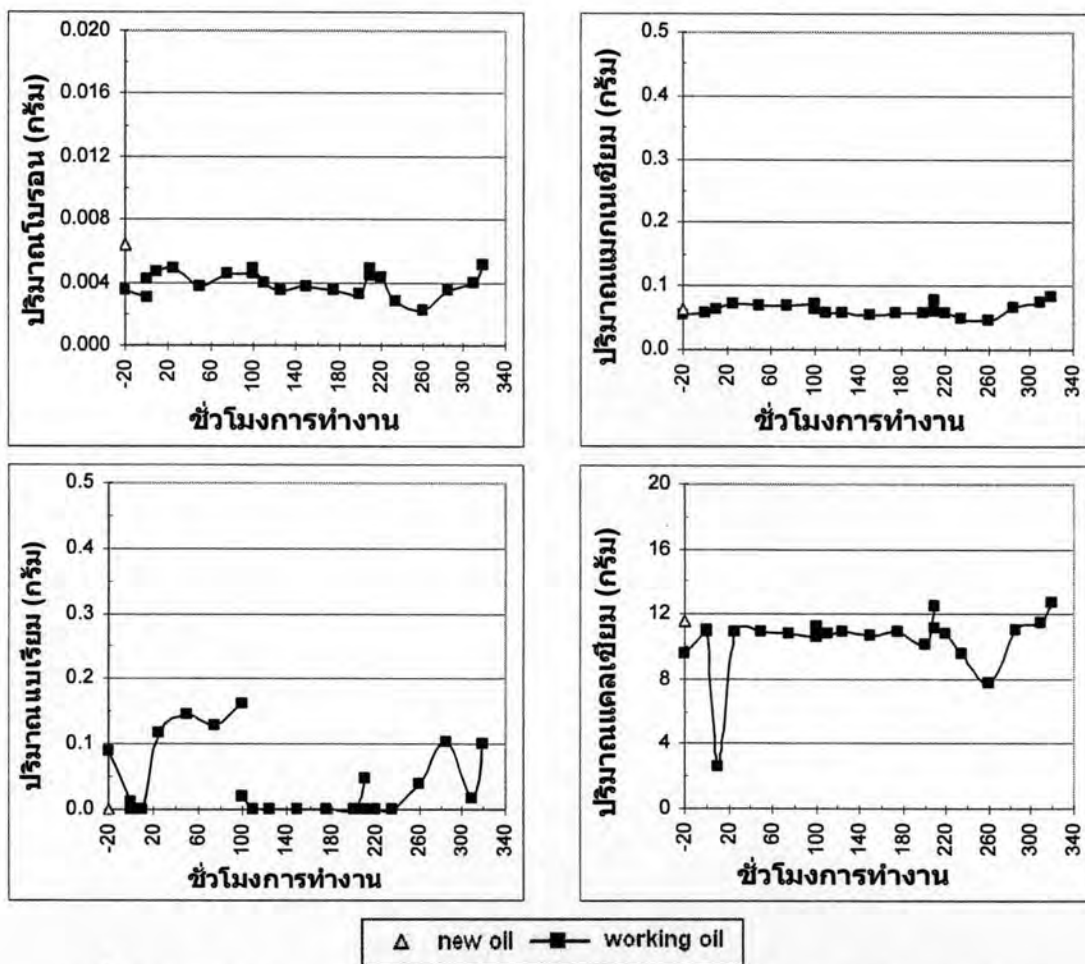
จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น และปริมาณการปนเปื้อนของน้ำมันหล่อลื่นพบว่า เหม่าที่เกิดจากการเผาไหม้ และ น้ำมันเชื้อเพลิง มีปริมาณการปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นที่สูงมาก เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล ซึ่งผลจากปริมาณเหม่าและน้ำมันเชื้อเพลิงที่

ปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นที่สูง ส่งผลให้ค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นสูงเกินกว่าค่าการเตือนชั้นวิกฤตอย่างรวดเร็ว ประมาณ 45-50 ชั่วโมงการทำงานของน้ำมันหล่อลื่น โดยจากค่าความหนืดที่สูงจะทำให้ประสิทธิภาพในการหล่อลื่นของน้ำมันหล่อลื่นลดลง

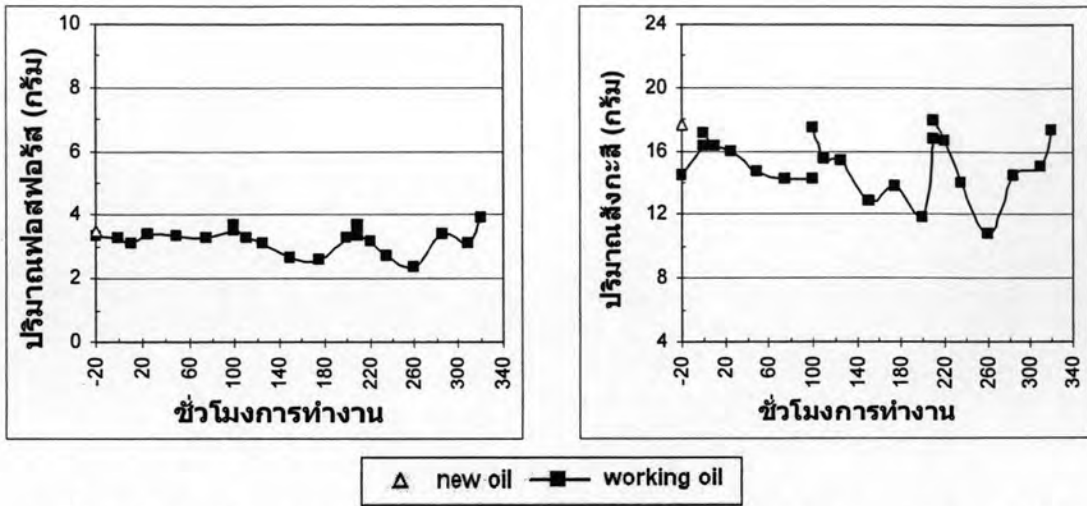
5.3.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารปรุงแต่ง

ปริมาณสารปรุงแต่งของน้ำมันหล่อลื่น ที่สนใจจะติดตามผลในช่วงการทดสอบความทนทานประกอบด้วย แมกเนเซียม, ฟอสฟอรัส, แคลเซียม แสดงในรูปที่ 5-42 และรูปที่ 5-43

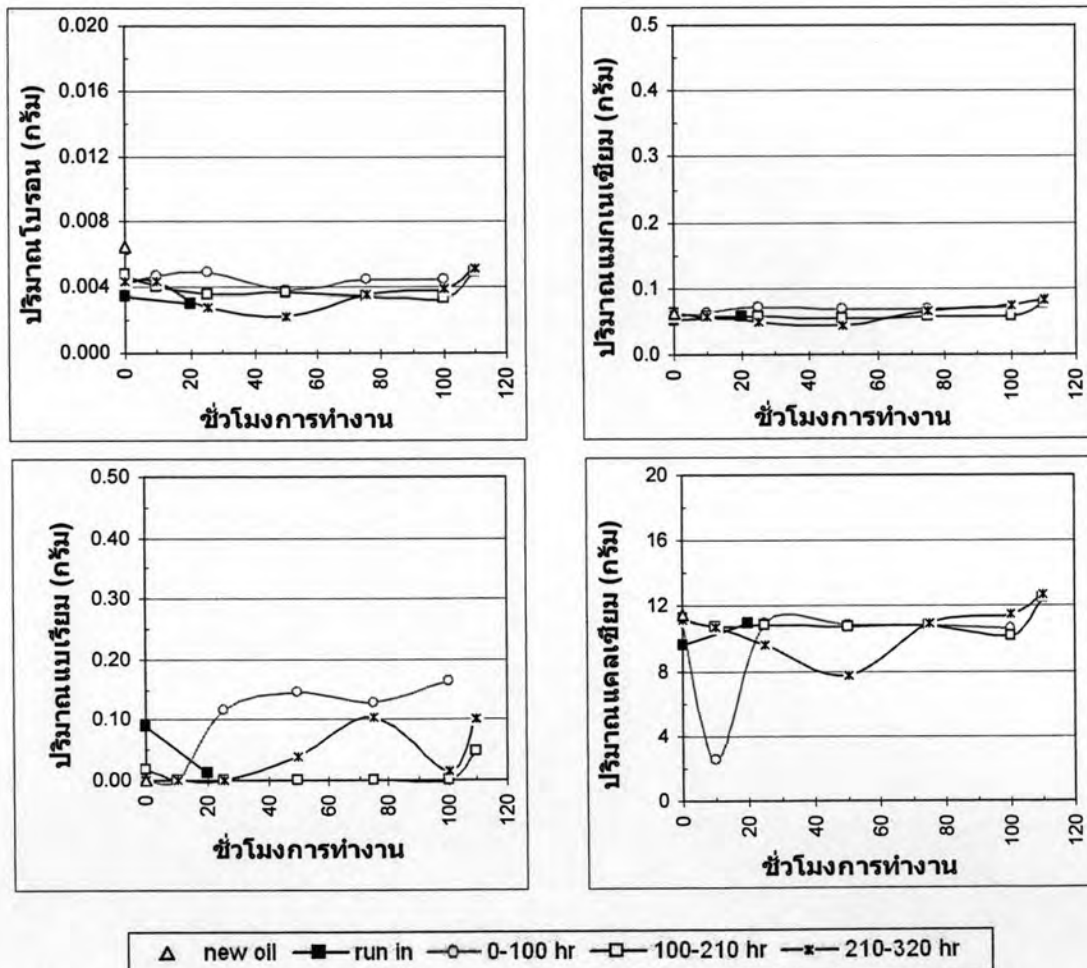
รูปที่ 5-42 และรูปที่ 5-43 พบว่าปริมาณสะสมสารปรุงแต่งน้ำมันหล่อลื่น มีค่าแนวโน้มที่ค่อนข้างคงที่



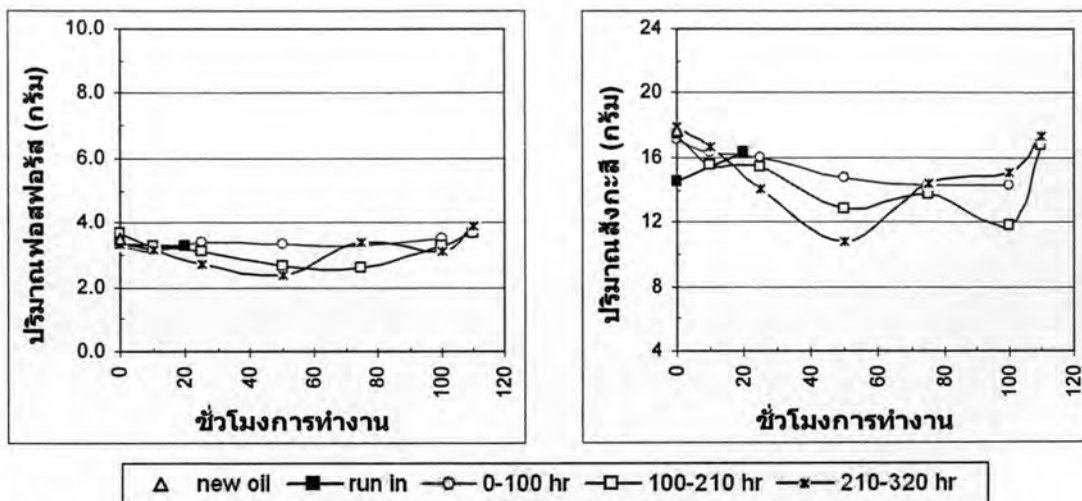
รูปที่ 5-42 แสดงปริมาณสารปรุงแต่งสะสมในน้ำมันหล่อลื่นระหว่างทดสอบความทนทาน



รูปที่ 5-42 แสดงปริมาณสารปรุงแต่งสะสมในน้ำมันหล่อลื่นระหว่างทดสอบความทนทาน(ต่อ)



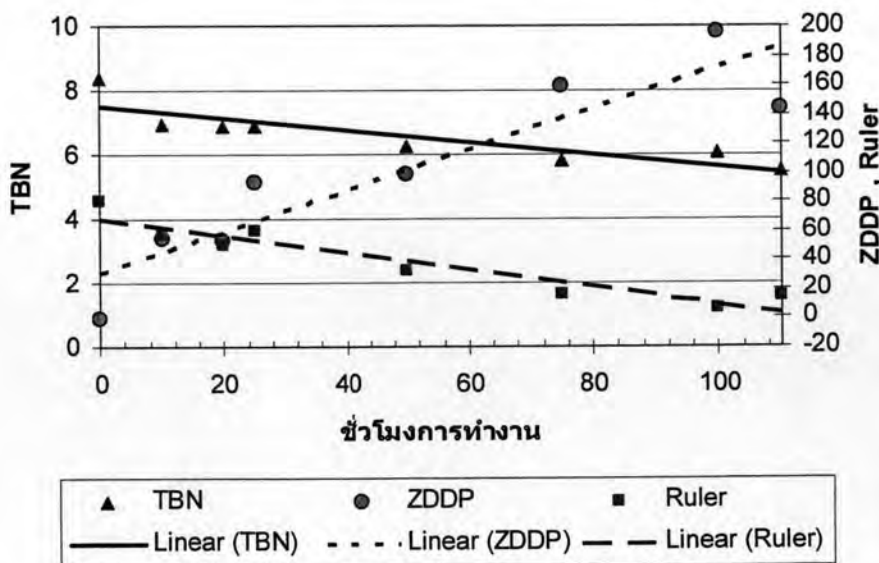
รูปที่ 5-43 แสดงปริมาณสารปรุงแต่งสะสมในน้ำมันหล่อลื่นโดยเปรียบเทียบตามอายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่นตลอดการทดสอบความทนทาน



รูปที่ 5-43 แสดงปริมาณสารปรุงแต่งสะสมในน้ำมันหล่อลื่นโดยเปรียบเทียบตามอายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่นตลอดการทดสอบความทนทาน(ต่อ)

จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น, ค่าการปนเปื้อนของน้ำมันหล่อลื่น และค่าปริมาณสารปรุงแต่ง ซึ่งมีค่าความหนืดที่สูงเกินกว่าระดับการเตือนขั้นวิกฤต และปริมาณการปนเปื้อนของเขม่าและน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูง ซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของน้ำมันหล่อลื่นต่ำลงอย่างรวดเร็ว โดยสาเหตุหลักมาจากความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นที่สูง เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมันหล่อลื่นมีความหนืดสูงเกินไป จึงพิจารณาถึงช่วงเวลาการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นที่เร็วขึ้น โดยพิจารณาจากหลายๆองค์ประกอบด้วยกัน เช่น ค่าความหนืด, ค่า TBN, ZDDP, Ruler ดังรูปที่ 5-44 แสดงค่า TBN , ZDDP และ Ruler เพื่อใช้ในการเลือกช่วงเวลาในการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นที่เหมาะสม

TBN ZDDP Ruler



รูปที่ 5-44 แสดงค่า TBN , ZDDP และ Ruler

จากรูปที่ 5-44 พบว่าค่า TBN ยังคงปกติ เนื่องจากระดับการเดือนขึ้นวิกฤตอยู่ที่ 2 ส่วนค่า Ruler พบว่า ระดับการเดือนขึ้นวิกฤตอยู่ที่ 25% นั่นคือประมาณชั่วโมงการทำงานที่ 75 และค่า ZDDP พบว่า ระดับการเดือนขึ้นวิกฤตอยู่ที่ประมาณชั่วโมงการทำงานที่ 25 จากค่าทั้งสามจึงได้ระดับการเดือนขึ้นวิกฤตเฉลี่ยสำหรับน้ำมันหล่อลื่นชนิดนี้ อยู่ที่ประมาณชั่วโมงการทำงานที่ 50 อีกทั้งจากผลการวิเคราะห์ค่าความหนืดก่อนหน้านี้พบว่าค่าความหนืดมีระดับการเดือนขึ้นวิกฤตอยู่ที่ประมาณชั่วโมงการทำงานที่ 45-50

สรุปได้ว่าช่วงเวลาที่ต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นชนิดนี้สำหรับการใช้น้ำมันดีเซลทางเล็กรถควรอยู่ที่ชั่วโมงการทำงานของน้ำมันหล่อลื่นที่ 50 ชั่วโมง

5.3.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะจากการสึกหรอ

โลหะที่เกิดจากการสึกหรอในเครื่องยนต์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มาจากชิ้นส่วนและที่มาจากที่ต่างกัน ดังนี้

เหล็ก	- กระบอกลูกสูบ , แหวนลูกสูบ , ลูกสูบ(เป็นส่วนผสมระหว่างเหล็กกับอลูมิเนียม), เพลาข้อเหวี่ยง, ก้านสูบ, เพลาลูกเบี้ยว, วาล์ว
โครเมียม	- เคลือบผิวแหวนอัดตัวที่ 1 และแหวนน้ำมัน
ตะกั่ว	- แบริ่งก้านสูบ , บุชก้านสูบ
ทองแดง	- แบริ่งก้านสูบ , บุชก้านสูบ
อลูมิเนียม	- ลูกสูบ
นิกเกิล	- ก้านวาล์ว , ป่าวาล์ว

ผลของปริมาณเหล็ก, โครเมียม, ตะกั่ว, ทองแดง, อลูมิเนียม และนิกเกิล สะสมในน้ำมันหล่อลื่นในหน่วยกรัม แสดงในรูปที่ 5-45 และในรูปที่ 5-46 พบว่า

- ปริมาณเหล็ก จากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณเหล็กเพิ่มขึ้นตามชั่วโมงการทำงานที่สูงขึ้น โดยอัตราการเพิ่มของปริมาณเหล็กในชั่วโมงที่ 0-100 มีอัตราการเพิ่มที่สูงกว่าช่วงอื่นๆ และมีแนวโน้มที่ลดลงในช่วงอื่นๆ ตามลำดับ อีกทั้งปริมาณเหล็กสะสมยังเกินค่าการเดือนทั้งสองระดับอีกด้วย
 - ช่วงชั่วโมงที่ 0-100 ปริมาณเหล็กสะสมเกินระดับการเดือนขึ้นต้นและระดับการเดือนเริ่มขึ้นวิกฤต ที่อายุของน้ำมันหล่อลื่น ประมาณ 5 และ 7 ชั่วโมง ตามลำดับ
 - ช่วงชั่วโมงที่ 100-210 ปริมาณเหล็กสะสมเกินระดับการเดือนขึ้นต้นและระดับการเดือนเริ่มขึ้นวิกฤต ที่อายุของน้ำมันหล่อลื่น ประมาณ 7 และ 10 ชั่วโมง ตามลำดับ

- ช่วงชั่วโมงที่ 210-320 ปริมาณเหล็กสะสมเกินระดับการเตือนขั้นต้น และระดับการเตือนเริ่มขั้นวิกฤต ที่อายุของน้ำมันหล่อลื่น ประมาณ 10 และ 25 ชั่วโมงตามลำดับ

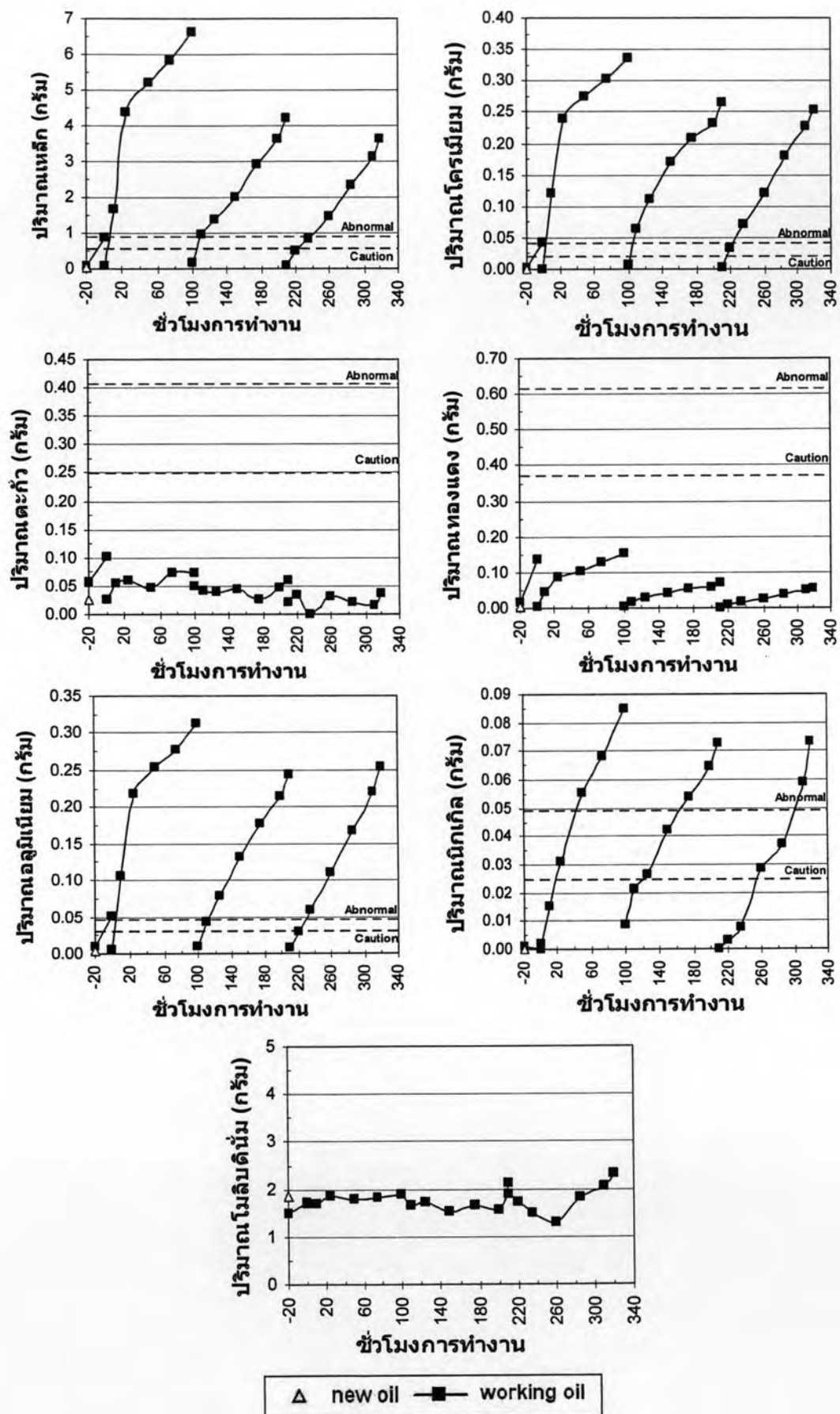
จากปริมาณเหล็กสะสมที่เพิ่มสูง เนื่องจากคุณภาพของน้ำมันหล่อลื่นที่มีค่าความหนืดที่สูง ทำให้การหล่อลื่นขึ้นส่วนต่างๆ แยกลง จึงเกิดการสึกหรอที่สูงตาม

