ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

วศ กม
อว 43

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมิน
เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 8ว

ของ

นางสุดา นันทวิทยา
นักวิทยาศาสตร์ 7 ว

การศึกษาเปรียบเทียบการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบส ในน้ำมันหล่อลื่น

กลุ่มงานเคมีวิเคราะห์เชิงฟิสิกส์

กองเคมี

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

บทคัดย่อ

การศึกษาแนวทางในการเลือกวิธีการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสให้เหมาะสมกับน้ำมันหล่อลื่นโดยเปรียบเทียบการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสในตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น ด้วยวิธีมาตรฐานASTM D 664-81 ASTM D 2896-96 และASTM D 4739-96 ผลการศึกษาพบว่าค่าความเป็นเบสเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี ASTM D 2896-96 ได้ค่าสูงกว่าวิธี ASTM D 664-81 เฉลี่ยร้อยละ 14.3 วิธี ASTM D 2896-96 ได้ค่าสูงกว่าวิธี ASTM D 4739-96 เฉลี่ยร้อยละ 5.5 และวิธีASTM D 4739-96 ได้ค่าสูงกว่าวิธี ASTM D 664-81เฉลี่ยร้อยละ8.4 ในการศึกษาความเที่ยง(precision)ของวิธีทั้ง3พิจารณาเป็นค่าอัตราร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์(relative percentage difference,RPD)ได้ผลเป็น 1.2 1.8 และ1.5 ตามลำดับ ค่าความเป็นเบสที่วิเคราะห์ตามวิธีASTM D 2896-96 มีค่าสูงกว่าการวิเคราะห์ตามวิธีASTM D 664-81 และวิธี ASTM D 4739-96 เนื่องจากวิธี ASTM D 2896-96 ใช้ตัวทำปฏิกิริยาคือกรดเพอร์คลอริก(perchloric acid $HClO_4$)ซึ่งเป็นตัวออกซิไดซ์ที่รุนแรงสามารถทำปฏิกิริยาได้ดีกับสารเติมแต่งที่มีสภาพเป็นเบสแก่และเบสอ่อน แต่วิธี ASTM D 664-81 และวิธี ASTM D 4739-96 ใช้กรดไฮโดรคลอริก(hydrochloric acid) ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาได้ดีกับสารเติมแต่งที่มีสภาพเป็นเบสแก่แตกตัวเป็นไอออนได้ดีเท่านั้น แต่ทำปฏิกิริยาไม่ได้ดีกับสารเติมแต่งที่มีสภาพเป็นเบสอ่อนและแตกตัวเป็นไอออนไม่ได้ดี และพบว่าวิธี ASTM D 2896-96 มีความเที่ยงกว่าอีก 2 วิธี

จากการเปรียบเทียบระหว่างวิธี ASTM D 4739-96 และวิธี ASTM D 664-81ที่ใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเหมือนกัน ค่าความเป็นเบสที่วิเคราะห์ตาม ASTM D 4739-96 มีค่าสูงกว่าการวิเคราะห์ตามวิธี ASTM D 664-81 เนื่องจากวิธีวิเคราะห์ตาม ASTM D 4739 ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ผสมที่มีคลอโรฟอร์ม(chloroform) เพิ่มอีกตัวนอกเหนือจากโทลูอีน(toluene) และ ไอโซโพรพิวแอลกอฮอล์(isopropyl alcohol) ซึ่งคลอโรฟอร์มสามารถละลายสารประกอบที่เกาะที่ขั้วไฟฟ้าขณะไทเทรตได้ดีกว่า จากการศึกษาความใช้ได้(validation)ของวิธี ASTM D 2896-96 กับตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ศึกษา ในส่วนของสภาพเชิงเส้น(linearity) และ ความแม่น(accuracy) พบว่ามีสภาพเชิงเส้นตลอดช่วงความเข้มข้นของสารเติมแต่ง และมีความแม่นที่ยอมรับได้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
บทที่1 บทนำ	1
1.1 คำนำ	1
1.2 ปัญหาและที่มาของการวิเคราะห์	15
1.3 วัตถุประสงค์	16
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	17
1.5 ระยะเวลาดำเนินการ	17
1.6 แผนการดำเนินงาน	18
บทที่2 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการ	19
2.1 ขั้นตอนการดำเนินการ	19
2.2 รายละเอียดตัวอย่าง	19
2.3 วิธีวิเคราะห์	23
2.4 รายละเอียดการดำเนินการวิเคราะห์	27
บทที่3 ผลการวิเคราะห์	29
3.1 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสในน้ำมันหล่อลื่นด้วยวิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96	29
3.2 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบความเที่ยงของการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตามมาตรฐาน ASTM D664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96	33
3.3 ผลการศึกษาความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ ASTM D 2896-96 ในส่วนของสภาพเชิงเส้น	34

เลขหมู่ วศ กม
อว 43
เลขทะเบียน 11580
วันที่ 16 / ต.ค. / 46

ด้วยอภินันทนาการ
จาก
วศ.

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

สารบัญ

	หน้า
3.4 ผลการศึกษาความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ ASTM D 2896-96 ในส่วนของสภาพเชิงเส้น	35
3.5 ผลการศึกษาแนวทางในการเลือกวิธีการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบส ให้เหมาะสมกับน้ำมันหล่อลื่นที่มีสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆ	36
บทที่4 วิจารณ์	37
4.1 การศึกษาความสัมพันธ์ของการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบส ในน้ำมันหล่อลื่นด้วยวิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96	37
4.2 การศึกษาและเปรียบเทียบความเที่ยงของการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบส ตามมาตรฐาน ASTM D664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96	39
4.3 การศึกษาความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ ASTM D 2896-96 ในส่วนของสภาพเชิงเส้น	40
4.4 การศึกษาความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ ASTM D 2896-96 ในส่วนของความแม่น	41
4.5 แนวทางการเลือกวิธีการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสให้เหมาะสม กับน้ำมันหล่อลื่น	41
บทที่5 สรุป	43
กิตติกรรมประกาศ	45
เอกสารอ้างอิง	46

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 การแบ่งประเภทน้ำมันหล่อลื่นตามการใช้งาน	5
ตารางที่ 2 แผนการดำเนินงาน	18
ตารางที่ 3 สมบัติน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน	20
ตารางที่ 4 สมบัติสารเติมแต่ง	21
ตารางที่ 5 ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการศึกษาวิจัย	22
ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตามASTM D 664-81	29
ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตามASTM D 2896-96	30
ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตาม ASTM D 4739-96	31
ตารางที่ 9 เปรียบเทียบค่าความเป็นเบสที่วิเคราะห์ด้วยวิธีต่าง ๆ	32
ตารางที่ 10 เปรียบเทียบความเที่ยงของการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบส	33
ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตามASTM D 2896-96 สำหรับการศึกษาสภาพเชิงเส้น	34
ตารางที่ 12 ผลการศึกษาความใช้ได้ของวิธี ASTM D 2896-96 ในส่วนของความแม่น	36
ตารางที่ 13 ผลการศึกษาแนวทางในการเลือกวิธีการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบส	36

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่1 การกลั่นน้ำมันที่หอกลั่นบรรยากาศ	4
รูปที่2 การกลั่นน้ำมันที่หอกลั่นสุญญากาศ	5
รูปที่3 ตัวอย่างโครงสร้างโมเลกุลของสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆ	12
รูปที่4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นเบสและปริมาณสารเติมแต่ง	35

บทที่1 บทนำ

1.1 คำนำ

น้ำมันหล่อลื่นหรือที่บางคนเรียกน้ำมันเครื่องเป็นผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นสำหรับรถยนต์และเครื่องจักรเครื่องยนต์ในอุตสาหกรรมเพื่อทำหน้าที่หล่อลื่นเครื่องจักรเครื่องยนต์และลดการสึกหรอแต่ขณะเดียวกันน้ำมันหล่อลื่นยังทำหน้าที่อื่น ๆที่สำคัญและเป็นประโยชน์ต่อเครื่องจักรเครื่องยนต์อีกด้วย

1.1.1 การทำงานของน้ำมันหล่อลื่น[7] น้ำมันหล่อลื่นทำหน้าที่เป็นประโยชน์ต่อเครื่องจักรเครื่องยนต์หลายประการได้แก่

1.1.1.1 การหล่อลื่นเครื่องจักรเครื่องยนต์ น้ำมันหล่อลื่นช่วยลดแรงเสียดทานและลดการเสียดสีของของชิ้นส่วนเครื่องจักรเครื่องยนต์ที่เคลื่อนที่ เมื่อเครื่องจักรเครื่องยนต์ทำงานและเกิดการเคลื่อนที่หากไม่มีน้ำมันหล่อลื่นไปเคลือบเป็นแผ่นฟิล์มที่ผิวสัมผัสของโลหะที่เคลื่อนที่เสียดสีกัน จะทำให้เครื่องจักรเครื่องยนต์เกิดการสึกหรอ เสื่อมสภาพและชำรุดได้ง่าย ความหนาของแผ่นฟิล์มของน้ำมันหล่อลื่นต้องเหมาะสมกับความเร็วของการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรเครื่องยนต์นั้น ถ้าน้ำมันหล่อลื่นมีความหนืดมากการเคลือบเป็นแผ่นฟิล์มที่ผิวสัมผัสของเครื่องจักรเครื่องยนต์จะหนา ทำให้เกิดแรงเสียดทานมากขึ้นการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรเครื่องยนต์จะช้าลง ต้องใช้พลังงานในการขับเคลื่อนมากขึ้น ตรงกันข้ามถ้าน้ำมันหล่อลื่นมีความหนืดน้อยการเคลือบเป็นแผ่นฟิล์มที่ผิวสัมผัสของเครื่องจักรเครื่องยนต์จะบาง ทำให้โลหะที่ผิวสัมผัสของเครื่องจักรเครื่องยนต์เกิดการเสียดสีและสึกหรอได้ นอกจากนั้นอุณหภูมิมีผลต่อความหนืดของน้ำมันหล่อลื่น เมื่ออุณหภูมิสูงความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นจะลดลงและเมื่ออุณหภูมิต่ำความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นจะเพิ่มขึ้น จึงต้องพิจารณาเลือกใช้น้ำมันหล่อลื่นที่มีค่าความหนืดที่เหมาะสมกับสภาพการทำงานของเครื่องจักรเครื่องยนต์ตลอดช่วงของการใช้งาน เมื่อเริ่มติดเครื่องจักรเครื่องยนต์ เมื่อขับเคลื่อนไปได้ระยะเวลาหนึ่ง และเมื่อขับเคลื่อนไปเป็นระยะเวลานานจนเครื่องร้อน

1.1.1.2 การระบายความร้อนของเครื่องจักรเครื่องยนต์ เมื่อเกิดการขับเคลื่อนหรือเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันหล่อลื่นที่หมุนเวียนอยู่ภายในเครื่องจักรเครื่องยนต์ระบบปิดจะสามารถระบาย

ความร้อนของเครื่องจักรเครื่องยนต์ได้ประมาณร้อยละ 30 ของความร้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้น

1.1.1.3 การทำความสะอาดภายในเครื่องจักรเครื่องยนต์ น้ำมันหล่อลื่นจะช่วยพาเขม่าหรือสิ่งสกปรกต่าง ๆที่เกิดจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง ให้กระจายอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นแทนที่จะจับตัวกันเป็นตะกอนก้อนใหญ่และไปอุดตันชิ้นส่วนเครื่องจักรเครื่องยนต์

1.1.1.4 การป้องกันสนิม เมื่อเครื่องจักรเครื่องยนต์เกิดการเผาไหม้ ไอน้ำหรือความชื้นจะเกิดตามมาด้วย ดังนั้นน้ำมันหล่อลื่นที่เคลือบอยู่ที่ผิวโลหะของเครื่องจักรเครื่องยนต์จะไปช่วยป้องกันผิวโลหะไม่ให้สัมผัสกับความชื้นหรือแก๊สออกซิเจนในอากาศซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดสนิม

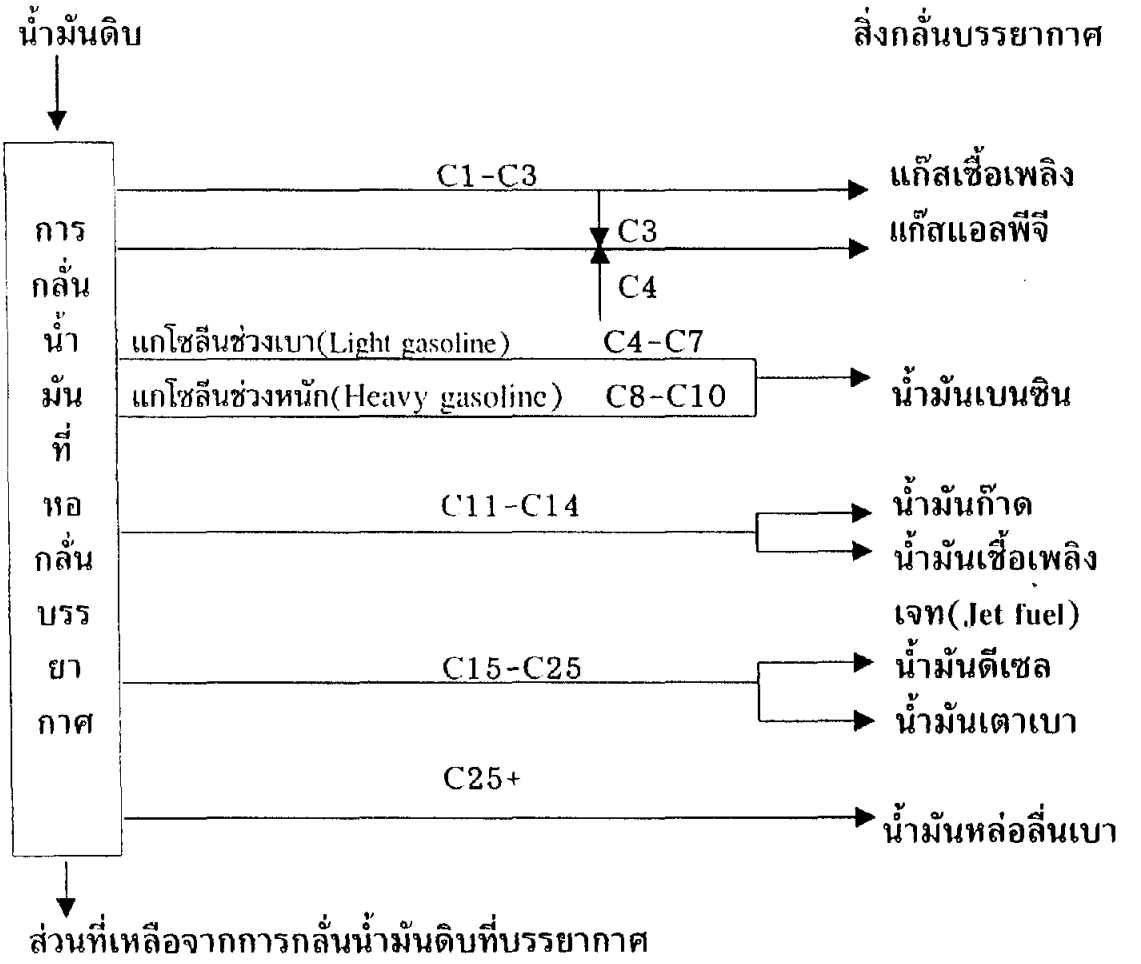
1.1.1.5 การป้องกันการรั่วซึมของแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ น้ำมันหล่อลื่นจะเข้าไปเคลือบที่ผิวสัมผัสและช่องว่างระหว่างชิ้นส่วนเครื่องจักรเครื่องยนต์ห้องเผาไหม้ได้ดี จึงปิดกั้นการรั่วซึมของแก๊สต่างๆที่เกิดจากการเผาไหม้ได้

