



## Technisch Rapport

Door C.D. Pascoe

Polytetrafluorethyleen (PTFE) werd ontdekt in 1938. Sindsdien heeft het langzaam een reputatie gekregen als smeermiddel van bijzondere waarde, en als additief voor conventionele smeermiddelen. Vanaf het ogenblik dat er nieuwere vormen PTFE werden ontwikkeld, is het aantal toepassingen enorm verhoogd. In dit artikel wordt een opsomming gegeven van de resultaten van de uitgebreide testen die het laatste decennium plaats gevonden hebben, en worden de talloze voordelen en toepassingen van PTFE als smeermiddel besproken

### TEGENSTELLING

PTFE wordt al vele jaren gebruikt als slijtage en wrijving verminderend additief, aanvankelijk in smeervetten maar later ook in versnellingsbak en motoroliën. In de 70 er jaren was zeer weinig bekend over de prestatie en eigenschappen van PTFE. In dit artikel worden zowel de resultaten van tribologische als praktijk testen besproken die hebben geleid tot de ontwikkeling van een uitgebreid gamma producten. Test resultaten in verband met effecten op slijtage, smeereigenschappen (hydrodynamisch tot zijn begrenzing), cilinder druk en de effecten bij schadelijke uitlaatgassen.

### INLEIDING

In de 70 er jaren begon PTFE een reputatie op te bouwen als smeermiddel. Gebrek aan kennis en gepaste vormen en grootte van PTFE poeder droegen niet bij aan een positieve reputatie. Verscheidene producenten van additieven, met uitzonderlijk beperkte technische achtergrond creëerden producten van bedenkelijke kwaliteit, zeker als de prestatie van deze producten werd vergeleken met de beloofde voordelen

Destijds en eigenlijk zelfs heden, zijn er nog verschillende producenten van PTFE additieven er niet in geslaagd om op een bevredigende manier PTFE zwevend te houden (colloïdale dispersie) in het gastvloeistof. Nu, als resultaat van uitgebreid onderzoek naar het gedrag van PTFE, plus de beschikbaarheid van aangepaste vorm en grootte van PTFE is het mogelijk om de gewenste colloïdale dispersie te bekomen die vereist is om gebruikt te kunnen worden als additief voor conventionele smeermiddelen

PTFE heeft de laagste wrijvingscoëfficiënt van alle vaste stoffen, 0,016 – 0,02. >Dit uitzonderlijk kenmerk heeft de moed gegeven om te blijven onderzoeken naar de mogelijke voordelen die kunnen verkregen worden door het gebruik. Vergeleken met andere gemeenschappelijke vaste smeerstoffen heeft PTFE begeerde eigenschappen zoals; het is inert, het is niet toxisch en het bezoedelt niet. Het heeft een uitgebreid temperatuurbereik van  $-250^{\circ}$  tot  $260^{\circ}$ . Hierdoor heeft het een waaier van toepassingen zelfs in de voeding. Als smeerstof is het uitstekend als droogsmering en is veel gebruikt in smeervetten, versnellingsbakolie, wapenolie en sinds enkele jaren in motorolie. Wereldwijd aanvaarde tribologische testmethoden zijn ontplooid om evaluatie en meting te doen van vermindering van wrijving en slijtage, bekomen door PTFE smeermiddelen.

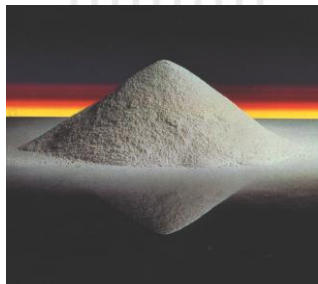
### VIER BOLLEN EXTREME DRUK TEST

Een van de testen gebruikt voor vergelijkbare evaluatie van belasting is de vier Bollen Extreme Druk Test. De bedoeling van de test is de belasting dragende eigenschappen te beoordelen van een smeermiddel en wordt gemeten in kilogram. Een illustratie van de test is duidelijk weergegeven in bijvoegsel fig1

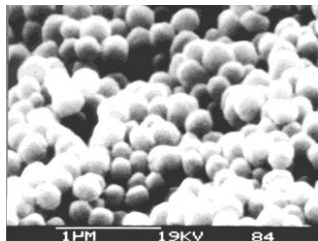
Drie acht inch carbon staal kogellagers worden gebruikt in de Vier Bollen test om de Load Wear Index (LWI) vast te stellen wat een relatieve meting bezorgt van een bepaald smeermiddel om slijtage te voorkomen.