- **ปริมาณโครเมียม** จากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณโครเมียม มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการเพิ่มของปริมาณเหล็ก อีกทั้งปริมาณโครเมียมสะสมยังเกินค่าการเตือนทั้งสองระดับอีกด้วย
 - ช่วงชั่วโมงที่ 0-100 ปริมาณโครเมียมสะสมเกินระดับการเตือนขั้นต้นและระดับการเตือนเริ่มขั้นวิกฤต ที่อายุของน้ำมันหล่อลื่น ประมาณ 2 และ 3 ชั่วโมงตามลำดับ
 - ช่วงชั่วโมงที่ 100-210 ปริมาณโครเมียมสะสมเกินระดับการเตือนขั้นต้นและระดับการเตือนเริ่มขั้นวิกฤต ที่อายุของน้ำมันหล่อลื่น ประมาณ 3 และ 5 ชั่วโมงตามลำดับ
 - ช่วงชั่วโมงที่ 210-320 ปริมาณโครเมียมสะสมเกินระดับการเตือนขั้นต้นและระดับการเตือนเริ่มขั้นวิกฤต ที่อายุของน้ำมันหล่อลื่น ประมาณ 5 และ 10 ชั่วโมงตามลำดับ
- **ปริมาณตะกั่ว** จากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณตะกั่ว มีแนวโน้มที่ไม่แน่นอน เนื่องจากตะกั่วเป็นสารที่เคลือบอยู่บนผิวของแบร็ง และ บุช ทำให้ทราบว่าการสึกหรอของแบร็ง และ บุช นั้น ไม่แน่นอน แต่ปริมาณตะกั่วสะสมยังไม่เกินค่าการเตือนทั้งสองระดับ
- **ปริมาณทองแดง** จากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณทองแดง มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการเพิ่มของปริมาณเหล็ก และ โครเมียม แต่ปริมาณทองแดงสะสมยังไม่เกินค่าการเตือนทั้งสองระดับ
- **ปริมาณอลูมิเนียม** จากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณอลูมิเนียม มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการเพิ่มของปริมาณเหล็ก และ โครเมียม อีกทั้งปริมาณอลูมิเนียมสะสมยังเกินค่าการเตือนทั้งสองระดับอีกด้วย
 - ช่วงชั่วโมงที่ 0-100 ปริมาณอลูมิเนียมสะสมเกินระดับการเตือนขั้นต้นและระดับการเตือนเริ่มขั้นวิกฤต ที่อายุของน้ำมันหล่อลื่น ประมาณ 2 และ 5 ชั่วโมงตามลำดับ

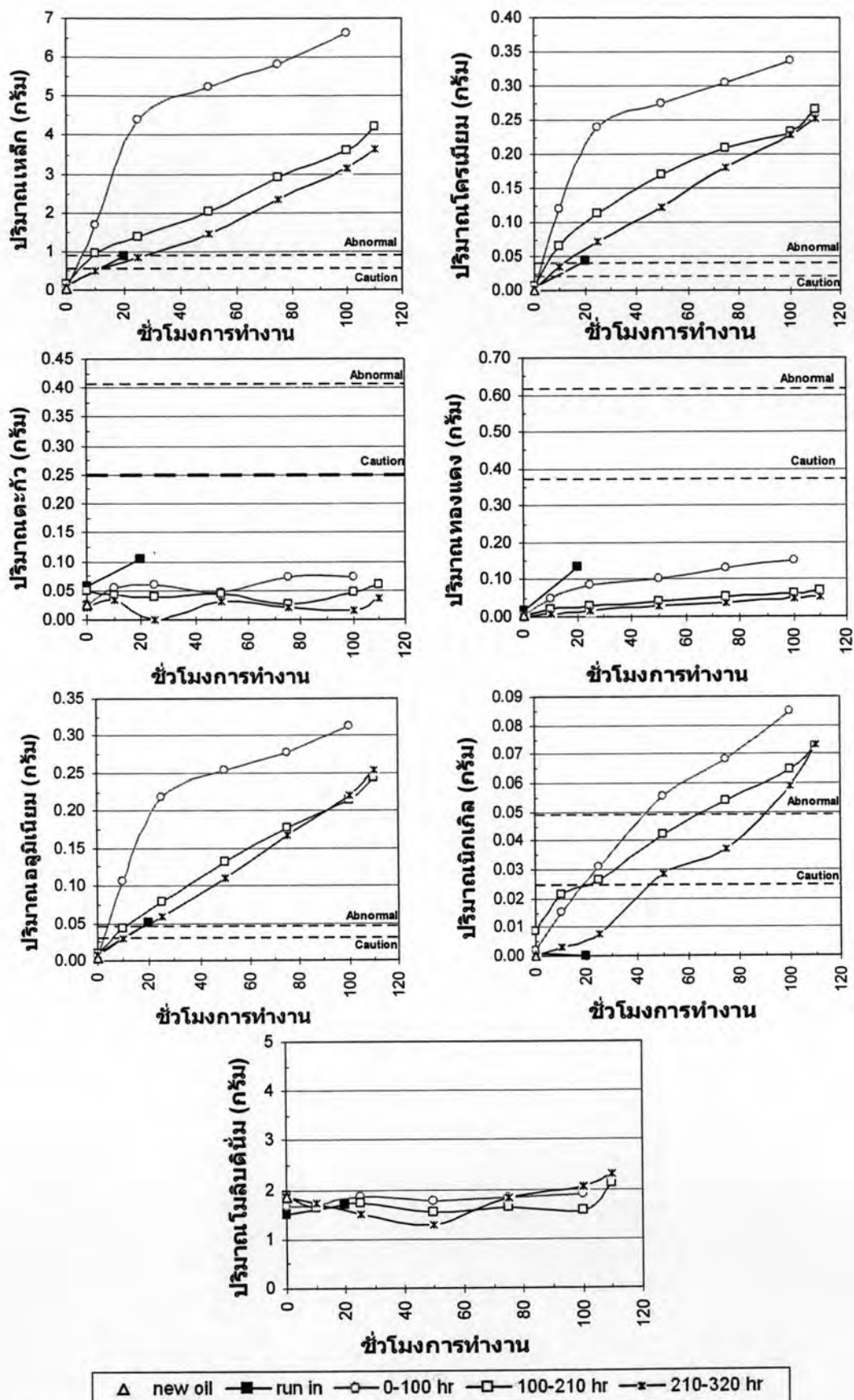
- ช่วงชั่วโมงที่ 100-210 ปริมาณอนุมูลิเนียมสะสมเกินระดับการเตือนขั้นต้นและระดับการเตือนเริ่มขั้นวิกฤต ที่อายุของน้ำมันหล่อลื่น ประมาณ 5 และ 10 ชั่วโมง ตามลำดับ
- ช่วงชั่วโมงที่ 210-320 ปริมาณอนุมูลิเนียมสะสมเกินระดับการเตือนขั้นต้นและระดับการเตือนเริ่มขั้นวิกฤต ที่อายุของน้ำมันหล่อลื่น ประมาณ 10 และ 15 ชั่วโมง ตามลำดับ
- **ปริมาณนิกเกิล** จากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณนิกเกิล มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการเพิ่มของปริมาณเหล็ก และ โครเมียม อีกทั้งปริมาณนิกเกิลสะสมยังเกินค่าการเตือนทั้งสองระดับอีกด้วย
 - ช่วงชั่วโมงที่ 0-100 ปริมาณนิกเกิลสะสมเกินระดับการเตือนขั้นต้นและระดับการเตือนเริ่มขั้นวิกฤต ที่อายุของน้ำมันหล่อลื่น ประมาณ 20 และ 40 ชั่วโมง ตามลำดับ
 - ช่วงชั่วโมงที่ 100-210 ปริมาณนิกเกิลสะสมเกินระดับการเตือนขั้นต้นและระดับการเตือนเริ่มขั้นวิกฤต ที่อายุของน้ำมันหล่อลื่น ประมาณ 20 และ 65 ชั่วโมง ตามลำดับ
 - ช่วงชั่วโมงที่ 210-320 ปริมาณนิกเกิลสะสมเกินระดับการเตือนขั้นต้นและระดับการเตือนเริ่มขั้นวิกฤต ที่อายุของน้ำมันหล่อลื่น ประมาณ 45 และ 90 ชั่วโมง ตามลำดับ

การที่ปริมาณนิกเกิลสะสมมีค่าสูงกว่าค่าการเตือนทำให้เราทราบว่า อาจเกิดการสึกหรอที่ผิดปกติ ที่วาล์วไอดี , วาล์วไอเสีย และบ่าวาล์ว ซึ่งอาจเกิดได้จาก การเสียดสี เนื่องจากน้ำมันหล่อลื่นหล่อเลี้ยงไม่เพียงพอ

จากผลของการวิเคราะห์ปริมาณโลหะที่สะสมในน้ำมันหล่อลื่น จะเห็นได้ว่าปริมาณโลหะสะสมมีปริมาณที่สูงเกินค่าการเตือนขั้นวิกฤต เนื่องจากน้ำมันหล่อลื่นมีความหนืดที่สูงขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการหล่อลื่นต่ำลง จึงเกิดการสึกหรอที่สูงตาม โดยสาเหตุหลักที่ทำให้ความหนืดสูงขึ้นคือ เขม่าที่เกิดจากการเผาไหม้และน้ำมันเชื้อเพลิงที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำมันหล่อลื่น



รูปที่ 5-45 แสดงปริมาณโลหะสะสมในน้ำมันหล่อลื่นระหว่างทดสอบความทนทาน



รูปที่ 5-46 แสดงปริมาณโลหะสะสมในน้ำมันหล่อลื่นโดยเปรียบเทียบตามอายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่นตลอดการทดสอบความทนทาน

5.3.5 ผลจากกระบวนการเฟอโรกราฟี

เนื่องจากปริมาณโลหะของการสึกหรอ ของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก มีปริมาณโลหะเพิ่มขึ้นสูงมากผิดปกติ จึงได้นำกระบวนการเฟอโรกราฟีมาเข้าร่วมในการวิเคราะห์ผล ข้อมูล ตลอดจนการทดสอบความทนทาน

การวิเคราะห์เฟอโรแกรมเป็นการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ด้วยการศึกษาถึงลักษณะ รูปร่าง ขนาดของเศษโลหะที่เกิดขึ้น ดังนั้นจึงไม่สามารถวิเคราะห์ในเชิงปริมาณและค่าตัวเลขในการตัดสินใจได้

โดยในการพิจารณาจะทำการแยกพิจารณาตามช่วงเวลาที่ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ช่วง ดังนี้

- ช่วงโม่งการทำงานที่ -20 ถึง 0 คือ ช่วงของการรันอินเครื่องยนต์(ใช้น้ำมันดีเซล)
- ช่วงโม่งการทำงานที่ 0 ถึง 100 (ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก)
- ช่วงโม่งการทำงานที่ 100 ถึง 210 (ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก)
- ช่วงโม่งการทำงานที่ 210 ถึง 320 (ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก)


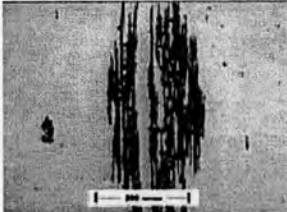

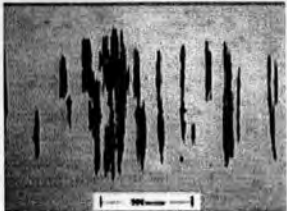

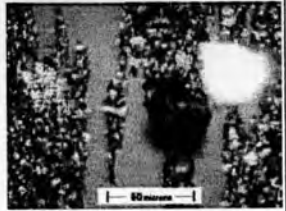
5.3.3.1 ช่วงโม่งการทำงานที่ -20 ถึง 0 (รันอิน)

ผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล ช่วงโม่งการทำงานที่ -20 ถึง 0 แสดง ภาพถ่ายจากแผ่นเฟอโรแกรมดังตารางที่ 5-1 และแสดงถึงชนิดของอนุภาคที่พบในแผ่นเฟอโรแกรม ดังตารางที่ 5-2

จากภาพขยาย 400 เท่า สามารถเห็น อนุภาค โลหะมีลักษณะเป็นขีด ขนาดประมาณ 10 – 20 micron ซึ่งเป็น Cutting wear สาเหตุอาจมาจาก Two body abrasive ของเครื่องยนต์ซึ่งจะเกิดในขณะ run-in ซึ่งหน้าสัมผัสของชิ้นส่วนต่างๆ ภายในเครื่องยนต์ยังมีความหยาบของผิวอยู่

ในช่วงโม่งการทำงานที่ 20 ยังมีการพบ ฝุ่นละอองขนาดประมาณ 20 – 40 micron อีกด้วย

ตารางที่ 5-1 แสดง ภาพถ่ายจากแผ่นเฟอริโรแกรมจากน้ำมันหล่อลื่นชั่วโมงการทำงานที่ -20 ถึง 0

Oil hr	Working hr	กำลังขยาย 40 เท่า	กำลังขยาย 100 เท่า	กำลังขยาย 400 เท่า
0	-20			
20	0			

ตารางที่ 5-2 แสดงถึงชนิดของอนุภาคที่พบในแผ่นเฟอริโรแกรม จากน้ำมันหล่อลื่นชั่วโมงการทำงานที่ -20 ถึง 0

Working (hr)	0			-20		
Oil Hour (hr)	20			0		
Wear & Contaminants Particles	% Rating	Size (Micron)	Particle Type	% Rating	Size (Micron)	Particle Type
Normal Rubbing Wear	40	3-5	F*	50	3-5	F
Fatigue Wear	50	20-50	F	40	20-50	F
Cutting Wear	-	-	-	10	10-20	F
Black Oxides	-	-	-	-	-	-
Dirt and Dust	10	20-40	C	-	-	-

* F : Ferrous Wear Particle , N : Non Ferrous Wear Particle , C : Contaminant Particle

5.3.3.2 ชั่วโมงการทำงานที่ 0 ถึง 100

ผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลทางเลือก ชั่วโมงการทำงานที่ 0 ถึง 100 แสดงภาพถ่ายจากแผ่นเฟอร์โรแกรมดังตารางที่ 5-3 และแสดงถึงชนิดของอนุภาคที่พบในแผ่นเฟอร์โรแกรม ดังตารางที่ 5-4

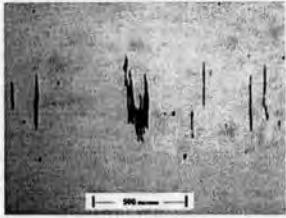
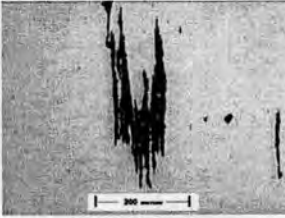

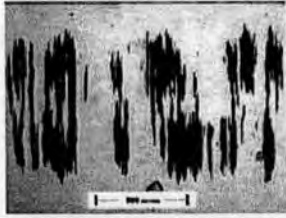








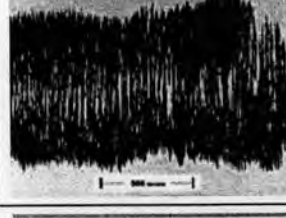

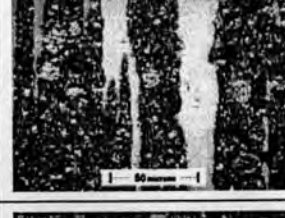



จากภาพกำลังขยาย 100 เท่า ในช่วงชั่วโมงการทำงานที่ 25 – 100 สามารถเห็นถึงก้อนสีแดงเป็นจำนวนมาก ซึ่งก็คืออนุภาคของโลหะที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำมันหล่อลื่น อีกทั้งยังมีแนวโน้มที่สอดคล้องกับปริมาณการสึกหรอของโลหะต่างๆ ที่ได้วิเคราะห์มาก่อนหน้านี้ด้วย

โดยในช่วง ชั่วโมงการทำงาน 0 – 100 แรกนี้ความเสียหายที่เกิดจาก surface fatigue นี้มีขนาด ใกล้เคียงกันคือ 20 – 40 micron

จากภาพขยาย 400 เท่า สามารถเห็น อนุภาค สีดำผิวขรุขระ ขนาดประมาณ 10 – 20 micron ซึ่งเป็น black oxides ทั้งนี้รากสาเหตุมาจาก มีชั้นส่วนที่มีอุณหภูมิที่มีจุดสัมผัสสูงมาก หรือ เนื่องจากขาดสารหล่อลื่นที่เพียงพอ

ชั่วโมงการทำงานที่ 10-100 ยังคงพบฝุ่นละอองขนาดประมาณ 10 – 20 micron อยู่

ตารางที่ 5-3 แสดงภาพถ่ายจากแผ่นเฟอริโรแกรมจากน้ำมันหล่อลื่น
ชั่วโมงการทำงานที่ 0 ถึง 100

Oil hr	Working hr	กำลังขยาย 40 เท่า	กำลังขยาย 100 เท่า	กำลังขยาย 400 เท่า
0	0			
10	10			
25	25			
50	50			
75	75			
100	100			

5.3.3.3 ชั่วโมงการทำงานที่ 100 ถึง 210

ผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลทางเลือกชั่วโมงการทำงานที่ 100 ถึง 210 แสดงภาพถ่ายจากแผ่นเฟอร์โรแกรมดังตารางที่ 5-5 และแสดงถึงชนิดของอนุภาคที่พบในแผ่นเฟอร์โรแกรม ดังตารางที่ 5-6

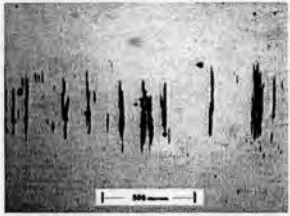
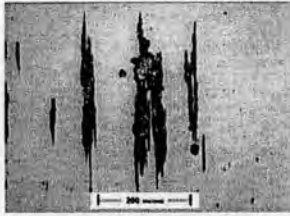

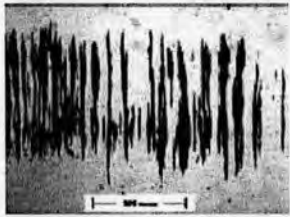

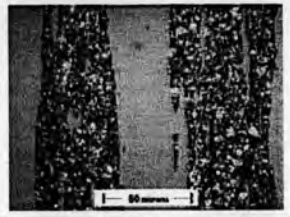
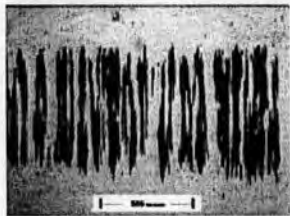

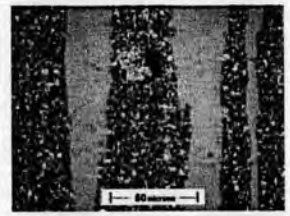
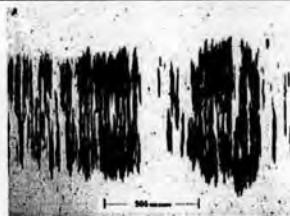





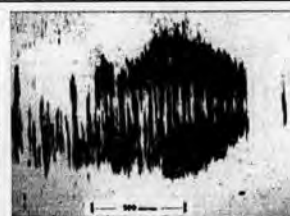
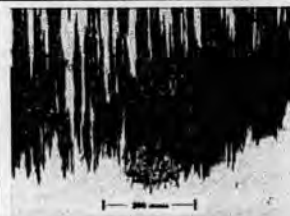

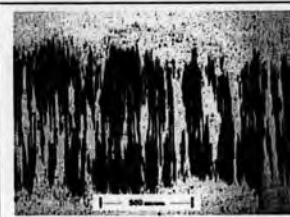


จากภาพถ่ายจากแผ่นเฟอร์โรแกรมที่ชั่วโมงการทำงานที่ 100 พบว่ามีอนุภาคขนาดใหญ่กว่า 50 micron ซึ่งเป็นโลหะที่ตกค้างจากการถ่ายน้ำมันหล่อลื่นก่อนหน้านี้

ในชั่วโมงการทำงานที่ 100 – 210 ยังคงพบ Fatigue wear ขนาด 20 – 40 micron ทั้งนี้ยังมี Fatigue wear ที่มีขนาดใหญ่กว่า 50 micron แสดงให้เห็นถึงการเกิด Fatigue ที่รุนแรงขึ้นในชั่วโมงการทำงานที่ 200

เมื่อถึงชั่วโมงการทำงานที่ 210 สังเกตเห็น Sliding Wear ซึ่งมีรากสาเหตุมาจากอาการขาดแคลนน้ำมันหล่อลื่น และเนื่องจากภาระที่สูงมากเกินไป

ทั้งนี้ในชั่วโมงการทำงานที่ 100 – 175 ยังมีการพบ Black Oxide ขนาด 5 - 20 micron อยู่แสดงถึงมีชิ้นส่วนที่มีอุณหภูมิที่มีจุดสัมผัสสูงมาก หรือ เนื่องจากขาดสารหล่อลื่นที่เพียงพอ

ตารางที่ 5-5 แสดงภาพถ่ายจากแผ่นเฟอโรโกรมจากน้ำมันหล่อลื่น
ชั่วโมงการทำงานที่ 100 ถึง 210

Oil hr	Working hr	กำลังขยาย 40 เท่า	กำลังขยาย 100 เท่า	กำลังขยาย 400 เท่า
0	100			
10	110			
25	125			
50	150			
75	175			
100	200			
110	210			

5.3.3.4 ชั่วโมงการทำงานที่ 210 ถึง 320









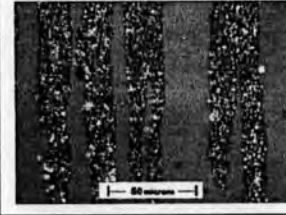
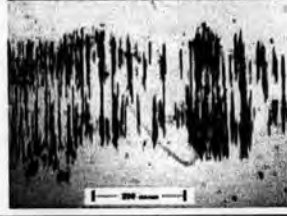





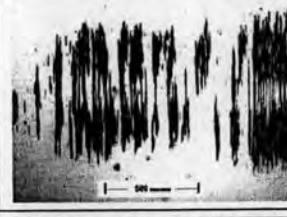


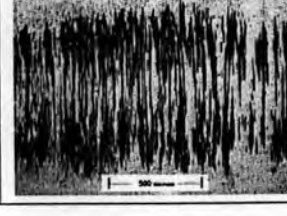


ผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลทางเลือก ชั่วโมงการทำงานที่ 210 ถึง 320 แสดง ภาพถ่ายจากแผ่นเฟอโรโรแกรมดังตารางที่ 5-7 และแสดงถึงชนิดของอนุภาคที่พบในแผ่นเฟอโรโรแกรม ดังตารางที่ 5-8

ทั้งนี้ในช่วงชั่วโมงการทำงานที่ 210-285 ยังคงมีการพบ Black Oxide ขนาด 5 - 15 micron อยู่

จากชั่วโมงที่ 210 – 310 พบว่า Fatigue wear มีขนาด 10 – 20 micron ซึ่งขนาดเล็กกว่าช่วงชั่วโมงการทำงานก่อนหน้านี้

ในชั่วโมงที่ 320 พบอนุภาคทองแดงขนาด 5 – 10 micron อีกด้วย

ตารางที่ 5-7 แสดง ภาพถ่ายจากแผ่นเฟอร์โรแกรมจากน้ำมันหล่อลื่น
ชั่วโมงการทำงานที่ 210 ถึง 320

Oil hr	Working hr	กำลังขยาย 40 เท่า	กำลังขยาย 100 เท่า	กำลังขยาย 400 เท่า
0	210			
10	220			
25	235			
50	260			
75	285			
100	310			
110	320			

ตารางที่ 5-8 แสดงถึงชนิดของอนุภาคที่พบในแผ่นเฟอริโรแกรม จากน้ำมันหล่อลื่น
ชั่วโมงการทำงานที่ 210 ถึง 320

