

Test für erneuerbare Motoröle

Rick Lee¹

¹ 3895 Warren Way, Reno, NV 89509, USA

Abstrakt. Bewertung des erneuerbaren, erdölfreien Kurbelgehäuseschmiermittels von Evolve Lubricants, Inc. („Evolve Lubricants“) in Bezug auf Verschleiß unter harten Betriebsbedingungen unter Verwendung des Porsche MA203 3,0-Liter-Turbomotors und des Benzinkraftstoffs POSK E25. Der Test wurde im Auftrag der Porsche AG („Porsche“) von APL Automobil-Prüftechnik Landau GmbH, Landau, Deutschland, im Juli 2021 durchgeführt. Der einzigartige Test soll wertvolle Daten liefern, die in aktuellen ACEA-Tests nicht hervorgehoben werden. Dazu gehören die Ölalterung vor Verschleißtests, simulierte Hochleistungs- und Rennstreckenbedingungen, hohe Kolbenringnuttemperaturen, Worst-Case-Kraftstoffszenerarien für hybride Anwendungsfälle mit erheblicher Ölverdünnung und ohne Ölnachfüllung oder Revitalisierung während des Tests. Der gesamte Testablauf und die gesamte Testlänge sind Eigentum von Porsche. Die Länge und Dauer des Tests überstiegen hundert Stunden.

Schlüsselwörter: nachwachsendes Grundöl, Ölverdünnung, Viskositätsänderung

1 Evolve Lubricants, Inc. Erneuerbares Motoröl

Evolve Lubricants stellte Porsche die Evolve Lubricants, Inc. EvoSyn™ 0W 40 European Car Formula Non-Petroleum Engine Oil-Zusammensetzung zur Verfügung, die aus erneuerbaren Grundölen besteht, die durch Kohlenwasserstoffgemische mit kontrollierten Struktureigenschaften in Kombination mit Schmiermitteladditiven für hohe Leistung verkörpert werden Bedarf. Die Schmiermittelzusammensetzung bietet eine Leistung in der Beziehung der Kaltstartviskosität (CCS) vs. Noack-Flüchtigkeit, die die Bildung von Motorölen mit niedrigerer Viskosität mit verbesserten Motorverschleißergebnissen, Zuwächsen bei der maximalen Leistungsabgabe, Beibehaltung der Vorzündung bei niedriger Drehzahl (LSPI)-Prävention, die dem Porsche MA203-Turbomotor zusätzlich verbesserte Eigenschaften verleiht.

2 Testzweck

Untersuchung der Motorschmierleistung hinsichtlich Eignung für Ölwechselintervall von 30.000km/2 Jahre in einer 9A2 (MA203). Ziel ist die A40/C40-Zulassung.

2

3 Hardware testen

Der Test wird am Porsche MA203 3,0-Liter-Motor durchgeführt. Der Motor ist ein 6-Zylinder-Boxermotor mit Benzindirekteinspritzung und Turboaufladung. Zylinderinhalt: 2981 cm³, maximale Leistung: 331 kW bei 6500 U/min, maximales Drehmoment: 520 Nm bei 2200-5000 U/min.

Branchentrends bei Motorölformulierungen gehen hin zu immer niedrigeren Viskositätsregimen, um die Vorteile der Kraftstoffeinsparung zu verbessern, während gleichzeitig erwartet wird, das aktuelle oder bessere Leistungslevel beizubehalten. Da sich die Industrie jedoch zu niedrigeren Viskositäten bewegt, wird es mit der verfügbaren Erdöltechnologie schwierig oder sogar unerreichbar, einen niedrigen Ölverbrauch und eine lange Lebensdauer aufrechtzuerhalten.

3.1 Volatilität

Wenn die Viskosität der Petroleum-Motoröle verringert wird, nimmt die Flüchtigkeit zu, was zu einer erhöhten Verdampfung des Motoröls und einer erhöhten Viskosität führt.

3.2 Basisaktien

Basismaterialien (Grundöle) werden üblicherweise verwendet, um verschiedene Schmiermittel herzustellen, einschließlich Schmieröle für Verbrennungsmotoren. Fertige Schmierstoffe bestehen im Allgemeinen aus zwei Komponenten: Grundöl und Additiven. Grundöl, das aus einem Grundöl oder einer Mischung von Grundölen bestehen kann, ist der Hauptbestandteil in diesen fertigen Schmiermitteln und trägt wesentlich zu ihren Leistungen, wie Viskosität, Viskositätsindex, Flüchtigkeit und thermischer und mechanischer Stabilität, bei.