In dit geval zijn drie verschillende smeervetten onderworpen aan de Vier Bollen slijtage test, ze voldoen alle drie aan de eisen van de USA militaire specificaties MIL-G-10924. Het eerste staal bevat geen PTFE (in overeenkomst met de vereiste specificaties) werd vastgesteld dat het een LWI heeft van 26.

De twee resterende stalen waren beiden met PTFE vermengd en toonden een gemiddelde van 57.9. Bovendien, vertoonde deze een verbetering van 100% meer stabiliteit tegen oxidatie



Ruwe PTFE deeltjes



PTFE deeltjes



PTFE deeltjes op rode bloedcel om de grootte van de PTFE te tonen

### PIN EN PLAAT TEST

De pin en plaat machine toonde duidelijk een enorme vermindering in slijtage aan (aanhangel figuur 2). Het smeermiddel dat aanvankelijk werd getest was Shell Vitrea 100 en in de tweede test werd een kleine hoeveelheid fijn zwevend PTFE toegevoegd.

De test installatie bestaat uit een bronzen pin die tegen een roterende stalen plaat drukt. Beiden werden ingesmeerd met het smeermiddel dat wordt getest

Gedurende de eerste 60 minuten van de test wordt de druk op de pin stelselmatig verhoogd van 0 tot 100N Gedurende de volgende 21 uren van de test blijft de druk op de pin constant op 100N. De glijdende snelheid is constant 0.008 meter per seconde. De slijtage wordt berekend door het meten van de lengte van de pin. Zoals u kunt zien, werd een belangrijke vermindering in slijtage vastgesteld.

### PTFE EN GRENSSMERING

Waarschijnlijk het meest interessant onderzoek is het vaststellen van het effect van smeermiddel vermengd met PTFE ten opzichte van de grenssmering.

Bijvoegsel figuur 3 toont de "overgangszone van smering" welke wrijving en slijtage in functie van belasting en snelheid aantoont. Het diagram toont drie sectoren, A, B en C, welke gescheiden zijn door twee overgangslijnen. De sectoren zijn bekend en te onderscheiden door de wrijvingscoëfficiënt en de slijtage.

A. **HYDRODYNAMISCHE SMERING** is de laagste sector en heeft plaats als de oliefilm de metaaloppervlakken van elkaar scheidt. De wrijvingscoëfficiënt is laag ( $f=0.05-0.1$ ) en slijtage is hierdoor vrijwel onbestaande

B. **GRENSSMERING** ontstaat wanneer het contact van metaal op metaal en wrijving en slijtage worden na een aanvankelijk periode van hoge wrijving ( $f=0.25-0.45$ ) zakt de wrijvingscoëfficiënt naar ( $f=0.10-0.15$ ). slijtage is drie maal meer dan in sector A

C. **VASTLOPEN** is het resultaat als een geen oliefilm meer is tussen de twee oppervlakken door toedoen van de zware belasting. Wrijving is hoog ( $f=0.35-0.45$ ) en slijtage neemt enorm toe.

De opgezette testen bevestigen dat kleine hoeveelheden PTFE toegevoegd aan smeerolie de maximaal haalbare belasting verhoogt in verband met de grenssmering van A tot B en had geen invloed op de grenssmering van B tot C (bijvoegsel figuur 4). De mogelijkheid dat de grenssmering bereikt wordt is opmerkelijk vermindert door toevoeging van een kleine hoeveelheid PTFE aan smeerolie.