Working (hr)	210			220			235			260		
Oil Hour (hr)	0			10			25			50		
Wear & Contaminants Particles	% Rating	Size (Micron)	Particle Type	Size (Micron)	Particle Type	Particle Type	% Rating	Size (Micron)	Particle Type	% Rating	Size (Micron)	Particle Type
Normal Rubbing Wear	50	3-5	F	60	3-5	F	70	3-5	F	50	3-5	F
Fatigue Wear	40	10-20	F	25	10-20	F				40	10-20	F
Sliding Wear												
Black Oxides	5	5-10	F	5	5-10	F				5	5-10	F
Dirt and Dust	5	10-20	C	10	20-50	C	20	50-75	C	5	10-20	C

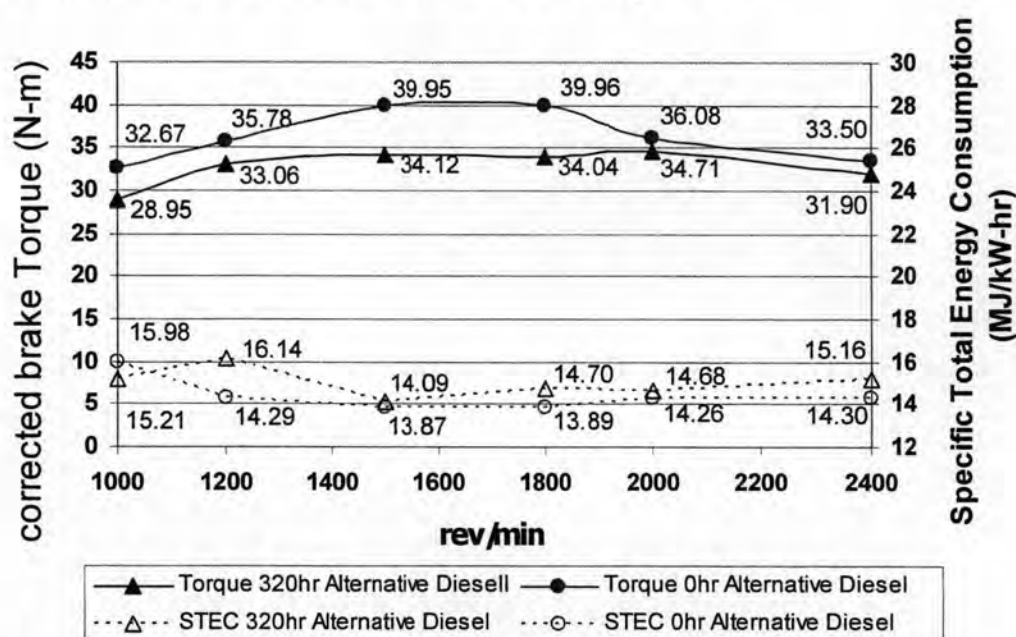
Working (hr)	285			310			320		
Oil Hour (hr)	75			100			110		
Wear & Contaminants Particles	% Rating	Size (Micron)	Particle Type	Size (Micron)	Particle Type	Particle Type	% Rating	Size (Micron)	Particle Type
Normal Rubbing Wear	50	3-5	F	60	3-5	F	70	3-5	F
Fatigue Wear	40	10-20	F	25	10-20	F			
Sliding Wear									
Black Oxides	5	5-10	F	5	5-10	F			
Dirt and Dust	5	10-20	C	10	20-50	C	20	50-75	C
Copper							10	5-10	N

5.4 ผลการทดสอบสมรรถนะภายหลังจากทดสอบความทนทาน

ผลจากการทดสอบสมรรถนะภายหลังจากการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ระหว่างค่าแรงบิดเบรก อัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรก หลังทำการปรับแก้ไขค่าสำหรับอุณหภูมิและความดันบรรยากาศมาตรฐาน อุณหภูมิไอเสีย และค่าควันดำ ซึ่งทำการทดสอบโดยใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก ที่ความเร็วรอบคงที่และสภาวะคงตัว บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์ นำเสนอออกเป็นผลที่สภาวะภาระสูงสุด และที่สภาวะภาระบางส่วน ดังนี้

5.4.1 ผลของแรงบิดเบรก(brake Torque) กับ อัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะเบรก (STEC) ที่สภาวะภาระสูงสุด

ผลของแรงบิดเบรก (brake Torque) กับ อัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ (STEC) ที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกเปรียบเทียบระหว่างสภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทานกับหลังทดสอบความทนทาน แสดงในรูปที่ 5-47



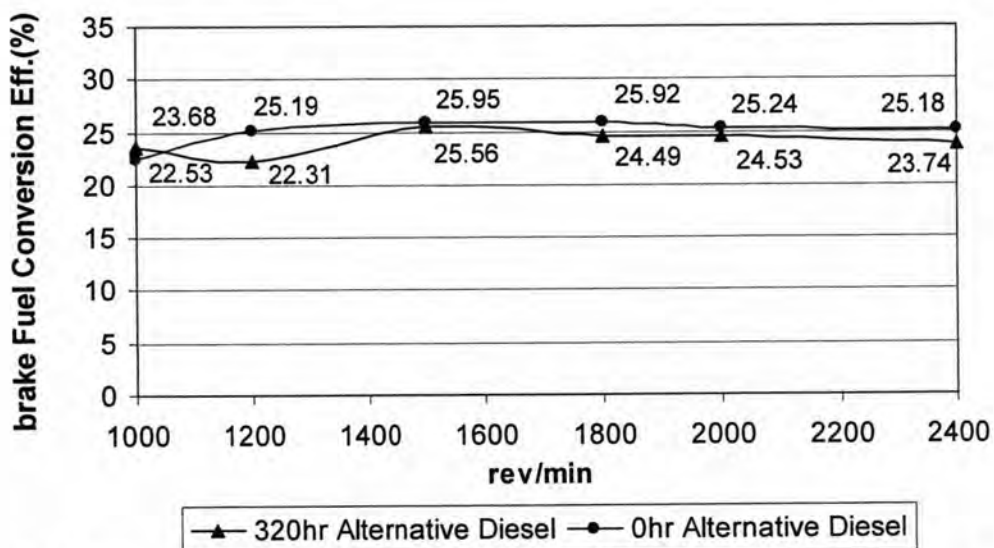
รูปที่ 5-47 แสดงผลของแรงบิดเบรก (brake Torque) และอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ (STEC) ที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก เปรียบเทียบที่สภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทานกับหลังทดสอบความทนทาน

ผลจากการเปรียบเทียบสมรรถนะที่สภาวะภาระสูงสุดก่อนการทดสอบและหลังการทดสอบความทนทานเป็นเวลา 320 ชั่วโมงพบว่า แรงบิดเบรกหลังผ่านการทดสอบมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัดในทุกความเร็วรอบเครื่องยนต์ มีค่าลดลงระหว่าง 1.37 – 5.92 N-m คิดเป็นร้อยละ

ความแตกต่างอยู่ระหว่าง ร้อยละ 3.79 - ร้อยละ 14.6 ค่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ ภายหลังจากการทดสอบความทนทาน มีค่าสูงขึ้นที่ทุกความเร็วรอบเครื่องยนต์ระหว่าง 0.22 - 1.85 MJ/kW-hr คิดเป็นร้อยละความแตกต่างระหว่าง ร้อยละ 1.59 - ร้อยละ 12.95 ยกเว้นที่ ความเร็ว 1,000 รอบต่อนาที ที่มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย

5.4.2 ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรก (Brake Fuel Conversion Efficiency) ที่สภาวะภาวะสูงสุด

ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่สภาวะภาวะสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลทางเลือกเปรียบเทียบระหว่างสภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทานกับหลังทดสอบ ความทนทาน แสดงในรูปที่ 5-48

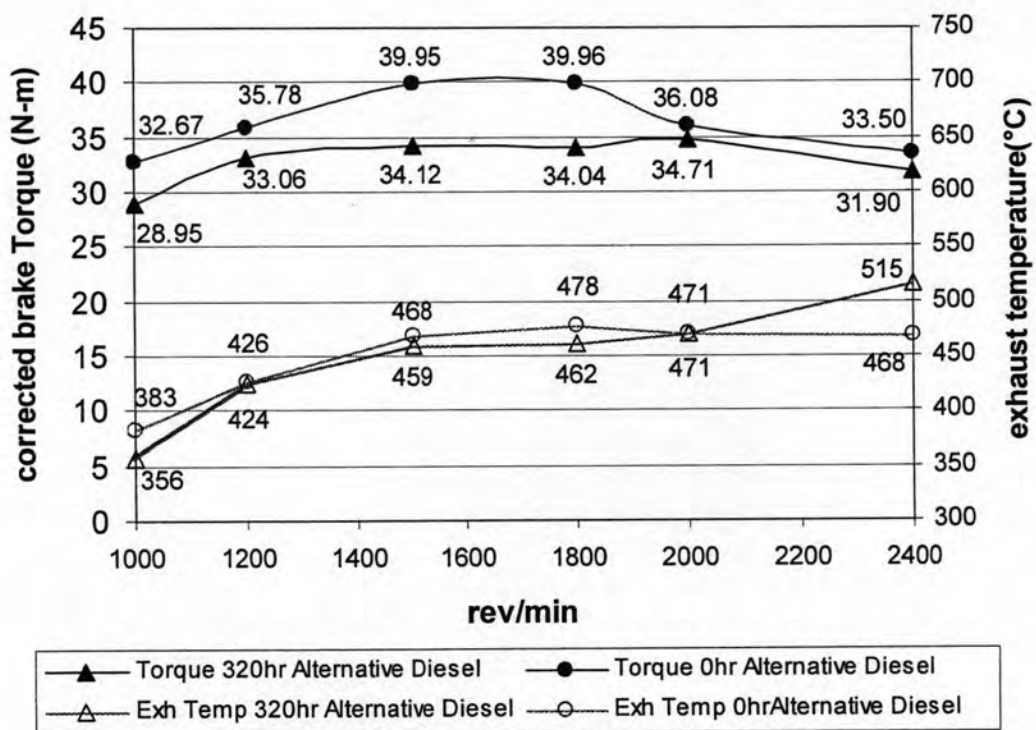


รูปที่ 5-48 แสดงประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่สภาวะภาวะสูงสุด ของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก เปรียบเทียบที่สภาวะก่อนทำการ ทดสอบความทนทานกับหลังทดสอบความทนทาน

ผลการเปรียบเทียบของประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรก ที่สภาวะภาวะ สูงสุดระหว่างก่อนและหลังการทดสอบความทนทาน แสดงในรูปที่ 5-48 ซึ่งผลที่ได้มีแนวโน้ม เดียวกับค่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่สภาวะภาวะสูงสุด คือ ประสิทธิภาพการเปลี่ยน พลังงานเชื้อเพลิงเบรกของเครื่องยนต์เมื่อผ่านการทดสอบความทนทานมีค่าลดลง ตลอดช่วงการ ใช้งาน

5.4.3 อุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระสูงสุด

ค่าอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลทางเลือก เปรียบเทียบระหว่างสภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทานกับหลังทดสอบความทนทาน แสดง ในรูปที่ 5-49 ซึ่งพบว่าอุณหภูมิไอเสียหลังผ่านการทดสอบความทนทานมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิ ก่อนการทดสอบความทนทานทุกค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์ แม้ว่าค่าแรงบิดเบรกที่สภาวะภาระ สูงสุดภายหลังการทดสอบความทนทาน จะมีค่าน้อยกว่าก่อนการทดสอบความทนทานอย่างมาก

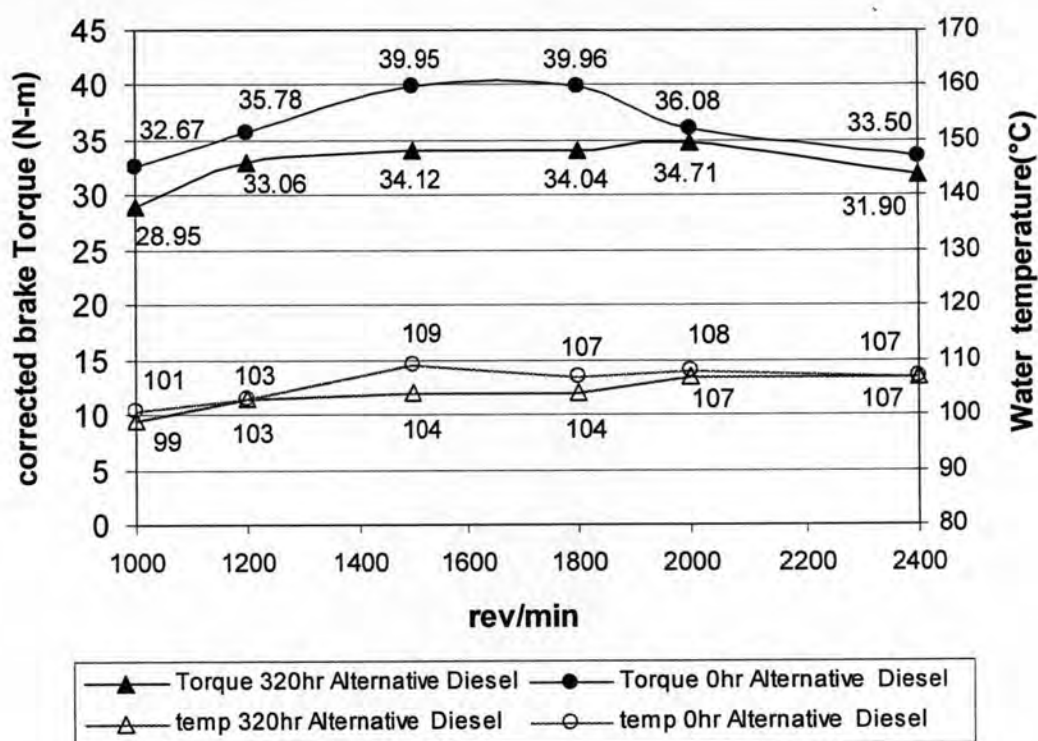


รูปที่ 5-49 แสดงอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลทางเลือก เปรียบเทียบที่สภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทานกับหลังทดสอบความทนทาน

5.4.4 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่สภาวะภาระสูงสุด

อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกเปรียบเทียบกับระหว่างสภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทานกับหลังทดสอบความทนทาน แสดงในรูปที่ 5-50 ซึ่งพบว่าค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน

อาจสรุปได้ว่าหลังผ่านการทดสอบความทนทานไม่เห็นถึงความแตกต่างที่ชัดเจนจากค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่สภาวะภาระสูงสุดที่ได้จากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก

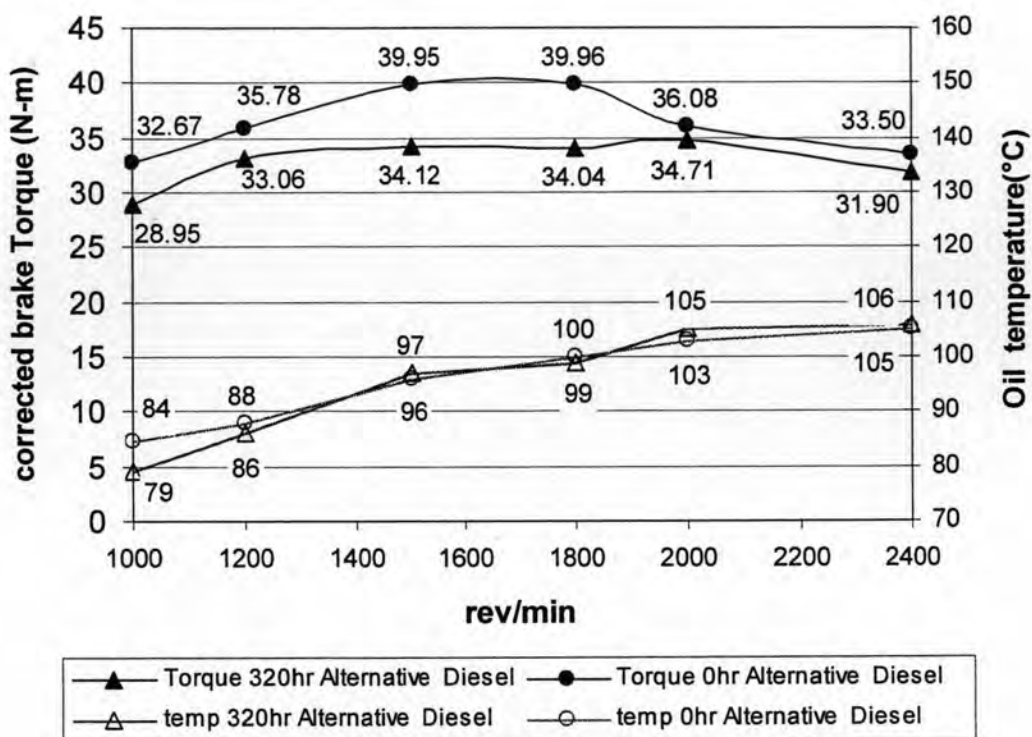


รูปที่ 5-50 แสดงผลเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกเปรียบเทียบกับสภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทานกับหลังทดสอบความทนทาน

5.4.5 อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะภาระสูงสุด

อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกเปรียบเทียบกับระหว่างสภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทานกับหลังทดสอบความทนทาน แสดงในรูปที่ 5-51 ซึ่งพบว่าค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน

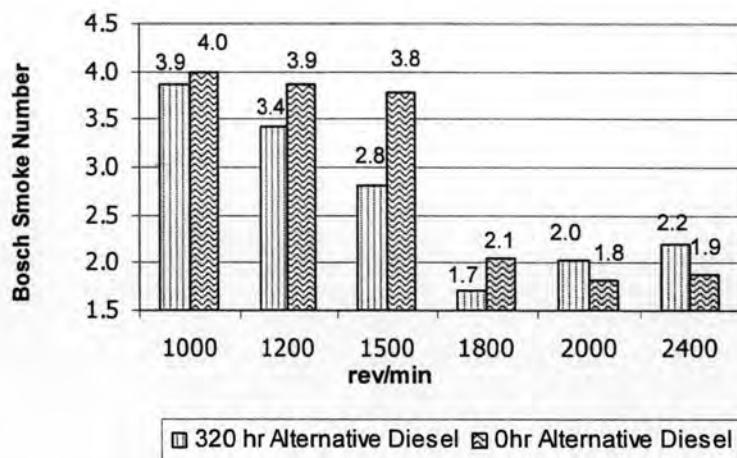
อาจสรุปได้ว่าหลังผ่านการทดสอบความทนทานไม่เห็นถึงความแตกต่างที่ชัดเจนจากค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะภาระสูงสุดที่ได้จากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก



รูปที่ 5-51 แสดงผลเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลทางเลือกเปรียบเทียบที่สภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทาน กับหลังทดสอบความทนทาน

5.4.6 ค่าควันท่ำที่สภาวะภาระสูงสุด

ผลการวัดค่าควันท่ำที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลทางเลือกเปรียบเทียบระหว่างสภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทานกับหลังทดสอบความทนทาน แสดงในรูปที่ 5-52 ซึ่งพบว่าค่าควันท่ำหลังผ่านการทดสอบความทนทานมีค่าน้อยกว่าก่อนการทดสอบความทนทานที่ช่วงความเร็ว 1,000 ถึง 1,800 รอบต่อนาที เนื่องจากที่ช่วงความเร็วนี้มีค่าแรงบิดเบรกที่สภาวะภาระสูงสุดต่ำกว่าก่อนการทดสอบความทนทานมาก ในขณะที่ช่วงความเร็ว 2,000 และ 2,400 รอบต่อนาที ที่ค่าแรงบิดเบรกที่สภาวะภาระสูงสุดภายหลังการทดสอบความทนทาน มีค่าน้อยกว่าก่อนการทดสอบความทนทานเล็กน้อยในขณะที่อัตราการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงสูงกว่าก่อนการทดสอบความทนทาน แสดงว่าประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ต่ำลง ส่งผลให้ที่ช่วงความเร็วนี้มีค่าควันท่ำที่มากกว่าก่อนการทดสอบความทนทาน

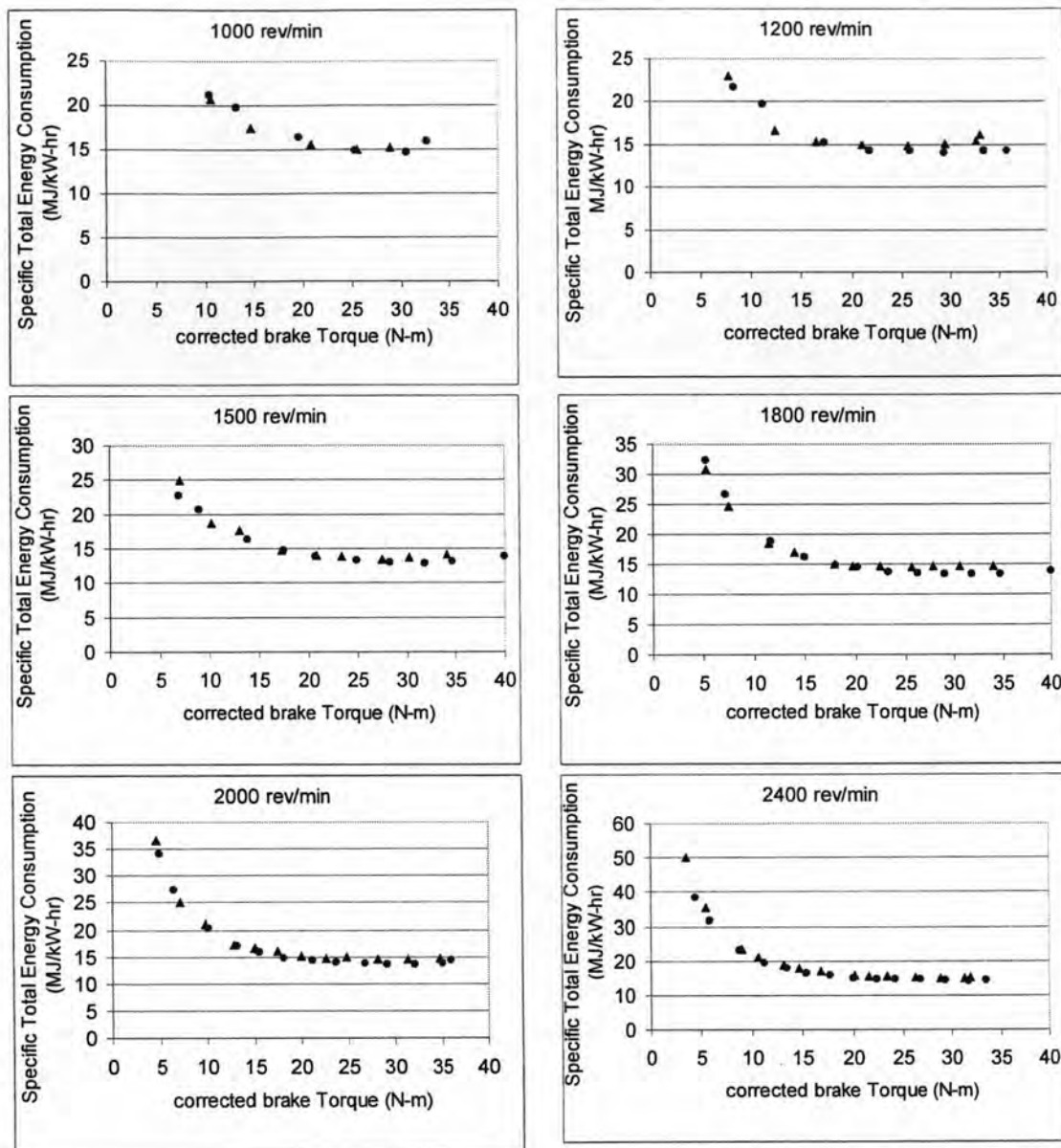


รูปที่ 5-52 แสดงค่าควันดำที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลทางเลือก เปรียบเทียบที่สภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทานกับหลังทดสอบความทนทาน

5.4.7 ค่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ สภาวะภาระบางส่วน

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะและค่าแรงบิดเบรกที่ ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่เปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการทดสอบความทนทานเมื่อใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงทางเลือกเป็นเชื้อเพลิง แสดงดังรูปที่ 5-53

จากรูปที่ 5-53 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะกับแรงบิด เบรก ที่ค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ ตั้งแต่ 1,000 1,200 1,500 1,800 2,000 และ 2,400 รอบต่อนาที เมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกที่สภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทาน กับหลังทดสอบ ความทนทาน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะภายหลังการทดสอบความ ทนทานมีค่าสูงกว่าก่อนการทดสอบความทนทานอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในช่วงภาระสูงของทุก รอบความเร็ว โดยค่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะต่ำสุดภายหลังการทดสอบความทนทาน มีค่า 13.4 MJ/kW-hr เกิดขึ้นที่ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที และแรงบิดเบรก 27.5 N-m ส่วนค่า อัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะต่ำสุดก่อนการทดสอบความทนทานมีค่า 12.8 MJ/kW-hr เกิดขึ้นที่จุดเดียวกันจากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกที่ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที และแรงบิด เบรก 31.8 N-m ซึ่งค่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะภายหลังการทดสอบความทนทานมีค่า สูงกว่า ร้อยละ 4.8 ซึ่งเป็นผลมาจากการสึกหรอและเสื่อมสภาพของเครื่องจักร



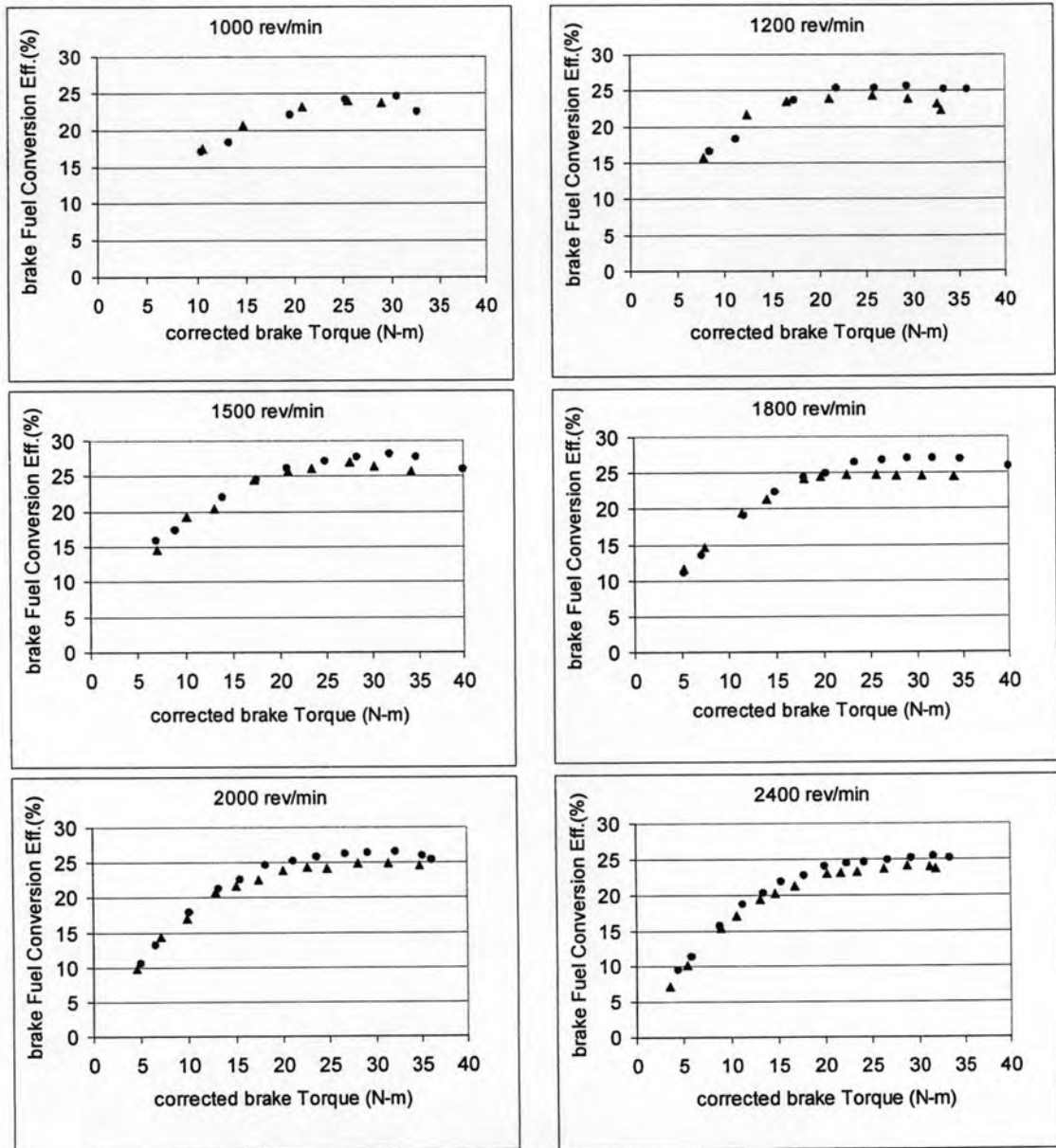
▲ 320hr Alternative Diesel • 0hr Alternative Diesel

รูปที่ 5-53 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ค่าต่างๆ เมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกที่สภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทาน และหลังทดสอบความทนทาน

5.4.8 ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ สภาวะภาวะบางส่วน

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกและค่าแรงบิดเบรกที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ ตั้งแต่ 1,000 1,200 1,500 1,800 2,000 และ 2,400 รอบต่อนาที เมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกที่สภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทาน กับหลังทดสอบความทนทาน แสดงดังรูปที่ 5-54 จะเห็นได้ว่า ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรก

หลังผ่านการทดสอบความทนทานมีค่าลดลง โดยมีลักษณะแนวโน้มที่คล้ายกับค่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ

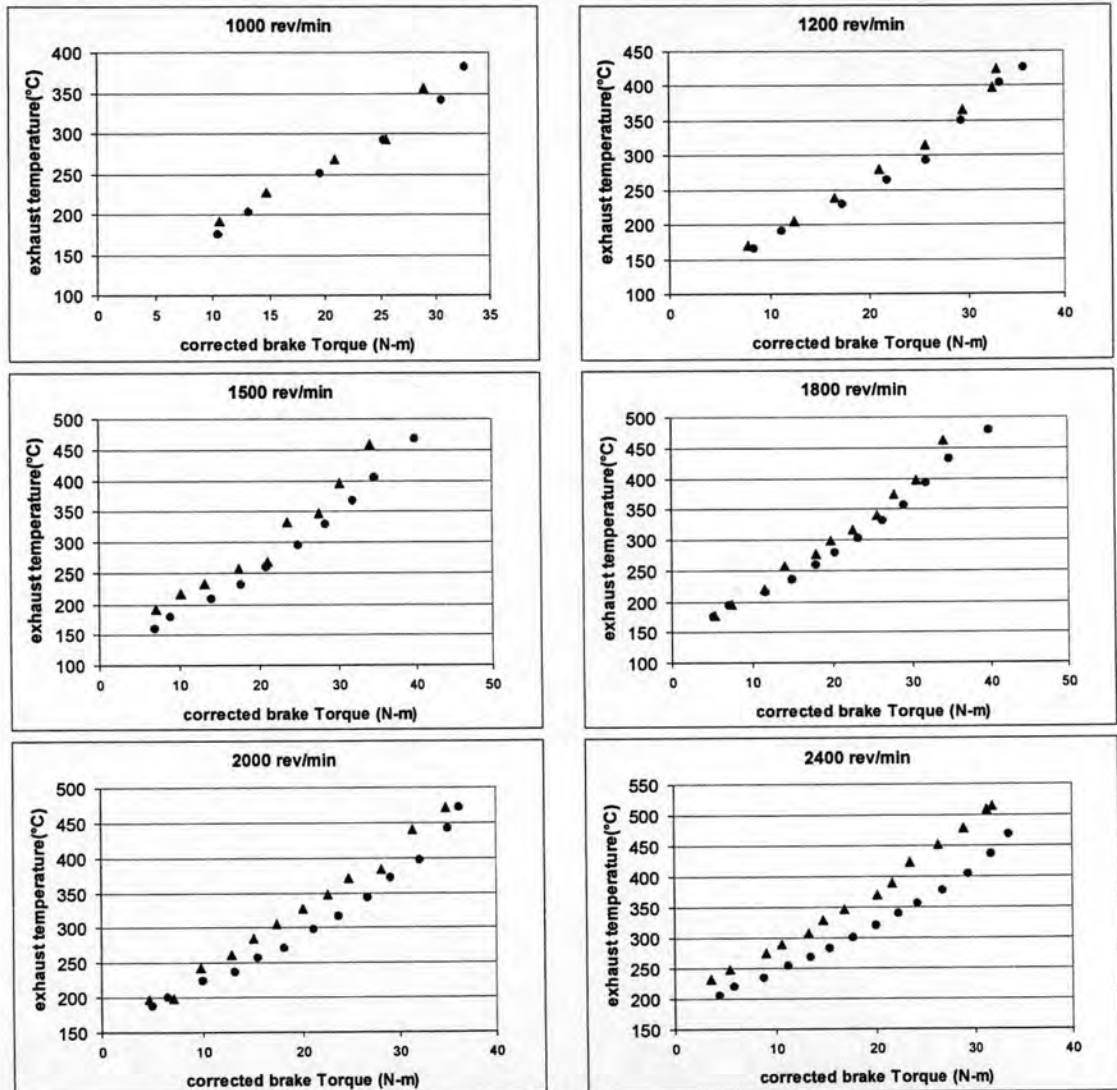


▲ 320hr Alternative Diesel ● 0hr Alternative Diesel

รูปที่ 5-54 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ค่าต่างๆ เมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกที่สภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทาน และหลังทดสอบความทนทาน

5.4.9 ค่าอุณหภูมิไอเสียที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ สภาวะภาระบางส่วน

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิไอเสียและค่าแรงบิดเบรกที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ ตั้งแต่ 1,000 1,200 1,500 1,800 2,000 และ 2,400 รอบต่อนาที เมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกที่ สภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทาน กับหลังทดสอบความทนทาน แสดงดังรูปที่ 5-55 จะเห็น ได้ว่า ค่าอุณหภูมิไอเสียหลังผ่านการทดสอบความทนทานมีค่าสูงกว่าค่าอุณหภูมิไอเสียก่อนการ ทดสอบความทนทานอย่างเห็นได้ชัด ที่ทุกภาวะและทุกความเร็วรอบ

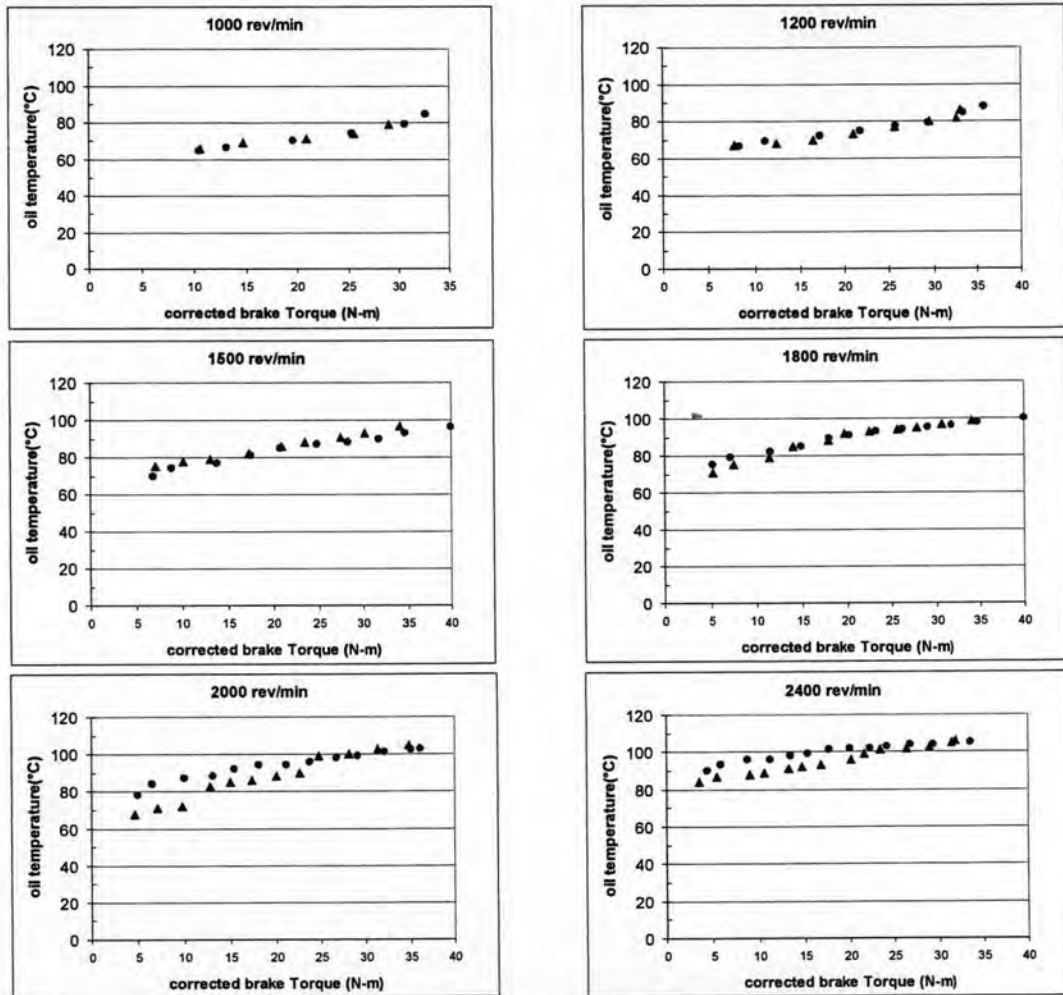


▲ 320hr Alternative Diesel ● 0hr Alternative Diesel

รูปที่ 5-55 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิไอเสีย ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ค่าต่างๆ เมื่อใช้ น้ำมันดีเซลทางเลือกที่สภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทาน และหลังทดสอบความทนทาน

5.4.10 ค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ สภาวะภาระบางส่วน

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นและค่าแรงบิดเบรกที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ ตั้งแต่ 1,000 1,200 1,500 1,800 2,000 และ 2,400 รอบต่อนาที เมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกที่สภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทาน กับหลังทดสอบความทนทาน แสดงดังรูปที่ 5-56



▲ 320hr Alternative Diesel • 0hr Alternative Diesel

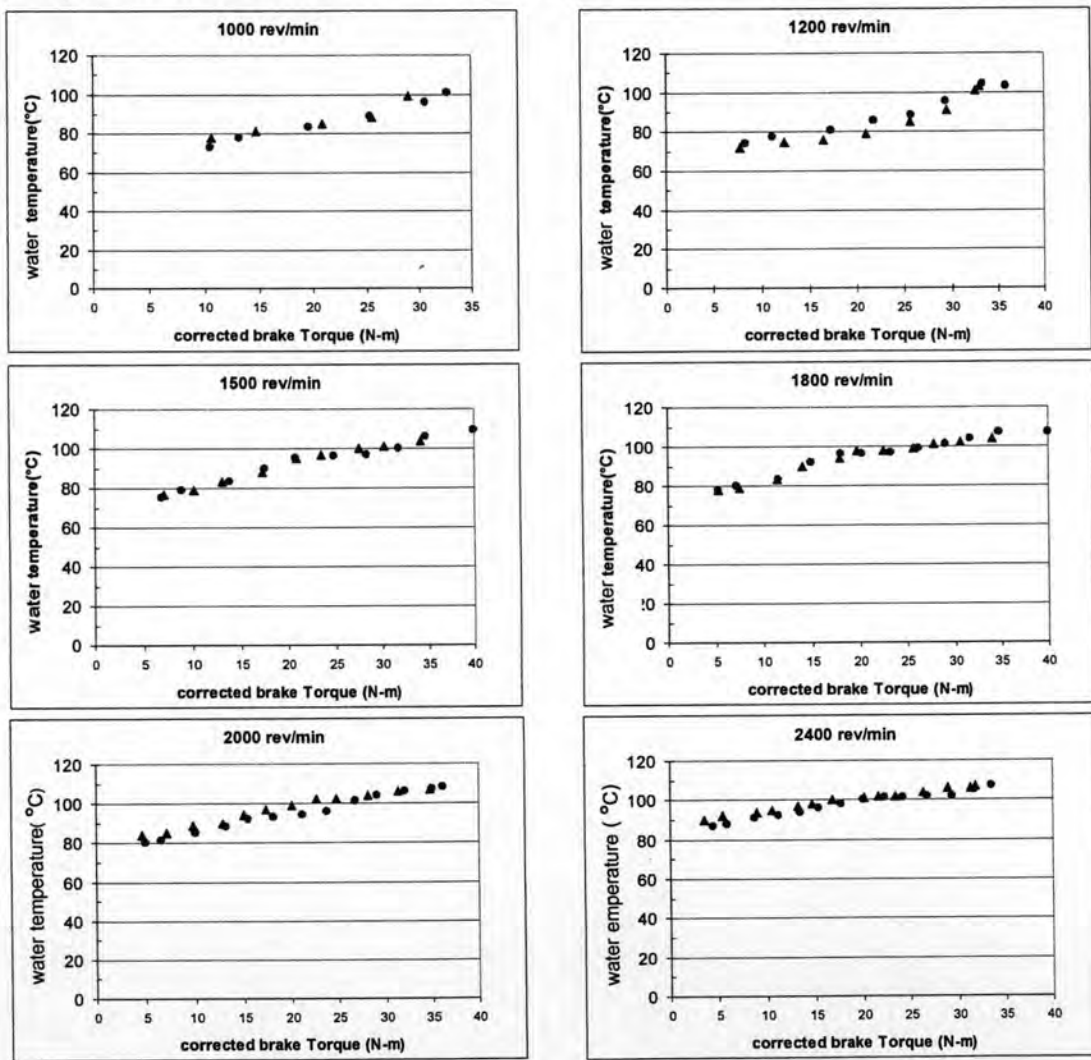
รูปที่ 5-56 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ค่าต่างๆ เมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกที่สภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทาน และหลังทดสอบความทนทาน

จะเห็นได้ว่า ค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นหลังผ่านการทดสอบความทนทานมีค่าลดลงในช่วงความเร็ว 2,000 และ 2,400 รอบต่อนาที แม้ว่าการสูญเสียทางความร้อนจะเพิ่มขึ้นแต่การถ่ายเทความร้อนภายในห้องเผาไหม้ต่ำลงเนื่องจากปริมาณเขม่าสะสมตามผนังภายในห้องเผาไหม้ และความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นที่สูงขึ้นทำให้การหล่อลื่นแยกลง ส่งผลให้การถ่ายเทความร้อน

ร้อนภายในห้องเผาไหม้สู่น้ำมันหล่อลื่นจึงลดลง ค่าอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นจึงต่ำกว่าก่อนการทดสอบความทนทาน

5.4.11 ค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ สภาวะภาระบางส่วน

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นและค่าแรงบิดเบรกที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ ตั้งแต่ 1,000 1,200 1,500 1,800 2,000 และ 2,400 รอบต่อนาที เมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกที่สภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทาน กับหลังทดสอบความทนทาน แสดงดังรูปที่ 5-57 จะเห็นได้ว่า ค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นหลังผ่านการทดสอบความทนทานมีค่าสูงกว่าค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นก่อนการทดสอบความทนทานในช่วงความเร็ว 2,000 และ 2,400 รอบต่อนาที



▲ 320hr Alternative Diesel • 0hr Alternative Diesel

รูปที่ 5-57 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ที่ค่าต่างๆ เมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกที่สภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทาน และหลังทดสอบความทนทาน

5.4.12 แผนภูมิอัตราการผลิตพลังงานรวมจำเพาะ

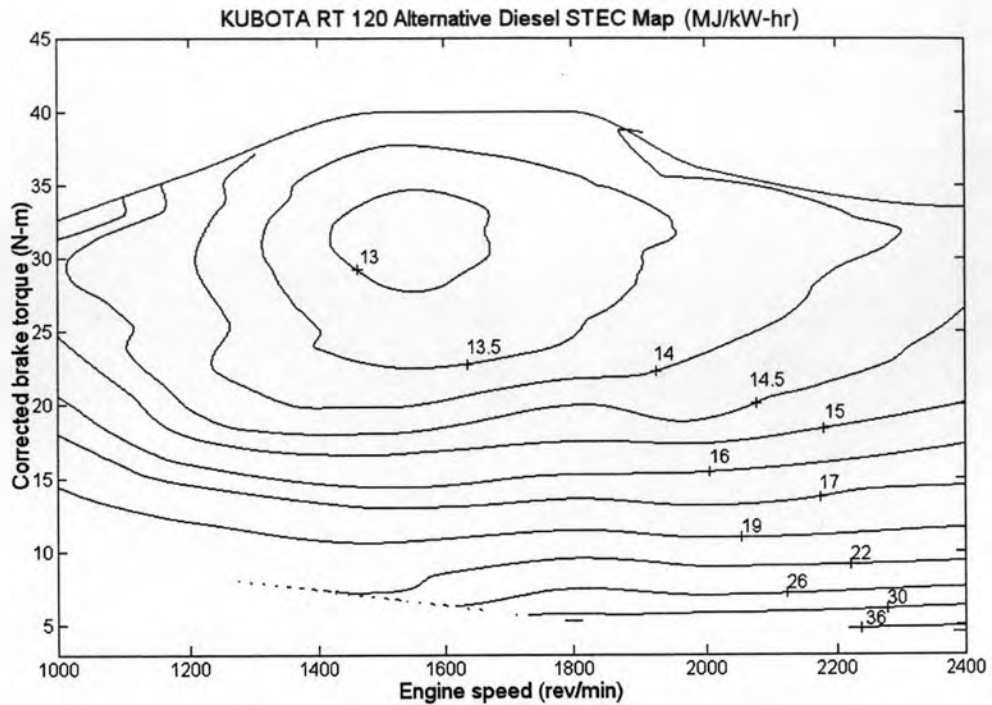
ผลการทดสอบที่สภาวะภาระสูงสุด และสภาวะภาระบางส่วน แสดงในรูปของแผนภูมิอัตราการผลิตพลังงานรวมจำเพาะ โดยแผนภูมิอัตราการผลิตพลังงานรวมจำเพาะที่ได้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกเปรียบเทียบกับสภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทานกับหลังทดสอบความทนทานแสดงดังรูปที่ 5-58 และ 5-59 ตามลำดับ