1.1.2 ส่วนประกอบของน้ำมันหล่อลื่น โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์น้ำมันหล่อลื่นประกอบด้วยสารที่สำคัญ 2 ส่วน คือ น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน (base oil) และสารเติมแต่ง(additive) น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานโดยลำพังจะทำหน้าที่หล่อลื่นเครื่องจักรเครื่องยนต์ได้ดีในระดับหนึ่ง แต่เพื่อให้มีสมบัติเพิ่มขึ้นในด้านต่าง ๆตามการใช้งานแต่ละประเภท จึงมีการเติมสารเติมแต่งต่าง ๆลงในน้ำมันหล่อลื่น สารเติมแต่งนี้นิยมใช้สารเคมีที่มีสภาพเป็นเบส เนื่องจากจะไม่ทำให้เกิดการกัดกร่อนกับโลหะของเครื่องจักรเครื่องยนต์แล้ว ยังช่วยทำลายสภาพความเป็นกรดของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์(sulphur dioxide)ที่เกิดจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงอีกด้วย สารเติมแต่งแต่ละตัวมีสมบัติเฉพาะด้าน แตกต่างกันไป ตามความต้องการใช้งานของเครื่องจักรเครื่องยนต์นั้น ปัจจุบันสารเติมแต่งที่นิยมใช้ในน้ำมันหล่อลื่นมีทั้งสารประกอบอนินทรีย์และสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งมีข้อจำกัดในปริมาณที่ใช้ผสมลงในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน หากใช้มากเกินไปจะทำให้มีปริมาณเถ้าจากออกไซด์ของโลหะมาก เนื่องจากในกรณีที่กระบอกสูบหลวมจะมีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่ที่ผนังกระบอกสูบมาก และหลุดเข้าไปเผาไหม้รวมกับเชื้อเพลิง ดังนั้นน้ำมันหล่อลื่นที่ผลิตในระยะหลังนี้จึงนิยมใช้สารเติมแต่งที่เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ไม่มีโลหะเข้าผสมด้วย ซึ่งมีข้อดีคือสามารถใช้สารเติมแต่งผสมได้หลายตัวและในปริมาณมากกว่า

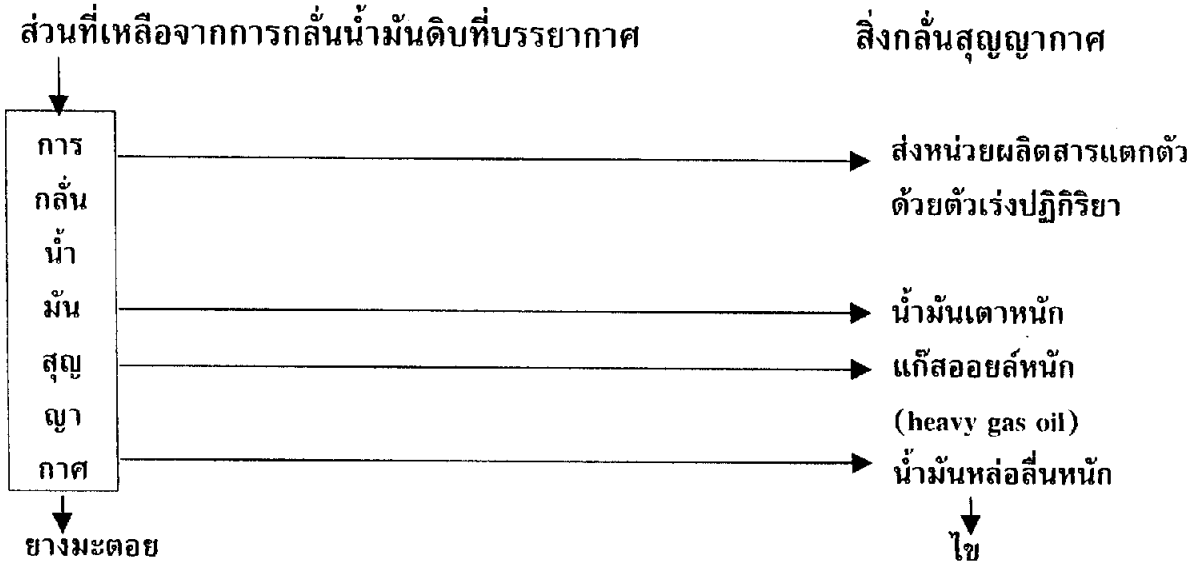
ในการตรวจสอบและควบคุมสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นที่นิยมใช้ วิธีหนึ่งคือการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบส(total base number) หรือที่เรียกค่าทีบีเอ็น(TBN) เนื่องจากค่าความเป็นเบสในน้ำมันหล่อลื่นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณสารเติมแต่งซึ่งมีสภาพเป็นเบสในน้ำมันหล่อลื่นนั้น พบว่าน้ำมันหล่อลื่นที่มีปริมาณสารเติมแต่งสูง จะมีค่าความเป็นเบสสูง ซึ่งแสดงถึงแนวโน้มว่าน้ำมันหล่อลื่นนั้นมีสมบัติในการใช้งานสูงขึ้นด้วย การวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสในน้ำมันหล่อลื่น ใช้วิธีตามมาตรฐานสากล ASTMเป็นเทคนิคการไทเทรตด้วยเครื่องโพเทนชิออมิเตอร์(potentiometer)โดยใช้สารละลายกรด ASTMได้พัฒนาวิธีวิเคราะห์ไว้หลายวิธี แต่ละวิธีแตกต่างกันตามชนิดของสารละลายกรดที่เข้าทำปฏิกิริยากับสารเติมแต่ง และแตกต่างกันที่ตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ละลายน้ำมันขณะไทเทรต

1.1.3 การผลิตน้ำมันหล่อลื่น น้ำมันปิโตรเลียมที่เริ่มแรกขุดขึ้นมาจากใต้ผิวโลก เราเรียกว่าน้ำมันดิบ ซึ่งจะถูกนำมากลั่นลำดับส่วนในหอกลั่นบรรยากาศ ดังแสดงในรูปที่ 1 การกลั่นในบรรยากาศเป็นการกลั่นแยกน้ำมันตามช่วงจุดเดือดต่าง ๆเพื่อผลิตเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆจากช่วงจุดเดือดต่ำไปยังช่วงจุดเดือดสูงได้แก่ น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา และได้น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานชนิดใสความหนืดต่ำ ซึ่งเป็นน้ำมันส่วนที่หนักที่สุดที่ยังสามารถกลั่นออกมาได้ในความกดดันบรรยากาศโดยไม่เกิดการแตกตัวของโมเลกุล น้ำมันส่วนที่เหลือในหม้อกลั่นไม่สามารถกลั่นออกมาได้ในความกดดันบรรยากาศ จะถูกนำมากลั่นใหม่ในหอกลั่นสุญญากาศ ดังแสดงในรูปที่ 2 การกลั่นในหอกลั่นสุญญากาศ เป็นการกลั่นที่มีการควบคุมความดันให้ต่ำกว่าบรรยากาศ น้ำมันหนักซึ่งมีจุดเดือดสูงที่ความดันบรรยากาศ จึงสามารถกลั่นออกมาได้ที่จุดเดือดต่ำลงโดยโมเลกุลไม่เกิดการแตกตัว ทำให้ได้น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานชนิดข้นความหนืดสูง หลังจากนั้นนำน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานไปผ่านกรรมวิธีขจัดสิ่งไม่พึงประสงค์ เช่นกากเหนียว กลิ่นเหม็น สารที่ทำให้เกิดการผุกร่อนฯลฯออก แล้วจึงผสมน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานชนิดข้นและใสด้วยสัดส่วนต่าง ๆจนได้น้ำมันหล่อลื่นที่มีความหนืดที่ต้องการ เป็นไปตามมาตรฐาน SAE (Society of Automotive Engineers) ที่แบ่งประเภทน้ำมันหล่อลื่นตามความหนืด ขั้นตอนสุดท้ายคือการเติมสารเคมีบางชนิดที่เรียกว่าสารเติมแต่งด้วยปริมาณที่เหมาะสม เพื่อให้ได้น้ำมันหล่อลื่นที่มีสมบัติเป็นไปมาตรฐานAPI(American Petroleum Institue) ที่แบ่งประเภทน้ำมันหล่อลื่นตามการใช้งาน

และตอบสนองต่อการใช้งานกับเครื่องยนต์แต่ละประเภทเพื่อใช้กับเครื่องยนต์เบนซิน เครื่องยนต์ดีเซล หรือใช้กับเครื่องจักรกลในอุตสาหกรรมการแบ่งประเภทน้ำมันหล่อลื่นแสดงในตารางที่1



รูปที่1 การกลั่นน้ำมันที่หอกลั่นบรรยากาศ



รูปที่2 การกลั่นน้ำมันที่หอกลั่นสุญญากาศ

มาตรฐาน	น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์เบนซิน	น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ดีเซล
API	SA,SB,SC,SD,SE,SF,SG,SH (ใช้งานเบา ⟶ ใช้งานหนัก)	CA,CB,CC,CD,CE (ใช้งานเบา ⟶ ใช้งานหนัก)
SAE	ความหนืดเดี่ยว ได้แก่10W,15W, 20W, 25W,20,30,40,50 ความหนืดรวม ได้แก่10W-30,10W-40, 20W-50 (ความหนืดต่ำ ⟶ ความหนืดสูง)	ความหนืดเดี่ยว ได้แก่10W,15W, 20W, 25W,20,30,40,50 ความหนืดรวม ได้แก่10W-30,10W-40, 20W-50 (ความหนืดต่ำ ⟶ ความหนืดสูง)

ตารางที่1 การแบ่งประเภทน้ำมันหล่อลื่นตามการใช้งาน

หมายเหตุ 1)น้ำมันหล่อลื่นชนิดความหนืดเดี่ยว(single grade)ได้แก่ น้ำมันหล่อลื่นที่มีคุณลักษณะได้ตามมาตรฐานSAE ชนิดเดียว เช่น น้ำมันหล่อลื่นชนิดหมายเลข 10W ซึ่งใช้ในแถบอากาศหนาว (W=winter)มาตรฐานSAEกำหนดให้มีค่าความหนืดที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ไม่เกิน 3500 เซนติปัวส์(centipoise) และค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ไม่น้อยกว่า 4.1 ตารางมิลลิเมตร

ต่อวินาที สำหรับน้ำมันหล่อลื่นชนิดหมายเลข 40 มาตรฐานSAEกำหนดให้มีค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ในช่วงไม่น้อยกว่า 12.5 แต่น้อยกว่า 16.3 ตารางมิลลิเมตรต่อวินาที

2)น้ำมันหล่อลื่นชนิดความหนืดรวมได้แก่น้ำมันหล่อลื่นที่เติมสารเติมแต่งให้มีคุณลักษณะครอบคลุมมาตรฐาน SAE 2 หมายเลข เช่น น้ำมันหล่อลื่นหมายเลข 10W-40 จะต้องมีค่าความหนืดที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ไม่เกิน 3500 เซนติปัวส์ และมีค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ในช่วงไม่น้อยกว่า 12.5 แต่น้อยกว่า 16.3 ตารางมิลลิเมตรต่อวินาที ทำให้สามารถใช้น้ำมันหล่อลื่นชนิดความหนืดรวมนี้ได้ในภูมิภาคที่มีอุณหภูมิแปรเปลี่ยนมากหรือใช้กับงานที่อุณหภูมิและความหนืดมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงกว้าง

3)รายละเอียดคุณลักษณะที่ต้องการและคุณลักษณะในการใช้งานของแต่ละชั้นคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันเครื่อง มอก.356-2529[1]

1.1.4 สารเติมแต่งในน้ำมันหล่อลื่น[6] ได้แก่สารเคมีที่เติมลงในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานด้วยสัดส่วนที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มหรือเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของน้ำมันหล่อลื่นให้ดีขึ้นตามความต้องการใช้งาน ทำให้ได้มันหล่อลื่นสำเร็จรูปมีสมบัติตามประเภทการแบ่งเกรดน้ำมันหล่อลื่นตามการใช้งานของมาตรฐาน API เนื่องจากอุตสาหกรรมด้านเครื่องจักรเครื่องยนต์ ได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็วทำให้ความต้องการใช้น้ำมันหล่อลื่นที่มีสมบัติเหมาะสมกับการใช้งานด้านต่าง ๆเพิ่มมากขึ้น จึงเร่งให้มีการพัฒนาใช้สารเติมแต่งชนิดต่าง ๆเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว สารเติมแต่งที่ใช้ในน้ำมันหล่อลื่น มีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มสมบัติทางด้านกายภาพเป็นส่วนใหญ่ เช่นสมบัติในการกระจายตะกอนสิ่งสกปรก การเพิ่มดัชนีความหนืด หรือเพื่อสมบัติทางด้านเคมี เช่นสารเติมแต่งเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารเติมแต่งเพื่อรับสภาพแรงกดสูง สารเติมแต่งบางตัวก็มีสมบัติทั้งทางด้านกายภาพและเคมี

การพัฒนาน้ำมันหล่อลื่นในปัจจุบันขึ้นอยู่กับความร่วมมือของหน่วยงานที่สำคัญคือ ผู้ผลิตเครื่องจักรเครื่องยนต์และผู้ผลิตน้ำมันหล่อลื่น ความร่วมมือดังกล่าวเกิดขึ้นเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่า ปัญหาของการหล่อลื่น ซึ่งเกิดจากการใช้งานหนักหรือมีความต้องการใช้งานเฉพาะทางเพิ่มขึ้น ปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงชนิดของโลหะที่ใช้ทำเครื่องจักรเครื่องยนต์ หรือจากปัจจัยอื่น ๆนั้น ผู้ผลิตน้ำมันหล่อลื่น

ได้หยิบยกและให้ความสำคัญของปัญหาเหล่านี้ในช่วงของการพัฒนาสูตรน้ำมันหล่อลื่น ก่อนที่จะผลิตน้ำมันหล่อลื่นประเภทนั้น ๆออกสู่ท้องตลาด ดังนั้นจึงได้มีการจัดทำวิธีการทดสอบเพื่อศึกษาสมบัติการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่นที่มีการเติมสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆ โดยจำเป็นต้องทดสอบกับเครื่องยนต์ทดสอบที่คล้ายกับเครื่องยนต์จริง ๆ ภายใต้สภาวะที่ควบคุมและใช้เวลาน้อยที่สุดเท่าที่จะทดสอบได้ผล การทดสอบกับเครื่องยนต์เช่นนี้เสียค่าใช้จ่ายสูงและใช้เวลาการทดสอบนาน แต่เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการพัฒนาสูตรน้ำมันหล่อลื่น เมื่อทดสอบกับเครื่องยนต์ทดสอบได้ผลดีแล้วในการผลิตให้ได้ตามสูตรที่พัฒนาจึงต้องควบคุมปริมาณสารเติมแต่งในน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งสามารถวิเคราะห์ทดสอบทางเคมีได้ในห้องปฏิบัติการ

สารเติมแต่งอาจแบ่งประเภทได้ตามชนิดของสารหล่อลื่นและสมบัติในการทำงาน สำหรับน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้กับรถยนต์ มีการพัฒนาสูตรของน้ำมันหล่อลื่นโดยการใช้สารเติมแต่งมากว่า30ปีแล้ว เพื่อตอบสนองต่อการทำงานของเครื่องยนต์เบนซิน และเครื่องยนต์ดีเซล โดยเน้นในสมบัติเฉพาะด้านบางประการ เช่นป้องกันการเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่นที่มีการใช้งานที่อุณหภูมิสูง ป้องกันการแข็งตัวของน้ำมันหล่อลื่นเมื่อใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ เพิ่มการหล่อลื่นเพื่อป้องกันการเสียดสีของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ดังนั้นการที่จะให้ได้น้ำมันหล่อลื่นที่มีสมบัติตามการใช้งานเฉพาะด้าน จึงขึ้นกับการเลือกชนิดของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน และการเลือกใช้สารเติมแต่งชนิดต่าง ๆและในปริมาณที่เหมาะสม ประเภทของสารเติมแต่งที่ใช้ในน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ได้แก่

1.1.4.1 สารเติมแต่งเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน น้ำมันปิโตรเลียมสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนที่อุณหภูมิสูง สำหรับน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดได้ภายในอ่างน้ำมันหล่อลื่นซึ่งมีออกซิเจนจากอากาศอยู่ด้วย น้ำมันหล่อลื่นต้องอยู่ในภาวะซึ่งมีอุณหภูมิสูงประมาณ 120 องศาเซลเซียส รวมเวลาหลายร้อยชั่วโมง หรือนับเป็นระยะทางหลายพันกิโลเมตร นอกจากนั้นน้ำมันหล่อลื่นยังสัมผัสกับโลหะบางชนิด ที่เป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่นทองแดง ตะกั่ว และเหล็ก สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีโครงสร้างเป็นอะโรมาติก(aromatic)ในน้ำมันหล่อลื่น จะเปลี่ยนเป็นยางเหนียวที่ละลายได้ในน้ำมันและมีน้ำหนักโมเลกุลสูง