3.3 Grundstockkategorisierung

Das American Petroleum Institute (API) kategorisiert Grundöle in fünf Gruppen, basierend auf ihrem Gehalt an gesättigten Kohlenwasserstoffen, ihrem Schwefelgehalt und ihrem Viskositätsindex. Basismaterialien der Gruppen I, II und III werden hauptsächlich aus Rohöl nach umfangreicher Verarbeitung wie Lösungsmittelraffination für Gruppe I und Hydroverarbeitung für Gruppe II und III gewonnen. Bestimmte Basismaterialien der Gruppe III können auch aus synthetischen flüssigen Kohlenwasserstoffen über verschiedene Gas-to-Liquid-Verfahren (GTL) hergestellt werden und werden aus Erdgas, Kohle oder anderen fossilen Ressourcen gewonnen. Basismaterialien der Gruppe IV werden als Polyalphaolefine (PAOs) bezeichnet, die durch Oligomerisierung von Alphaolefinen wie 1-Decin hergestellt werden. Basismaterialien der Gruppe V umfassen alles, was nicht in die Gruppen I–IV gehört, wie naphthenische Basismaterialien, Polyalkylenglycole (PAG) und Ester. Die meisten Ausgangsmaterialien, die für die Herstellung von Grundmaterialien in großem Maßstab benötigt werden, sind nicht erneuerbar.

3.4 Steigende Leistungsanforderungen

Die Automobilindustrie hat Motorölen immer strengere Leistungsspezifikationen auferlegt, da gesetzlich vorgeschriebene Anforderungen für niedrigere Emissionen, längere Ölwechselintervalle und verbesserte Kraftstoffökonomie gelten. Insbesondere drängen OEMs auf die Einführung von Motorölen mit niedrigerer Viskosität wie 0W-20 bis hinunter zu 0W-8 und 0W-4, um Reibungsverluste zu verringern und Verbesserungen beim Kraftstoffverbrauch zu erzielen. Grundöle mit einem geringeren Noack-Flüchtigkeitsprozentsatz in einer Motorölformulierung können die vorgesehene Viskosität für eine längere Betriebszeit beibehalten, was zu längeren Ölwechselintervallen führt. Die Verwendung von Grundölformulierungen der Gruppe I und II in Motorölen mit einer Viskosität unter der Viskosität 0W-20 ist aufgrund ihrer hohen Noack-Prozentsätze stark eingeschränkt. Diese Formulierungen, die Öle der Gruppe I und II verwenden, können die immer strengeren Leistungsspezifikationen für Motorenöle mit weniger als 0W 20 nicht erfüllen.

3.5 Herstellungsverfahren für Öl der Gruppe III

Basisöle der Gruppe III werden fast ausschließlich aus Vakuumgasölen (VGO) durch Hydrocracken und katalytisches Entparaffinieren von Rohparaffinen hergestellt. Diese Rohparaffinen stammen aus der Lösungsmittelraffination oder katalytischen Entparaffinierung von Wachsen aus dem Fischer-Tropsch-Syntheseverfahren von erdgas- oder kohlebasierten Rohstoffen, die auch als Gas-to-Liquid-Grundöle (GTL) bekannt sind. Ihre Siedepunktbereiche sind im Vergleich zu PAOs der gleichen Viskosität typischerweise höher, was dazu führt, dass sie eine höhere Flüchtigkeit als PAOs aufweisen.

3.6 Ölherstellung der Gruppe IV

Polyalphaolefine (PAOs) werden durch die Polymerisation von Alphaolefinen in Gegenwart von Friedel-Craft-Katalysatoren hergestellt. 1-Octen-, 1-Decin- und 1-Dodecen-Moleküle werden zur Herstellung von PAOs verwendet, die einen breiten Viskositätsbereich mit unterschiedlichem Molekulargewicht und Viskosität von 2 cSt bis 100 cSt bei 100 ° C aufweisen. Die Polymerisationsreaktion wird typischerweise in Abwesenheit von Wasserstoff beendet. Die Schmiermittel werden dann poliert oder hydriert, um die Restsättigung zu verringern.

3.7 Leistungsanforderungen für erneuerbare Kohlenwasserstoffe

Übliche biologische Quellen für erneuerbare Kohlenwasserstoffe sind natürliche Öle, die kein Erdöl sind und einen hohen Gehalt an Linolsäure enthalten, die aus pflanzlicher Biomasse wie Soja-, Raps-, Erdnuss-, Sonnenblumen- und Palmöl gewonnen werden können. Aufgrund steigender Leistungsanforderungen, die die Nachfrage nach Hochleistungs-Schmierstoffbasismaterialien antreiben, besteht ein Bedarf an Hochleistungs-Kohlenwasserstoffmischungen. Die Automobilindustrie verlangt von Kohlenwasserstoff-Schmierstoffmischungen eine überlegene Noack-Flüchtigkeit, die von Evolve Lubricants Nicht-Erdöl-Motorenöle verwenden nur erneuerbares Grundöl.