เมื่อมองภาพรวมของแผนภูมิ พบว่า แนวของเส้นอัตราการผลิตพลังงานรวมจำเพาะคงที่ภายหลังจากการทดสอบความทนทาน ยังคงมีแนวโน้มของจุดศูนย์กลางของแผนภูมิซึ่งแสดงถึงค่าอัตราการผลิตพลังงานรวมจำเพาะต่ำสุดอยู่ในช่วงความเร็วที่กว้างตั้งแต่ 1,400 ถึง 1,600 รอบต่อนาทีเช่นเดียวกับก่อนการทดสอบความทนทาน แต่มีช่วงแรงบิดประมาณ 22-27 N-m ซึ่งลดลงจากก่อนการทดสอบความทนทานที่มีค่าแรงบิดประมาณ 30-35 N-m เมื่อพิจารณาเส้นอัตราการผลิตพลังงานรวมจำเพาะคงที่พบว่าอัตราการผลิตพลังงานรวมจำเพาะมีค่าเพิ่มขึ้นโดยที่อัตราการผลิตพลังงานรวมจำเพาะที่เท่ากันบนแผนภูมิก่อนการทดสอบความทนทานมีพื้นที่มากกว่าบนแผนภูมิหลังการทดสอบความทนทาน ถ้าพิจารณาผลที่ตำแหน่งค่าแรงบิดเบรกและความเร็วรอบเดียวกันพบว่าก่อนการทดสอบความทนทานให้ค่าอัตราการผลิตพลังงานรวมจำเพาะต่ำกว่าภายหลังจากการทดสอบความทนทานอย่างมาก เนื่องมาจากสภาพของเครื่องยนต์ที่มีการสึกหรอจากการทดสอบความทนทาน

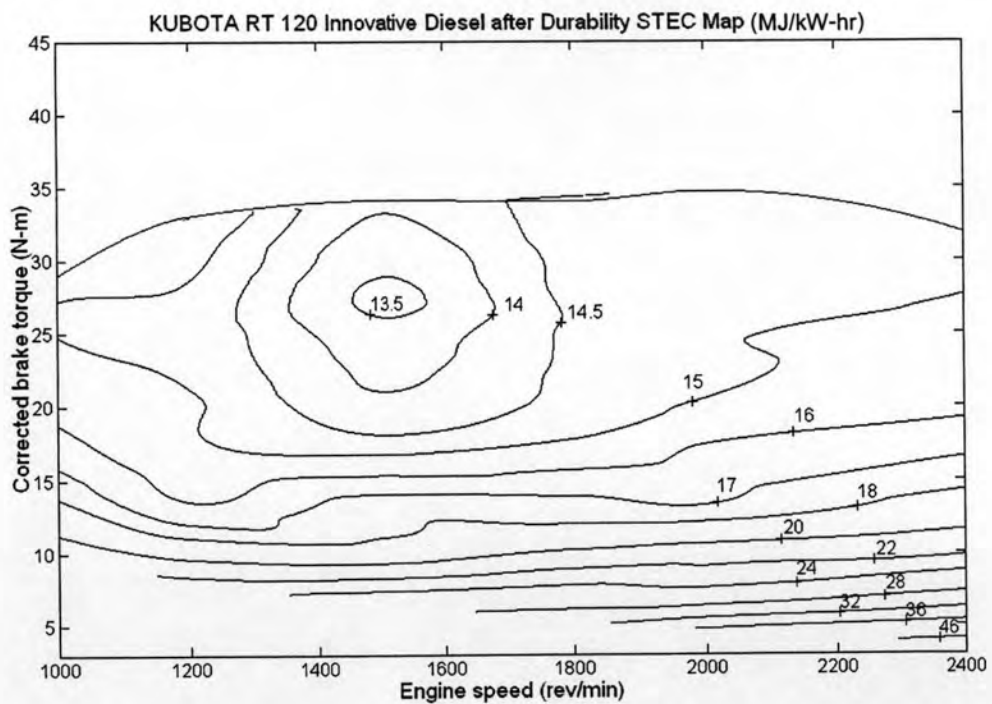
5.4.13 แผนภูมิประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรก

ผลการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่สภาวะภาระสูงสุด และสภาวะภาระบางส่วน ของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลทางเลือก แสดงในรูปของแผนภูมิ ดังรูปที่ 5-60 และรูปที่ 5-61 ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบผลระหว่างใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกเป็นเชื้อเพลิงที่สภาวะก่อนและหลังการทดสอบความทนทาน สรุปได้ดังนี้

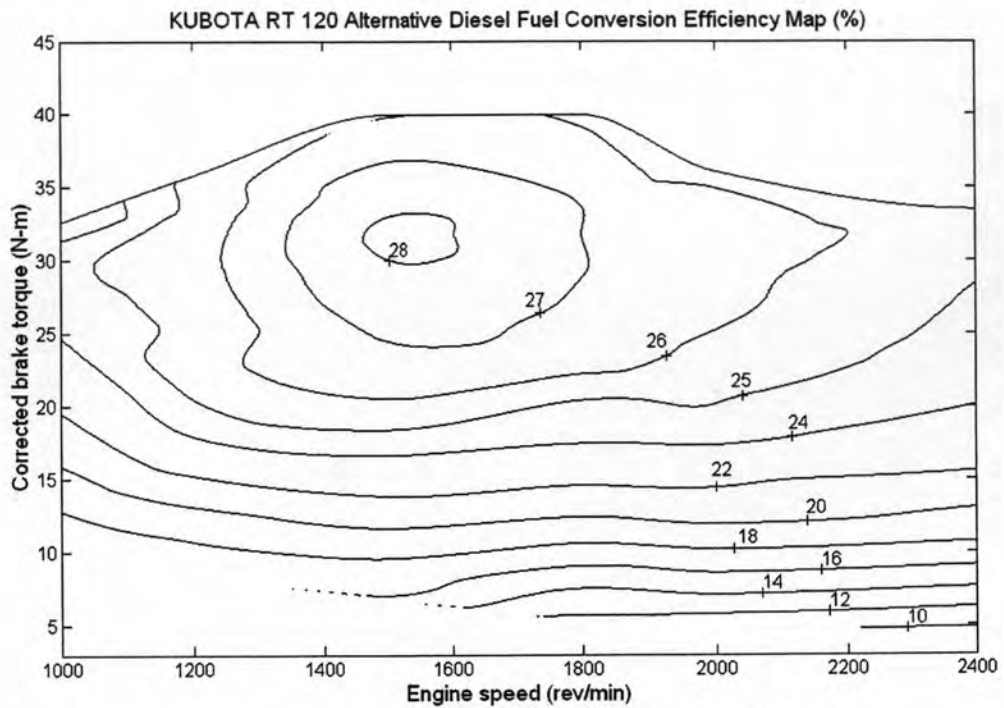
จากแผนภูมิที่ได้พบว่าค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระบางส่วน ของเครื่องยนต์จากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกภายหลังจากการทดสอบความทนทานมีค่าน้อยกว่าก่อนการทดสอบความทนทานอย่างชัดเจนในทุกช่วงภาระ



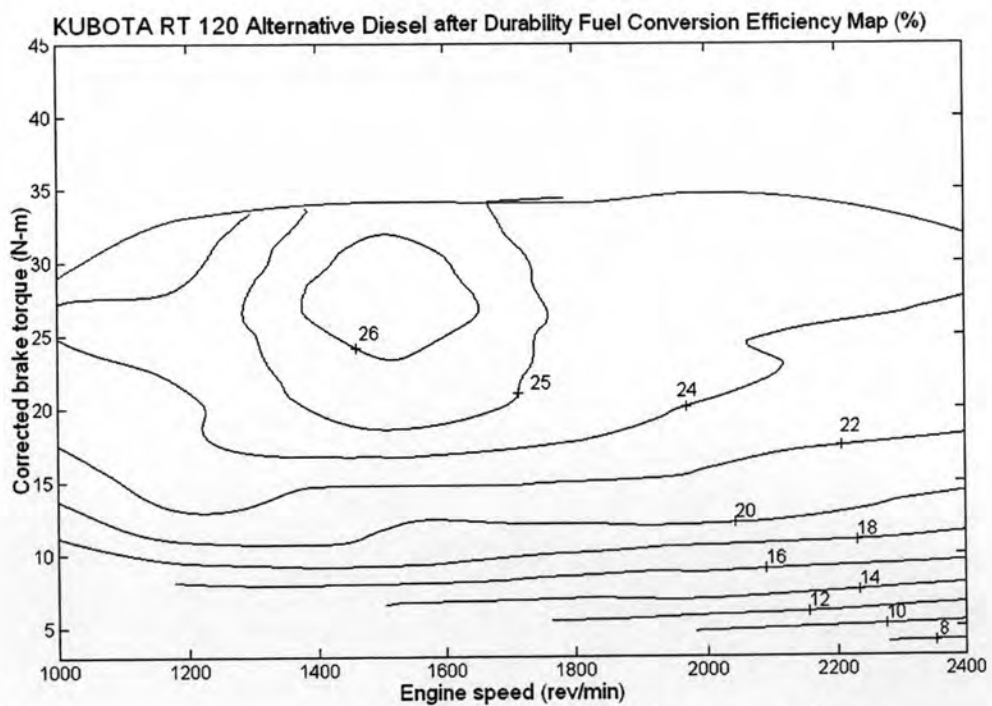
รูปที่ 5-58 แสดงแผนภูมิอัตราการใช้เชื้อเพลิงรวมเฉพาะของเครื่องยนต์
เมื่อนำน้ำมันดีเซลทางเลือก ก่อนการทดสอบความทนทาน



รูปที่ 5-59 แสดงแผนภูมิอัตราการใช้เชื้อเพลิงรวมเฉพาะของเครื่องยนต์
เมื่อนำน้ำมันดีเซลทางเลือก หลังการทดสอบความทนทาน



รูปที่ 5-60 แผนภูมิสมรรถนะแสดงค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกของเครื่องยนต์เมื่อนำน้ำมันดีเซลทางเลือก ที่สภาวะก่อนการ ทดสอบความทนทาน



รูปที่ 5-61 แผนภูมิสมรรถนะแสดงค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกของเครื่องยนต์เมื่อนำน้ำมันดีเซลทางเลือก ที่สภาวะหลังการ ทดสอบความทนทาน

5.4.14 แผนภูมิอุณหภูมิไอเสีย

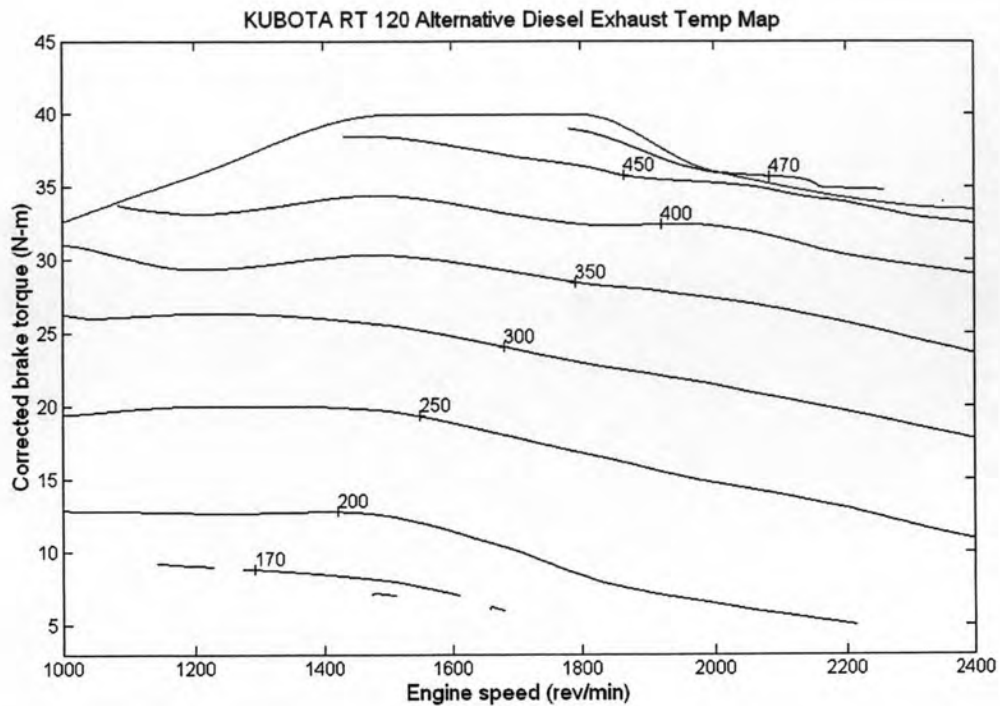
ผลการวัดค่าอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระสูงสุด และสภาวะภาระบางส่วน สามารถนำมาแสดงในรูปของแผนภูมิอุณหภูมิไอเสีย โดยอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ เมื่อนำน้ำมันดีเซลทางเลือก ที่สภาวะก่อนและหลังการทดสอบความทนทานแสดงในรูปที่ 5-62 และ 5-63 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าอุณหภูมิไอเสียหลังผ่านการทดสอบความทนทานมีค่าสูงขึ้นกว่าอุณหภูมิก่อนการทดสอบความทนทานทุกค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์ โดยเห็นความแตกต่างที่ชัดเจน

5.4.15 แผนภูมิอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น

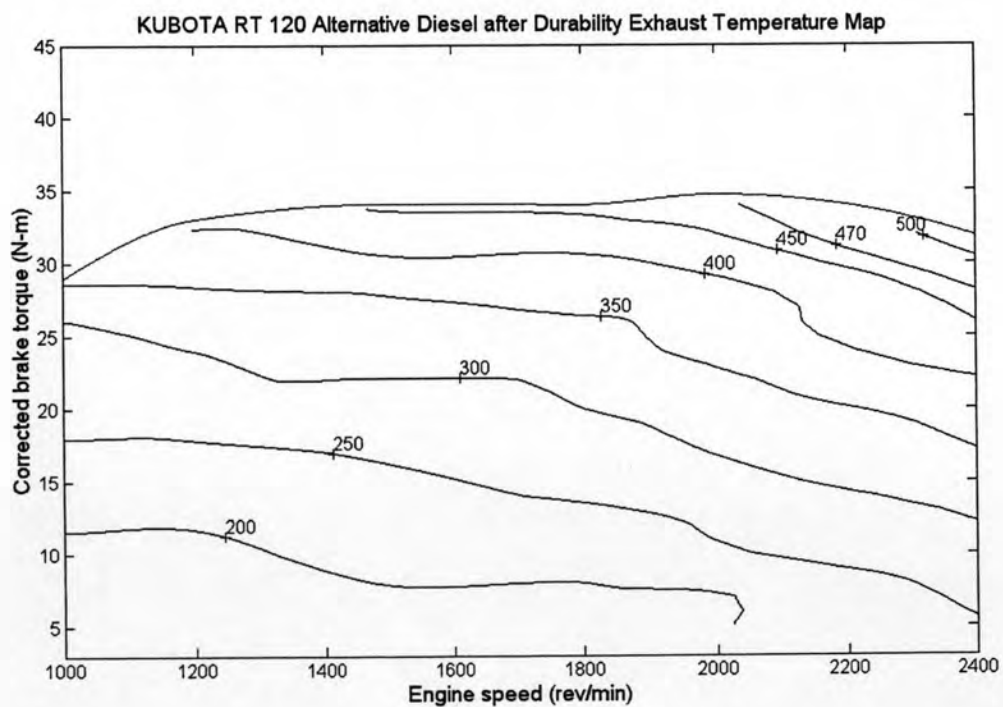
ผลการวัดค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะภาระสูงสุด และสภาวะภาระบางส่วน สามารถนำมาแสดงในรูปของแผนภูมิอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น โดยอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นเมื่อนำน้ำมันดีเซลทางเลือก ที่สภาวะก่อนและหลังการทดสอบความทนทานแสดงในรูปที่ 5-64 และ 5-65 ตามลำดับ

5.4.16 แผนภูมิอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น

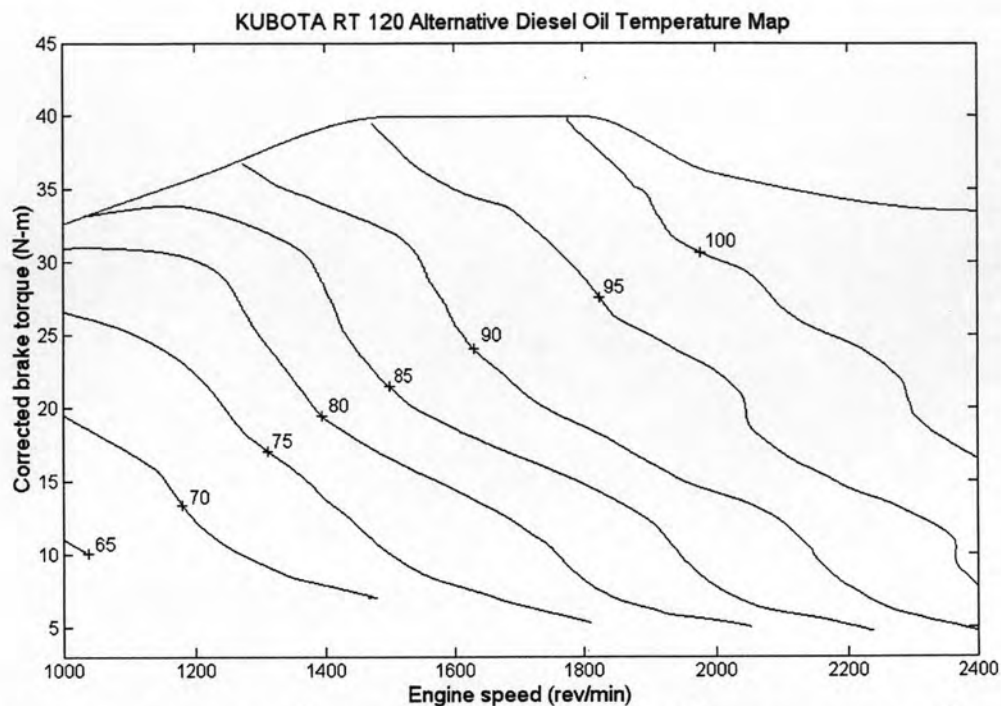
ผลการวัดค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่สภาวะภาระสูงสุด และสภาวะภาระบางส่วน สามารถนำมาแสดงในรูปของแผนภูมิอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น โดยอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเมื่อนำน้ำมันดีเซลทางเลือก ที่สภาวะก่อนและหลังการทดสอบความทนทานแสดงในรูปที่ 5-66 และ 5-67 ตามลำดับ



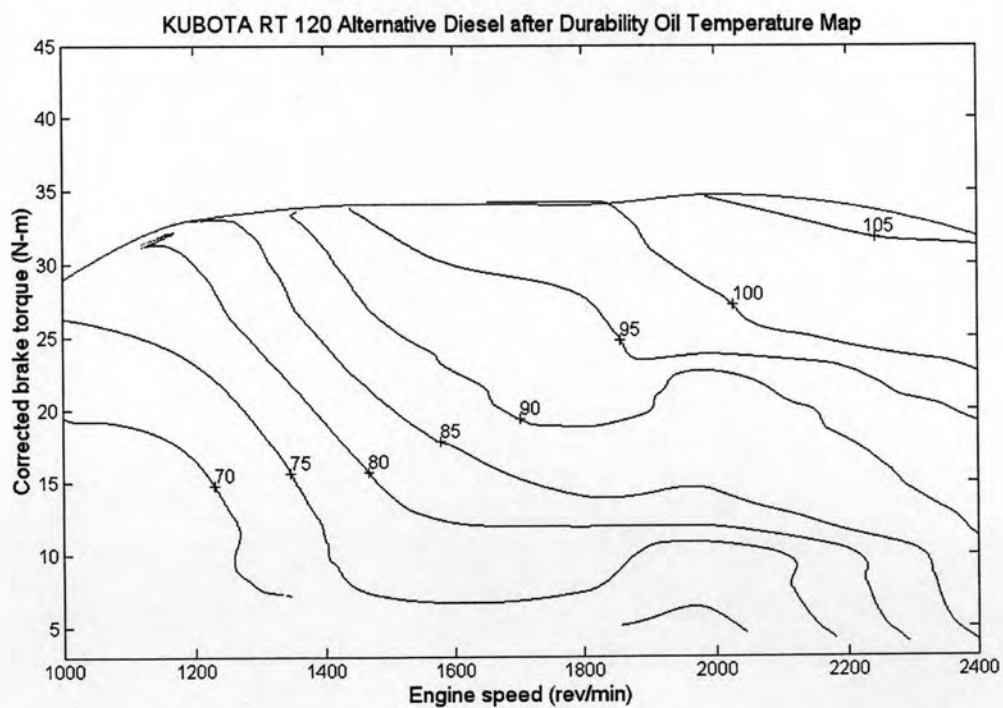
รูปที่ 5-62 แผนภูมิอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก ที่สภาวะก่อนการทดสอบความทนทาน



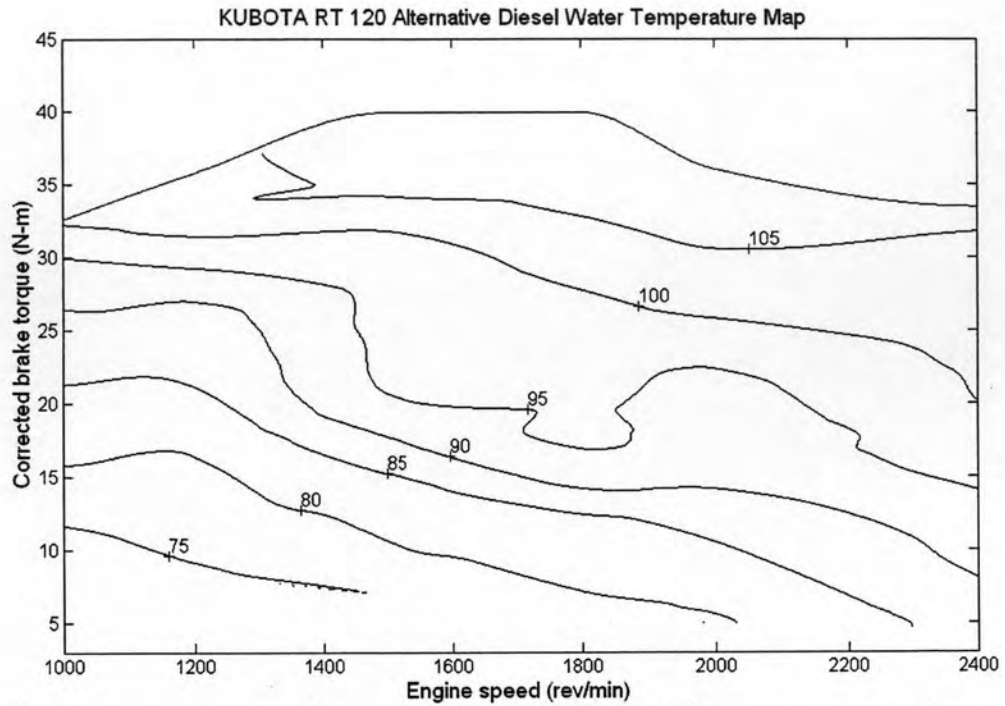
รูปที่ 5-63 แผนภูมิอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก ที่สภาวะหลังการทดสอบความทนทาน