ขึ้น ทำให้น้ำมันหล่อลื่นยิ่งใช้งานนานยิ่งสกปรกและมีความหนืดมากขึ้น นอกจากนั้นยังมีกรดอินทรีย์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน จะกัดกร่อนโลหะบางชนิดที่ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องยนต์นั้นปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันหล่อลื่นสามารถป้องกันได้โดยการเติมสารเติมแต่งบางประเภท โดยสารเติมแต่งเหล่านี้จะไปทำลายสารอินทรีย์เพอร์ออกไซด์ (organic peroxide) ซึ่งเกิดในขั้นตอนเริ่มต้นก่อนนำไปสู่ปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้สามารถระงับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และสารเติมแต่งนี้ยังช่วยลดอัตราการเร่งของปฏิกริยาออกซิเดชันเนื่องจากโลหะด้วยสารประกอบเคมีที่ใช้เป็นสารเติมแต่งป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมีหลายชนิด ที่เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น

1)สารประกอบกำมะถันของสารอินทรีย์ที่ละลายได้ดีในน้ำมันที่นิยมใช้คือสารประกอบกำมะถันของเอสเทอร์ของกรดไขมัน(fatty ester) สารประกอบกำมะถันของน้ำมันสน สารประกอบกำมะถันของฟีนอล(phenol) เป็นต้น

2)สารประกอบฟอสฟอรัสของสารอินทรีย์ สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีเช่นกัน เช่น ไตรฟีนิวฟอสไฟต์(triphenyl phosphite) เกลือของสารอินทรีย์ที่มีทั้งกำมะถันและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ ที่นิยมใช้มากได้แก่ เกลือไดไทโอฟอสเฟต(dithiophosphate) ของโลหะบางชนิด เช่น ไดไทโอฟอสเฟตของสังกะสี สารประกอบเกลือของโลหะตีบุกและนิเกิล ก็นิยมใช้เช่นกัน สารประกอบเอมีน (amine)และฟีนอล สารประกอบเอมีนที่ละลายได้ดีในน้ำมันเช่น ฟีนิลอัลฟาแนบทิวเอมีน(phenylalphanaphthylamine) บิวทิวเมททิวฟีนอล(butylmethylphenol) และเกลือโลหะของสารประกอบฟีโนลิก(phenolic) เช่น เกลือแคลเซียมของฟีนอลฟอมอลดีไฮด์(phenolformaldehyde)

3)สารเติมแต่งเพื่อป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันต้องเลือกใช้ชนิดใด ความเข้มข้นเท่าใด ขึ้นอยู่กับการใช้งานและประเภทของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ โดยน้ำมันหล่อลื่นที่เติมสารเติมแต่งแล้วจะต้องมีสมบัติตอบสนองต่อการใช้งาน

1.1.4.2 สารเติมแต่งเพื่อทำความสะอาดและกระจายตะกอนสกปรก สารเติมแต่งประเภทนี้นิยมใช้ในน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์สมัยใหม่เพื่อทำความสะอาด และกระจายตะกอนสกปรกได้แก่ เขม่าคาร์บอน น้ำ ตะกอนสารอินทรีย์ และสิ่งสกปรกจากการเผาไหม้เครื่องยนต์ รวมตัวกันเป็น

ตะกอน ให้ละลายหรือแขวนลอยอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นโดยไม่รวมตัวเป็นก้อนอุดตันที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของเครื่องยนต์ สารเติมแต่งเหล่านี้นิยมใช้ทั้งชนิดที่เป็นสารประกอบโลหะ ได้แก่ สารประกอบที่ปลายด้านหนึ่งของโมเลกุลเป็นชนิดมีขั้ว(polar)และปลายอีกด้านหนึ่งเป็นชนิดไม่มีขั้ว(nonpolar)ได้แก่สารประกอบสบู่ที่ละลายได้ดีในน้ำมันเช่น เกลืออลูมิเนียม เกลือแคลเซียม หรือเกลือแบเรียมของกรดซัลโฟนิค(sulphonic acid) ที่นิยมใช้มากได้แก่เกลือโลหะของปิโตรเลียมซัลโฟเนต(petroleum sulphonate) ปัจจุบันมีการพัฒนาสารเติมแต่งประเภทที่เรียกว่าปราศจากเถ้าได้แก่ สารพอลิเมอร์(polymer) ที่ปลายหนึ่งเป็นชนิดไม่มีขั้ว ได้แก่ส่วนของไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง และปลายอีกด้านหนึ่งเป็นชนิดมีขั้ว ได้แก่ ส่วนที่เป็นธาตุ ไนโตรเจน ออกซิเจน ฟอสฟอรัส เช่น สารอะคิเลต(acrylate)ของสารอินทรีย์และสารเอมีนอะคิเลต สารเติมแต่งชนิดปราศจากเถ้ามีประสิทธิภาพดีกว่าชนิดสารประกอบโลหะในการจัดการกับสิ่งสกปรกที่จับตัวกันเป็นตะกอน และเคลือบผิวเครื่องยนต์ สารเติมแต่งนี้จะเกาะติดแน่นอยู่ที่ผิวของตะกอนสกปรก และป้องกันไม่ให้ตะกอนเหล่านี้รวมตัวกันมีขนาดใหญ่ขึ้น นอกจากนั้นสารเติมแต่งที่เป็นพอลิเมอร์จะเพิ่มสมบัติดัชนีความหนืดด้วย

1.1.4.3 สารเติมแต่งเพื่อเพิ่มค่าดัชนีความหนืด ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องควบคุมให้เหมาะสมกับเครื่องยนต์แต่ละประเภท เครื่องยนต์เมื่อทำงานที่อุณหภูมิต่ำขณะเริ่มติดเครื่องและเมื่อขับเคลื่อนไปแล้วจะทำให้ความหนืดของน้ำมันเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิของเครื่องยนต์ บริษัทผู้ผลิตเครื่องยนต์กำหนดช่วงเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำมันสำหรับน้ำมันแต่ละประเภท ผู้ผลิตน้ำมันหล่อลื่นจึงจำเป็นต้องเติมสารเติมแต่งเพิ่มค่าดัชนีความหนืดเพื่อให้น้ำมันหล่อลื่นมีความหนืดเหมาะสมกับเครื่องยนต์ตลอดการใช้งาน จากปี1930พบว่าสารประกอบพอลิเมอร์มีสมบัติในการเพิ่มดัชนีค่าความหนืด ซึ่งขึ้นกับน้ำหนักโมเลกุลของสารพอลิเมอร์ ที่นิยมใช้กันมากได้แก่ สารพอลิเมอร์ของโพลีเมททาคริเลต(polymethacrylate) โพลีไอโซบิวทีเลต(polyisobutylate) ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่าง10000และ20000 สารพอลิเมอร์ซึ่งมีไนโตรเจนอยู่ด้วย สามารถทำหน้าที่เป็นสารเติมแต่งเพิ่มดัชนีค่าความหนืด และเป็นสารเติมแต่งกระจายตะกอนได้ดีด้วย

1.1.4.4 สารเติมแต่งเพื่อลดค่าจุดไหลเท เมื่ออุณหภูมิขณะใช้งานลดต่ำลงเรื่อย ๆน้ำมันหล่อลื่นจะหนืดมากขึ้นจนในที่สุดจะไม่สามารถไหลได้ เนื่องจากไขปิโตรเลียมที่ละลายอยู่ในน้ำมันจะแยกตัวออกเป็นผลึกทำให้น้ำมันมีลักษณะเป็นเจล ข้นหนืดจับตัวเป็นก้อน อุณหภูมิแรกที่น้ำมันไม่สามารถไหลได้นี้เรียกว่าจุดไหลเท สารเติมแต่งเพื่อลดค่าจุดไหลเทจะทำหน้าที่จับตัวเป็นฟิล์มเกาะแต่ละผลึกของไขปิโตรเลียม ทำให้ผลึกของไขปิโตรเลียมไม่สามารถรวมตัวกันเป็นเจลก้อนใหญ่ได้ สารเติมแต่งเพื่อลดค่าจุดไหลเทที่นิยมใช้ได้แก่ สารพอลิเมอร์ เช่น โพลีอัลคิลแนฟทาลีน(polyalkyl naphthalene) โพลีอัลคิลฟีนอลเอสเทอร์(polyalkylphenol ester) โพลีอัลคิลเมททาคริเลต (polyalkylmethacrylates) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลระหว่าง 2,000-100,000 โดยใช้ในปริมาณ 0.01-0.3% ขึ้นกับชนิดของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานว่ามีปริมาณไขปิโตรเลียมมากน้อยเท่าใด

1.1.4.5 สารเติมแต่งเพื่อรับแรงกดสูง ในการทำงานของเครื่องจักรเครื่องยนต์บางชนิด เช่น การทำงานของเกียร์ที่ต้องรับแรงกดสูง จุดสัมผัสของโลหะระหว่างฟันเกียร์ อาจเสียหายได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้สารเติมแต่งเพื่อรับแรงกดสูง ซึ่งจะไปเคลือบเป็นแผ่นฟิล์มของแข็ง เช่นสารประกอบ ฟอสไฟด์(phosphide) ซัลไฟด์(sulphide) หรือ คลอไรด์(chloride) แผ่นฟิล์มนี้จะลดแรงเสียดทานระหว่างพื้นผิวสัมผัสของฟันเกียร์ได้ หากไม่มีสารเติมแต่งช่วยฟันเกียร์อาจหลอมและติดกัน สารเติมแต่งประเภทนี้ได้แก่ สารประกอบของน้ำมันปลา กรดไขมัน และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีคลอรีน เช่น คลอริเนตเต็ดพาราฟฟินแว็กซ์(chorinated paraffin wax)หรือ คลอริเนตเต็ดเคโรซีน (chlorinated kerosine)ในปริมาณ1-3%ปัจจุบันนิยมใช้เกลือเอมีนหรือสารประกอบซัลเฟอร์ของเอมีน

1.1.4.6 สารเติมแต่งเพื่อป้องกันการกัดกร่อน สารเติมแต่งเพื่อป้องกันการกัดกร่อนอาจแบ่งเป็นสองประเภทคือ ประเภทชั่วคราวและประเภทระยะเวลานานซึ่งทำหน้าที่เคลือบเป็นแผ่นฟิล์มอย่างบางหรือหนาบนโลหะ ชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ที่นิยมใช้ได้แก่ สารประกอบเกลือซัลโฟเนตของโลหะแบเรียมแคลเซียม โซเดียม สบู่จากโลหะและกรดไขมัน ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 500 ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารเติมแต่งละลายทำความสะอาดตะกอนได้ด้วย สารเหล่านี้จะไปเกาะติดเป็นแผ่นฟิล์มโมเลกุลเดี่ยว นอกจากนั้นยังรวมตัวกับน้ำเป็นอิมัลชัน แยกออกจากผิวของโลหะป้องกันการเกิดสนิม

การใช้งานบางประเภทต้องการน้ำมันหล่อลื่นที่ปราศจากเถ้า ในกรณีนี้สารเติมแต่งเพื่อป้องกันการกัดกร่อนจะใช้เกลือแอมโมเนียมของกรดซัลโฟนิก หรือ ใช้เกลือเอมีน ในการใช้งานน้ำมันหล่อลื่นที่ต้องการไม่ให้เกิดสนิมเป็นเวลานานกว่า12เดือน เกลือโซเดียมซัลโฟเนตที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงใช้ร่วมกับเอสเทอร์ของกรดไขมัน เอสเทอร์ของกรดฟอสฟอริก หรือเกลือเอมีน แผ่นฟิล์มที่เกิดจากสารเติมแต่งเพื่อป้องกันการกัดกร่อนนี้จะต้องไม่มีผลกระทบกับสารเติมแต่งเพื่อรับแรงกดสูง ตัวอย่างโครงสร้างโมเลกุลของสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆแสดงในรูปที่3

1.1.5 การทดสอบสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น

การทดสอบสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการควบคุมคุณภาพและพัฒนาผลิตภัณฑ์ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยตรง ด้วยการทดสอบการใช้งานกับเครื่องยนต์จริง (engine test)และวัดสมรรถนะในการทำงาน(performance)ของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันหล่อลื่นที่มีสารเติมแต่งแต่งนั้น แต่วิธีนี้ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงมากและใช้เวลานาน จึงไม่นิยมใช้ในการตรวจสอบประจำเพื่อควบคุมคุณภาพ น้ำมันหล่อลื่น แต่ยังเป็นการทดสอบที่จำเป็นสำหรับการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการตรวจสอบคุณภาพของน้ำมันหล่อลื่นเพื่อการควบคุมคุณภาพประจำของฝ่ายผลิต เพื่อการซื้อขาย หรือเพื่อการควบคุมคุณภาพของรัฐและของหน่วยรับรอง จึงใช้การทดสอบทางเคมีแทน สมบัติทางเคมีที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของน้ำมันหล่อลื่น ได้แก่

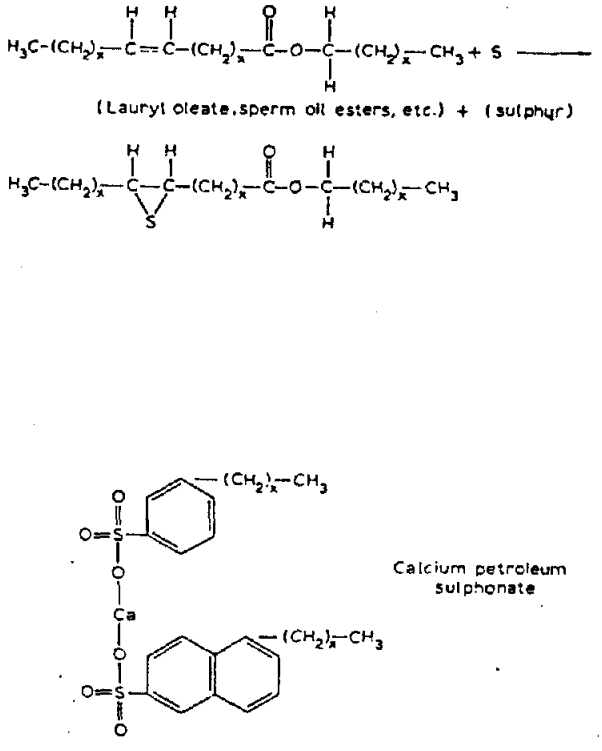
1.1.5.1 ความถ่วงจำเพาะ เป็นค่าเฉพาะของน้ำมันปิโตรเลียมในช่วงที่กลั่นแยกนำมาผลิตเป็นน้ำมันหล่อลื่น ขึ้นกับชนิดและน้ำหนักโมเลกุลของสารไฮโดรคาร์บอนองค์ประกอบ

1.1.5.2 ความหนืด แสดงถึงความข้นใสของน้ำมัน ซึ่งมีผลต่อการไหลและความหนาบางในการเคลือบเป็นแผ่นฟิล์มที่ผิวสัมผัสของโลหะที่เคลื่อนที่เสียดสีกัน

1.1.5.3 ดัชนีความหนืด แสดงถึงความต้านทานได้มากหรือน้อยต่อการเปลี่ยนแปลงของความหนืดที่มีผลจากภาวะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

1.1.5.4 จุดไหลเท เป็นค่าที่แสดงถึงอุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันหล่อลื่นยังไหลได้ ขึ้นกับปริมาณของไขพาราฟฟินในน้ำมันหล่อลื่นที่จับตัวแข็งเมื่ออุณหภูมิต่ำลง

1.1.5.5 จุดวาบไฟ เป็นอุณหภูมิแรกของน้ำมันหล่อลื่นเมื่อน้ำมันหล่อลื่นนั้นถูกทำให้ร้อนขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งไอของน้ำมันสามารถติดไฟได้เมื่อมีเปลวไฟมากระทบ จุดวาบไฟใช้เป็นข้อควรระวังในการใช้งาน จัดเก็บ และขนย้ายน้ำมัน



รูปที่3 ตัวอย่างโครงสร้างโมเลกุลของสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆ

1.1.5.6 ปริมาณน้ำ เป็นการตรวจสอบว่ามีน้ำปนอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นหรือไม่เป็นปริมาณเท่าใด การที่มีน้ำในน้ำมันจะทำให้สมบัติการใช้งานของน้ำมันด้อยลงไป

1.1.5.7 การกัดกร่อนต่อแผ่นทองแดง เป็นการตรวจสอบเพื่อพิจารณาว่าน้ำมันหล่อลื่นทำให้เกิดการกัดกร่อนต่อโลหะหรือไม่โดยทดสอบกับแผ่นทองแดง