Gelijkaardige testen waarbij kleine hoeveelheden PTFE werd toegevoegd aan EP olie vertoonden dezelfde resultaten aangaande restsmering van A tot B. Meer dan 50% vermindering aan slijtage werd waargenomen.

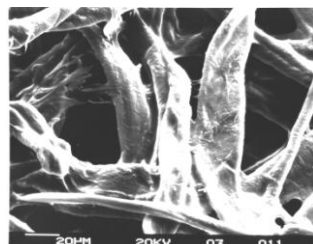
De getoonde resultaten in het "overgangszone van smering" diagram zijn in overeenstemming met de "pin en stalen plaat" testresultaten welke uitgevoerd werden in de buurt van de grenssmering (sectie B) en de toevoeging van een kleine hoeveelheid PTFE kan overgaan naar hydrodynamische smering (sectie A) waardoor wrijving en slijtage aanzienlijk verminderen

### CILINDER DRUK

Ontelbare testen tonen aan dat toevoeging van kleine hoeveelheden PTFE aan gebruikelijke motoroliën een opmerkelijke verhoogde cilinderdruk geven, voornamelijk in gevallen waar de testmotoren matige slijtage vertoonden. De theorie om deze bevindingen te staven is dat onderdruk werd verminderd doordat de zuigerveren beter gaan afdichten omdat ze de oneffenheden in de cilinderwand beter kunnen volgen. Hoge temperaturen op de zuigerveren en beperkte olie aanvoer in de zuigerveergroeven bevordert grenssmering. Tekenen van "stic-slip" ontstaat in de zuigerveergroeven als resultaat van vibraties van de zuigerveren. Kleine hoeveelheden PTFE verminderen zowel de grenssmering als de "stick-slip", bijgevolg zorgt het er voor dat de zuigerveren zich aanpassen aan de oneffenheden van de cilinderwand gedurende de zuigerwerking. Bijvoegsel Tabel 1 toont de testresultaten die werden genomen van een zes cilinder Ford motor.

### PTFE EN UITLAATGASSEN

Bij verhoogde cilinderdrukken, voornamelijk bij motoren met matige slijtage, worden schadelijke uitlaatgassen vermindert. Hydrocarbon (HC) uitlaatgassen van een vier wiel aangedreven vrachtwagen zijn in kaart gebracht in bijvoegsel Figures 5 en 6. Er werd vastgesteld dat de HC uitlaatgassen in de controle curven zowel onder zware belasting als onder lage belasting hoger waren. De HC uitlaatgassen waren aanzienlijk lager na toevoeging van smeermiddel dat PTFE bevatte. Gelijkaardige resultaten werden vastgesteld in de vermindering van carbon monoxide (CO).



Filtermateriaal



### PTFE RESTSMERING IN MOTOREN

Producenten van olie additieven die PTFE bevatten beweren in veel gevallen dat een langdurige smering is ontstaan doordat PTFE zich geïmpregneerd heeft in de poriën van het metaal van alle wrijvende delen. Sommige beweren een langdurige coating te verschaffen die de ganse levensduur van de motor stand houdt. Anderen beweren dat de coating blijft van 80.000 tot 160.000 km. Er is nooit een formele testprocedure toegestaan om de levensduur van beweerde blijvende PTFE coating te bevestigen. Er is echter voldoende bewijsmateriaal om te zeggen dat er een blijvend effect is.

Nulon Products heeft bij verschillende gelegenheden met een voertuig lange afstanden gereden zonder de smerende eigenschappen van motorolie. Elk van deze evenementen zijn nauw op de voet gevolgd en onderzocht door hoog aangeschreven organisaties. In elk van deze gevallen werden de motoren gedurende 5.000 km behandeld met een dosis smeermiddel met PTFE alvorens de olie werd afgelaten. De voertuigen hebben daarna afstanden gereden van 500 km tot in andere gevallen 1.000 km.