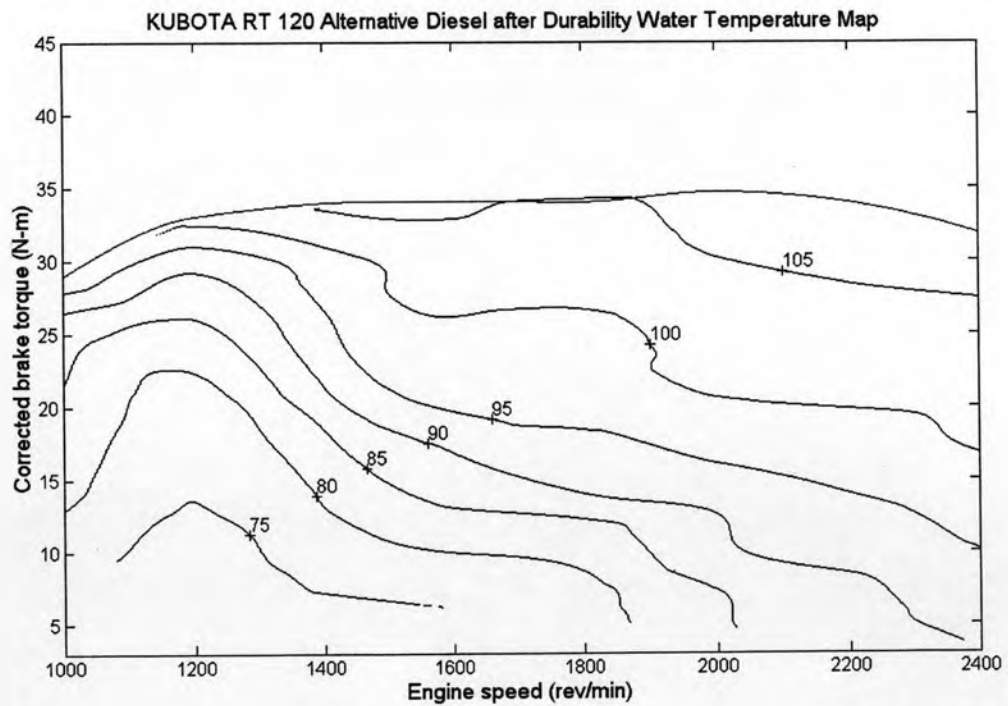
รูปที่ 5-64 แผนภูมิอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกที่สภาวะก่อนการทดสอบความทนทาน



รูปที่ 5-65 แผนภูมิอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกที่สภาวะหลังการทดสอบความทนทาน



รูปที่ 5-66 แผนภูมิอุณหภูมิหมักน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกที่สภาวะก่อนการทดสอบความทนทาน

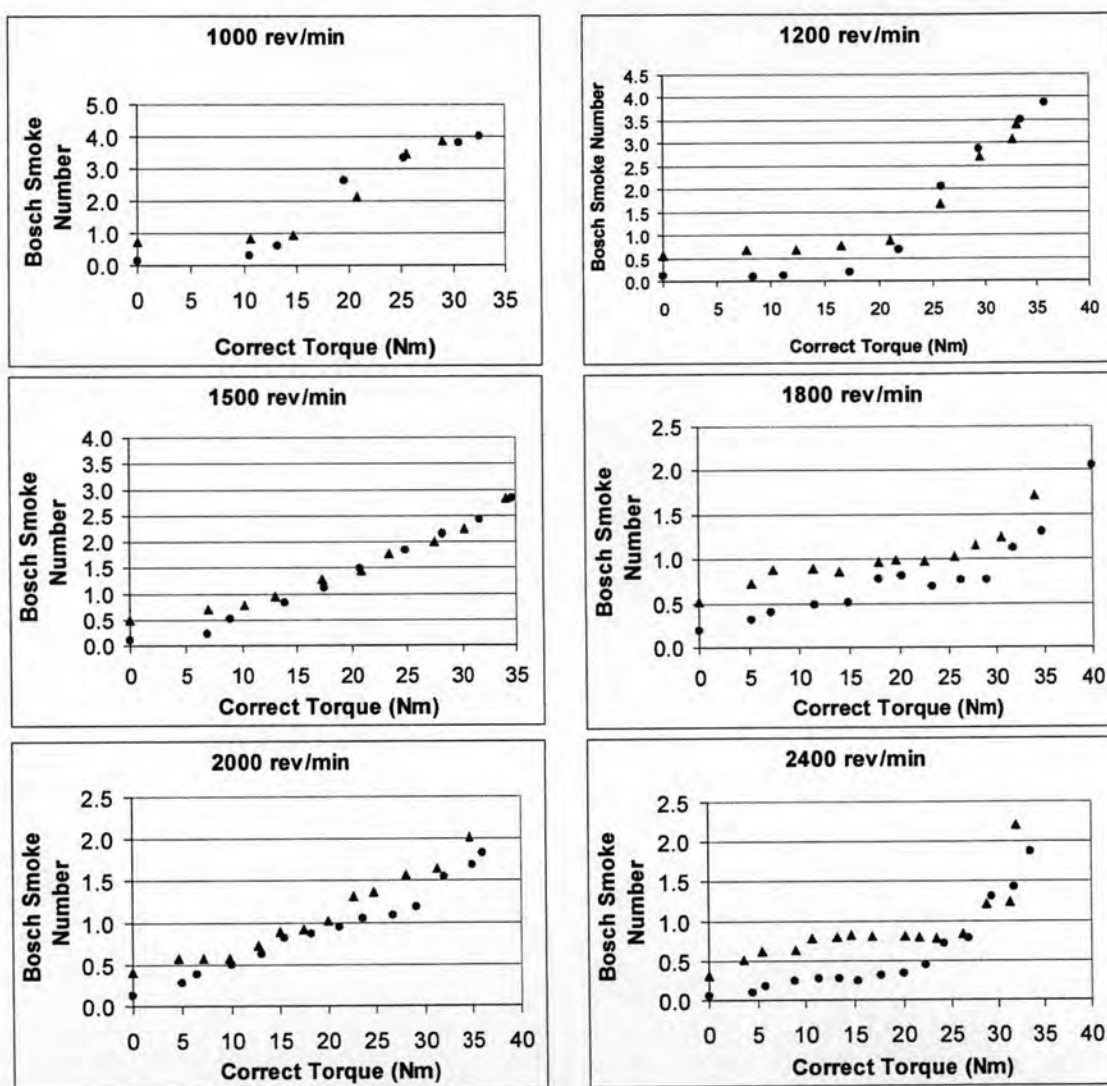


รูปที่ 5-67 แผนภูมิอุณหภูมิหมักน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกที่สภาวะหลังการทดสอบความทนทาน

5.4.17 ค่าควันดำ

ผลการสู่มวัดค่าควันดำ ของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกเปรียบเทียบระหว่างสภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทานกับหลังทดสอบความทนทาน ดังแสดงในรูปที่ 5-68

จากการวัดค่าพบว่าผลการวัดค่าควันดำหลังทดสอบความทนทานมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ในทุกความเร็วรอบ โดยเฉพาะในช่วงภาระต่ำ ค่าควันดำที่สภาวะหลังการทดสอบความทนทานมีค่าสูงกว่าที่สภาวะก่อนการทดสอบความทนทานอย่างมาก



รูปที่ 5-68 แสดงค่าควันดำของเครื่องยนต์ที่ใช้ดีเซลทางเลือก เปรียบเทียบที่สภาวะก่อนทำการทดสอบความทนทานกับหลังทดสอบความทนทาน

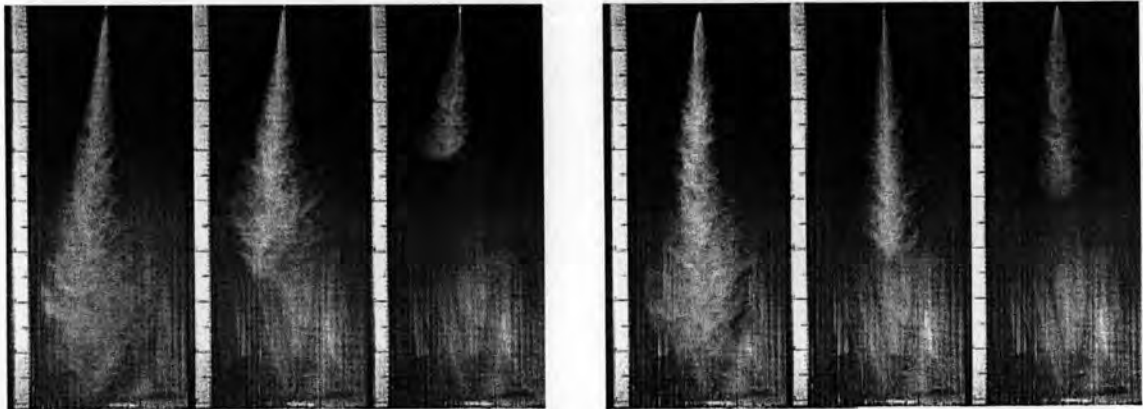
5.5 ผลการทดสอบความดันในการเริ่มฉีดเชื้อเพลิง และลักษณะของละอองฝอย

ผลการทดสอบความดันในการเริ่มฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์ ที่สภาวะก่อนการทดสอบความทนทาน และหลังการทดสอบความทนทานที่ 320 ชั่วโมงแสดงค่าเปรียบเทียบไว้ในตารางที่ 5-9

ตารางที่ 5-9 แสดงข้อมูลความดันที่ใช้ในการฉีดเชื้อเพลิง

รายการ	ความดันในการฉีดเชื้อเพลิง (kg/cm ³)	
	หัวฉีดใหม่	หลัง 320 ชั่วโมง
หัวฉีดจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก	140-150	130-140

จากตารางที่ 5-9 พบการเปลี่ยนแปลงของความดันในการเริ่มฉีดเชื้อเพลิง หลังจากผ่านการทดสอบความทนทานมีค่าความดันในการฉีดเชื้อเพลิงลดลง ซึ่งสาเหตุมาจากเกิดการล้าตัวของสปริงในหัวฉีดของเครื่องยนต์



รูปที่ 5-69 แสดงรูปของสเปรย์ ขณะทำการทดสอบความดันในการเริ่มฉีดเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือก
ภาพซ้ายก่อนการทดสอบความทนทาน
ภาพขวาภายหลังผ่านการทดสอบความทนทาน

อย่างไรก็ตามจากผลที่พบว่าสมรรถนะของเครื่องยนต์หลังการทดสอบความทนทานมีอุณหภูมิไอเสีย , อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น และค่าควันดำสูงขึ้น คาดว่าน่าจะมาจากการเผาไหม้ที่ด้อยกว่า ดังนั้นจึงมุ่งสมมติฐานว่าน่าจะมีส่วนสาเหตุมาจาก การฉีดเชื้อเพลิงที่ต่างกัน จึงทำการตรวจสอบเปรียบเทียบลักษณะการฉีดเชื้อเพลิง

จากรูปที่ 5-69 แสดงรูปของสเปรย์ ขณะทำการทดสอบความดันในการเริ่มฉีดเชื้อเพลิง จากหัวฉีดของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกก่อนและหลังผ่านการทดสอบความทนทาน พบว่ามุมของสเปรย์มีความแตกต่างกัน โดยในรูปแบบของสเปรย์ของหัวฉีดภายหลังจากการทดสอบความทนทาน มีมุมแคบกว่าก่อนการทดสอบความทนทาน

จากมุมของสเปรย์ที่แคบกว่าของหัวฉีดนี้มีส่วนให้ละอองฝอยมีขนาด droplet ใหญ่กว่า น่าจะส่งผลให้การเผาไหม้ในเครื่องยนต์ที่ผ่านการทดสอบความทนทานเกิดขึ้นด้อยกว่า ตามสมมติฐานข้างต้น

5.6 ผลการตรวจพินิจชิ้นส่วน

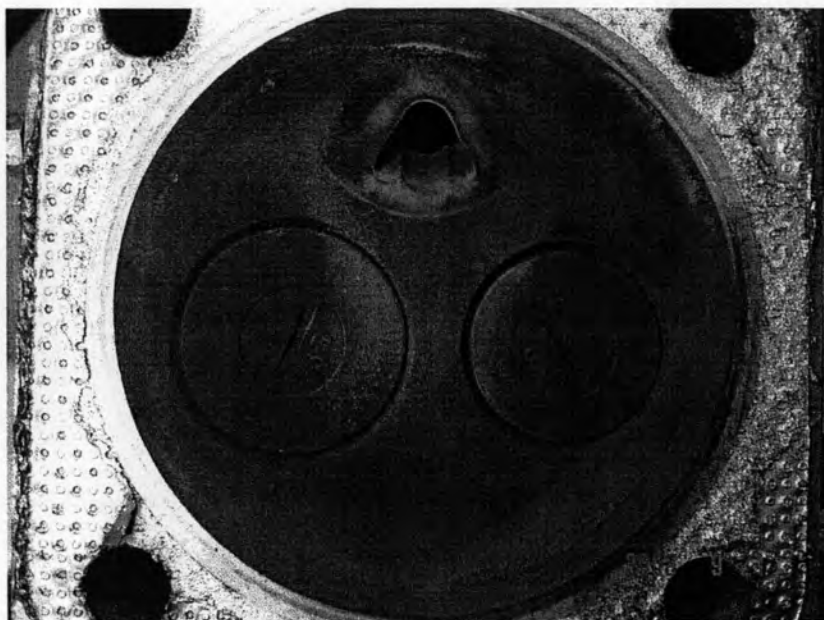
หลังการทดสอบความทนทาน ได้ทำการถอดชิ้นส่วนภายในของเครื่องยนต์เพื่อทำการตรวจสภาพเปรียบเทียบกับ เครื่องยนต์คูโบต้า ET 115 ที่ได้ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในการทดสอบความทนทาน 320 ชั่วโมงตามวัฏจักรการทดสอบเดียวกัน อีกทั้งได้ทำการถ่ายภาพประกอบเพื่อใช้ในการตรวจพินิจชิ้นส่วนภายในของเครื่องยนต์ ซึ่งชิ้นส่วนที่ทำการตรวจพินิจประกอบไปด้วย ฝาสูบ ผนังกระบอกสูบ ลูกสูบ บ่าวาล์วไอดีและไอเสียที่ฝาสูบ วาล์วไอดี วาล์วไอเสีย ก้านวาล์วไอดี ก้านวาล์วไอเสีย หัวฉีด และ แบริ่งก้านสูบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.6.1 ฝาสูบ

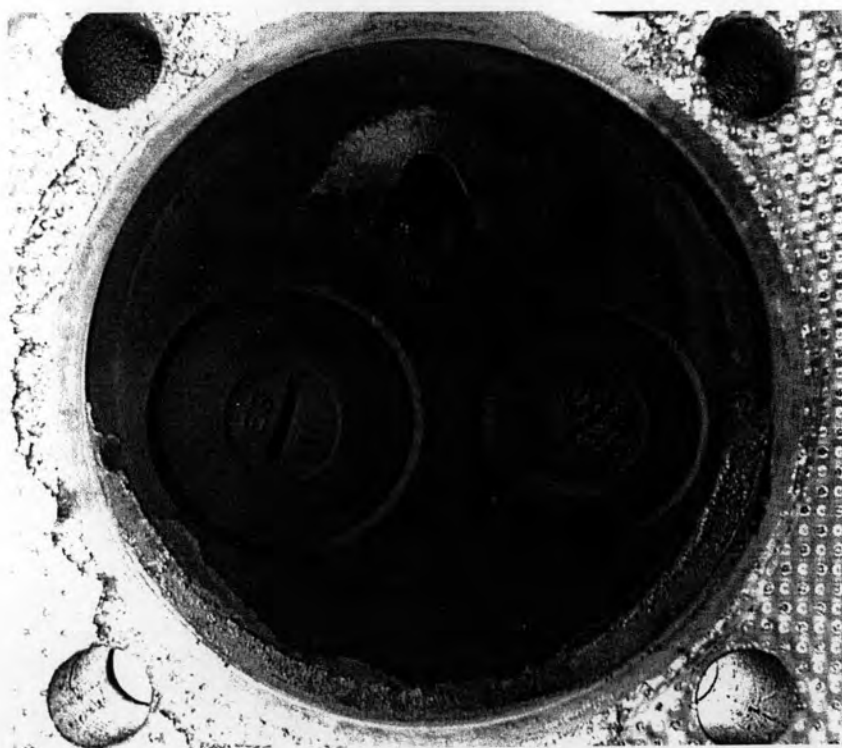
รูปที่ 5-70 และ รูปที่ 5-717 แสดงภาพถ่ายฝาสูบหลังผ่านการทดสอบความทนทาน ของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล และเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก ตามลำดับ

จากรูปที่ 5-70 แสดงภาพถ่ายฝาสูบของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล พบปริมาณเขม่าตกค้างติดอยู่เต็มพื้นที่ฝาสูบและหน้าวาล์วและพบคราบสีน้ำตาลอ่อนตามทิศทางพุ่งของสเปรย์ที่ออกจากห้องเผาไหม้หมุนวน และพบปริมาณเขม่าหนาอยู่ในแนวขอบของกระบอกสูบ

จากรูปที่ 5-71 แสดงภาพถ่ายฝาสูบของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก พบปริมาณเขม่าตกค้างติดอยู่เต็มพื้นที่ฝาสูบและหน้าวาล์วในปริมาณที่มากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล และพบคราบสีส้มแดงซึ่งเป็นเจ้าจากการเผาไหม้เป็นปริมาณมากบริเวณวาล์วไอเสีย และ บริเวณปากทางห้องเผาไหม้ช่วย สรุปได้ว่าพบความแตกต่างที่ชัดเจนจากการใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกต่อฝาสูบ ซึ่งพบคราบตะกอนสีแดงติดอยู่บริเวณฝาสูบในปริมาณที่มากและเป็นบริเวณกว้าง เนื่องจากน้ำมันเตาที่เป็นส่วนผสมของน้ำมันดีเซลทางเลือกมี Ash Content ที่สูงซึ่งไม่สามารถเผาไหม้ให้หมดไปได้ อีกทั้งปริมาณเขม่าตามขอบกระบอกสูบและหลังห้องเผาไหม้หมุนวนมีปริมาณมากกว่าฝาสูบจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลอย่างชัดเจน



รูปที่ 5-70 แสดงภาพถ่ายฝาสอบหลังจากการทดสอบความทนทาน ของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล



รูปที่ 5-71 แสดงภาพถ่ายฝาสอบหลังจากการทดสอบความทนทาน ของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเล็อก



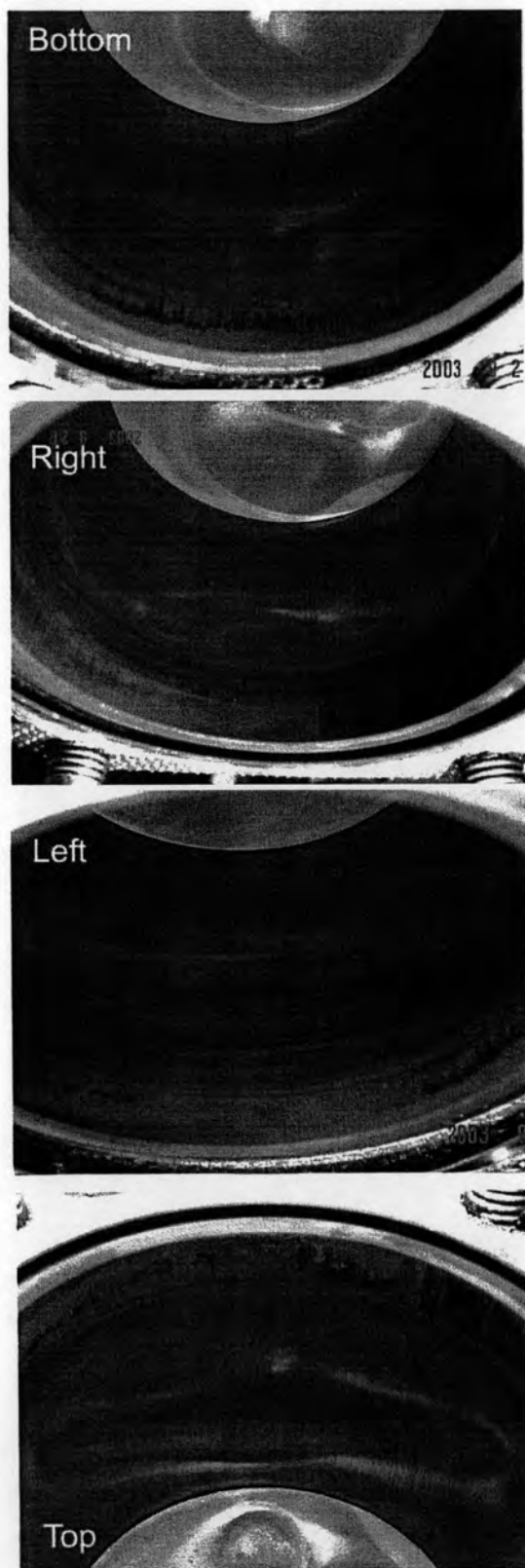
5.6.2 ผนังกระบอกสูบ

รูปที่ 5-72 และรูปที่ 5-73 แสดงภาพถ่ายสภาพภายในผนังกระบอกสูบหลังผ่านการทดสอบความทนทานในแต่ละด้าน 4 ด้าน ประกอบด้วย Bottom คือผนังกระบอกสูบด้านที่ติดกับส่วนล่างของเครื่องยนต์ ด้าน Top คือผนังกระบอกสูบในด้านบนติดกับหม้อน้ำ และในด้าน Left และ Right คือฝั่งซ้ายและฝั่งขวาเมื่อหันหน้าเข้าเครื่องยนต์ตามลำดับ

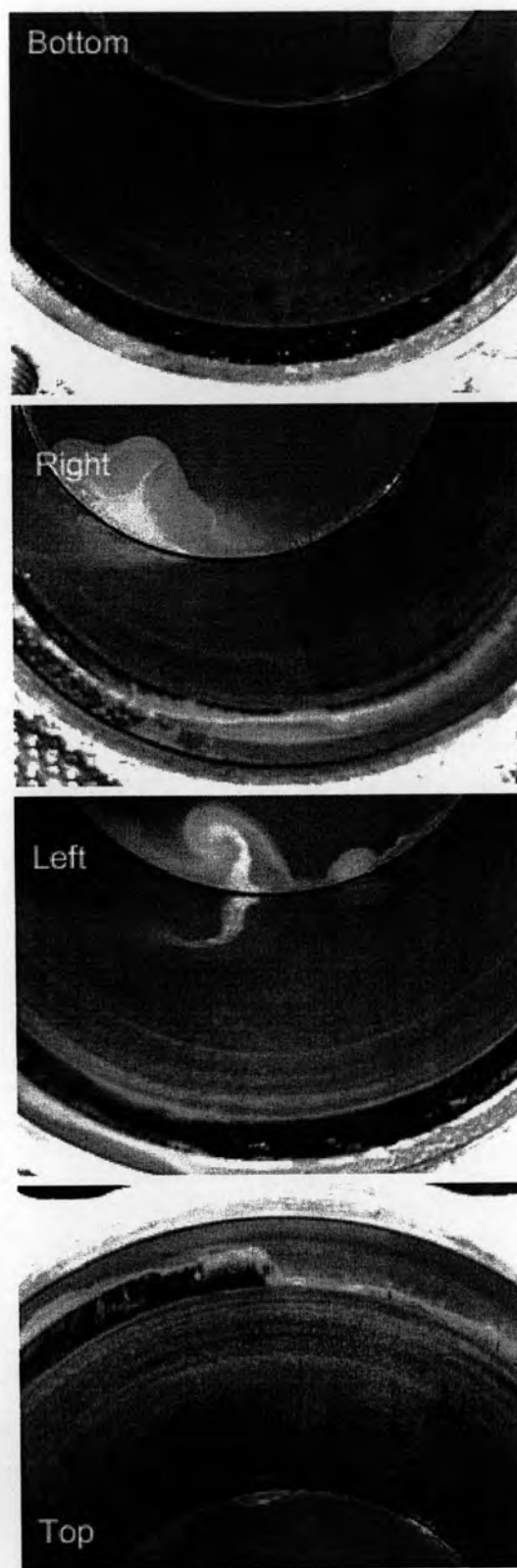
จากรูปที่ 5-72 ที่ผนังกระบอกสูบของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล พบรอยขีดข่วนในทุกด้าน และในช่วงปลายของห้องเผาไหม้ส่วนที่ติดกับฝาสูบ พบคราบเขม่าในทุกด้าน โดยเฉพาะในด้าน Top ซึ่งตรงข้ามกับทิศทางการพุ่งของเปลวไฟออกจากห้องเผาไหม้หมุนวน จะมีคราบเขม่าที่หนากว่าในทุกๆด้าน