1.1.5.8 ค่าความเป็นเบส แสดงถึงปริมาณสารที่มีสภาพความเป็นเบสซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณสารเติมแต่งในน้ำมันหล่อลื่นนั้น น้ำมันหล่อลื่นที่มีสารเติมแต่งอยู่มากจะให้ค่าความเป็นเบสสูง และน้ำมันหล่อลื่นที่มีสารเติมแต่งอยู่น้อยจะให้ค่าความเป็นเบสต่ำ สารเติมแต่งเป็นสารเคมีที่เติมลงในน้ำมันหล่อลื่นเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงาน ดังนั้นค่าความเป็นเบสจึงสามารถเป็นตัวชี้ทางอ้อมถึงความสามารถในการทำงานของน้ำมันหล่อลื่น และใช้เป็นค่าควบคุมคุณภาพของน้ำมันหล่อลื่นแทนการวิเคราะห์หาปริมาณสารเติมแต่งจริงแต่ละตัวที่เติมลงในน้ำมันหล่อลื่นนั้น หรือทดสอบการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่นกับเครื่องยนต์จริงซึ่งเป็นวิธีที่ยุ่งยากใช้เวลานานและค่าใช้จ่ายสูง

1.1.6 การพัฒนาวิธีวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสในน้ำมันหล่อลื่น

1.1.6.1 วิธี ASTM D664-81[3]การวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสในน้ำมันหล่อลื่นถูกนำมาใช้ในการควบคุมคุณภาพของน้ำมันควบคู่ไปกับการพัฒนาสูตรของน้ำมันหล่อลื่นตลอดมา โดยในช่วงแรกปี พ.ศ.2507 หน่วยงานทางด้านปิโตรเลียม Institute of Petroleum(IP)และ American Society for Testing and Materials (ASTM)ได้ร่วมกันออกวิธีมาตรฐาน ASTM D664-64 Neutralization Number By Potentiometric Titration ซึ่งเป็นวิธีวิเคราะห์สำหรับการหาค่าความเป็นเบสและค่าความเป็นกรดในผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม มีการปรับปรุงในรายละเอียดของวิธีมาตรฐานเรื่อยมาจนถึง ASTMD664-81เป็นฉบับสุดท้ายของ ASTM D664 ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบส การวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตามวิธี ASTM D664-81 ใช้หลักการไทเทรตด้วยเครื่องโพเทนชิออมิเตอร์ โดยมีสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ทำปฏิกิริยากับสารเติมแต่งซึ่งมีสภาพเป็นเบสและใช้ตัวทำละลายผสมของโทลูอีน(toluene)กับไอโซโพรพิวแอลกอฮอล์(isopropyl alcohol)เพื่อละลายตัวอย่างน้ำมันให้ใสขึ้นง่ายต่อการทำปฏิกิริยา

1.1.6.2 วิธี ASTMD 2896-96[4]หลังจากASTM D 664-64 ได้ใช้กันอย่างแพร่หลาย

ในเวลาต่อมาผู้ผลิตน้ำมันหล่อลื่นได้ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ให้ตอบสนองต่อความต้องการใช้งานมากขึ้นของเครื่องจักรเครื่องยนต์ที่มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว โดยมีการค้นคว้านำสารเติมแต่งชนิดใหม่ ๆมาใช้ผสมในน้ำมันหล่อลื่น ในปีพ.ศ.2513 ASTMได้ออกวิธีมาตรฐาน ASTM D 2896-70T Base Number of Petroleum products by Potentiometric Perchloric Acid Titration และมีการปรับปรุงวิธีมาตรฐานนี้เรื่อยมาจนถึง ASTM D 2896-96 ที่ใช้ในการศึกษาโครงการวิจัยนี้ วิธี ASTM D 2896-96 เป็นการวิเคราะห์สำหรับหาค่าความเป็นเบสในผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม โดยใช้หลักการไทเทรตด้วยความต่างศักย์ไฟฟ้าเช่นเดียวกับวิธีASTM D664-81แต่ใช้ตัวทำปฏิกิริยาคือกรดเพอร์คลอริก(perchloric acid $HClO_4$) และใช้ตัวทำละลายตัวอย่างน้ำมันเป็นสารผสมของกรดแอซีติกกับคลอโรฟอร์ม(chloroform) ถึงแม้จะมี ASTM D 2896 ออกใหม่ให้ใช้ในการหาค่าความเป็นเบสของน้ำมัน อย่างไรก็ตาม ASTM D664-81 ยังคงมีผู้นิยมใช้ในการวิเคราะห์และใช้อ้างอิงในการหาค่าความเป็นเบสเรื่อยมา เนื่องจากกรดแอซีติก กับ คลอโรฟอร์มที่ใช้ตามวิธี ASTM D 2896 มีกลิ่นฉุนมากไม่สะดวกในการปฏิบัติงาน

1.1.6.3 วิธี ASTM D 4739-96[5] ต่อมาในปีพ.ศ.2530 ASTM ได้ปรับปรุงวิธีวิเคราะห์ ASTM D664-81 โดยแยกวิธีวิเคราะห์สำหรับการหาค่าความเป็นเบสและค่าความเป็นกรดออกจากกัน เป็น ASTM D 664-87 Acid Number of Petroleum Products by Potentiometric Titration เป็นวิธีวิเคราะห์สำหรับการหาค่าความเป็นกรดในผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม และเพิ่มวิธีวิเคราะห์ ASTM D4739-87 Base Number Determination by Potentiometric Titration ซึ่งมีการปรับปรุงวิธีมาตรฐานนี้เรื่อยมาจนถึง ASTM D 4739-96 ที่ใช้ในการศึกษาโครงการวิจัยนี้ วิธีวิเคราะห์ ASTM D 4739-96 เป็นการวิเคราะห์สำหรับหาค่าความเป็นเบสในผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม โดยใช้หลักการไทเทรตด้วยความต่างศักย์ไฟฟ้าเช่นเดียวกับวิธี ASTM D664-81 และใช้ตัวทำปฏิกิริยาคือกรดไฮโดรคลอริก เช่นเดียวกัน แต่ใช้ตัวทำละลายตัวอย่างน้ำมันเป็นสารผสมของโทลูอีน ไอโซโพรพิวแอลกอฮอล์และคลอโรฟอร์ม

1.1.6.2 ปัจจุบันการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสในน้ำมันหล่อลื่นยังคงพบความต้องการวิเคราะห์ด้วยวิธีทั้ง3 คือ ASTM D664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96

ทำให้การพิจารณาหรือการกำหนดสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นในค่าความเป็นเบส ต้องกำหนดค่าและระบุวิธีทดสอบให้แน่นอนและเหมาะสมกับชนิดของน้ำมันและสารเติมแต่งที่ใช้ เพื่อให้ได้น้ำมันหล่อลื่นที่มีสมบัติเหมาะสมกับเครื่องจักรเครื่องยนต์นั้น ๆตามที่ผู้ผลิตน้ำมันหล่อลื่นได้ศึกษาไว้ การวิจัยนี้ได้ศึกษาเปรียบเทียบการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสในน้ำมันหล่อลื่นด้วยวิธี ASTM D664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96 โดยศึกษาความสัมพันธ์ของผลการวิเคราะห์ ศึกษาความเที่ยง(precision)ของวิธีทั้งสาม นอกจากนั้นยังศึกษาการเลือกวิธีวิเคราะห์ที่ให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความเที่ยงและเหมาะสมกับน้ำมันหล่อลื่นและสารเติมแต่งประเภทต่าง ๆ

1.2 ปัญหาและที่มาของการวิเคราะห์

ในปัจจุบันมีการพัฒนาการผลิตน้ำมันหล่อลื่นให้มีคุณภาพดีขึ้น สามารถรองรับความต้องการใช้งานในด้านต่าง ๆของเครื่องจักรเครื่องยนต์ได้มากขึ้น น้ำมันหล่อลื่นประกอบด้วยสารที่สำคัญ 2 ส่วน คือ น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานและสารเติมแต่ง น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานโดยลำพังจะทำหน้าที่หล่อลื่นเครื่องจักรเครื่องยนต์ได้ดีในระดับหนึ่ง แต่เพื่อให้มีสมบัติเพิ่มขึ้นในด้านต่าง ๆตามการใช้งานแต่ละประเภทจึงมีการเติมสารเติมแต่งต่าง ๆลงในน้ำมันหล่อลื่น สารเติมแต่งนี้นิยมใช้สารเคมีที่มีสภาพเป็นเบสเพื่อป้องกันการกัดกร่อนโลหะของเครื่องจักรเครื่องยนต์ และช่วยทำลายสภาพความเป็นกรดจากแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง นอกจากนั้นสารเติมแต่งแต่ละตัวยังมีสมบัติเฉพาะด้านแตกต่างกันไป ตามความต้องการใช้งานของเครื่องจักรเครื่องยนต์นั้น เดิมสารเติมแต่งที่นิยมใช้ได้แก่สารประกอบโลหะของสารจำพวก คาร์โบเนต(carbonate) ซัลโฟเนต เอมีน ฟีเนต เป็นต้น แต่สารเติมแต่งที่เป็นสารประกอบของโลหะ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม แบเรียม มีข้อจำกัดในปริมาณที่ใช้ผสมลงในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน หากใช้มากเกินไปจะทำให้มีปริมาณเถ้ามาก ดังนั้นน้ำมันหล่อลื่นที่ผลิตในระยะหลังนี้จึงนิยมใช้สารเติมแต่งที่เป็นสารประกอบอินทรีย์เข้าผสมด้วย ซึ่งมีข้อดีคือสามารถใช้สารเติมแต่งผสมได้หลายตัวและในปริมาณมากกว่า ค่าความเป็นเบสในน้ำมันหล่อลื่นเป็นตัวชี้ถึงความสัมพันธ์ของปริมาณสารเติมแต่งที่มีอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นนั้น น้ำมันหล่อลื่นที่มีค่าความเป็นเบสสูงแสดงถึงแนวโน้มว่ามีปริมาณสารเติมแต่งสูงนั่นคือมีแนวโน้มว่ามีสมบัติในการใช้งานดีด้วย

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

การวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสในน้ำมันหล่อลื่น ใช้วิธีตามมาตรฐาน ASTM โดยใช้เทคนิคการไทเทรตด้วยความต่างศักย์ไฟฟ้า ASTMได้พัฒนาวิธีวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสไว้ 3 วิธีได้แก่ ASTMD664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96 ซึ่งแตกต่างกันตามชนิดของสารละลายกรด ที่ใช้ทำปฏิกิริยา และตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ละลายน้ำมันขณะไทเทรต ดังนั้นในการพิจารณาหรือกำหนดสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นในรายการค่าความเป็นเบส ต้องกำหนดค่าและระบุวิธีทดสอบให้แน่นอนและเหมาะสมกับชนิดของน้ำมันและสารเติมแต่งที่ใช้ เพื่อให้ได้น้ำมันหล่อลื่นที่มีสมบัติเหมาะสมกับเครื่องจักรเครื่องยนต์นั้น ๆ การศึกษาการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสในน้ำมันหล่อลื่นด้วยวิธีที่แตกต่างกันจะเป็นประโยชน์ทำให้ได้ความสัมพันธ์ของการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสในน้ำมันหล่อลื่นที่ประกอบด้วยสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆในวิธีที่แตกต่างกัน และสามารถเลือกกำหนดวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมและให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความเที่ยงกับน้ำมันหล่อลื่นและสารเติมแต่ง ไม่เกิดการสูญเสียและเพิ่มค่าใช้จ่ายของผู้ผลิตและผู้บริโภค จากการเติมสารเติมแต่งลงในน้ำมันหล่อลื่นมากเกินความต้องการหรือน้อยกว่าที่จำเป็นใช้งาน เนื่องด้วยวิธีวิเคราะห์ที่ไม่เหมาะสมและไม่เหมือนกัน รวมทั้งทำให้มีมาตรฐานและความเป็นธรรมไม่เกิดข้อถกเถียง ในการการควบคุมคุณภาพของฝ่ายผลิต ในการซื้อขาย และในการควบคุมคุณภาพของรัฐและของหน่วยรับรอง

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสในน้ำมันหล่อลื่นด้วยวิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96

1.3.2 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความเที่ยงของการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบส ตามมาตรฐาน ASTM D664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96

1.3.3เพื่อศึกษาความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ASTM D2896-96ในส่วนของสภาพเชิงเส้น(linearity)

1.3.4 เพื่อศึกษาความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ASTM D 2896-96 ในส่วนของความแม่น(accuracy)

1.3.5 เพื่อศึกษาแนวทางในการเลือกวิธีการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสให้เหมาะสมกับน้ำมันหล่อลื่นที่มีสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆ

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 ได้ความสัมพันธ์ของการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสในน้ำมันหล่อลื่น โดยวิธีวิเคราะห์มาตรฐาน ASTM D664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96

1.4.2 ได้ทราบถึงความเที่ยงของการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสของน้ำมันหล่อลื่น ตามวิธีวิเคราะห์มาตรฐาน ASTM D664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96

1.4.3 ได้ผลการศึกษาความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตามวิธีวิเคราะห์มาตรฐาน ASTM D 2896-96ในส่วนของสภาพเชิงเส้น

1.4.4 ได้ผลการศึกษาความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตามวิธีวิเคราะห์มาตรฐาน ASTM D 2896-96ในส่วนของความแม่น

1.4.5 ได้แนวทางสำหรับเลือกวิธีวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสของน้ำมันหล่อลื่นที่มีสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆให้เหมาะสม

1.4.6 ได้วิธีวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสของน้ำมันหล่อลื่นที่เหมาะสมในการควบคุมคุณภาพของฝ่ายผลิต หน่วยรับรองผลิตภัณฑ์ และหน่วยงานของรัฐ รวมทั้งก่อให้เกิดความเป็นธรรมในการซื้อขาย

1.4.7 ป้องกันไม่เกิดการสูญเปล่าและเพิ่มค่าใช้จ่ายของผู้ผลิตและผู้บริโภค จากการเติมสารเติมแต่งลงในน้ำมันหล่อลื่นมากเกินความต้องการเนื่องด้วยวิธีวิเคราะห์ที่ไม่เหมาะสม

1.4.8 ได้ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสของน้ำมันหล่อลื่นที่มีความแม่นสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่น

1.4.9 ใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนในการพิจารณาเกณฑ์กำหนดคุณลักษณะเฉพาะและวิธีวิเคราะห์ของค่าความเป็นเบสของน้ำมันหล่อลื่น สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพ และการซื้อขายน้ำมันหล่อลื่น

1.5 ระยะเวลาดำเนินการ

4เดือน(มีนาคม-มิถุนายน2542)

1.6 แผนการดำเนินงาน

แสดงในตารางที่ 2

กิจกรรม	มีนาคม 2542	เมษายน 2542	พฤษภาคม 2542	มิถุนายน 2542
1)ศึกษาวิธีวิเคราะห์ตาม ASTM D664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96	↔			
2)จัดหาสารเคมี สารละลายอินทรีย์ น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน สารเติมแต่ง	↔			
3)ติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์ และโปรแกรมการทำงานของเครื่อง Automatic Titration สำหรับการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96	↔	↔		
4)จัดเตรียมตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ประกอบด้วยสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆในปริมาณที่แตกต่างกัน		↔		
5)ศึกษาความสัมพันธ์ของการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสในน้ำมันหล่อลื่นด้วยวิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96			↔	
6)เปรียบเทียบความเที่ยงของการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบส ตามมาตรฐาน ASTM D664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96			↔	
7)ศึกษาความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตามวิธีวิเคราะห์มาตรฐานASTM D 2896-96 ในส่วนของสภาพเชิงเส้นและความแม่น			↔	
8) ศึกษาแนวทางในการเลือกวิธีการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบส ให้เหมาะสมกับน้ำมันหล่อลื่นที่มีสารเติมแต่งชนิดต่างๆ				↔
9) ประเมินผลและทำรายงาน				↔

ตารางที่ 2 แผนการดำเนินงาน

บทที่2 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการ

2.1 ขั้นตอนการดำเนินการ

2.1.1 ศึกษาค้นคว้าจากเอกสารทางวิชาการ รวบรวมข้อมูลต่าง ๆใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาเลือกวิธีวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสของน้ำมันหล่อลื่นที่เหมาะสมในการศึกษาวิจัย

2.1.2 จัดเตรียม วัสดุ สารเคมี เครื่องมือ อุปกรณ์ และโปรแกรมการทำงานสำหรับการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสของน้ำมันหล่อลื่นให้เป็นไปตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96

2.1.3 จัดเตรียมตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่มีสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆ และในปริมาณที่แตกต่างกัน ที่เหมาะสมกับการศึกษาวิจัย

2.1.4 ศึกษาความสัมพันธ์ของการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสในน้ำมันหล่อลื่นด้วยวิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96

2.1.5 ศึกษาและเปรียบเทียบความเที่ยงของการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบส ตามมาตรฐาน ASTM D664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96