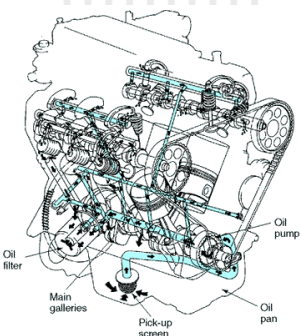
In 1983 werd er 1.031 km gereden met een Holden Commodore van Sydney tot Melbourne zonder olie in de carter. Gedurende de ganse tijd brandde het lampje van de olie en de oliedrukmeter gaf geen druk aan. Nulon heeft zulke demonstraties 6 maal gedaan. Om de beweringen van een blijvende PTFE coating op de wrijvende oppervlakken in een motor te bewijzen, heeft Nulon precies dezelfde werkwijze gevolgd uitgezonderd de behandeling met PTFE. In elk van de testen liepen de lagers vast binnen de 5 km.

### CONCLUSIE

Niettegenstaande dit document kort is, toont het aan dat er aanzienlijk wat testen gedaan werden die duidelijk aantonen dat er betekenisvolle voordelen worden verworven door toevoeging van kleine hoeveelheden colloïdale PTFE aan gebruikelijke smeeroliën en het is voor de hand liggend dat er oneindig veel toepassingen te vinden zijn. Recent werden uitgebreide testen uitgevoerd bij een belangrijke Europese voertuigen constructeur en voorlopige resultaten bevestigen veel van de hierboven vernoemde vaststellingen met in acht name van het potentieel van PTFE als een bijdrage aan een uitgebreid gamma smeertoepassingen.

### Referenties

1. **Bauccls M.L. Research and Development with Polytetrafluorethyleen (PTFE) In Automotive Lubricants**
2. **Horsmans J. New Developments In PTFE Additives for Lubricating Oils**



Smeersysteem



Holden Commodore

| Cilinder | Basistest                |                                 | Testen met PTFE |                                 | Verbetering met PTFE |                                    |
|----------|--------------------------|---------------------------------|-----------------|---------------------------------|----------------------|------------------------------------|
|          | Oorspronkelijke Druk PSI | Tolerantie voor 95% betrouwbaar | Gemeten druk    | Tolerantie voor 95% betrouwbaar | Winst %              | Overzicht (%) voor 95% betrouwbaar |
| 1        | 145.6                    | ±3.62                           | 158.0           | ±2.94                           | ±8.52                | +3.91 tot +13.35                   |
| 2        | 149.8                    | ±4.95                           | 164.4           | ±2.17                           | ±9.75                | +4.48 tot 15.37                    |
| 3        | 146.8                    | ±3.01                           | 161.0           | ±4.16                           | ±9.67                | +4.69 tot +14.86                   |
| 4        | 154.0                    | ±4.60                           | 165.4           | ±5.52                           | ±7.4                 | +0.81 tot +14.40                   |
| 5        | 153.2                    | ±2.67                           | 163.6           | ±2.11                           | ±6.79                | +3.61 tot +10.08                   |
| 6        | 142.4                    | ±4.00                           | 155.4           | ±4.45                           | ±9.13                | +3.11 tot 15.50                    |