4

3.8 Bedeutung von Volatilität und Noack-Scores

Die Flüchtigkeit ist ein Maß für den Ölverlust durch Verdampfung bei erhöhter Temperatur.

Die Flüchtigkeit hängt von der molekularen Zusammensetzung des Öls ab, insbesondere am vorderen Ende der Siedepunktkurve. ASTM D5800 ist die allgemein anerkannte Methode zur Messung der Flüchtigkeit in Kfz-Schmierstoffen. Das Noack-Testverfahren selbst simuliert den Verdunstungsverlust im Hochtemperaturbetrieb, wie z. B. in einem laufenden Verbrennungsmotor. Stockpunkt ist die niedrigste Temperatur, bei der eine Bewegung des Prüfkörpers beobachtet wird. Dies ist eine sehr wichtige Spezifikation, da Motoröle für den Betrieb in flüssiger Phase ausgelegt sind.

3.9 Anforderungen an die physikalischen Leistungseigenschaften diktieren das molekulare Design

Das Ergebnis ist eine präzise Kontrolle der entscheidenden physikalischen Eigenschaften zur Verbesserung der Leistung von: Viskosität, Flüchtigkeit/Dampfdruck, Gefrierpunkt (Pour Point), Tieftemperaturviskosität Brookfield (CCS), temperaturabhängige Viskosität (VI), Traktionskoeffizient und Druck Viskositätsbeziehung inhärente oder korrelierte Eigenschaften (thermisches Cp k) Dielektrikum und Stabilität (Scherung, thermisch und chemisch).

- Präzise Kontrolle über Position, Nähe und Grad der Astlänge
- Steuerung der durchschnittlichen Doppelbindungsposition durch lineare Olefine
- Dimer- und Trimerkontrolle der Alkylverzweigung
- Das Endprodukt ist eine selektive Isomerisierungs-optimierte Struktur
- Präzise Kontrolle über die Länge der linearen Oleinkette und den durchschnittlichen Verzweigungspunkt
- Oligomerisierung und Bildung von Alkylverzweigungen
- Selektive Isomerisierung und Methylverzweigungsaddition

Gleichmäßigere Schmierfilmdicken und -stärken unter einem breiteren Bereich von Betriebsbedingungen bieten leistungsfähigere Grundöle für gegebene Viskositätsgrade.

Geringere Noack-Flüchtigkeit führt zu höheren Flammpunkten als PAOs derselben Qualität mit effizienterer Wärmeübertragung, hoher Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität für ultraniedrige Viskositäten. Für Flüssigkeiten in Elektrofahrzeugen – höchster spezifischer Durchgangswiderstand und Durchschlagsfestigkeit für einen bestimmten Viskositätsgrad. Das Grundöl von Evolve von Novvi LLC hat den Umweltvorteil, dass es zu 100 % aus erneuerbarem Kohlenstoff besteht.

4 Testergebnisse

4.1 Aufweitung der Kolbenringnut Starker Oxidations- und Verschleißtest

Gealtertes Öl unter Hochleistungs-Rennstreckenbedingungen, Worst-Case-Kraftstoff E25 mit einem Siedepunkt bis 230°C, hohe Kolbenrillentemperaturen bis 280°C.

Typische Ausfälle sind gebrochener 1. Ring, übermäßiger Aluminiumverschleiß, Rillenaufweitung.

Ergebnis – Keine Probleme mit erneuerbarem Motoröl von Evolve

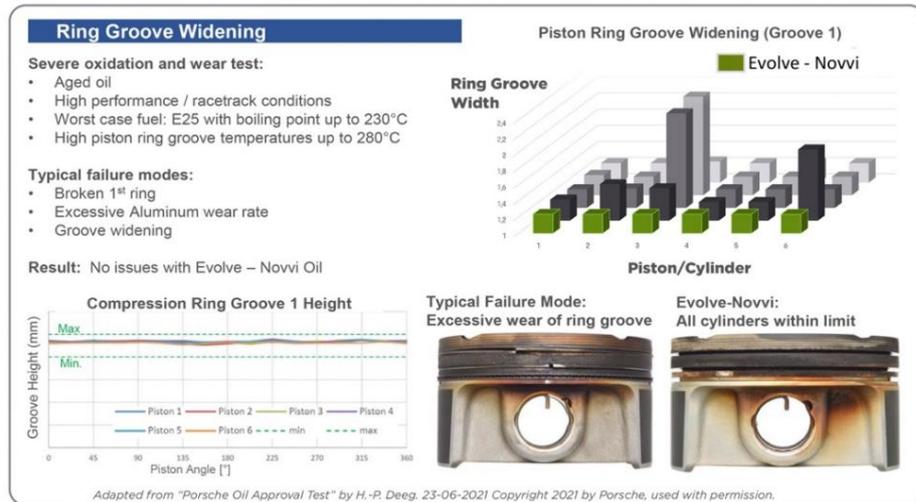


Abb. 1. Erweiterung der Ringnut. Wells, J. Novvi LLC, 2021

4.2 Ölverdünnung vs. Viskositätsänderungstest

Ursachen – höheres Drehmoment bei Nennleistung mit längerer Einspritzdauer, Kältezyklen, kurze Reichweite und Hybridfahrzeuge.

