บทที่ 1

บทนำ

ก. แนวเหตุผลในการวิจัย

การพัฒนาการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันดีเซลในประเทศไทยนั้นมีน้อยมากเมื่อเทียบกับต่างประเทศ แนวทางอันหนึ่งในการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันดีเซลคือการเติมสารเพิ่มค่าซีเทน (cetane improver) เพื่อช่วยทำให้มีน้ำมันดีเซลมีค่าซีเทนสูงขึ้น ซึ่งปัจจุบันได้มีการปรับปรุงเครื่องยนต์ดีเซลที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จึงจำเป็นต้องมีน้ำมันดีเซลที่มีค่าซีเทนสูงเช่นกัน

ได้เป็นที่ทราบว่าน้ำมันดีเซลในปัจจุบันได้ใช้สารประกอบประเภทไนเตรตเป็นสารเพิ่มค่าซีเทน เช่น เอมิลไนเตรต (Amyl Nitate) แต่มิได้หมายความว่าสารประกอบประเภทไนเตรตดีที่สุดในการใช้เป็นสารเพิ่มค่าซีเทน ดังนั้นจึงได้ทำการค้นคว้าเพื่อหาสารประกอบที่สำคัญตัวอื่น ซึ่งสามารถใช้เป็นสารเพิ่มค่าซีเทนที่ดีกว่าสารประกอบประเภทไนเตรต ในการค้นคว้าจากเอกสารอ้างอิงทางวิชาการ พบว่าสารประกอบประเภทเททระโซลบางตัวให้ค่าซีเทนได้ดีกว่าสารประกอบประเภทไนเตรตโดยใช้ในปริมาณที่เท่ากัน [1]

ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงมุ่งที่จะทำการวิจัยเพื่อสังเคราะห์สารประกอบประเภทเททระโซล ซึ่งอาจทำให้ได้ค่าซีเทนที่ดีกว่า ซึ่งสามารถที่จะนำมาเพิ่มค่าซีเทนของน้ำมันดีเซล เพื่อจะช่วยปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันดีเซลในประเทศให้ดีขึ้น ซึ่งจะเป็นแนวทางในการศึกษาและวิจัยในด้านการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันดีเซลต่อไป

ข. เครื่องยนต์ดีเซล [2-3]

เครื่องยนต์ดีเซลจัดเป็นเครื่องยนต์สันดาปภายในโดยมีหลักการทำงานคือ ดูด

อากาศเข้ากระบอกสูบเพียงอย่างเดียว และอัดอากาศภายในกระบอกสูบ จนเกิดความดันให้ความร้อนสูง เมื่อลูกสูบใกล้ศูนย์ตายบน หัวฉีดจะฉีดน้ำมันดีเซลเป็นฝอยละเอียดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ จะเกิดการลุกไหม้ ระเบิดผลักดันให้ลูกสูบ เคลื่อนที่ลงสู่ศูนย์ตายล่าง เกิดกำลังงานขึ้น

เครื่องยนต์ดีเซล แบ่งได้ 2 ชนิด คือ

1. เครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ
2. เครื่องยนต์ดีเซล 2 จังหวะ

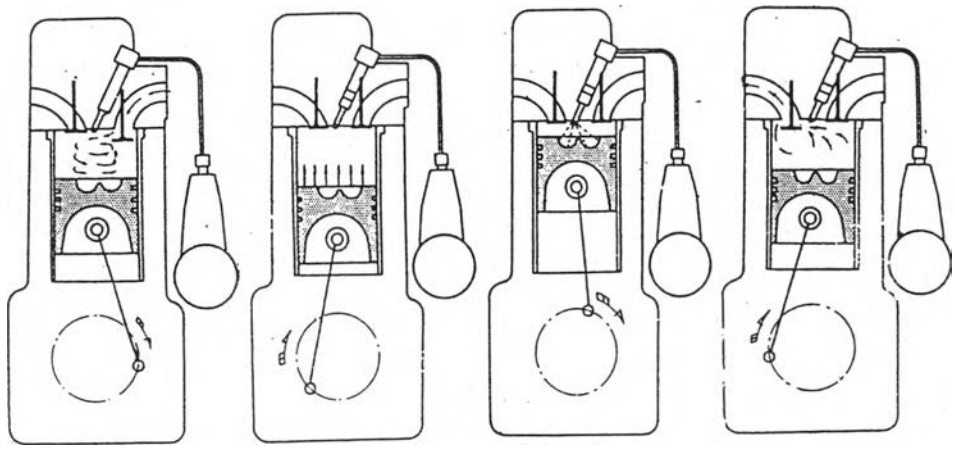
1. <u>หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ</u> แสดงไว้ในรูปที่ 1