Tabel Nr. 1 Statistieken compressietest





### DETAILED FOUR-BALL APPARATUS ILLUSTRATION

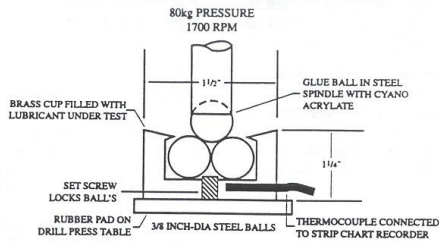


Fig 1: Detailed Four-Ball Apparatus Illustration

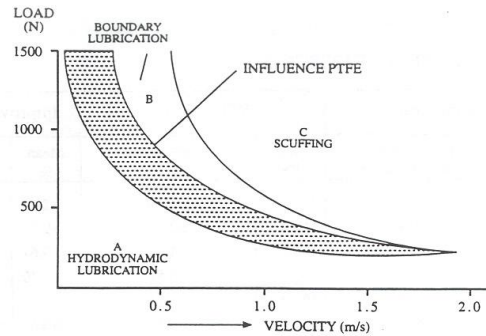


Figure 4: Influence of PTFE on Transition Levels

### Test Method: PIN & DISC Machine

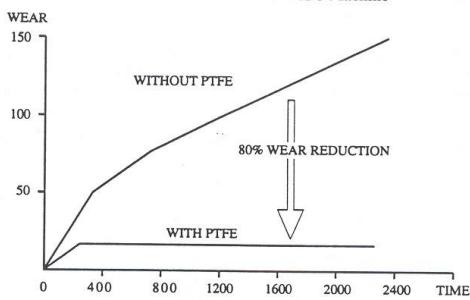


Figure 2: Wear reduction

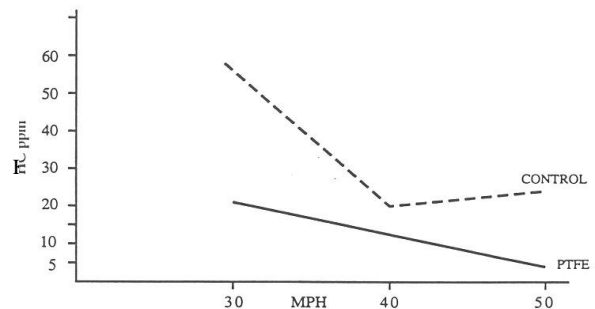


Figure 5. Hydrocarbon (HC) emission results for a four-wheeler truck under load (high power) operation.

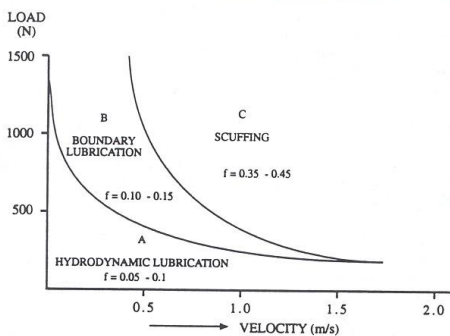


Figure 3: Lubrication Zone Transition

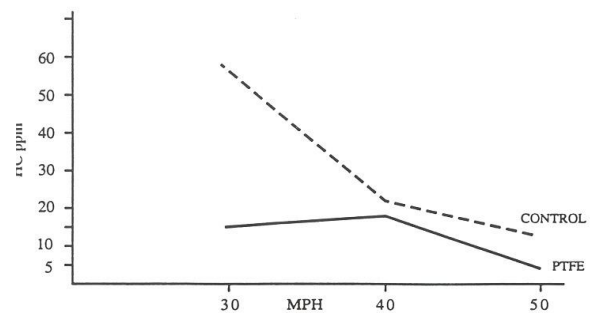


Figure 6. HC emission levels for a truck under low load (low power or idle) levels.

Mocht iemand van onze waardevolle klanten verlangen om meer technische, onbevooroordeelde informatie over dit onderwerp, zijn zij steeds welkom te schrijven of te telefoneren naar

Phone: +61 2 9450 1791  
 Fax: +61 2 9450 2448  
 Website: [www.nulon.com.au](http://www.nulon.com.au)  
 Email: [technical@nulon.com.au](mailto:technical@nulon.com.au)  
 Nulon Products Australia Pty Ltd  
 Unit 1, 4 Narabang Way  
 BELROSE NSW  
 AUSTRALIA 2085

Tel : +32 3666.3711  
 Fax: +32 3666.3713

Email: [nulonbnl@skynet.be](mailto:nulonbnl@skynet.be)  
 Nulon Benelux cvba  
 Foxemaatstraat 120  
 2920 Kalmthout  
 Belgium