จากรูปที่ 5-73 ซึ่งแสดงภาพถ่ายผนังกระบอกสูบของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก พบปริมาณเขม่าในปริมาณที่มากกว่าที่พบในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล โดยเฉพาะในด้าน Bottom จะมีคราบเขม่าที่หนา กว่าในทุกๆด้าน อีกทั้งยังพบว่าผนังกระบอกสูบเกิดการสึกหรออย่างมากจนผนังกระบอกสูบมีลักษณะเรียบเป็นมัน ซึ่งจะทำให้เกิดการรั่วระหว่าง แหวนและผนังกระบอกสูบ เนื่องจากผนังกระบอกสูบโดยทั่วไปควรมีลักษณะเป็นเส้นขีดไขว้ (cross-hatching) เพื่อช่วยป้องกันการรั่วระหว่างแหวนและผนังกระบอกสูบ

สรุปได้ว่าพบความแตกต่างที่ชัดเจนจากสภาพผนังกระบอกสูบระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก ซึ่งเป็นผลมาจากการเผาไหม้ที่มีปริมาณเขม่ามากกว่าทำให้มีคราบเขม่าในปริมาณมาก อีกทั้งการสึกหรอที่มากกว่าของผนังกระบอกสูบ



รูปที่ 5-72 แสดงภาพถ่ายผนังกระบอกสูบหลัง
ผ่านการทดสอบความทนทานของ
เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล



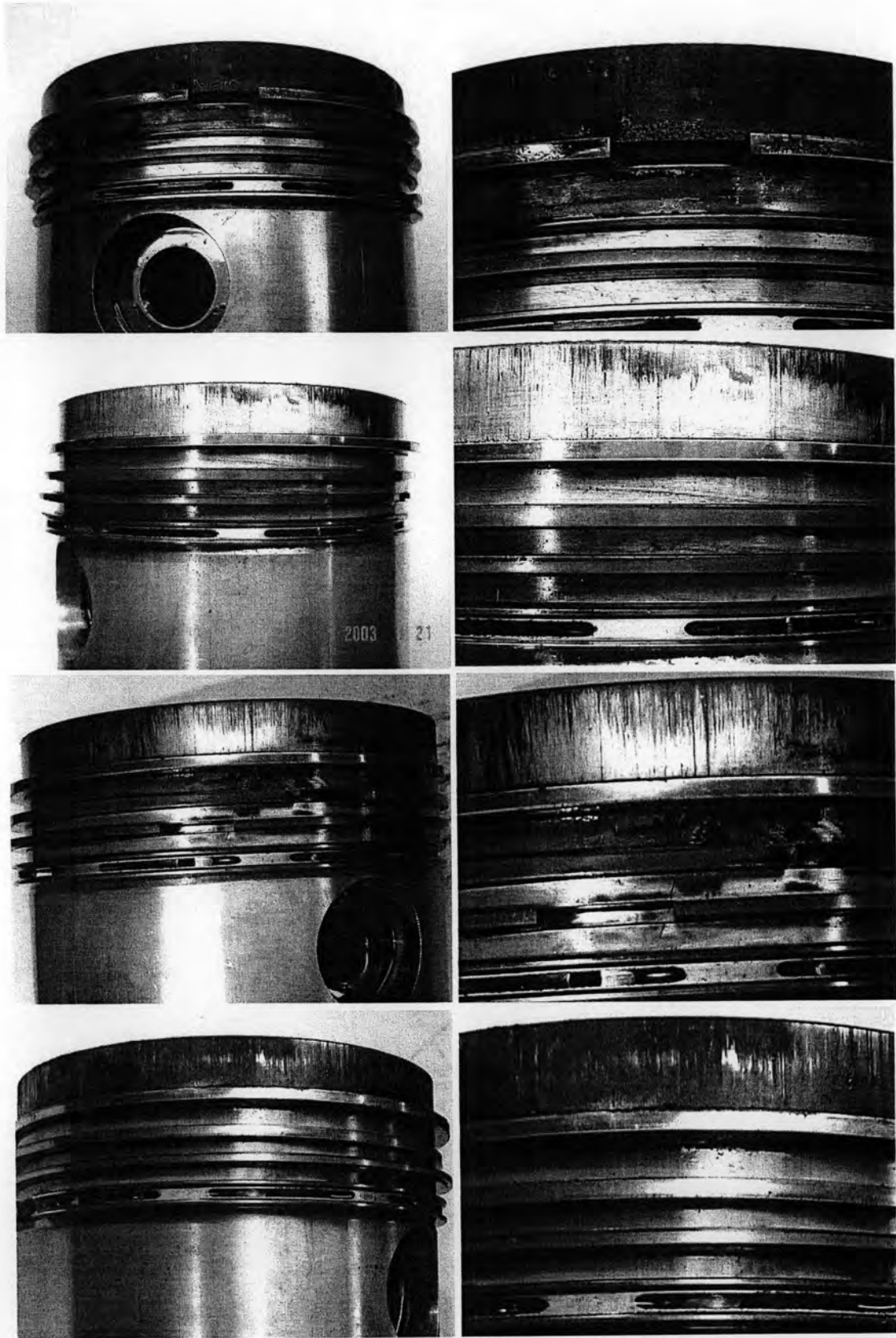
รูปที่ 5-73 แสดงภาพถ่ายผนังกระบอกสูบหลัง
ผ่านการทดสอบความทนทานของ
เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก

5.6.3 ลูกสูบ

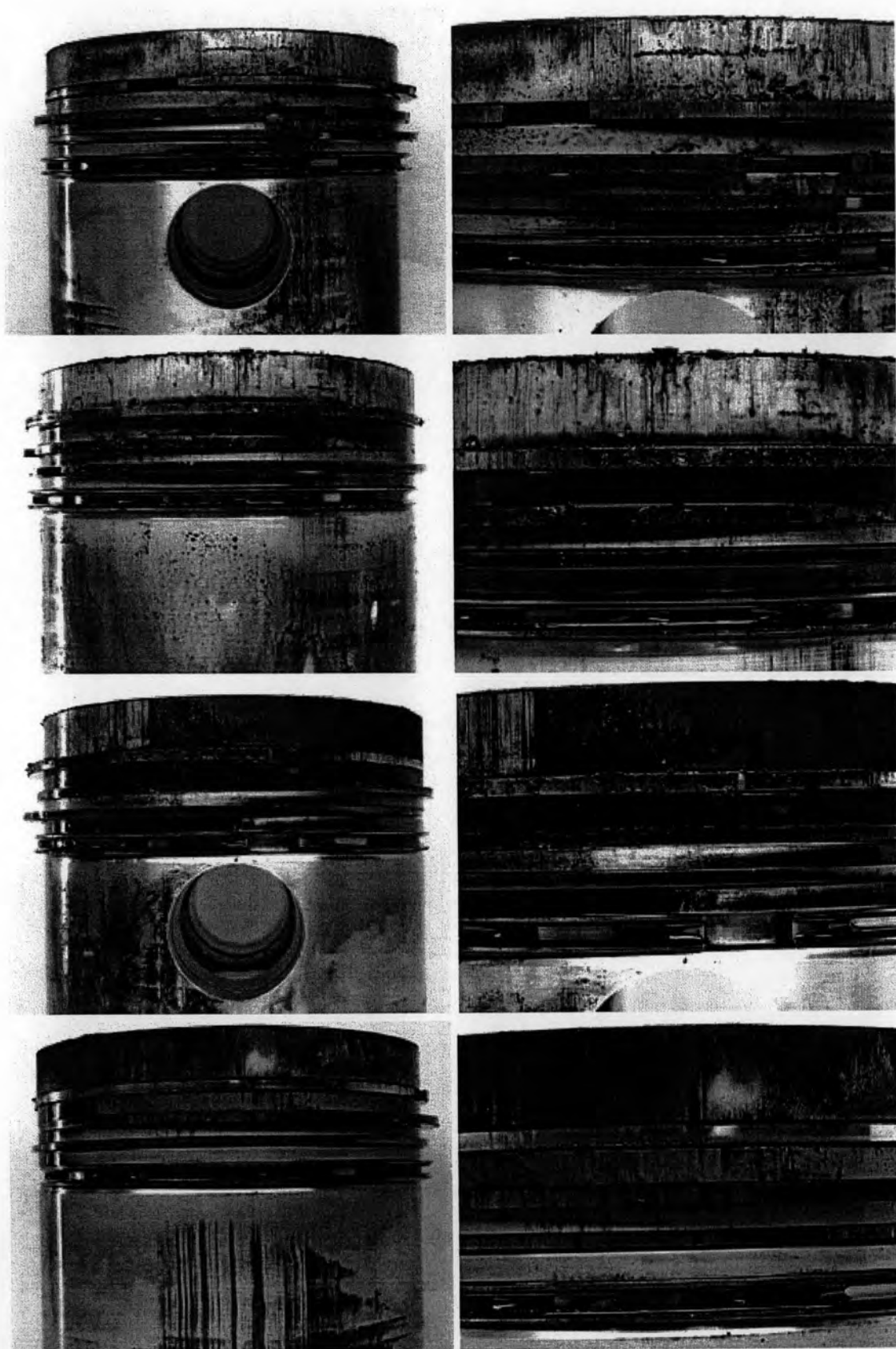
รูปที่ 5-74 และ รูปที่ 5-75 แสดงภาพถ่ายลูกสูบจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลและเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลทางเลือกตามลำดับ โดยภาพในฝั่งซ้าย แสดงภาพลูกสูบในแต่ละด้านของลูกสูบ ส่วนภาพในฝั่งขวา แสดงภาพขยายบริเวณขอบด้านบนของลูกสูบและร่องแหวน

จากรูปที่ 5-74 ซึ่งแสดงภาพถ่ายลูกสูบจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซล พบปริมาณเขม่าบริเวณขอบบนของลูกสูบ พบรอยขีดขูดทั้งขนาดใหญ่และเล็กโดยรอบขอบบนของลูกสูบ บริเวณร่องแหวนพบคราบเขม่าเกาะตัวสะสมในร่องแหวน และมีปริมาณที่มากบริเวณปากแหวน จากรูปที่ 5-75 ซึ่งแสดงภาพถ่ายลูกสูบจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลทางเลือก พบปริมาณเขม่าและรอยขีดขูดบริเวณขอบบนของลูกสูบในปริมาณที่มากกว่าที่พบในเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซล และพบคราบเขม่าในปริมาณที่มากกว่าเช่นกันตามร่องแหวน

สรุปได้ว่าพบความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดจากสภาพของลูกสูบระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลทางเลือกและเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซล โดยเฉพาะปริมาณเขม่าที่เกิดจากการเผาไหม้



รูปที่ 5-74 แสดงภาพถ่ายลูกสูบจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลในแต่ละด้านและภาพขยายในภาพฝั่งขวา



รูปที่ 5-75 แสดงภาพถ่ายลูกสูบจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเล็อกในแต่ละด้าน
และภาพขยายในภาพฝั่งขวา

5.6.4 บำวาล์วไอดีและบ้ำวาล์วไอเสียที่ฝาลูบ

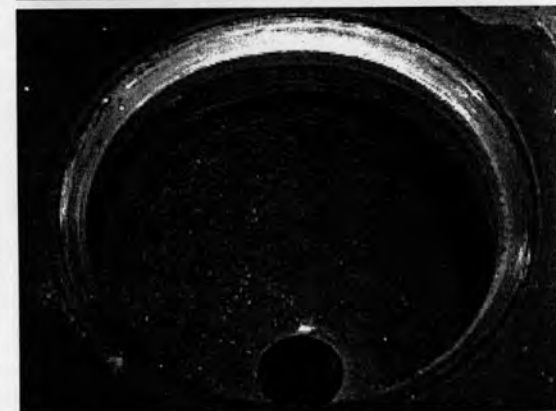
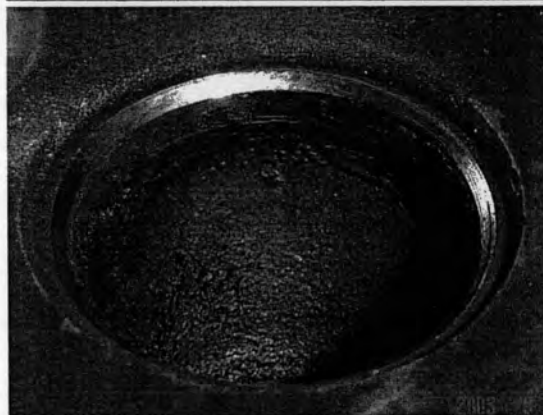
รูปที่ 5-76 และ รูปที่ 5-77 แสดงภาพถ่ายบ้ำวาล์วไอดีบนฝาลูบทั้ง 4 มุมจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลทางเลือกตามลำดับ จากการตรวจพินิจและเปรียบเทียบรูปทั้งสองไม่พบความแตกต่างที่บ้ำวาล์ว โดยบ้ำวาล์วของทั้งสองเครื่องยนต์มีสภาพที่ใกล้เคียงกันมีหน้าสัมผัสที่เรียบมีร่องรอยของการสึกหรอเป็นจุดเล็กๆอยู่ในปริมาณที่น้อยทั้งสองเครื่องยนต์ เมื่อพิจารณาในช่องทางอากาศเข้าพบว่า ปริมาณเขม่าสะสมจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกมีปริมาณมากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล

รูปที่ 5-78 และรูปที่ 5-79 แสดงภาพถ่ายบ้ำวาล์วไอเสียบนฝาลูบทั้ง 4 มุมจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลทางเลือกตามลำดับ จากการเปรียบเทียบรูปทั้งสอง ไม่พบความแตกต่างของสภาพบ้ำวาล์ว พบร่องรอยของการสึกหรอเป็นจุดเล็กๆ ในปริมาณที่ใกล้เคียงกันทั้งสองเครื่องยนต์ เมื่อพิจารณาในช่องทางออกของไอเสียพบว่าปริมาณเขม่าสะสมจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกมีปริมาณมากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล

5.6.5 วาล์วไอดีและวาล์วไอเสีย

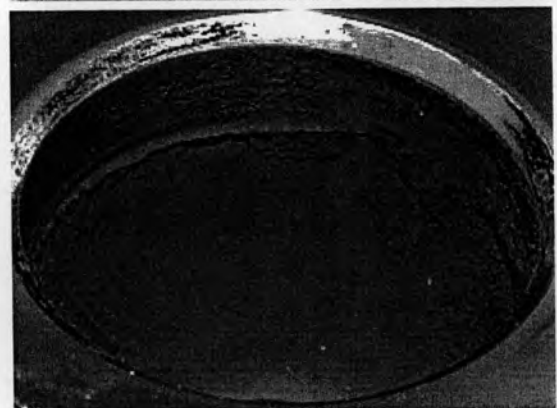
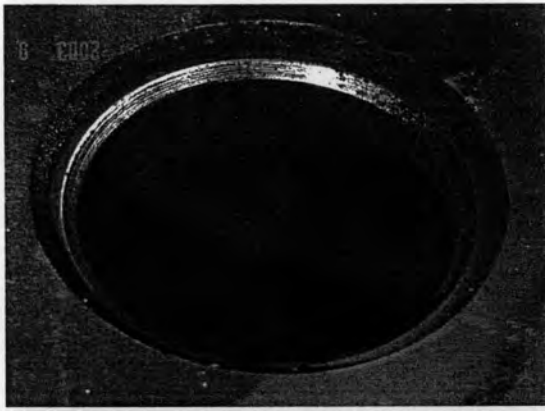
รูปที่ 5-80 และรูปที่ 5-81 แสดงภาพถ่ายของวาล์วไอดีจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลทางเลือกตามลำดับ พบว่าบริเวณหลังวาล์วไอดีของเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลมีคราบเขม่าเกาะกระจายอยู่ด้านหลังวาล์วไอดี ในปริมาณมากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก สำหรับก้านวาล์วไอดีของเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก พบว่ามีปริมาณเขม่าสะสม ที่มากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลอย่างชัดเจน

รูปที่ 5-82 และรูปที่ 5-83 แสดงภาพถ่ายของวาล์วไอเสียจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลทางเลือกตามลำดับ พบว่าวาล์วไอเสียจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกมีปริมาณเขม่าที่มากกว่า และมีฝ้าสีแดงอยู่บริเวณด้านหลังวาล์วที่มากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล



รูปที่ 5-76 แสดงภาพถ่ายบาราล์วไอดีบนฝาสูบ
จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล

รูปที่ 5-77 แสดงภาพถ่ายบาราล์วไอดีบนฝาสูบ
จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก



รูปที่ 5-78 แสดงภาพถ่ายบาราล์วไอเสียบนฝา
สูบจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล

รูปที่ 5-79 แสดงภาพถ่ายบาราล์วไอเสียบนฝา
สูบจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก



รูปที่ 5-80 แสดงภาพถ่ายวาล์วไอดีจาก
เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล

รูปที่ 5-81 แสดงภาพถ่ายวาล์วไอดีจาก
เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก



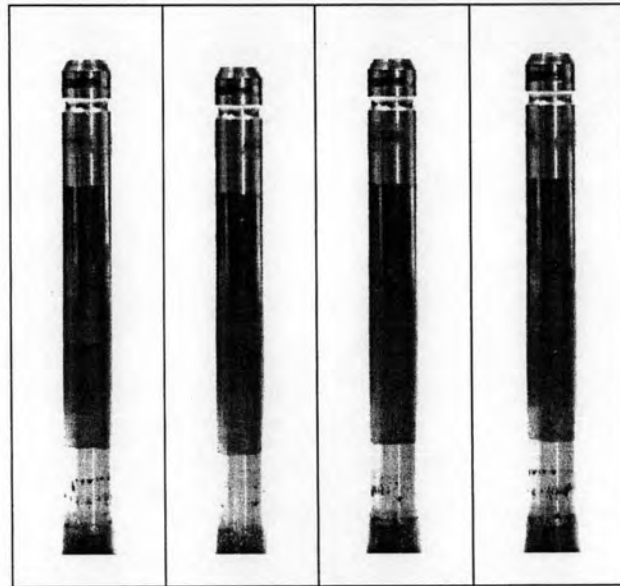
รูปที่ 5-82 แสดงภาพถ่ายวาล์วไอเสียจาก
เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล

รูปที่ 5-83 แสดงภาพถ่ายวาล์วไอเสียจาก
เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก

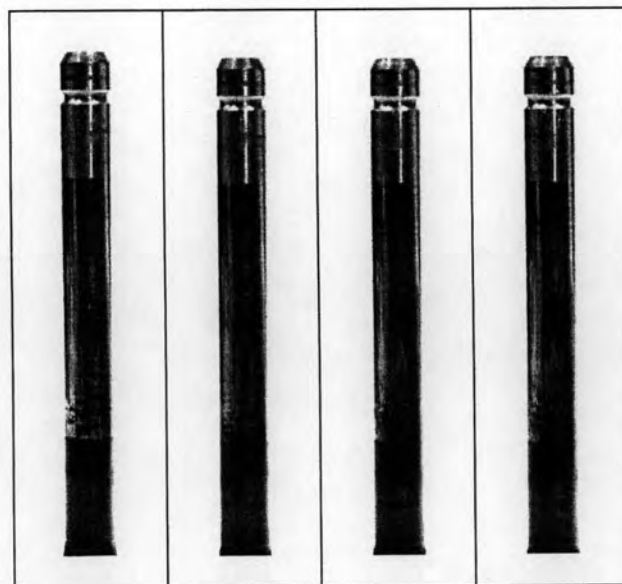
5.6.6 ก้านวาล์วไอดีและก้านวาล์วไอเสีย

รูปที่ 5-84 แสดงภาพถ่ายของก้านวาล์วไอดีจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก โดยทำการถ่ายภาพทั้ง 4 มุมรอบก้านวาล์ว ซึ่งพบว่าเกิดการสึกหรออย่างเห็นได้ชัดบริเวณที่ก้านวาล์วไอดีเสียดสีกับปลอกนำวาล์ว

รูปที่ 5-85 แสดงภาพถ่ายของก้านวาล์วไอเสียจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก พบว่าเกิดการสึกหรออย่างเห็นได้ชัดบริเวณที่ก้านวาล์วไอเสียเสียดสีกับปลอกนำวาล์ว



รูปที่ 5-84 แสดงภาพถ่ายของก้านวาล์วไอดีจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก



รูปที่ 5-85 แสดงภาพถ่ายของก้านวาล์วไอเสียจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก

5.6.7 หัวฉีด

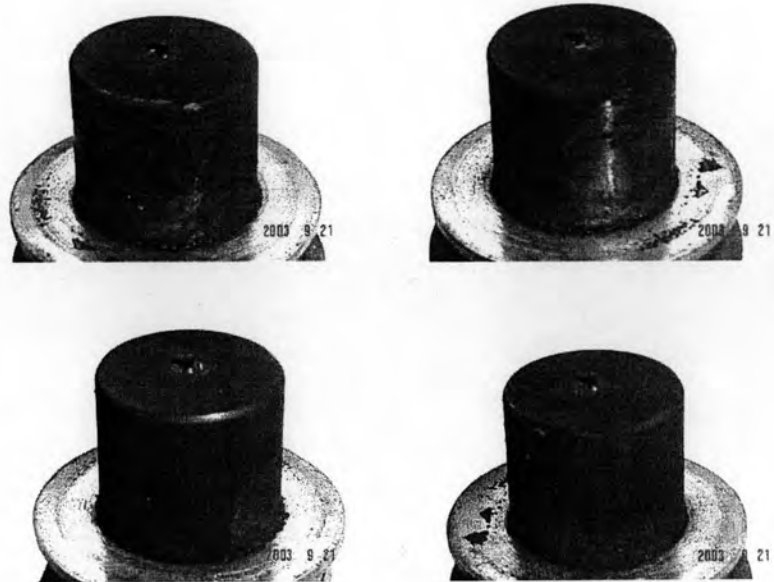
รูปที่ 5-86 และรูปที่ 5-87 แสดงภาพถ่ายหัวฉีดจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลทางเลือกตามลำดับ พบความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดที่ปลายของหัวฉีดจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก เนื่องจากมีก้อนของเขม่าสะสมอยู่ที่ปลายของหัวฉีด และสภาพโดยรวมของหัวฉีดมีคราบเขม่าหนาเกาะตัวในปริมาณที่มาก ซึ่งแตกต่างจากหัวฉีดจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลอย่างชัดเจน