ก) จังหวะดูด (Suction Stroke) เริ่มเมื่อลูกสูบอยู่บนศูนย์ตายบน (T.D.C. = Top Dead Center) เป็นจุดที่ลูกสูบเคลื่อนที่อยู่สูงสุด เพลาข้อเหวี่ยงจะหมุนให้ลูกสูบเลื่อนลง ลิ้นไอดีเปิด ลิ้นไอเสียปิด เพลาข้อเหวี่ยงหมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา อากาศภายนอกจะถูกดูดเข้าไปในกระบอกสูบทางลิ้นไอดี จนกระทั่งลูกสูบถึงศูนย์ตายล่าง (B.D.C. = Bottom Dead Center) เป็นจุดที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงต่ำสุด เมื่อเพลาข้อเหวี่ยงหมุนต่อไป ลูกสูบจะเลื่อนขึ้น ลิ้นไอเสียจะปิด

ข) จังหวะอัด (Compression Stroke) เริ่มเมื่อลูกสูบถึงศูนย์ตายล่างที่จังหวะนี้ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียจะปิด อัดอากาศที่เรียกว่าไอดี จนมีปริมาตรลดลงเป็น 1/16 จากเดิม เมื่อลูกสูบอยู่ศูนย์ตายบนจะมีกำลังจากการอัดประมาณ 450 - 650 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิสูงถึง 900 - 1200 องศาฟาเรนไฮต์

ค) จังหวะกำลัง (Power Stroke) ต่อจากจังหวะอัดที่ศูนย์ตายบน จังหวะอัดนี้ หัวฉีดจะฉีดน้ำมันดีเซลเป็นฝอยเข้าไปในกระบอกสูบ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการอัดจะจุดน้ำมันเชื้อเพลิงให้เกิดการเผาไหม้อย่างรวดเร็ว ทำให้แก๊สขยายตัว ดันให้ลูกสูบเลื่อนลงอย่างรุนแรงไปยังศูนย์ตายล่าง ส่งกำลังผ่านลูกสูบ และก้านสูบไปยังเพลาข้อเหวี่ยง

ง) จังหวะคาย (Exhaust Stroke) เริ่มเมื่อลิ้นไอเสียเปิด ซึ่งจะเปิดก่อนลูกสูบอยู่ศูนย์ตายล่างเล็กน้อย ไอเสียจะถูกดันออกจากกระบอกสูบ เพลาข้อเหวี่ยงดันให้ลูกสูบขึ้นสู่ศูนย์ตายบน ดันไอเสียออกจากกระบอกสูบ เมื่อลูกสูบเลื่อนถึง



รูปที่ 1 แสดงการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ [2]

ศูนย์ตายบน ลิ้นไอดี และลิ้นไอเสียจะเปิดพร้อมกัน ไอดีจะมีแรงดันสูงกว่า จึงช่วยขับไอเสียออกจากกระบอกสูบ และลิ้นไอเสียจะปิดเมื่อลูกสูบเลื่อนลงจากศูนย์ตายบนเล็กน้อย และจะเข้าสู่จังหวะดูดต่อไป

2. หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 2 จังหวะ เครื่องยนต์ดีเซล 2 จังหวะ มีการทำงานคล้ายกับเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ โดยที่เครื่องยนต์ดีเซล 2 จังหวะ เครื่องยนต์จะหมุน 1 รอบ หรือ 360 องศา และเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ เครื่องยนต์หมุน 2 รอบ หรือ 720 องศา โดยผลที่ได้คือ กำลังงาน 1 ครั้ง เท่ากัน

ค. น้ำมันดีเซล [3-5]