2.1.6 ศึกษาความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตามวิธีวิเคราะห์มาตรฐาน ASTM D 2896-96 ในส่วนของสภาพเชิงเส้น

2.1.7 ศึกษาความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตามวิธีวิเคราะห์มาตรฐาน ASTM D 2896-96 ในส่วนของความแม่น

2.1.8 ศึกษาแนวทางในการเลือกวิธีการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบส ให้เหมาะสมกับน้ำมันหล่อลื่นที่มีสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆ สรุปผลและทำรายงาน

2.2 รายละเอียดตัวอย่าง

2.2.1 น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน

น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่นำมาใช้ผสมกับสารเติมแต่งเพื่อการศึกษานี้ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทปตท.จำกัด(มหาชน) เป็นน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานชนิดโซลเว้นต์นิวทรอล 500 (solvent neutral

500,500 SN) ซึ่งเป็นน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่มีค่าความหนืดและคุณลักษณะอื่น ๆเหมาะสมในการเตรียมเป็นน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ซึ่งมีความต้องการใช้และการผลิตสูงกว่าน้ำมันหล่อลื่นชนิดอื่น จึงเลือกใช้ในการศึกษานี้เพื่อให้ผลการศึกษาเป็นประโยชน์แก่ผู้ผลิตและผู้บริโภคน้ำมันหล่อลื่นส่วนใหญ่ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันพื้นฐานชนิดพาราฟฟินิก มอก.1900-2542[2]กำหนดคุณลักษณะที่ต้องการของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานชนิดโซลเว้นต์นิวทรอล 500ให้เหมาะสมกับการใช้งานตามตารางที่ 3

สมบัติ	น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน 500 SN
Kinematic viscosity at 100 °C, mm^2/sec	10.5-11.5
Kinematic viscosity at 40 °C, mm^2/sec	94.0-105
Viscosity index ไม่น้อยกว่า	95
Pour point,°C ไม่เกิน	-6
Flash point,°C ไม่ต่ำกว่า	237

ตารางที่ 3สมบัติน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน

2.2.2 สารเติมแต่ง

สารเติมแต่งที่นำมาใช้ในการศึกษานี้ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทปตท.จำกัด(มหาชน)รวม 4 ตัวอย่าง Lubrizol 4952 และ Lubrizol 4970 เป็นสารเติมแต่งสำเร็จรูปของบริษัทลูบริซอลเซ้าท์อีสต์เอเชีย(พีทีอี)จำกัด [Lubrizol Southeast Asia(PTE) Ltd.] Paranox5510 และ Paranox1272 เป็นสารเติมแต่งสำเร็จรูปของบริษัท พารามินส์ จำกัด(Paramins Ltd.) ทั้ง 2 บริษัทเป็นผู้ผลิตสารเติมแต่งที่มีชื่อเสียงในอุตสาหกรรมน้ำมันหล่อลื่น โดยเป็นสารเติมแต่งสำเร็จรูปทางการค้า ประกอบด้วยสารเติมแต่งที่เป็นสารเคมีหลายตัวรวมกันซึ่งเป็นสูตรเฉพาะจากผลการวิจัยของแต่ละบริษัท เมื่อผสมน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานกับสารเติมแต่งตามปริมาณที่กำหนดโดยผู้ผลิตสารเติมแต่งแล้ว จะได้น้ำมันหล่อลื่นสำหรับเครื่องยนต์เบนซินและ/หรือเครื่องยนต์ดีเซลที่มีคุณลักษณะในการใช้งานตามมาตรฐานAPI (ตามตารางที่1) เช่น ในการใช้ Lubrizol 4952 ผู้ผลิตสารเติมแต่งกำหนดให้ผสมกับน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่มีความหนืดที่ต้องการตามมาตรฐานSAE ในปริมาณร้อยละ 7.7 จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำมันหล่อลื่นมีคุณ

ลักษณะในการใช้งานกับเครื่องยนต์ครอบคลุมชั้นคุณภาพ API 4 ชั้นคุณภาพ ได้แก่ CD CF SF-2 และ SF การศึกษานี้เลือกสารเติมแต่งทั้ง 4 ตัวอย่าง เพื่อให้ได้ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นชนิดความหนืดเดี่ยวและความหนืดรวม ที่มีสารเติมแต่งครอบคลุมกับการใช้งานสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลเทอร์โบชาร์จหรือซูเปอร์ชาร์จ ความเร็วรอบสูง เครื่องยนต์เบนซินที่ใช้กับรถยนต์นั่งและรถบรรทุกที่มีคุณลักษณะในการใช้งานกับเครื่องยนต์ครอบคลุมชั้นคุณภาพ API (ตามตารางที่ 4) ซึ่งผู้ผลิตและผู้บริโภคน้ำมันหล่อลื่นใช้เป็นส่วนใหญ่ในปัจจุบัน สมบัติของสารเติมแต่งที่นำมาใช้ในการศึกษานี้เป็นไปตามตารางที่ 4

สารเติมแต่ง / สมบัติ	Lubrizol 4952	Lubrizol 4970	Paranox 5510	Paranox 1272
ความถ่วงจำเพาะที่ 60° ฟาเรนไฮต์	1.019	0.980	-	-
ความหนาแน่น at 15 °C, kg/L	-	-	0.965	1.005
Kinematic viscosity at 100 °C ,mm^2/sec	150	290	185	105
Calcium,%	3.17	2.03	1.52	-
Phosphorus,%	1.30	0.83	0.76	1.17
Sulphur,%	4.0	2.7	-	-
Zinc,%	1.44	0.91	0.84	1.29
Nitrogen,%	0.45	0.59	0.58	0.41
Magnesium,%	0.55	0.41	0.35	2.56
Boron,%	-	-	0.11	0.07
ปริมาณสารเติมแต่งที่เติม,ร้อยละ	7.7	12.2	13.0	8.5
ค่าความเป็นเบสโดยประมาณ, mgKOH/g	10	11	9	10
ราคาสารเติมแต่ง บาท/กิโลกรัม	71.37	-	-	-
ได้ผลิตภัณฑ์น้ำมันหล่อลื่นมีคุณลักษณะในการใช้งานตามชั้นคุณภาพ มาตรฐานAPI	CD,CF, CF-2, SF	CF,CF4, CF-2, CE,SG	SH,CD,	CD, SF, CF-2,
ได้น้ำมันหล่อลื่นความหนืดตามมาตรฐานSAE	ความหนืดเดี่ยว	ความหนืดรวม	ความหนืดรวม	ความหนืดเดี่ยว/รวม

ตารางที่ 4 สมบัติสารเติมแต่ง

2.2.3 ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการศึกษา

ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยน้ำมันหล่อลื่นที่จัดเตรียมขึ้น โดยผสมน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากข้อ2.2.1กับสารเติมแต่งจากข้อ2.2.2ในปริมาณสารเติมแต่งที่แตกต่างกัน ตามวิธีเตรียมตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่มีสารเติมแต่งข้อ2.3.3และ และน้ำมันหล่อลื่นจากการซื้อขาย ตัวอย่างทั้งหมดแสดงในตารางที่ 5

กลุ่มตัวอย่าง	หมายเลขตัวอย่าง	รายละเอียด/ส่วนผสมตัวอย่าง	วิธีเตรียม	เรื่องที่ศึกษา
น้ำมันหล่อลื่น	1	จัดเตรียมขึ้นมี Lubrizol 4952 = 7.7%	2.3.3.1	ค่าความเป็นเบส
น้ำมันหล่อลื่น	2	จัดเตรียมขึ้นมี Lubrizol 4970 =12.2%	2.3.3.1	ค่าความเป็นเบส
น้ำมันหล่อลื่น	3	จัดเตรียมขึ้นมี Paranox 5510 =13.0%	2.3.3.1	ค่าความเป็นเบส
น้ำมันหล่อลื่น	4	จัดเตรียมขึ้นมี Paranox 1272 = 8.5%	2.3.3.1	ค่าความเป็นเบส
น้ำมันหล่อลื่น	5	จากการซื้อขาย(1)*	-	ค่าความเป็นเบส
น้ำมันหล่อลื่น	6	จากการซื้อขาย(2)*	-	ค่าความเป็นเบส
น้ำมันหล่อลื่น	7	จากการซื้อขาย(3)*	-	ค่าความเป็นเบส
น้ำมันหล่อลื่น	8	จากการซื้อขาย(4)*	-	ค่าความเป็นเบส
น้ำมันหล่อลื่น	9	จัดเตรียมขึ้นมี Lubrizol 4970 = 6.1%	2.3.3.1	ค่าความเป็นเบส
น้ำมันหล่อลื่น	10	จัดเตรียมขึ้นมี Paranox 1272 = 4.2%	2.3.3.1	ค่าความเป็นเบส
น้ำมันหล่อลื่น	11	จัดเตรียมขึ้นมี Lubrizol 4952=7.700%	2.3.3.1	สภาพเชิงเส้น
น้ำมันหล่อลื่น	12	จัดเตรียมขึ้นมี Lubrizol 4952=5.775%	2.3.3.1	สภาพเชิงเส้น
น้ำมันหล่อลื่น	13	จัดเตรียมขึ้นมี Lubrizol 4952=3.846%	2.3.3.1	สภาพเชิงเส้น
น้ำมันหล่อลื่น	14	จัดเตรียมขึ้นมี Lubrizol 4952=1.923%	2.3.3.1	สภาพเชิงเส้น
น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน	15	จัดเตรียมขึ้นโดยเติม0.1N alc KOH (1)	2.3.3.2	ความแม่น
น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน	16	จัดเตรียมขึ้นโดยเติม0.1N alc KOH (2)	2.3.3.2	ความแม่น
น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน	17	น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน	-	ความแม่น

* เป็นตัวอย่างที่ผู้ซื้อน้ำมันส่งมาวิเคราะห์ที่กรมวิทยาศาสตร์บริการเพื่อตรวจสอบ/ควบคุมคุณภาพ จึงนำมาเป็นตัวอย่างศึกษาเพื่อเป็นตัวแทนของน้ำมันที่มีมีชนิดและปริมาณสารเติมแต่งที่ซื้อขายในท้องตลาดจริง นอกเหนือจากตัวอย่างที่เตรียมขึ้น

2.3 วิธีวิเคราะห์

2.3.1วัสดุ อุปกรณ์

2.3.1.1 เครื่องโพเทนชิออมิเตอร์แบบอัตโนมัติ : Mettler DL70S ประกอบด้วย บิวเรตต์ แท่งคน เครื่องพิมพ์

2.3.1.2 เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดอ่านละเอียด 0.0001 กรัม

2.3.1.3 กล๊าสอิเล็กโทรด(Glass electrode)

2.3.1.4 เรฟเฟอร์เร็นซ์อิเล็กโทรด(Reference electrode) สำหรับวิธี ASTM D664-81: บรรจุด้วยอิเล็กโทรไลต์ชนิดสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์อิ่มตัว

2.3.1.5 เรฟเฟอร์เร็นซ์อิเล็กโทรด(Reference electrode) สำหรับวิธี ASTM D 2896-96: บรรจุด้วยอิเล็กโทรไลต์ชนิดสารละลายโซเดียมเพอร์คลอเรตอิ่มตัว

2.3.1.6 เรฟเฟอร์เร็นซ์อิเล็กโทรด(Reference electrode) สำหรับวิธี ASTM D4739-87: บรรจุด้วยอิเล็กโทรไลต์ชนิดสารละลายลิเทียมคลอไรด์อิ่มตัว

2.3.1.7 ภาชนะบรรจุตัวอย่าง ขนาด 100 มิลลิลิตร

2.3.2 สารเคมี

2.3.2.1 ตัวทำละลายสำหรับไทเทรต(Titration solvent) สำหรับวิธี ASTM D664-81: เติมโทลูอีน 500 มิลลิลิตรและน้ำกลั่น 5มิลลิลิตร ลงในไอโซโพรพิวแอลกอฮอล์ที่ปราศจากน้ำ 495 มิลลิลิตร

2.3.2.2 สารละลายกรดแอลกอฮอล์ลิกไฮโดรคลอริกเข้มข้น0.1นอร์แมล(0.1N alc HCL)สารไทแทรนต์(titrant)สำหรับวิธี ASTM D664-81 และ ASTM D4739-87:ผสมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 9 มิลลิลิตร ลงในไอโซโพรพิวแอลกอฮอล์ที่ปราศจากน้ำ 1ลิตร หาความเข้มข้นที่แน่นอนโดยการไทเทรตกับ สารละลายแอลกอฮอล์ลิกโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1นอร์แมล(0.1N alc.KOH)

2.3.2.3 สารละลายแอลกอฮอล์ลิกโพแทสเซียมไฮดรอไซด์เข้มข้น 0.1นอร์แมล: เติมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 6 กรัม ลงในไอโซโพรพิวแอลกอฮอล์ที่ปราศจากน้ำ 1ลิตร หาความเข้มข้นที่แน่นอนโดยการไทเทรตเทียบมาตรฐาน(standardization)กับ สารมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลต(potassium hydrogen phthalate)

2.3.2.4 ตัวทำละลายสำหรับไทเทรต(Titration solvent) สำหรับวิธี ASTM D 2896-96: เติมกรดแอซีติกล้วน 1 ส่วน ลงใน คลอโรเบนซีน(chlorobenzene) 2 ส่วน

2.3.2.5 สารละลายกรดเพอร์คลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์แมล สารไทแทรนต์สำหรับASTM D4739-87 : ผสมกรดเพอร์คลอริก($HClO_4$ 70-72%)8.5 มิลลิลิตร ลงในกรดแอซีติกล้วน 500 มิลลิลิตร และแอซีติกแอนไฮดรายด์(acetic anhydride 30 มิลลิลิตร และทำปริมาตรให้เป็น 1ลิตร ด้วยกรดแอซีติกล้วน หาความเข้มข้นที่แน่นอนโดยการไทเทรตเทียบมาตรฐานกับ โพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลต

2.3.2.6 ตัวทำละลายสำหรับไทเทรต(Titration solvent) สำหรับวิธี ASTM D4739-87: เติม น้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร ลงในไอโซโพรพิวแอลกอฮอล์ที่ปราศจากน้ำ 1ลิตร เขย่าให้เข้ากันดี และเติมโทลูอีน 1 มิลลิลิตร และคลอโรฟอร์ม 1 ลิตร

2.3.3 วิธีเตรียมตัวอย่าง

2.3.3.1 วิธีเตรียมตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่มีสารเติมแต่ง

ชั่งน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากข้อ2.2.1 และสารเติมแต่งจากข้อ2.2.2 ลงในบีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร ให้ได้ปริมาตรรวม 100 มิลลิลิตร โดยมีสารเติมแต่งในปริมาณร้อยละโดยน้ำหนักตามที่ต้องการตามตารางที่5 ให้ความร้อนแก่ตัวอย่างถึงอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และนำตัวอย่างมากวนที่อุณหภูมิห้อง ด้วยเครื่องกวนตัวอย่าง ความเร็วอย่างน้อย 15000 รอบ/นาที เป็นเวลา 30นาที เทตัวอย่างลงในขวดแก้วสีชา ปิดฝาสนิทเก็บไว้ใช้ในการศึกษา

2.3.3.2 วิธีเตรียมตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่มีสารโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์

ชั่งน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากข้อ2.2.1หนัก1กรัมเติมสารละลายแอลกอฮอล์ลิกโพแทสเซียมไฮดรอไซด์เข้มข้น 0.1นอร์แมล 1 มิลลิลิตร แทนสารเติมแต่งตัว คนให้เข้ากันตามข้อ2.3.3.1

2.3.4 การวิเคราะห์ค่าความเป็นเบส

2.3.4.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นเบส

1)หลักการ: ละลายตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นด้วยตัวทำละลายสำหรับไทเทรต หาค่าความเป็นเบสด้วยวิธีไทเทรตด้วยเครื่องโพเทนชิออมิเตอร์ โดยมีสารไทแทรนต์เป็นตัวทำปฏิกริยา จุดสุดท้ายของการติเตรทพิจารณาจากกึ่งกลางของความชันสูงสุดของกราฟที่วาดความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าและปริมาณสารไทแทรนต์ คำนวณค่าความเป็นเบสเทียบเป็น mg KOH/g

2)การไทเทรตแบล้งค์(blank): โดยใช้ตัวทำละลายสำหรับไทเทรตเป็นตัวอย่างในปริมาณ 60 มิลลิลิตร ไทเทรตด้วยสารไทแทรนต์ด้วยอัตรา0.1มิลลิลิตรต่อนาทีตลอดช่วงการไทเทรต และด้วยอัตรา 0.025 มิลลิลิตรต่อนาทีในช่วงของความชัน บันทึกปริมาตรสารไทแทรนต์ที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงกึ่งกลางความชันสูงสุด