Auswirkungen – Abfall der Ölviskosität und erhöhter Verschleiß, Öloxidation/Blowby erzeugen Kolbenablagerungen, Verdünnung oder Verschlechterung des Öladditivs.

Ergebnis – Geringe Viskositätsänderung bei hoher Verdünnungsrate.

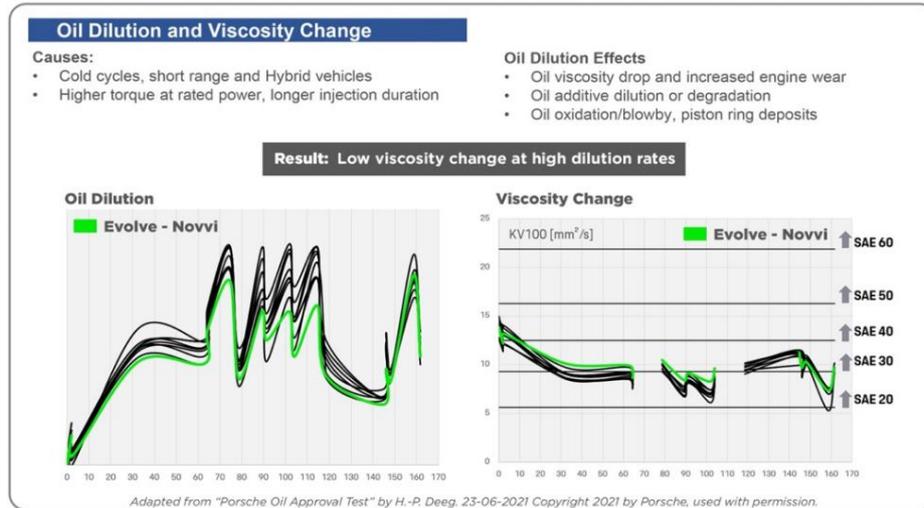


Abb. 2. Ergebnisse für Ölverdünnung vs. Viskositätsänderung. Wells, J. Novvi LLC, 2021

4.3 Kolbennut-Ablagerungstest

Ursachen: Öloxidation, Rußverschleiß oder Schäden an Kolbenringen oder Ringnuten, Kraftstoffverdünnung

Auswirkungen: Ölabbau und Verschleiß der Kolbenringe

Ergebnisse: Ölentwicklung unter Grenzwert auf allen Zylindern

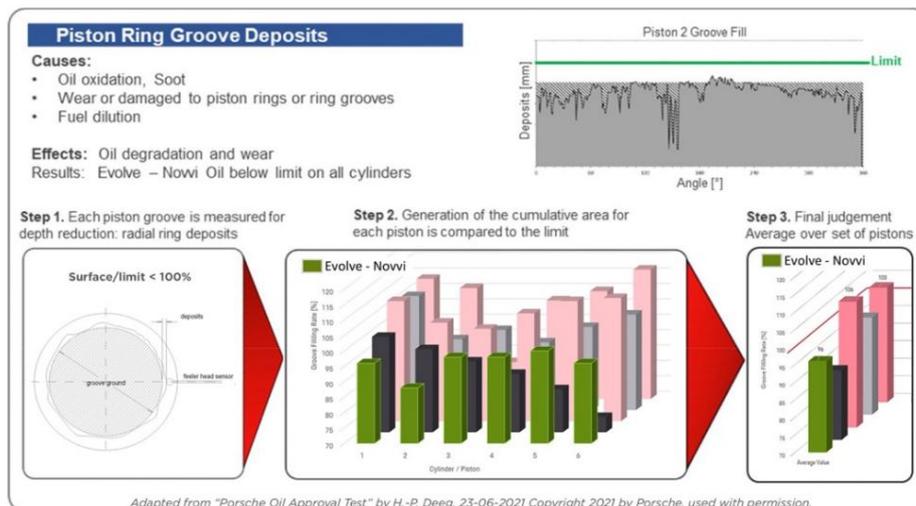


Abb. 3. Ergebnisse von Kolbenringnutablagerungen. Wells, J. Novvi LLC, 2021

4.4 Sonstige Ablagerungen und Verschleißtests

- Zylinderlaufbuchsenverschleiß – kein Schaden
- Filter blockiert Hydraulikventile – kein Schaden
- Variable Turboladerturbine klemmt – kein Schaden
- Dichtring des Turboladers klemmt – kein Schaden
- Stößeloberfläche DLC – kein Schaden
- Stößelverschleiß Auslass kleiner Hub DLC – kein Schaden
- Stößel Verschleiß Einlass großer Hub DLC – kein Schaden
- Nocken Verschleiß Auslass DLC – kein Schaden
- Nocken Verschleiß Einlass kleiner Hub DLC – kein Schaden
- Nocken Verschleiß Einlass großer Hub DLC – kein Schaden
- Festsitzen des Kolbenrings – kein Schaden