น้ำมันดีเซลประกอบด้วยส่วนผสมที่ซับซ้อนของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เช่น ประกอบไปด้วยพาราฟินที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ C_{15} จนถึง C_{20} เป็นหลัก และโอเลฟิน ไซโคลพาราฟิน และอะโรมาติกเป็นส่วนน้อย ซึ่งมีจุดเดือดอยู่ในช่วง 250 - 400 องศาเซลเซียส

น้ำมันดีเซลถูกแยกตามคุณสมบัติการกลั่น โดยในประเทศไทยแบ่งเป็น น้ำมันดีเซลสำหรับเครื่องรอบเร็ว และน้ำมันดีเซลสำหรับเครื่องรอบช้า โดยที่น้ำมันดีเซลสำหรับเครื่องรอบเร็วจะมีอุณหภูมิในการกลั่นต่ำกว่าที่เปอร์เซนต์การกลั่นที่เท่ากัน เมื่อเทียบกับ น้ำมันดีเซลสำหรับเครื่องรอบช้า

1. คุณสมบัติของน้ำมันดีเซล [3-5] น้ำมันดีเซลที่ขายในท้องตลาดได้จากหลายกรรมวิธี ดังนั้นน้ำมันดีเซล จึงต้องมีการปรับคุณสมบัติให้ได้คุณภาพที่ต้องการ และน้ำมันดีเซล ควรจะมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

ก) การจุดระเบิด (Ignition Quality) หมายถึง ความสามารถของน้ำมันเชื้อเพลิงที่จะติดไฟ เมื่อถูกฉีดเข้าไปในกระบอกสูบที่มีอากาศถูกอัดตัวบรรจุอยู่ น้ำมันดีเซลที่มีคุณสมบัติที่ดีจะติดไฟง่ายในทันที โดยมีความล่าช้าในการจุด

ระเบิดน้อยมาก

ข) ความสะอาด (Cleanliness) น้ำมันดีเซลควรจะมีความสะอาด ทั้งก่อนการเผาไหม้ และหลังการเผาไหม้ เช่น ตะกอน น้ำ กากถ่าน หรือเขม่าควรจะมีน้อยที่สุด

ค) การระเหย (Volatility) มีผลต่อจุดเดือด และจุดวาบไฟของน้ำมันดีเซล น้ำมันดีเซลมีความสามารถในการระเหยตัวช้า เมื่อเทียบกับน้ำมันเบนซิน การระเหยตัวมีความสำคัญต่อการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล เช่น ถ้าน้ำมันระเหยช้าเกินไป จะทำให้น้ำมันจุดระเบิดได้ช้า เป็นต้น

ง) ค่าซีเทน (Cetane Number) ใช้วัดคุณสมบัติในการจุดระเบิด ควรจะสูงพอเหมาะกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ซึ่งจะช่วยให้เครื่องยนต์ติดง่าย ไม่เกิดการน็อค และประหยัดการใช้เชื้อเพลิง

ค่าซีเทนสามารถหาค่าโดยใช้น้ำมันเดินเครื่องยนต์ดีเซลมาตรฐานสูบเดียว ที่สามารถปรับอัตราส่วนการอัดได้ นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับน้ำมันมาตรฐานที่มีส่วนผสมของนอร์แมลซีเทน (Normal Cetane) และ แอลฟา-เมทิล แนพทาลีน (Alpha Methyl Naphthalene) และหลังจากปี พ.ศ. 2505 ได้ใช้ เฮปทาเมทิลโนเนน (Heptamethylnonane) แทนแอลฟาเมทิลแนพทาลีน

ค่าซีเทนสามารถหาได้จาก สมการข้างล่างนี้

ค่าซีเทน = % นอร์แมลซีเทน + 0.15 (% เฮปทาเมทิลโนเนน) (1)

โดยที่ค่าอัตราซีเทนสูง จะมีค่าความล่าช้าในการจุดระเบิด (Ignition Delay) สั้นดังนั้นน้ำมันที่มีค่าอัตราซีเทนสูง จะทำให้ควบคุมได้ดี เป็นผลให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สูงขึ้น

จ) ดัชนีซีเทน (Cetane Index) แสดงคุณสมบัติในการจุดระเบิด หาได้จากค่าความถ่วง API (API Gravity) และอุณหภูมิการกลั่นที่ 50 เปอร์เซนต์ (Mild Boiling Point)