3) การวิเคราะห์ตัวอย่าง: ชั่งตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่เตรียมได้จากข้อ2.3.3 หนัก 1 กรัม ละลายด้วยตัวทำละลายสำหรับไทเทรต 60 มิลลิลิตร ไทเทรตด้วยสารไทแทรนต์ด้วยอัตรา0.1มิลลิลิตรต่อนาทีตลอดช่วงการไทเทรต และด้วยอัตรา 0.025 มิลลิลิตรต่อนาทีในช่วงของความชัน บันทึกปริมาตรสารไทแทรนต์ที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงกึ่งกลางความชันสูงสุด

2.3.5 การคำนวณ

2.3.5.1 การคำนวณค่าความเป็นเบส

$$\text{ค่าความเป็นเบส mg KOH/g} = \frac{(A-B)(N)(56.1)}{(W)}$$

A = ปริมาตรสารไทแทรนต์ที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง มิลลิลิตร

B = ปริมาตรสารไทแทรนต์ที่ใช้ไทเทรตแบล้งค์ มิลลิลิตร

N = ความเข้มข้นสารไทแทรนต์ นอร์แมล

W = น้ำหนักตัวอย่าง กรัม

2.3.5.2 การคำนวณความแตกต่างของค่าความเป็นเบส

ความแตกต่างค่าความเป็นเบส ร้อยละ $= \frac{(A-B)\ 100}{B}$

A = ค่าความเป็นเบสวิเคราะห์ด้วยวิธีที่1, mg KOH/g

B = ค่าความเป็นเบสวิเคราะห์ด้วยวิธี2, mg KOH/g

2.3.5.2 การคำนวณความเที่ยงของการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสโดยอัตราร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์(relative percentage difference,RPD)

อัตราร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์ $= \frac{(A-B)\ 100}{C}$

A = ค่าความเป็นเบสวิเคราะห์ครั้งที่หนึ่ง, mg KOH/g

B = ค่าความเป็นเบสวิเคราะห์ครั้งที่สอง, mg KOH/g

C = ค่าเฉลี่ยค่าความเป็นเบสทั้งสองครั้ง, mg KOH/g

2.3.6 การศึกษาความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ ASTM D 2896-96 ในส่วนของสภาพเชิงเส้น

ศึกษาสภาพเชิงเส้นของวิธี ASTM D 2896-96 โดยการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสของตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่เตรียมตามข้อ 2.3.3.1หมายเลขตัวอย่าง11-14 วาดกราฟระหว่างค่าความเป็นเบสและปริมาณสารเติมแต่งที่เติมในแต่ละตัวอย่าง โดยใช้สมการแบบเส้นตรงถดถอย(linear regression) และหาสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์(correlation coefficient,R) ของกราฟ

สมการแบบเส้นตรงถดถอย $Y_i = a + bX_i$

สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ $R = \frac{\sum\{(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})\}}{\sqrt{\sum (X_i - X)^2 \sum (Y_i - Y)^2}}$

Y = ค่าความเป็นเบสของแต่ละตัวอย่าง mgKOH/g

X = ปริมาณสารเติมแต่งของแต่ละตัวอย่าง ร้อยละ

a = ค่าคงที่ของสมการ

b = ความชันของสมการ

2.3.7 การศึกษาความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ ASTM D 2896-96 ในส่วนของความแม่น

วิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตามวิธีASTM D 2896-96 โดยการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสของตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่เตรียมตามข้อ 2.3.3.1หมายเลขตัวอย่าง15-17 คำนวณเปอร์เซนต์รีคอฟเวอร์รี (percent recovery)โดยเปรียบเทียบค่าความเป็นเบสที่วิเคราะห์ได้กับค่าความเป็นเบสจริงจากการคำนวณสารละลายแอลกอฮอล์ลิกโพแทสเซียมไฮดรอไซด์เข้มข้น 0.1นอร์แมลที่เติมลงไป เป็นร้อยละ

ค่าความเป็นเบสจริงเติมลงไป mg KOH/g = $\frac{(M)(P)(56.1)}{W}$

M = ปริมาตร alc.KOH ที่เติมลงในตัวอย่าง มิลลิลิตร

P = ความเข้มข้น alc.KOH นอร์แมล

W = น้ำหนักตัวอย่าง กรัม

เปอร์เซนต์รีคอฟเวอร์รี = $\frac{(X-Y)\ 100}{Z}$

X = ค่าความเป็นเบสของน้ำมันหล่อลื่นที่เติม alc.KOH mg KOH/g

Y = ค่าความเป็นเบสของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน mg KOH/g

Z = ค่าความเป็นเบสของalc.KOHที่เติมลงไป mg KOH/g

2.4 รายละเอียดการดำเนินการวิเคราะห์

2.4.1 ศึกษาค้นคว้าจากเอกสารทางวิชาการ วิธีวิเคราะห์มาตรฐาน ประวัติความเป็นมา รวบรวมข้อมูลต่าง ๆจากผู้ผลิต ผู้ใช้ ผู้ควบคุมคุณภาพ เป็นแนวทาง พิจารณาเลือกวิธีที่เหมาะสมในการศึกษาวิจัย

2.4.2 ศึกษาและจัดหาน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน ที่เหมาะสมที่จะนำมาผสมเป็นตัวอย่างสำหรับการศึกษาวิจัยนี้

2.4.3 ศึกษาและจัดหาสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆ โดยพิจารณาสมบัติและองค์ประกอบของสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆ เปรียบเทียบกับวิธีวิเคราะห์มาตรฐานที่ใช้ในในการศึกษาวิจัยนี้

2.4.4 จัดเตรียมตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่มีสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆในปริมาณที่แตกต่างกันเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยและจัดหาน้ำมันหล่อลื่นสำเร็จรูปที่ส่งมาตรวจสอบค่าความเป็นเบส

2.4.5 วิเคราะห์ค่าความเป็นเบสของตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่มีสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆ ในปริมาณสารเติมแต่งที่แตกต่างกัน ด้วยวิธีวิเคราะห์ตาม ASTM D 664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96

2.4.6 เปรียบเทียบค่าความเป็นเบสของตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่มีสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆที่วิเคราะห์ด้วยวิธี ASTM D 664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96

2.4.7 เปรียบเทียบความเที่ยงของการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตามวิธี ASTM D 664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96 โดยการคำนวณค่าอัตราร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์

2.4.8 ศึกษาความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ ASTM D 2896-96 กับตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ศึกษาในส่วนของสภาพเชิงเส้น

2.4.9 ศึกษาความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ ASTM D 2896-96 กับตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ศึกษาในส่วนของความแม่น

บทที่3 ผลการวิเคราะห์

3.1 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสในน้ำมันหล่อลื่นด้วยวิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96

3.1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบส

ค่าความเป็นเบสของตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่มีสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆ ในปริมาณสารเติมแต่งที่แตกต่างกัน ด้วยวิธีวิเคราะห์ตาม ASTM D 664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96 แสดงในตารางที่ 6-8

หมายเลขตัวอย่าง	ชื่อตัวอย่าง	ค่าความเป็นเบสวิเคราะห์ครั้งที่1 mgKOH/g	ค่าความเป็นเบสวิเคราะห์ครั้งที่2 mgKOH/g	ค่าความเป็นเบสเฉลี่ย mgKOH/g
1	น้ำมันหล่อลื่น (Lubrizol 4952 = 7.7%)	7.819	8.136	7.978
2	น้ำมันหล่อลื่น (Lubrizol 4970 =12.2%)	9.760	9.915	9.838
3	น้ำมันหล่อลื่น (Paranox 5510 = 13.0%)	7.734	7.816	7.774
4	น้ำมันหล่อลื่น (Paranox 1272 = 8.5%)	9.115	9.044	9.080
5	น้ำมันหล่อลื่นจากการซื้อขาย(1)	9.938	10.031	9.984
6	น้ำมันหล่อลื่นจากการซื้อขาย(2)	9.197	9.315	9.256
7	น้ำมันหล่อลื่นจากการซื้อขาย(3)	10.664	10.593	10.628
8	น้ำมันหล่อลื่นจากการซื้อขาย(4)	10.561	10.377	10.469
9	น้ำมันหล่อลื่น(Lubrizol 4970 = 6.1%)	4.773	4.528	4.648
10	น้ำมันหล่อลื่น(Paranox 1272 = 4.2%)	4.910	4.905	4.908

ตารางที่6 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตาม ASTM D 664-81

หมายเลขตัวอย่าง	ชื่อตัวอย่าง	ค่าความเป็นเบสวิเคราะห์ครั้งที่1 mgKOH/g	ค่าความเป็นเบสวิเคราะห์ครั้งที่2 mgKOH/g	ค่าความเป็นเบสเฉลี่ย mgKOH/g
1	น้ำมันหล่อลื่น (Lubrizol 4952 = 7.7%)	9.704	9.795	9.750
2	น้ำมันหล่อลื่น (Lubrizol 4970 =12.2%)	10.947	10.968	10.958
3	น้ำมันหล่อลื่น (Paranox 5510 = 13.0%)	8.659	8.894	8.777
4	น้ำมันหล่อลื่น (Paranox 1272 = 8.5%)	10.390	10.648	10.519
5	น้ำมันหล่อลื่นจากการซื้อขาย(1)	11.240	11.156	11.198
6	น้ำมันหล่อลื่นจากการซื้อขาย(2)	10.454	10.417	10.436
7	น้ำมันหล่อลื่นจากการซื้อขาย(3)	11.838	11.917	11.878
8	น้ำมันหล่อลื่นจากการซื้อขาย(4)	11.542	11.476	11.510
9	น้ำมันหล่อลื่น(Lubrizol 4970 = 6.1%)	5.466	5.463	5.464
10	น้ำมันหล่อลื่น(Paranox 1272 = 4.2%)	5.589	5.764	5.676

ตารางที่7 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตาม ASTM D 2896-96

หมายเลขตัวอย่าง	ชื่อตัวอย่าง	ค่าความเป็นเบสวิเคราะห์ครั้งที่1 mgKOH/g	ค่าความเป็นเบสวิเคราะห์ครั้งที่2 mgKOH/g	ค่าความเป็นเบสเฉลี่ย mgKOH/g
1	น้ำมันหล่อลื่น (Lubrizol 4952 = 7.7%)	9.737	9.522	9.630
2	น้ำมันหล่อลื่น (Lubrizol 4970 =12.2%)	9.704	10.045	9.874
3	น้ำมันหล่อลื่น (Paranox 5510 = 13.0%)	8.189	8.081	8.135
4	น้ำมันหล่อลื่น (Paranox 1272 = 8.5%)	9.953	10.031	9.992
5	น้ำมันหล่อลื่นจากการซื้อขาย(1)	10.889	10.927	10.908
6	น้ำมันหล่อลื่นจากการซื้อขาย(2)	10.092	10.214	10.153
7	น้ำมันหล่อลื่นจากการซื้อขาย(3)	11.495	11.525	11.510
8	น้ำมันหล่อลื่นจากการซื้อขาย(4)	11.388	11.356	11.372
9	น้ำมันหล่อลื่น(Lubrizol 4970 = 6.1%)	4.958	4.809	4.884
10	น้ำมันหล่อลื่น(Paranox 1272 = 4.2%)	5.317	5.217	5.267

ตารางที่8 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตาม ASTM D 4739-96

3.1.2 ผลการเปรียบเทียบค่าความเป็นเบสที่วิเคราะห์ด้วยวิธี ASTM D 664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96

เปรียบเทียบผลวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสของตัวอย่างที่วิเคราะห์ตาม ASTM D 664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96 แต่ละคู่ โดยคำนวณค่าความแตกต่างเป็นร้อยละ ดังแสดงในตารางที่ 9

หมายเลขตัวอย่าง	ชื่อตัวอย่าง	ค่าความเป็นเบส D2896สูงกว่า D 664 %	ค่าความเป็นเบส D2896สูงกว่า D4739 %	ค่าความเป็นเบส D4739สูงกว่า D 664 %
1	น้ำมันหล่อลื่น (Lubrizol 4952 = 7.7%)	22.211	20.707	1.246
2	น้ำมันหล่อลื่น (Lubrizol 4970 =12.2%)	11.384	0.366	10.978
3	น้ำมันหล่อลื่น (Paranox 5510 = 13.0%)	12.902	4.644	7.892
4	น้ำมันหล่อลื่น (Paranox 1272 = 8.5%)	15.848	10.044	5.274
5	น้ำมันหล่อลื่นจากการซื้อขาย(1)	12.159	9.255	2.658
6	น้ำมันหล่อลื่นจากการซื้อขาย(2)	12.748	9.691	2.787
7	น้ำมันหล่อลื่นจากการซื้อขาย(3)	11.761	8.299	3.197
8	น้ำมันหล่อลื่นจากการซื้อขาย(4)	9.944	8.625	1.214
9	น้ำมันหล่อลื่น(Lubrizol 4970 = 6.1%)	17.566	5.077	11.876
10	น้ำมันหล่อลื่น(Paranox 1272 = 4.2%)	15.648	7.315	7.765
	ค่าเฉลี่ย	14.216	6.332	5.489

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบค่าความเป็นเบสที่วิเคราะห์ด้วยวิธีต่าง ๆ

3.2 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบความเที่ยงของการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตามมาตรฐาน ASTM D664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96

เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ซ้ำค่าความเป็นเบสของแต่ละวิธีวิเคราะห์ตาม ASTM D 664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96 โดยการคำนวณอัตราร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์ดังแสดงในตารางที่ 10

หมายเลขตัวอย่าง	ชื่อตัวอย่าง	อัตราร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์ ASTM D 664-81	อัตราร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์ ASTM D 2896-96	อัตราร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์ ASTM D 4739-96
1	น้ำมันหล่อลื่น (Lubrizol 4952 = 7.7%)	3.973	0.933	2.233
2	น้ำมันหล่อลื่น (Lubrizol 4970 =12.2%)	1.576	0.297	3.454
3	น้ำมันหล่อลื่น (Paranox 5510 = 13.0%)	1.093	2.677	1.328
4	น้ำมันหล่อลื่น (Paranox 1272 = 8.5%)	0.782	2.453	0.781
5	น้ำมันหล่อลื่นจากการซื้อขาย(1)	0.931	0.750	0.348
6	น้ำมันหล่อลื่นจากการซื้อขาย(2)	1.275	0.355	0.994
7	น้ำมันหล่อลื่นจากการซื้อขาย(3)	0.668	0.665	0.261
8	น้ำมันหล่อลื่นจากการซื้อขาย(4)	1.758	0.582	0.281
9	น้ำมันหล่อลื่น(Lubrizol 4970 = 6.1%)	5.400	0.055	3.051
10	น้ำมันหล่อลื่น(Paranox 1272 = 4.2%)	0.102	3.083	1.899
	ค่าเฉลี่ย	1.756	1.185	1.463