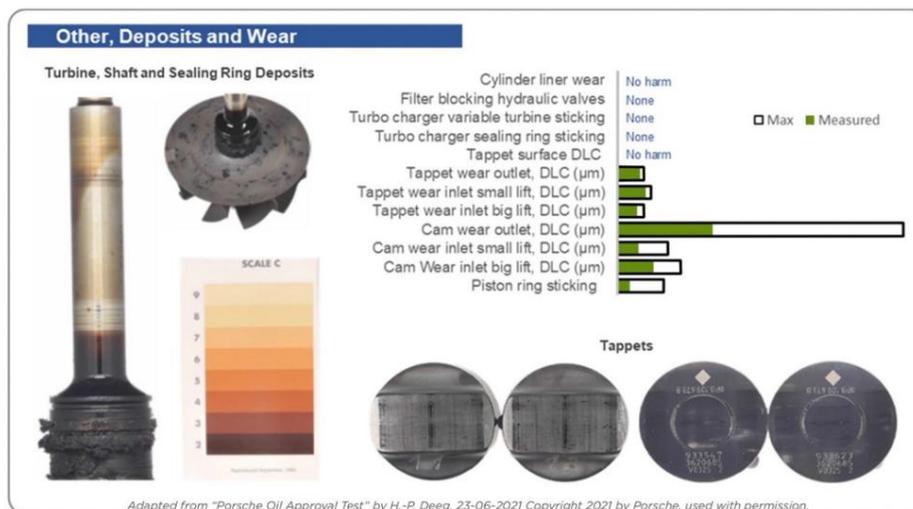


Abb. 4. Andere Ablagerungen und Verschleiß. Wells, J. Novvi LLC, 2021

4,5 PS und maximales Drehmoment für den Porsche MA203

Die veröffentlichte (MAX) Pferdestärke für diesen Motor auf der Porsche-Website beträgt 443 PS (6500 U / min).