5.6.8 แบริ่งก้านสูบ

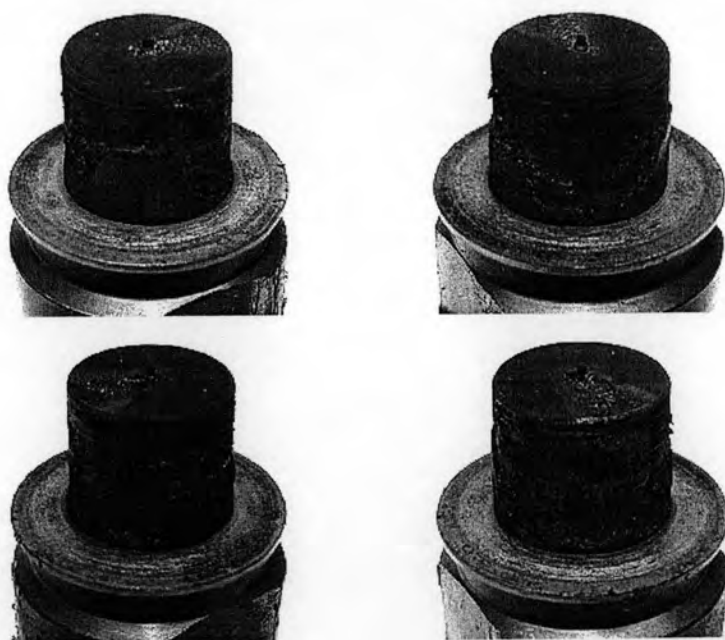
จากรูปที่ 5-88 และรูปที่ 5-89 แสดงภาพถ่ายของแบริ่งก้านสูบจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล และเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกตามลำดับ โดยรูป (ก) ภาพด้านหน้า ขนาดเต็มรูป ชิ้นส่วนทางด้านซ้ายเป็นแบริ่งชั้นบนติดกับก้านสูบ ชิ้นส่วนทางขวาเป็นชิ้นส่วนที่ติดกับประกับก้านสูบ รูป (ข) แสดงภาพขยายส่วนบนของรูป (ก) รูป (ค) แสดงภาพขยายส่วนล่างของรูป (ก) และรูป (ง) แสดงภาพด้านหลังของแบริ่ง

จากรูปที่ 5-88 ซึ่งแสดงแบริ่งก้านสูบจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล ซึ่งไม่พบสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นกับผิวแบริ่ง มีรอยขีดข่วนขนาดเล็กอยู่ทั่วไป จากรูป 5-54 (ข) ชิ้นส่วนบน (ชั้นซ้าย) พบคราบน้ำมันหล่อลื่นและรอยจุดซึ่งเกิดการสึกหรอในปริมาณเล็กน้อย

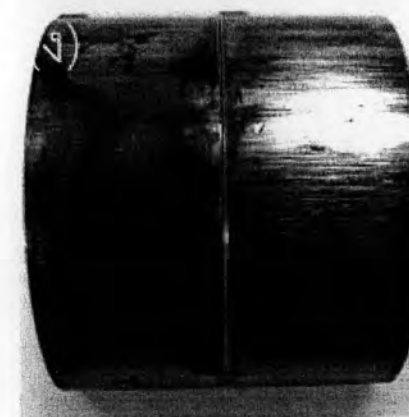
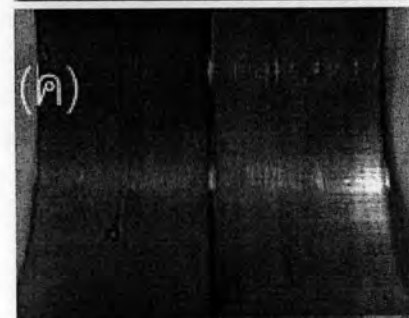
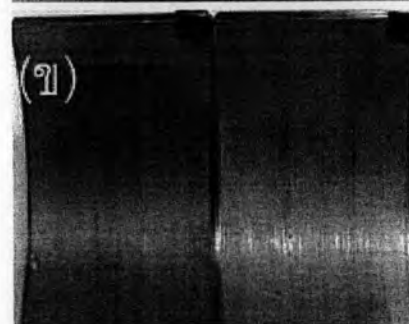
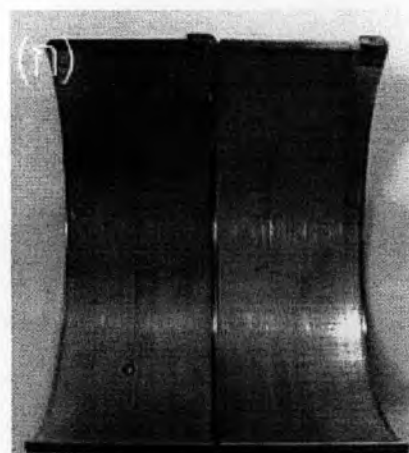
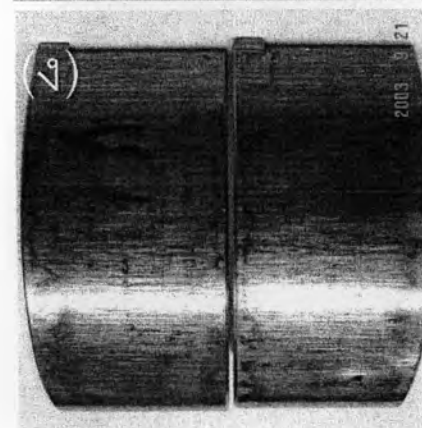
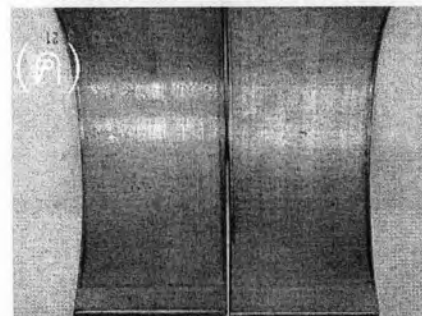
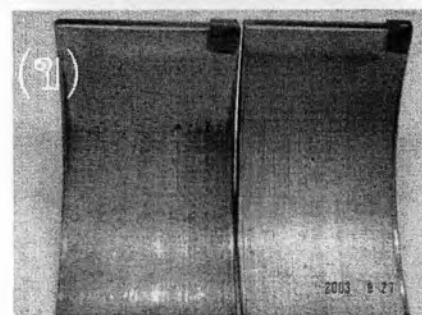
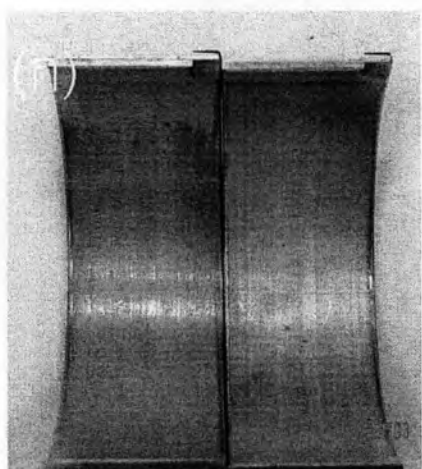
จากรูปที่ 5-89 ซึ่งแสดงแบริ่งก้านสูบจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก ซึ่งพบคราบหลุมวงกลมกระจายอยู่ในแบริ่ง และพบรอยขีดข่วนขนาดใหญ่ ซึ่งเห็นได้ชัดเจน ทั้งชิ้นส่วนบนและชิ้นส่วนล่างของแบริ่ง ซึ่งคราบลักษณะเป็นวงกลมที่พบน่าจะเกิดจากสภาพของการขาดสารหล่อลื่นและอุณหภูมิในการใช้งานที่สูงเกินไป จึงมีการสึกหรอเกิดขึ้นมากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล



รูปที่ 5-86 แสดงภาพถ่ายหัวฉีดจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล



รูปที่ 5-87 แสดงภาพถ่ายหัวฉีดจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก



รูปที่ 5-88 แสดงภาพถ่ายแบร็งก์้านสูบจาก
เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลหลังผ่าน
การทดสอบความทนทาน

รูปที่ 5-89 แสดงภาพถ่ายแบร็งก์้านสูบจาก
เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก
หลังผ่านการทดสอบความทนทาน

5.7 ผลการเปรียบเทียบน้ำหนักชิ้นส่วนในเครื่องยนต์ก่อนและหลังการทดสอบความทนทาน

หลังจากทำการตรวจพินิจชิ้นส่วนภายในเปรียบเทียบระหว่างทั้งสองเครื่องยนต์แล้วได้ทำความสะอาดคราบตะกอนและเขม่าออก เพื่อทำการชั่งน้ำหนักเปรียบเทียบกับน้ำหนักของชิ้นส่วนก่อนการทดสอบที่ได้ทำการชั่งไว้ก่อนแล้ว ด้วยตาชั่ง Denver Instrument Company รุ่น TC-205 ความละเอียด 0.1 mg การเปรียบเทียบมุ่งเน้นตรวจ 3 กลุ่มที่เกี่ยวข้องกับน้ำมันเชื้อเพลิง คือ กลุ่มชิ้นส่วนจากห้องเผาไหม้ กลุ่มชิ้นส่วนหัวฉีด และกลุ่มชิ้นส่วนปั๊มหัวฉีด

ผลการชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนในห้องเผาไหม้แสดงดังตารางที่ 5-10 ผลการชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนหัวฉีดแสดงดังตารางที่ 5-11 และผลการชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนปั๊มเชื้อเพลิงแสดงดังตารางที่ 5-12

ผลจากการชั่งน้ำหนักของวาล์วไอดีและวาล์วไอเสียแสดงดังตารางที่ 5-13 ผลของการวัดขนาดวาล์วไอดี, วาล์วไอเสีย, ปลอกก้นวาล์วไอดีและวาล์วไอเสียแสดงดังตารางที่ 5-14

ตาราง 5-10 แสดงผลการชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนในห้องเผาไหม้

ชิ้นส่วน	น้ำหนัก (กรัม)					
	เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล			เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก		
	ก่อนการทดสอบ	หลัง 320 ชม.	% ความแตกต่าง	ก่อนการทดสอบ	หลัง 320 ชม.	% ความแตกต่าง
แหวนอัด 1	17.743	17.682	-0.344	17.7743	17.60237	-0.967
แหวนอัด 2	15.916	15.852	-0.402	15.861	15.56343	-1.876
แหวนอัด 3	14.780	14.723	-0.386	14.75373	14.61663	-0.929
แหวนน้ำมัน	24.477	24.446	-0.127	24.0401	24.02557	-0.060
บุช ก้านสูบ	35.774	35.773	-0.003	34.329	34.211	-0.344
ลูกสูบ	636.730	636.430	-0.047	647.740	646.660	-0.167
สลักลูกสูบ	236.140	236.040	-0.042	236.730	236.650	-0.08

ตารางที่ 5-11 แสดงผลการชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนหัวฉีด

ชิ้นส่วน	น้ำหนัก (กรัม)					
	เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล			เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก		
	ก่อนการทดสอบ	หลัง 320 ชม.	เปลี่ยนแปลง	ก่อนการทดสอบ	หลัง 320 ชม.	เปลี่ยนแปลง
เข็มหัวฉีด	5.164	5.163	-0.001	5.1531	5.1528	-0.0003
ชิ้นส่วนต่อเข็มหัวฉีด	14.129	14.128	-0.001	14.4242	14.4241	-0.0001

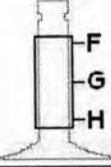
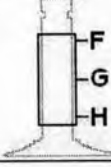
ตารางที่ 5-12 แสดงผลการชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนปั๊มเชื้อเพลิง

ชิ้นส่วน	น้ำหนัก (กรัม)					
	เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล			เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก		
	ก่อนการทดสอบ	หลัง 320 ชม.	เปลี่ยนแปลง	ก่อนการทดสอบ	หลัง 320 ชม.	เปลี่ยนแปลง
วาล์วกันย้อนกลับ	2.074	2.075	0.001	2.0878	2.0850	-0.0028
เรือนวาล์วกันย้อนกลับ	7.816	7.816	0.000	7.8321	7.8320	-0.0001
ลูกสูบ	10.713	10.713	0.000	10.7572	10.7555	-0.0017
กระบอกลูกสูบ	24.173	24.173	0.000	24.2549	24.2483	-0.0066

ตารางที่ 5-13 แสดงผลการชั่งน้ำหนักวาล์ว

ชิ้นส่วน	น้ำหนัก (กรัม)		
	เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก		
	ก่อนการทดสอบ	หลัง 320 ชม.	เปลี่ยนแปลง
วาล์วไอดี	71.4095	71.4024	-0.0071
วาล์วไอเสีย	57.6371	57.6338	-0.0033

ตารางที่ 5-14 แสดงผลของการวัดขนาดก้านวาล์วไอดี, ก้านวาล์วไอเสียและปลอกนำวาล์ว

ชั้นส่วน		ขนาด (มิลลิเมตร)		
		เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก		
		ก่อนการทดสอบ	หลัง 320 ชม.	เปลี่ยนแปลง
ก้านวาล์วไอดี 	A	7.975	7.973	-0.002
	B	7.975	7.968	-0.007
	C	7.975	7.968	-0.007
	D	7.975	7.963	-0.012
	E	7.975	7.973	-0.002
ก้านวาล์วไอเสีย 	A	7.965	7.964	-0.001
	B	7.965	7.960	-0.005
	C	7.965	7.959	-0.006
	D	7.965	7.959	-0.006
	E	7.965	7.963	-0.002
ปลอกนำวาล์วไอดี 	F	7.99	8.00	0.01
	G	8.00	8.00	0.00
	H	8.00	8.00	0.00
ปลอกนำวาล์วไอเสีย 	F	7.99	8.00	0.01
	G	7.99	8.00	0.01
	H	7.98	8.00	0.02

ผลการชั่งน้ำหนักชั้นส่วนของเครื่องยนต์พบว่าชั้นส่วนจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทางเลือกมีน้ำหนักที่ลดลงในปริมาณที่สูงกว่าชั้นส่วนจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเนื่องจากเกิดการสึกหรอที่มากกว่า

ผลการวัดขนาดก้านวาล์วไอดี, ก้านวาล์วไอเสีย, ปลอกนำวาล์วไอดีและไอเสียพบว่า เกิดการสึกหรอที่บริเวณก้านวาล์วมากกว่าปลอกนำวาล์ว โดยเฉพาะบริเวณที่ก้านวาล์วสัมผัสกับปลอกนำวาล์ว ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการขาดการหล่อลื่น เนื่องจากน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้มีความหนืดเพิ่มสูงขึ้นจนเกินขีดการเตือนชั้นวิกฤตภายใน 50 ชั่วโมงแรก ดังนั้นภายหลังจาก 50 ชั่วโมงความ

หนักจึงสูงขึ้นมากและไม่สามารถไหลผ่านช่องว่างระหว่างก้อนวาล์วกับปลอกนำวาล์วได้ อัตราการสึกหรอจึงเพิ่มสูงขึ้นมาก

5.8 ผลการเปรียบเทียบราคาเชื้อเพลิง

ราคาเชื้อเพลิงจากบริษัทระยองเพียวริฟายเออร์ จำกัด ประจำเดือน มีนาคม พ.ศ.2550 แสดงดังตารางที่ 5-15 ซึ่งเป็นราคาโดยเฉลี่ยทั้งเดือน

ตารางที่ 5-15 แสดงราคาน้ำมันโดยเฉลี่ยประจำเดือนมีนาคม พ.ศ.2550

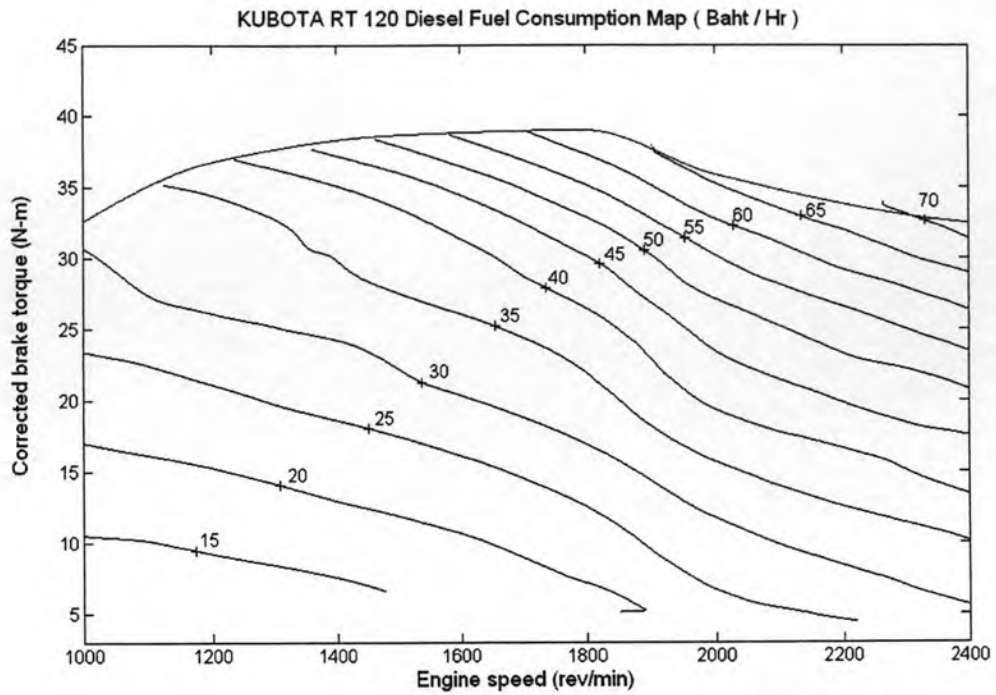
เชื้อเพลิง	น้ำมันเตา	เคโรซีน	ดีเซล
ราคา (บาท / ลิตร)	12.52	19.59	23.49

จากราคาน้ำมันข้างต้นทำให้สามารถประมาณราคาน้ำมันดีเซลทางเลือกได้ ดังตารางที่ 5-16 จะได้ราคาน้ำมันดีเซลทางเลือก จะอยู่ที่ประมาณ ลิตรละ 17.67บาท ซึ่งถูกกว่า ดีเซลที่ราคา ลิตรละ 23.49 บาท อยู่ที่ลิตรละ 5.82 บาท หรือ ร้อยละ 24.78 ของราคาน้ำมันดีเซล

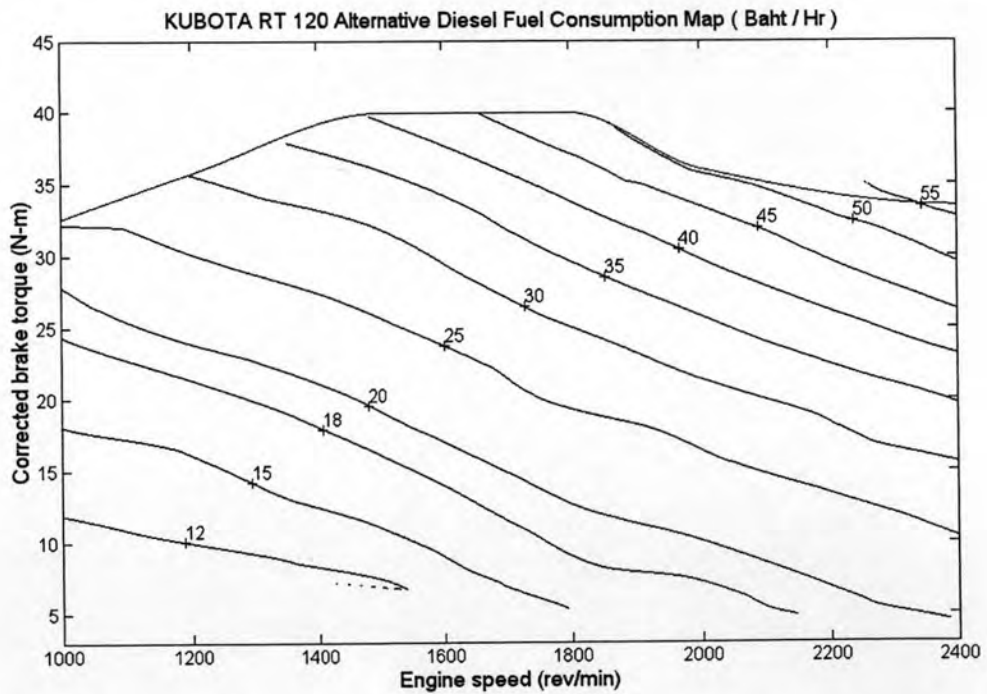
ตารางที่ 5-16 แสดงราคาน้ำมันดีเซลทางเลือก

เชื้อเพลิง	น้ำมันเตา	เคโรซีน	Fluzol	ดีเซลทางเลือก
	300 cc	700 cc	1 cc	1,000 cc
ราคา (บาท)	3.76	13.71	0.20	17.67

จากราคาน้ำมันดีเซล และ น้ำมันดีเซลทางเลือก สามารถนำมาแสดงในรูปแผนภูมิการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ในหน่วยบาทต่อชั่วโมง ดังรูปที่ 5-90 และ 5-91 ตามลำดับ



รูปที่ 5-90 แสดงแผนภูมิการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล



รูปที่ 5-91 แสดงแผนภูมิการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลทางเลือก

ตารางที่ 5-17 แสดงการประมาณต้นทุนเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบความทนทาน 320 ชั่วโมง พบว่า ต้นทุนราคาน้ำมันดีเซลทางเลือก ถูกกว่า น้ำมันดีเซล 4,733.74 บาท คิดเป็นร้อยละ 21.72 ของราคาต้นทุนน้ำมันดีเซล

เมื่อพิจารณากรณีที่ใช้ น้ำมันดีเซลทางเลือกที่ควรทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องทุก 50 ชั่วโมงการทำงาน ซึ่งน้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลที่ควรทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องทุก 100 ชั่วโมงการทำงาน ทำให้ราคาต้นทุนสำหรับน้ำมันดีเซลทางเลือกเพิ่มขึ้น แต่ราคาต้นทุนรวม น้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำมันหล่อลื่นสำหรับน้ำมันดีเซลทางเลือกยังคงถูกกว่า 4,133.74 บาท คิดเป็นร้อยละ 18.46 ของราคาต้นทุนน้ำมันดีเซลรวมน้ำมันหล่อลื่น

ตารางที่ 5-17 แสดงการประมาณต้นทุนเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบความทนทาน

ระยะเวลา	ดีเซล		ดีเซลทางเลือก		ความแตกต่าง	
	ลิตร	บาท	ลิตร	บาท	บาท	ร้อยละ
5 hr (1 cycle)	14.5	340.61	15.09	266.64	-73.97	21.72
15 hr (3 cycle)	43.5	1021.82	45.27	799.92	-221.90	21.72
320 hr	928	21,798.72	965.76	17,064.98	-4733.74	21.72
320 hr + Engine Oil	928	21,798.72 + 600 (100hr) = 22,398.72	965.76	17,064.98 + 1,200 (50hr) = 18,264.98	-4,133.74	18.46