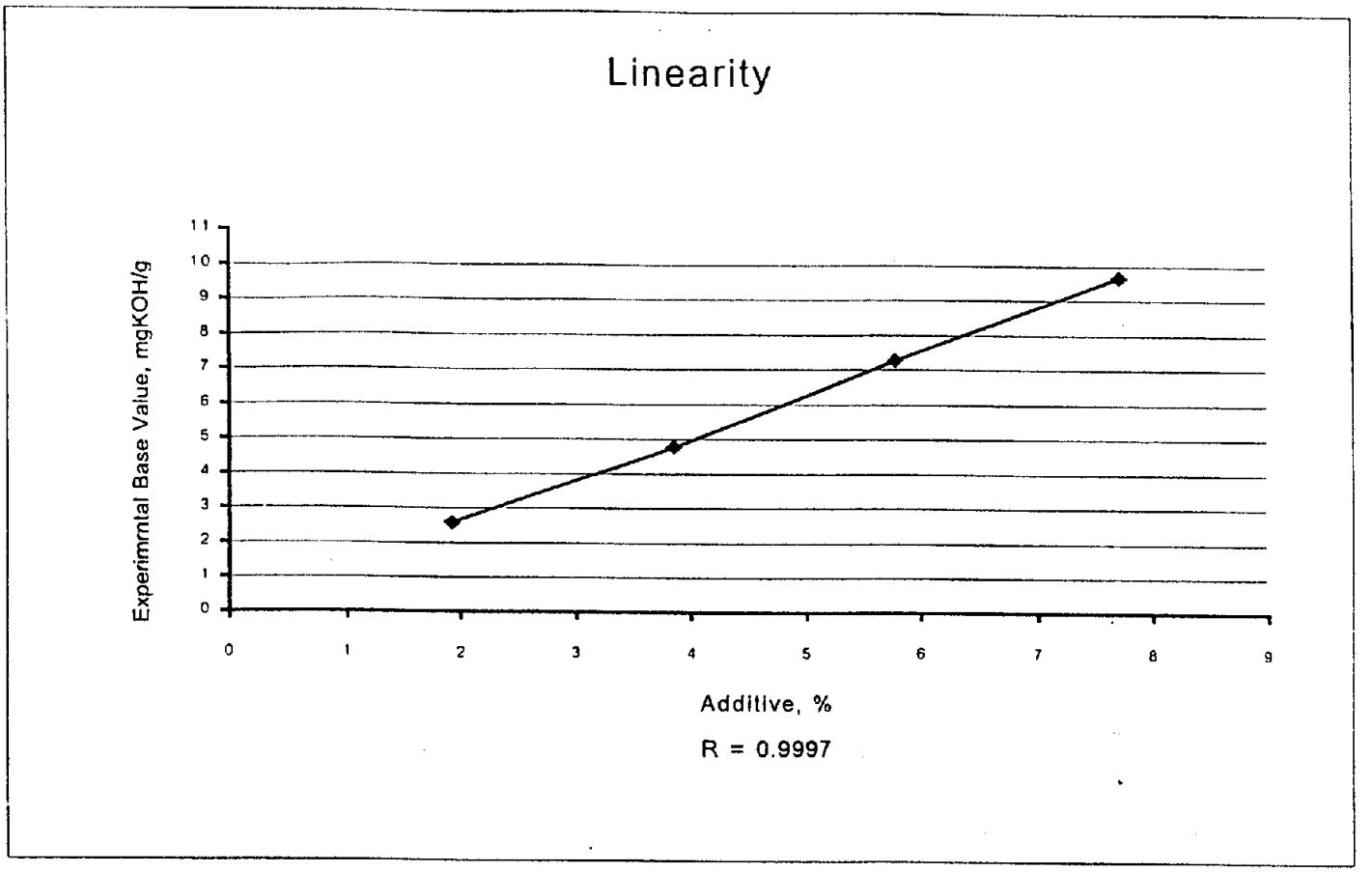
ตารางที่ 10 เปรียบเทียบความเที่ยงของการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบส

3.3 ผลการศึกษาความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ ASTM D 2896-96 ในส่วนของสภาพเชิงเส้น

พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นเบสและปริมาณสารเติมแต่ง ที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตามวิธีASTM D 2896-96 กับตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่แปรเปลี่ยนปริมาณสารเติมแต่ง ดังแสดงในตารางที่11 และวาดกราฟแบบเส้นตรงถดถอย และหาค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์(R) ของกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นเบสและปริมาณสารเติมแต่ง ดังแสดงในรูปที่4

หมายเลขตัวอย่าง	ชื่อตัวอย่าง	ค่าความเป็นเบสวิเคราะห์ครั้งที่1 mgKOH/g	ค่าความเป็นเบสวิเคราะห์ครั้งที่2 mgKOH/g	ค่าความเป็นเบสเฉลี่ย mgKOH/g
11	น้ำมันหล่อลื่นที่จัดเตรียมขึ้นมี Lubrizol 4952=7.700%	9.668	9.627	9.648
12	น้ำมันหล่อลื่นที่จัดเตรียมขึ้นมี Lubrizol 4952=5.775%	7.246	7.279	7.262
13	น้ำมันหล่อลื่นที่จัดเตรียมขึ้นมี Lubrizol 4952=3.846%	4.746	4.762	4.754
14	น้ำมันหล่อลื่นที่จัดเตรียมขึ้นมี Lubrizol 4952=1.923%	2.568	2.538	2.568

ตารางที่11 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตาม ASTM D 2896-96 สำหรับการศึกษาสภาพเชิงเส้น



รูปที่4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นเบสและปริมาณสารเติมแต่ง

3.4 ผลการศึกษาความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ ASTM D 2896-96 ในส่วนของความแม่น

วิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตามวิธีASTM D 2896-96 ของตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่เติม alcoholic KOH ซึ่งเป็นเบสและทราบปริมาณแน่นอนโดยเทียบมาตรฐานกับสารมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลต คำนวณเปอร์เซนต์รีคอฟเวอร์รี โดยเปรียบเทียบค่าความเป็นเบสจากการไทเทรต กับค่าความเป็นเบสจริงของสารละลายแอลกอฮอล์ลิกโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่เติมลงไปเปรียบเทียบเป็นร้อยละ ดังแสดงในตารางที่ 12

หมายเลขตัวอย่าง	ชื่อตัวอย่าง	น้ำหนักตัวอย่าง กรัม	ค่าความเป็นเบสจากการไทเทรต mgKOH/g	ค่าความเป็นเบสจริงของ alc. KOH mgKOH/g	% Recovery
15	น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานเติมด้วย 0.1581N alc KOH 1มิลลิลิตร	1.0396	9.228	8.5316	105.9
16	น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานเติมด้วย 0.1581N alc KOH1มิลลิลิตร	1.0738	8.869	8.2598	105.0
17	น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน	-	0.1940	-	-
	%Recoveryเฉลี่ย				105.4

ตารางที่ 12 ผลการศึกษาความใช้ได้ของวิธี ASTM D 2896-96 ในส่วนของความแม่น

3.5ผลการศึกษาแนวทางในการเลือกวิธีการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบส ให้เหมาะสมกับน้ำมันหล่อลื่นที่มีสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆ

แนวทางการในการพิจารณาเลือกวิธี	การวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตามวิธี ASTM D 664-81	การวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตามวิธี ASTM D 2896-96	การวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตามวิธี ASTM D4739-96
ประเภทสารเติมแต่ง	มีสภาพเป็นเบสแก่แตกตัวเป็นไอออนได้ดี	มีสภาพเป็นเบสอ่อนแตกตัวเป็นไอออนไม่ได้ดี/มีสภาพเป็นเบสแก่แตกตัวเป็นไอออนได้ดี	มีสภาพเป็นเบสแก่แตกตัวเป็นไอออนได้ดี
ผู้ผลิตสารเติมแต่ง	ตามวิธีที่ผู้ผลิตกำหนด	ตามวิธีที่ผู้ผลิตกำหนด	ตามวิธีที่ผู้ผลิตกำหนด
น้ำมันใหม่/ใช้แล้ว	น้ำมันใหม่	น้ำมันใหม่	น้ำมันใช้แล้ว
ความเที่ยง	มีความเที่ยงต่ำสุด	มีความเที่ยงสูงสุด	มีความเที่ยงปานกลาง
สารเคมีที่ใช้	กลิ่นฉุนและเป็นอันตรายน้อยกว่า	กลิ่นฉุนและเป็นอันตรายมาก	กลิ่นฉุนและเป็นอันตรายน้อยกว่า

ตารางที่ 13ผลการศึกษาแนวทางในการเลือกวิธีการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบส

บทที่4 วิจารณ์

4.1 การศึกษาความสัมพันธ์ของการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสในน้ำมันหล่อลื่นด้วยวิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบส

4.1.1.1ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสของน้ำมันหล่อลื่นตามวิธีASTM D 2896-96 (ตารางที่7)พบว่าตัวอย่างที่ 1-4 ซึ่งเป็นตัวอย่างที่เตรียมขึ้นตามสัดส่วนของสารเติมแต่งที่ผู้ผลิตสารเติมแต่งกำหนด และตัวอย่างที่ 5-8 ซึ่งเป็นตัวอย่างจากการซื้อขายในท้องตลาด ทั้งหมดได้ค่าความเป็นเบสในช่วงประมาณ 9-11 mgKOH/g ซึ่งใกล้เคียงกับค่าความเป็นเบสโดยประมาณ(typical value)ที่ผู้ผลิตระบุคือ 9-11 mgKOH/g (ตารางที่4) ซึ่งเป็นปริมาณสารเติมแต่งที่เหมาะสมกับการใช้งาน สำหรับตัวอย่างที่ 9และ10เป็นตัวอย่างที่เตรียมขึ้นโดยลดปริมาณสารเติมแต่งเป็นครึ่งหนึ่งของตัวอย่างที่2 และ 4 พบว่าค่าความเป็นเบสที่วิเคราะห์ได้ มีค่าประมาณครึ่งหนึ่งของตัวอย่างที่2 และ4 เช่นกัน

4.1.1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสของตัวอย่างที่ 1-8 ตามวิธี ASTM D 664-81 (ตารางที่) และ ASTM D 4739-96(ตารางที่8) ให้ค่าความเป็นเบสต่ำกว่าที่ผู้ผลิตสารเติมแต่งระบุ เนื่องจากค่าความเป็นเบสโดยประมาณที่ผู้ผลิตสารเติมแต่งระบุเป็นค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ตามวิธี ASTM D 2896-96 สำหรับตัวอย่างที่9และ10ค่าความเป็นเบสที่วิเคราะห์ได้เป็นสัดส่วนประมาณครึ่งหนึ่งของตัวอย่างที่2 และ4 แต่ตัวอย่างที่10 มีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้างโดยมีค่าสูงกว่าครึ่งหนึ่งของตัวอย่างที่4 และเป็นเช่นเดียวกันสำหรับการวิเคราะห์ทั้ง 3 วิธี แสดงว่าความคลาดเคลื่อนเกิดจากการผสมน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ปริมาณตัวอย่างและสารเติมแต่งน้อยเนื่องจากเป็นการศึกษาวิจัยในห้องปฏิบัติการ

4.1.1.3 จากผลการศึกษานี้พบว่าการเตรียมน้ำมันหล่อลื่นโดยเติมสารเติมแต่งตามสัดส่วนที่ผู้ผลิตสารเติมแต่งกำหนด จะให้ค่าความเป็นเบสใกล้เคียงกับค่าความเป็นเบสโดยประมาณ (typical value) ที่ผู้ผลิตต้องการ ซึ่งเป็นปริมาณสารเติมแต่งที่เหมาะสมกับการใช้งานกับเครื่องยนต์แต่ละประเภท ซึ่งผู้ผลิตสารเติมแต่งได้ทำการศึกษาวิจัยไว้แล้ว สิ่งสำคัญคือในการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสจะต้องใช้วิธีตามที่ผู้ผลิตสารเติมแต่งกำหนดด้วย มิเช่นนั้นอาจทำให้มีการเติมสารเติมแต่งมากหรือน้อย

เกินไปกว่าที่จำเป็น ซึ่งมีผลให้เพิ่มค่าใช้จ่ายในกรณีที่เติมสารเติมแต่งมากเกินความจำเป็นใช้งาน หรือเครื่องยนต์อาจเสียหายได้ในกรณีที่เติมสารเติมแต่งน้อยกว่าที่ต้องการใช้งาน ตัวอย่างเช่น สารเติมแต่ง Lubrizol 4952 ผู้ผลิตสารเติมแต่งกำหนดให้เติมในปริมาณ 7.7% เพื่อให้ได้ค่าความเป็นเบส(วิเคราะห์ตามASTM D 2896-96) เป็น 10 mgKOH/g และได้ประเภทของน้ำมันหล่อลื่นตามAPI เป็น CD,CF,CF-2,SF โดยราคาสารเติมแต่ง Lubrizol 4952 เป็น 71.37บาท/กิโลกรัม(ตารางที่4) ดังนั้นหากใช้วิธีวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสผิดจากที่กำหนด เช่นได้ค่าความเป็นเบสต่ำไปกว่าที่ต้องการประมาณ 15 % จึงต้องเพิ่มปริมาณสารเติมแต่งอีกประมาณ 1.2 % ค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนของน้ำมันหล่อลื่นจะเพิ่มขึ้น 0.86 บาท/กิโลกรัมของน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่สูญเปล่าเนื่องจากเป็นปริมาณสารเติมแต่งที่เกินความต้องการใช้งาน ค่าใช้จ่ายจะเพิ่มสูงขึ้นมากสำหรับอุตสาหกรรมหรือผู้ประกอบการขนส่งที่ใช้ปริมาณน้ำมันหล่อลื่นจำนวนมาก

4.1.2 เปรียบเทียบค่าความเป็นเบสที่วิเคราะห์ด้วยวิธี ASTM D 664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96

4.1.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสของตัวอย่างที่ 1-10 ที่วิเคราะห์ตาม ASTM D 664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96 พบว่าทุกตัวอย่างที่วิเคราะห์ตามวิธี ASTM D 2896-96 ให้ค่าความเป็นเบสสูงกว่าวิธีอื่น และเมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นเบสของแต่ละวิธี พบว่า

วิธี ASTM D 2896-96 ให้ค่าความเป็นเบสสูงกว่าวิธี ASTM D 664-81 เฉลี่ยร้อยละ 14.3

วิธี ASTM D 2896-96 ให้ค่าความเป็นเบสสูงกว่าวิธี ASTM D 4739-96 เฉลี่ยร้อยละ 5.5

วิธี ASTM D 4739-96 ให้ค่าความเป็นเบสสูงกว่าวิธี ASTM D 664-81 เฉลี่ยร้อยละ 8.4

4.1.2.2 ผลการศึกษานี้พบว่าวิธี ASTM D 2896-96ให้ค่าความเป็นเบสสูงกว่าวิธีอื่นด้วยสาเหตุที่สำคัญสองประการ ประการแรกวิธี ASTM D 2896-96 ใช้ตัวทำปฏิกิริยาคือกรดเพอร์คลอริก ซึ่งเป็นตัวออกซิไดซ์ที่รุนแรง นอกจากจะสามารถทำปฏิกิริยาได้ดีกับสารเติมแต่งที่มีสภาพเป็นเบสแก่แตกตัวเป็นไอออนได้ดี เช่นสารประกอบ carbonates และ sulphonates ของโลหะเช่น โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม หรือแบเรียม ยังสามารถทำปฏิกิริยาได้ดีกับสารเติมแต่งที่มีสภาพเป็นเบสอ่อนแตกตัวเป็น

ไอออนไม่ได้ดี เช่นเกลือแอมโมเนียมของกรดซัลโฟนิก เอสเทอร์ของกรดไขมัน โพลีอัลคิลแนฟทาลีน เป็นต้น แต่วิธี ASTM D 664-81 และวิธี ASTM D 4739-96 ใช้ตัวทำปฏิกิริยาคือกรดไฮโดรคลอริก ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาได้ดีกับสารเติมแต่งที่มีสภาพเป็นเบสแก่แตกตัวเป็นไอออนได้ดีเท่านั้น แต่ทำปฏิกิริยาไม่ได้ดีกับสารเติมแต่งที่มีสภาพเป็นเบสอ่อนแตกตัวเป็นไอออนไม่ได้ดี จากผลการศึกษานี้ สาเหตุที่สำคัญประการที่สองที่วิธี ASTM D 2896-96 ให้ค่าความเป็นเบสสูงกว่าวิธีอื่น เนื่องด้วยตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการศึกษานี้ประกอบด้วยน้ำมันหล่อลื่นที่จัดเตรียมขึ้น และน้ำมันหล่อลื่นจากการซื้อขายในท้องตลาดปัจจุบัน ซึ่งประกอบด้วยสารเติมแต่งเพื่อใช้กับเครื่องยนต์สมัยใหม่รับภาระการทำงานสูง จึงประกอบด้วยสารเติมแต่งหลายชนิดทั้งที่มีสภาพเป็นเบสแก่แตกตัวเป็นไอออนได้ดี และสารเติมแต่งที่มีสภาพเป็นเบสอ่อนแตกตัวเป็นไอออนไม่ได้ดี ตัวทำปฏิกิริยาคือกรดเพอร์คลอริก สามารถทำปฏิกิริยาได้ดีกับสารเติมแต่งทั้งหมด ค่าความเป็นเบสจึงสูงกว่าวิธีอื่น ซึ่งใช้ตัวทำปฏิกิริยาคือกรดไฮโดรคลอริก ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาได้ดีกับสารเติมแต่งบางตัวเท่านั้น ทำให้ค่าความเป็นเบสต่ำ