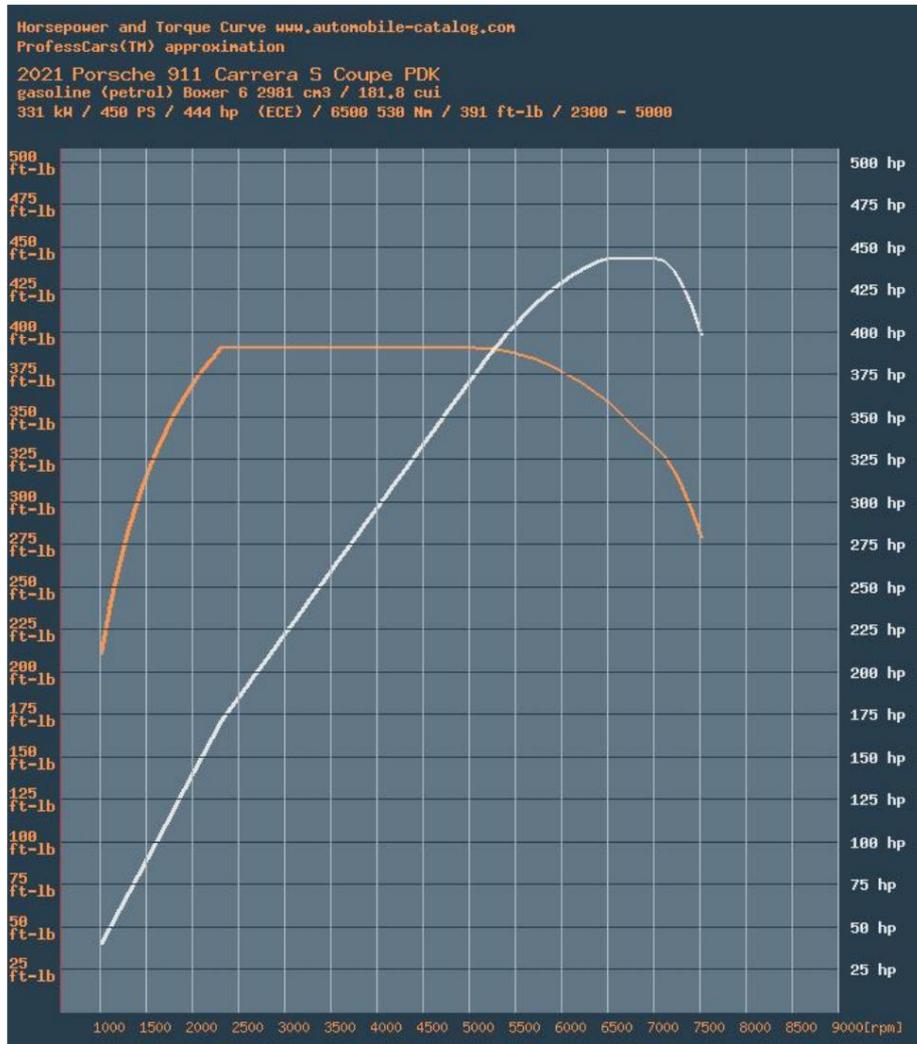


Abb. 5. PS und Drehmoment des Porsche 911 Carrera S Coupé PDK von 2021

Testergebnis – Die maximale PS-spezifische Vollast-Leistungskurve @SoT Evolve Renew
 fähig 0W-40 Referenz 156 071 0210025 Test ist 455 PS (7.000 U / min).

Eine positive Abweichung von 12 PS.

4.6 Verlängertes Ölwechselintervall von Evolve Renewable Engine Oil

Fortschrittliche Ölformulierungen haben es der Industrie ermöglicht, große Fortschritte bei der Verlängerung der Ölwechselintervalle zu machen. Die Öle CK-4 und CK-4 Plus, die in vor 2007 hergestellten Dieselmotoren verwendet wurden, hatten einen erheblichen Einfluss. Obwohl viele der Meinung waren, dass dieser Fortschritt gefährdet wäre

Durch die später eingeführten CJ-4-Öle mit einer niedrigeren Ausgangsbasiszahl (BN) ermöglichte die bessere CJ-4-Additivtechnologie vielen Flotten, die Ölwechselintervalle noch weiter zu verlängern.

Während die Flüssigkeitsanalyse der beste Weg ist, um sicher ein optimales Ölwechselintervall zu bestimmen, sollten die entsprechenden Tests von einem seriösen Labor durchgeführt werden, das zuverlässige Testmethoden anwendet.

Zur sicheren Verlängerung der Ölwechselintervalle des Motors sind folgende Tests erforderlich:

- Elementare Analyse
- Metalle tragen
- Fremdmetalle
- Zusatzmetalle
- Prozentsatz der Kraftstoffverdünnung durch Gaschromatographie
- Rußprozentsatz durch Fourier-Transformations-Infrarot (FTIR)-Spektroskopie
- Viskosität bei 100 Grad Celsius (ASTM D-445)
- Wasser durch Knistern
- BN ASTM D-4739
- Oxidation/Nitrierung durch FTIR

In der Vergangenheit erforderten Standardpraktiken zur Bestimmung optimaler Ölwechselintervalle unter Verwendung von Fluidanalysen das Testen des Öls auf Basenzahl (BN) und Säurezahl (AN). Die Theorie war, dass die BN eines Öls im Neuzustand hoch und die AN niedrig ist; und je länger das Öl verwendet wird, nimmt BN ab, während AN zunimmt. Der Punkt, an dem sie sich treffen, ist der optimale Zeitpunkt für den Ölwechsel. Es ist wichtig zu beachten, dass ASTM D-4739 verwendet werden sollte, wenn die BN von gebrauchten (im Betrieb befindlichen) Ölen getestet wird, im Gegensatz zu ASTM D-2896, das zum Testen von BN in neuen Ölen verwendet werden kann. ASTM D-4739 verwendet eine schwächere Säure für die Titration als ASTM D-2896 und erzeugt daher etwas niedrigere BN-Ergebnisse.