ฉ) เถ้า (Inorganic Matter) จะเหลืออยู่หลังจากการเผาไหม้ของน้ำมันดีเซล อยู่ในรูปของแข็ง หรือ Metallic Soap ที่ละลายในน้ำมัน เถ้าเหล่านี้จะเป็นอันตรายต่อหัวฉีดของเครื่องยนต์ดีเซล เนื่องจากหัวฉีดมีความละเอียดสูง และทำให้เกิดการสึกหรอในเครื่องยนต์

ช) จุดวาบไฟ (Flash Point) คือ อุณหภูมิที่น้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อได้รับความร้อนระเหยกลายเป็นไอ สะสมมีจำนวนมากพอที่จะลุกไหม้ขึ้นเมื่อถูกกับเปลวไฟ มีผลในการเก็บรักษา

ซ) จุดไหลเท (PourPoint) คือ อุณหภูมิที่น้ำมันหยุดไหล มีความสำคัญในระยะแรกของการใช้เครื่องขณะที่เครื่องยนต์เย็น และการไหลของน้ำมันในที่มีภูมิอากาศเย็น

ฌ) ความถ่วง (Gravity)

1) ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) คือ ค่าอัตราส่วนของ น้ำหนักของสารต่อน้ำหนักของน้ำบริสุทธิ์ที่มีปริมาตรเท่ากัน และที่อุณภูมิเดียวกัน

2) ความถ่วง เอ พี ไอ (API Gravity) ตั้งโดยสถาบันปิโตรเลียมแห่งสหรัฐอเมริกา (American Petroleum Institute) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความถ่วงจำเพาะ เป็นสมการดังนี้

$$\text{ความถ่วง เอ พี ไอ} = \frac{141.5}{\text{ความถ่วงจำเพาะ } 60/60^{\circ}F} - 131.5 \quad (2)$$

ญ) สี (Color) โดยปกติน้ำมันดีเซลมีสีชาอ่อน และสีจะเข้มขึ้นเมื่อเก็บไว้นาน แต่คุณสมบัติในการเผาไหม้มักจะคงเดิม

ฎ) ปริมาณกำมะถันเป็นสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ เนื่องจากมีความสามารถในการกัดกร่อนเครื่องยนต์ กำมะถันอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น เมอร์แคปแทน ไดซัลไฟด์ (Mercaptan Disulfide) หรือ สารประกอบเฮตเทอโรไซคลิก (Heterocyclic) เช่น ไทโอเฟน (Thiophen)

การกัดกร่อนของกำมะถันมี 2 ลักษณะคือ

1) การเผาไหม้ของน้ำมันดีเซลจะได้น้ำออกมา แล้วน้ำจะรวมตัวกับกำมะถัน ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรด ทำให้กัดกร่อนชิ้นส่วนเครื่องยนต์ สำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้กำลังสูงจะมีการกัดกร่อนน้อยกว่า เนื่องจากอุณหภูมิในการทำงานของเครื่องยนต์สูง เครื่องยนต์ที่ใช้กำลังต่ำ ไอน้ำสามารถกลั่นตัวเป็นหยดน้ำได้มากทำให้มีการกัดกร่อนที่สูงกว่า

2) เกิดจากการกัดกร่อนของกำมะถันโดยตรง เช่น กัด

กร่อนระบบหัวฉีดเชื้อเพลิง

ฎ) ค่าความหนืดของน้ำมันดีเซลมีผลต่อละอองน้ำมันที่ฉีดออกจากหัวฉีด เช่นถ้าน้ำมันมีค่าความหนืดสูง จะทำให้น้ำมันมีละอองขนาดใหญ่พุ่งไปไกล แทนที่จะเป็นฝอย ทำให้การรวมตัวกับอากาศไม่ดี ประสิทธิภาพเครื่องยนต์ลดลง และถ้าน้ำมันมีค่าความหนืดต่ำเกินไป จะทำให้น้ำมันไม่พุ่งไปไกล การเผาไหม้จะไม่ดี และ อาจเกิดการรั่วกลับไปในหัวฉีด ทำให้น้ำมันที่ผ่านหัวฉีดน้อยลง เป็นผลให้ประสิทธิภาพลดลงดังนั้นน้ำมันดีเซลควรจะมีค่าความหนืดที่พอเหมาะ