4.1.2.3 สำหรับค่าความเป็นเบสที่วิเคราะห์ตามวิธี ASTM D 4739-96 มีค่าสูงกว่าวิธี ASTM D 664-81 ทั้งที่ใช้ตัวทำปฏิกิริยาเป็นกรดไฮโดรคลอริก ตัวเดียวกัน เนื่องจากวิธี ASTM D 664-81 ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ผสมของโทลูอีน และ ไอโซโพรพิวแอลกอฮอล์ ซึ่งไม่สามารถละลายสารประกอบบางตัวที่เกิดจากปฏิกิริยาไทเทรต และไปเกาะที่ขั้วขั้วไฟฟ้าขณะไทเทรต ทำให้ขั้วไฟฟ้ามีประสิทธิภาพลดลง แต่วิธีวิเคราะห์ ASTM D 4739 ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ผสมที่มีคลอโรฟอร์มเพิ่มอีกตัวนอกเหนือจากโทลูอีน และ ไอโซโพรพิวแอลกอฮอล์ ซึ่งคลอโรฟอร์มสามารถละลายสารประกอบที่เกาะที่ขั้วขั้วไฟฟ้าขณะไทเทรตได้ดี

4.2 การศึกษาและเปรียบเทียบความเที่ยงของการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบส ตามมาตรฐาน ASTM D664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96

4.2.1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความเที่ยงของการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบส ด้วยอัตราร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์ โดยพิจารณาอัตราร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์ของการวิเคราะห์ซ้ำค่าความเป็นเบสของแต่ละวิธีพบว่า ตัวอย่างที่1-10 ให้ค่าอัตราร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์ของแต่ละวิธี

สอดคล้องกันทุกตัวอย่าง คือวิธี ASTM D 2896-96 มีมีค่าอัตราร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์ต่ำสุดนั่นคือมีความเที่ยงสูงสุด วิธี ASTM D 4739-96 มีค่าอัตราร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์ สูงขึ้น และวิธี ASTM D 664-81 มีค่าอัตราร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์สูงสุด โดยสรุปเป็นค่าเฉลี่ยของทุกตัวอย่างคือ

วิธี ASTM D 2896-96 มีค่าอัตราร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์ เฉลี่ย 1.17

วิธี ASTM D 4739-96 มีค่าอัตราร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์ เฉลี่ย 1.48

วิธี ASTM D 664-81 มีค่าอัตราร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์ เฉลี่ย 1.78

4.2.2 ผลการศึกษานี้พบว่า จากการที่วิธี ASTM D 2896-96ใช้ตัวทำปฏิกิริยาคือกรดเพอร์คลอริก ซึ่งเป็นสารออกซิไดซ์ซึ่งเอเจ้นท์ที่รุนแรง สามารถทำปฏิกิริยาได้ดีกว่าวิธีอื่นนี้ทำให้ ASTM D 2896-96 มีความเที่ยงกว่าอีก 2 วิธี ส่วนวิธี ASTM D 4739-96 มีค่าอัตราร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์ สูงกว่าวิธี ASTM D 664-81 เนื่องจากมีตัวทำละลายที่มีคลอโรฟอร์ม อยู่ด้วยซึ่งสามารถละลายสารประกอบจากการไทเทรตที่เกาะที่ขั้วไฟฟ้าขณะไทเทรตได้ดี ทำให้ความไวต่อการส่งสัญญานของขั้วไฟฟ้ามีประสิทธิภาพดี การวิเคราะห์จึงได้ค่าที่ใกล้เคียงกันมีความเที่ยงกว่า

4.3 การศึกษาความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ ASTM D 2896-96 ในส่วนของสภาพเชิงเส้น

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตามวิธี ASTM D 2896-96 กับตัวอย่างที่ 11-14 ซึ่งเป็นน้ำมันหล่อลื่นที่จัดเตรียมขึ้นโดยแปรเปลี่ยนปริมาณสารเติมแต่งจาก1.9-7.7% ค่าความเป็นเบสที่วิเคราะห์ได้อยู่ระหว่าง 2.6-9.7 mgKOH/g เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นเบสที่วิเคราะห์ได้และปริมาณสารเติมแต่งที่เติม โดยวาดกราฟแบบเส้นตรงถดถอย และหาค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์(R) ของกราฟ ได้ค่า Rเท่ากับ 0.9997

4.3.2 ผลการศึกษานี้พบว่าวิธีวิเคราะห์ ASTM D 2896-96 กับตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นมีความใช้ได้ในส่วนของสภาพเชิงเส้น โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์สูงใกล้เคียงกับ 1.0000 แสดงว่าวิธีวิเคราะห์ ASTM D 2896-96 กับตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่มีปริมาณสารเติมแต่งแตกต่างกัน สามารถ

วิเคราะห์ค่าความเป็นเบสได้โดยมีสภาพเชิงเส้น ทั้งนี้การวิเคราะห์ทางเคมียอมรับความใช้ได้ของวิธีเมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์(R) ไม่ต่ำกว่า 0.9950

4.4 การศึกษาความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ ASTM D 2896-96 ในส่วนของความแม่น

4.4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตามวิธี ASTM D 2896-96 กับตัวอย่างที่ 15และ16 ที่เป็นน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่เติมด้วยสารละลายแอลกอฮอล์ลิกโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ซึ่งเป็นเบสและทราบปริมาณแน่นอนโดยเทียบมาตรฐานกับ สารมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลต เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นเบสจากการไทเทรตกับค่าความเป็นเบสจริงของสารละลายแอลกอฮอล์ลิกโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่เติมลงไป โดยคำนวณเป็นเปอร์เซนต์รีคอฟเวอร์รีได้เท่ากับ 105.9 และ105.0 ตามลำดับ เฉลี่ยเป็น 105.4

4.4.2 ผลการศึกษานี้พบว่าวิธีวิเคราะห์ ASTM D 2896-96 กับตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นมีความใช้ได้ของวิธีในส่วนของความแม่น โดยมีเปอร์เซนต์รีคอฟเวอร์รีเฉลี่ย 105.4 ซึ่งอยู่ในช่วง 100$\pm$10 ที่การวิเคราะห์ทางเคมีทั่วไปยอมรับความแม่นของวิธี แสดงว่าวิธีวิเคราะห์ ASTM D 2896-96 สามารถวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสได้อย่างถูกต้องใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริง

4.5 แนวทางการเลือกวิธีการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสให้เหมาะสมกับน้ำมันหล่อลื่น

จากผลการศึกษาตามตารางที่13สามารถนำมาพิจารณาและสรุปแนวทางการเลือกวิธีการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสให้เหมาะสมกับน้ำมันหล่อลื่นได้ดังนี้

4.5.1 วิธี ASTM D 2896-96 ใช้ได้ดีสำหรับการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสกับตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ประกอบด้วยสารเติมแต่งที่มีสภาพเป็นเบสแก่แตกตัวเป็นไอออนได้ดี และ/หรือสารเติมแต่งที่มีสภาพเป็นเบสอ่อนแตกตัวเป็นไอออนไม่ได้ดี วิธีนี้จะให้ค่าความเป็นเบสและความเที่ยงสูงกว่าวิธีอื่น

4.5.2 การตรวจสอบค่าความเป็นเบสของน้ำมันหล่อลื่นหลังจากที่เตรียมโดยการเติมสารเติมแต่งตามสัดส่วนที่ผู้ผลิตสารเติมแต่งกำหนด จะต้องใช้วิธีวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตามที่ผู้ผลิตสารเติมแต่งกำหนดด้วย เพื่อให้ได้น้ำมันหล่อลื่นที่มีสมบัติตรงตามที่ต้องการ

4.5.3 วิธี ASTM D 4739-96 ใช้ได้ดีสำหรับการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสกับตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ประกอบด้วยสารเติมแต่งที่มีสภาพเป็นเบสแก่แตกตัวเป็นไอออนได้ดี อย่างไรก็ตามเนื่องจากวิธี ASTM D 2896-96 ใช้สารเคมีได้แก่ actic acid และ chlorobenzene ซึ่งมีกลิ่นฉุนและเป็นอันตรายก่อปัญหาในการกำจัดของเสีย จึงอาจเลือกใช้วิธี ASTM D 4739-96แทนซึ่งให้ค่าความเป็นเบสต่ำกว่าเล็กน้อย หรือใช้วิธี ASTM D 4739-96ในการศึกษาเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์เดิมที่ใช้วิธีเดียวกัน

4.5.4 วิธี ASTM D 664-81 มีข้อเสียหลายประการ เช่นไม่สามารถใช้กับสารเติมแต่งที่มีสภาพเป็นเบสอ่อนแตกตัวเป็นไอออนไม่ได้ดี และตัวทำละลายที่ใช้ไม่สามารถละลายสารประกอบบางตัวที่เกิดจากปฏิกิริยาไทเทรต ที่ไปเกาะที่ขั้วไฟฟ้า ทำให้ขั้วไฟฟ้ามีประสิทธิภาพลดลง ASTMจึงได้ยกเลิกวิธีนี้แล้ว อย่างไรก็ตามอาจใช้วิธีนี้เพื่อการศึกษาเปรียบกับผลการวิเคราะห์เดิมที่ใช้วิธีเดียวกัน

4.5.5 สารเติมแต่งในปัจจุบันมักเป็นสารเติมแต่งผสมที่ประกอบด้วยสารเคมีที่มีสภาพเป็นเบสแก่แตกตัวเป็นไอออนได้ดี และสารเติมแต่งที่มีสภาพเป็นเบสอ่อนแตกตัวเป็นไอออนไม่ได้ดี ดังนั้นในกรณีที่ไม่ทราบรายละเอียดของสารเติมแต่งจึงควรเลือกใช้ วิธี ASTM D 2896-96 จะให้ค่าที่ถูกต้องและมีความเที่ยง

4.5.6 สำหรับน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วซึ่งมีสิ่งสกปรกอยู่มาก รวมทั้งยางเหนียวที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน อาจเลือกใช้วิธี ASTM D 4739-96ซึ่งมีตัวทำละลายผสมของโทลูอีน ไอโซโพรพิวแอลกอฮอล์ และคลอโรฟอร์ม ซึ่งสามารถละลายสิ่งสกปรกและยางเหนียวได้ดีไม่ให้ไปเกาะที่ขั้วไฟฟ้า

4.5.7 ในการทำสัญญาซื้อขายหรือตรวจรับน้ำมันหล่อลื่นจะต้องให้ความสนใจและระบุวิธีวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสให้ชัดเจน เนื่องจากแต่ละวิธีให้ค่าความเป็นเบสไม่เท่ากัน ส่วนค่าความเป็นเบสที่เหมาะสมจะต้องเป็นไปตามที่ผู้ผลิตเครื่องยนต์ได้ทำวิจัยและระบุสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นไว้

บทที่5 สรุป

โครงการวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงแนวทางการในการเลือกวิธีการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสให้เหมาะสมกับน้ำมันหล่อลื่น โดยเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสในน้ำมันหล่อลื่นด้วยวิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96 ศึกษาความเที่ยงของการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสของวิธีทั้งสาม รวมทั้งศึกษาความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสในส่วนของสภาพเชิงเส้นและความแม่นของวิธี ASTM D 2896-96 และนำผลจากการศึกษาพิจารณาสรุปแนวทางการเลือกวิธีการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสให้เหมาะสมกับน้ำมันหล่อลื่น

การศึกษานี้ใช้การวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสตามวิธีมาตรฐาน ASTM ที่แตกต่างกันรวม 3 วิธี วิธีแรก ได้แก่ ASTM D 664-81 ซึ่งใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ทำปฏิกิริยากับเบสในตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น และใช้ตัวทำละลายผสมของโทลูอีน กับ ไอโซโพรพิวแอลกอฮอล์ วิธีที่สอง ได้แก่ ASTM D 2896-96 ใช้สารละลายกรดเพอร์คลอริก เป็นตัวทำปฏิกิริยา และตัวทำละลายผสมของกรดแอซีติก กับคลอโรฟอร์ม วิธีที่สาม ได้แก่ ASTM D 4739-96 ใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก เป็นตัวทำปฏิกิริยา และตัวทำละลายผสมของโทลูอีน ไอโซโพรพิวแอลกอฮอล์ และคลอโรฟอร์ม ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสของน้ำมันหล่อลื่นตามวิธีASTM D 2896-96 พบว่าตัวอย่างที่เตรียมขึ้นตามสัดส่วนของสารเติมแต่งที่ผู้ผลิตสารเติมแต่งกำหนด และตัวอย่างจากการซื้อขายในท้องตลาด ทั้งหมดได้ค่าความเป็นเบสในช่วงประมาณ 9-11 mgKOH/g ซึ่งใกล้เคียงกับค่าความเป็นเบสโดยประมาณที่ผู้ผลิตระบุคือ 9-11 mgKOH/g สำหรับตัวอย่างที่เตรียมขึ้นโดยลดปริมาณสารเติมแต่งเป็นครึ่งหนึ่งพบว่าค่าความเป็นเบสที่วิเคราะห์ได้ มีค่าประมาณครึ่งหนึ่งเช่นกัน ส่วนวิธี ASTM D 664-81 และ ASTM D 4739-96ให้ค่าความเป็นเบสต่ำกว่าที่ผู้ผลิตสารเติมแต่งระบุ ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ตามวิธี ASTM D 2896-96 เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นเบสของแต่ละวิธี พบว่าวิธี ASTM D 2896-96 ให้ค่าความเป็นเบสสูงกว่าวิธีอื่นโดย วิธี ASTM D 2896-96 ให้ค่าความเป็นเบสสูงกว่าวิธี ASTM D 664-81 เฉลี่ยร้อยละ 14.3 วิธี ASTM D 2896-96 ให้ค่าความเป็นเบสสูงกว่าวิธี ASTM D 4739-96 เฉลี่ยร้อยละ 5.5 และวิธี ASTM D 4739-96 ให้ค่าความเป็นเบสสูงกว่าวิธี ASTM D 664-81

เฉลี่ยร้อยละ 8.4 ศึกษาความเที่ยงของการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบส ด้วยอัตราร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์ พบว่า วิธี ASTM D 2896-96 มีค่าอัตราร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์ต่ำสุดนั่นคือมีความเที่ยงสูงสุด โดยวิธี ASTM D 2896-96 มีค่าอัตราร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์ เฉลี่ย 1.17 วิธี ASTM D 4739-96 มีค่าอัตราร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์ เฉลี่ย 1.48 และวิธี ASTM D 664-81 มีค่าอัตราร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์ เฉลี่ย 1.78 ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ทั้งสาม วิธี ASTM D 2896-96ให้ผลการวิเคราะห์ดีกว่าวิธีอื่น จึงศึกษาความใช้ได้ของวิธี ASTM D 2896-96 พบว่าวิธีASTM D 2896-96 มีความใช้ได้ของวิธีในส่วนของสภาพเชิงเส้น โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์(R) เท่ากับ0.9997 และมีความใช้ได้ของวิธีในส่วนของความแม่น โดยมีเปอร์เซนต์รีคอฟเวอร์รีเฉลี่ย 105.4 จากผลการศึกษาทั้งหมดนำมาสรุปได้แนวทางสำหรับการเลือกวิธีวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสของน้ำมันหล่อลื่น

โครงการวิจัยนี้ทำให้ได้ความสัมพันธ์ของผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสในน้ำมันหล่อลื่น โดยวิธีASTM D664-81 ASTM D 2896-96 และ ASTM D 4739-96 ความเที่ยงของการวิเคราะห์ทั้งสาม และการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี ASTM D 2896-96 จนสุดท้ายได้แนวทางสำหรับการเลือกวิธีวิเคราะห์ค่าความเป็นเบสของน้ำมันหล่อลื่นที่มีสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆให้เหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ นางส่องแสง เลี่ยวชวลิต ผู้อำนวยการกองเคมี ที่กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของรายงานนี้ และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพ บริษัทปตท.จำกัด(มหาชน) ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานและสารเติมแต่งที่ใช้ในการศึกษานี้

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันเครื่อง. มอก.356-2529.

2. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันพื้นฐานชนิดพาราฟฟินิก. มอก. 1900-2542.

3. American Society for Testing and Materials. Standard test method for base number determination by potentiometric titration. In **Annual book of ASTM standards**: petroleum products, lubricants and fossil fuels. ASTM D 4739-96, Vol.05.01. Washington DC.: ASTM, 1997.

4. American Society for Testing and Materials. Standard test method for base number of petroleum products by potentiometric perchloric acid titration. In **Annual book of ASTM standards**: petroleum products, lubricants and fossil fuels. ASTM D 2896-96, Vol.05.01. Washington, DC.: ASTM, 1997.

5. American Society for Testing and Materials. Standard test method for neutralization number by potentiometric titration. In **Annual book of ASTM standards**: petroleum products, lubricants and fossil fuels. ASTM D 664-81, Vol.05.01. Washington DC.: ASTM, 1982.

6. Braithwaite, Eric R. **Lubrication and lubricants.** New York. Elsevier publishing company, 1957.

7. Brame, J.S.S., and King, J.K. **Fuel, solid, liquid and gaseous.** 6th ed. London: Edward Arnold Ltd.,1970.