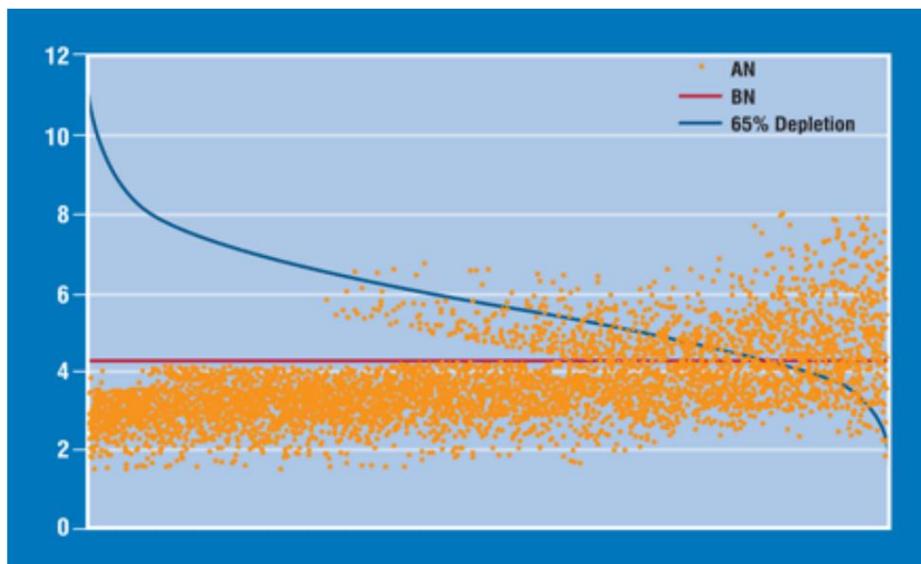


Abb. 6. Bestimmung optimaler Ablassintervalle anhand der Säurezahl (AN)

Historische Testdaten zeigen, dass die Beziehung zwischen BN und AN recht konsistent ist. AN beginnt erst zu steigen, wenn die BN-Verarmung 50 Prozent erreicht. Wenn die BN unter 50 Prozent fällt, beginnt AN schnell anzusteigen. In Wirklichkeit kann die BN-Verarmung also etwa 65 Prozent erreichen, bevor ein Ölwechsel erforderlich wird.

Betrachten Sie ein CJ-4-Motoröl mit einer Anfangs-BN von 9,0. AN wird konstant bei etwa 1,75 bis 2,0 bleiben, bis BN auf etwa 5,5 abfällt, an welchem Punkt AN zu steigen beginnt. Die beiden treffen sich gegen 3.15 bis 3.5. Infolgedessen benötigen die meisten Labors nicht sowohl eine AN als auch eine BN, um erweiterte Drainageempfehlungen zu geben.

Tabelle 6 zeigt BN/AN-Testergebnisse für eine Flotte von mehr als 450 Pick-up-/Lieferwagen. AN bleibt stabil, bis die BN von 12 auf etwa 6 abnimmt. Die beiden treffen sich bei einer Abreicherung der BN zwischen 50 und 65 Prozent. Die AN ist signifikant höher als die BN, nachdem die BN eine 65-prozentige Erschöpfung erreicht hat, was darauf hinweist, dass die Fähigkeit des Öls, Säuren zu neutralisieren, signifikant abgenommen hat. Das Öl sollte gewechselt werden, um korrosiven Motorverschleiß zu vermeiden.

Die gleichzeitige Überwachung von BN, Viskosität, Oxidation und Nitration und der Wechsel von Öl und Filtern, wenn die Verschmutzung durch Schmutz, Kühlmittel, Kraftstoffverdünnung oder Ruß kritische Alarmgrenzen erreicht, ist letztendlich der beste Weg, um unabhängig von der Zeit optimale Motorölwechselintervalle zu bestimmen Öl.

Das Evolve-Motoröl hat eine anfängliche TBN von 7. Evolve Lubricants kann die Intervalle mit der oben beschriebenen grundlegenden Testmethodik verlängern. Der beschleunigte Oxidationstest zur Bestimmung der Zeit bis zum Bruch der Mine ist ein proprietärer Test, der mit proprietären Testgeräten von Novvi durchgeführt wird. Methodik, Parameter und Daten wurden von Porsche akzeptiert. Die Tests überschreiten die derzeit bekannten Stunden für Oxidationstests.