ปกติน้ำมันดีเซลจะมีคุณสมบัติที่ดีเหมาะสมในการใช้งานอยู่แล้ว แต่มีบางกรณีที่น้ำมันมีอุณหภูมิการกลั่นที่สูง หรือ เป็นน้ำมันที่ได้จากการ crack ทำให้มีคุณสมบัติไม่เหมาะสม เช่น มีค่าซีเทนต่ำ จึงต้องใส่สารเติมแต่งเข้าไปปรับปรุงคุณภาพ

2. <u>สารเติมแต่งในน้ำมันดีเซล</u> (Additive) [1,3-4] มีดังนี้

ก) สารป้องกันการกัดกร่อน (Corrosive Inhibitor) ช่วยลดการกัดกร่อน เนื่องจากความชื้นในอากาศที่รวมตัวกับน้ำมันดีเซล ซึ่งมีสภาพเป็นกรด

ข) สารยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation Inhibitor) ช่วยยับยั้งไม่ให้น้ำมันดีเซล ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็นยางเหนียว (Gum) เมื่อเก็บน้ำมันไว้นาน

ค) สารชะล้าง (Detergent Additive) ช่วยรักษาความสะอาดในระบบน้ำมันดีเซล ช่วยชะล้างท่อ และ หม้อกรองน้ำมันดีเซล ไม่ให้อุดตัน และเกิดยางเหนียวจับตามปั๊มป์ และหัวฉีด

ง) สารเพิ่มค่าซีเทน (Cetane Improver) สารนี้จัดเป็นสารเติมแต่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากสารนี้จะช่วยลดความล่าช้าในการจุดระเบิดให้สั้นลง ช่วยป้องกันการน็อคของเครื่องยนต์ การที่มีค่าซีเทนต่ำ หรือ มีความล่าช้าในการจุดระเบิดนาน จะทำให้เกิดการสะสมน้ำมันเชื้อเพลิงในห้องสันดาปหลังจากการฉีด จนอาจเกิดการระเบิดขึ้น ทำให้เครื่องเดินไม่เรียบ และมีเขม่ามาก แต่ถ้าน้ำมันดีเซลมีค่าซีเทนสูง หรือมีความล่าช้าในการจุดระเบิดสั้น จะทำให้ไม่มีการสะสมน้ำมันในห้อง

สันดาปหลังจากการฉีด ทำให้เครื่องเดินเรียบ และมีเขม่าน้อย

ปกติน้ำมันเชื้อเพลิงจะมีค่าซีเทนอยู่ในช่วง 25 - 60 โดยที่

-ค่าซีเทน มีค่า 25 - 35 จัดว่ามีค่าต่ำ

-ค่าซีเทน มีค่า 35 - 50 จัดว่าเป็นค่าปานกลาง ซึ่งพบมากที่สุด

-ค่าซีเทน มีค่า 50 - 60 จัดว่ามีค่าสูง

สารเพิ่มค่าซีเทนที่ใช้กันมีหลายประเภท เช่น

-สารประกอบประเภทเพอร์ออกไซด์ (Peroxide)

-สารประกอบประเภทไนไทรท์ (Nitrite)

-สารประกอบประเภทไนเทรท (Nitrate)

-สารประกอบประเภทไนโทรโซคาร์บาเมท (Nitrosocarbamate)

-สารประกอบประเภทแอลิไซคลิคไดแอโซแอซีเทท เช่น ไดแอโซแอซิทิคแอซิด เอสเทอร์ (Diazoacetic acid ester) เกลือของไดแอโซแอซิทิคแอซิด (Diazoacetic acid salt) ไอโซไดแอโซ แอซิทิค เอสเทอร์ (Isodiazo acetic ester) บิสไดแอโซแอซิทิค แอซิด เอสเทอร์ (Bis diazoacetic acid ester)

-สารประกอบประเภทเฮเทอโรไซคลิคที่มีวง5เหลี่ยม เช่น 1,2,3,4-ไธแอไทรอะโซล (1,2,3,4-Thiatriazole) 1,2,3-ไธแอไดอะโซล (1,2,3-Thiadiazole) โพรพิลเททระโซล (Propyl tetrazole)