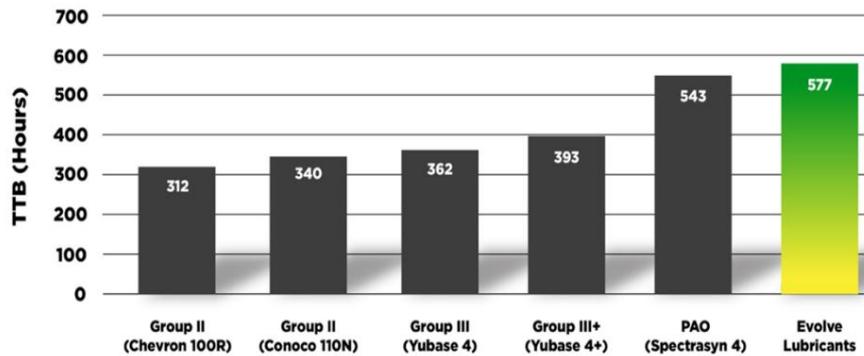


Abb. 7. Beschleunigter Oxidationstest. Wells, J. Novvi LLC, 2021

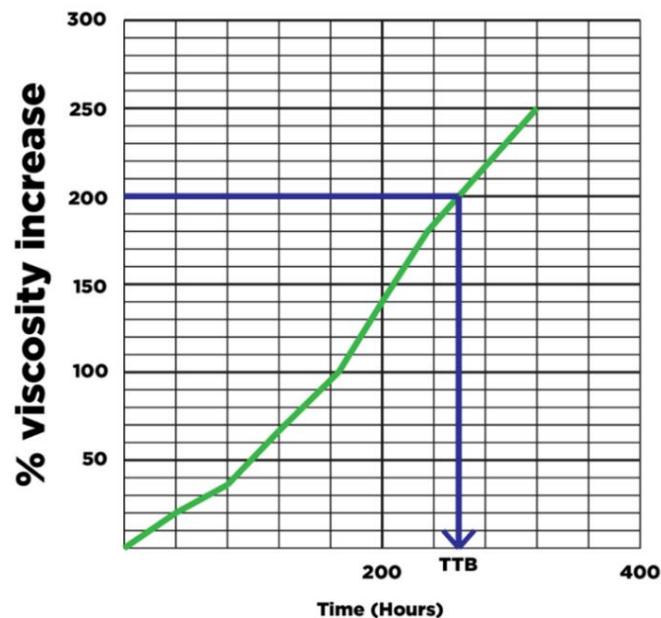


Abb. 8. Zeit bis zum Bruch vs. % Viskositätserhöhung. Wells, J. Novvi LLC, 2021

5 Zusammenfassung

Wenn Energie durch eine Flüssigkeit übertragen wird, kommt es zu einer intermolekularen Wechselwirkung. Die Wärmeübertragung erfolgt durch den Austausch kinetischer Energie, aber der primäre Modus der Wärmeübertragung ist die Leitung durch das Kohlenstoffgerüst des Moleküls. Es wurde festgestellt, dass die Energie effizienter über die Kohlenstoffbindungen übertragen wird, je länger die Kohlenstoffkette (oder linearer) ist.

12

Wenn Sie ein längeres Rückgrat oder eine längere kontinuierliche Kohlenstoffkette haben können, ermöglicht dies insofern eine viel höhere Wärmeleitfähigkeit. Bei PAOs oder einer anderen gegebenen Molekülstruktur erzeugen Gewichtszunahmen des Kohlenwasserstoffs eine Zunahme der Wärmeleitfähigkeit.

Wenn Sie die Verzweigung reduzieren und die Linearität eines reinen Paraffins erhöhen, hat es eine viel höhere Wärmeleitfähigkeit als ein verzweigtes Molekül. Es gibt einige zusätzliche Komplikationen aufgrund der Änderung der Dichte, aber im Fall von Evolve Lubricants liegen die Dichten sehr nahe beieinander.

Der primäre Mechanismus, durch den Evolve die Wärmeleitfähigkeit in seinen Grundölen beeinflusst, ist die durchschnittliche Länge des Kohlenstoffgerüsts und die Wärmekapazität. Dies ist eine Funktion der Freiheitsgrade des Moleküls. Diese Moleküle können Energie auf viele Arten speichern, und das lässt sich anhand der Molekulardynamik und Ansätze zur Modellierung dieser Moleküle erkennen, was ein gut verstandener Trend ist.

Es ist logisch, dass ein Motorenöl, das vollständig aus erneuerbarem Grundöl hergestellt wird, einem herkömmlichen Motorenöl auf Mineralölbasis in Bezug auf die Beständigkeit gegen Säurebildung überlegen ist. Erdölbasisöle enthalten beträchtliche Mengen an Schwefel. Schwefel wird leicht in Schwefeldioxid und -trioxid umgewandelt, die sich wiederum leicht durch Kondensation verbinden, um Schwefelsäure zu bilden. Daraus folgt, dass Öl, das schwefelfrei produziert wurde, später keine Schwefelsäure bilden kann.

Die Verwendung von Basisöl aus erneuerbaren Kohlenwasserstoffen kann zum Schutz vor Graufleckigkeit beitragen, ohne andere Verschleiß- und Schmiereigenschaften zu beeinträchtigen, und bietet gleichzeitig eine hervorragende Schaumkontrolle, einen guten Korrosionsschutz und eine Kompatibilität mit Dichtungsmaterialien.

Verweise

1. Porsche AG Oil Performance Test - APL Projekt-Nr. 156 071 0210025 Porsche MA203 3,0-Liter-Ölleistungstest
2. US-Patentanmeldungsveröffentlichung Pub. US 2021/0047577 A1 Chevron USA Inc. Pub. Datum 18. Februar 2021
3. Polaris Laboratories, Maschinenschmierung, März 2019
4. Race Engine Technology Ausgabe 124, 133 Autor Wayne Ward, Rick Lee