4.14.16 Smeermiddelen

Algemeen

Een juist inzicht betreffende de eigenschappen van smeermiddelen, alsook de daaraan te stellen eisen, is voor de gebruiker van een stoomgemaal van groot belang. Men onderscheidt vaste, half-vaste en vloeibare smeermiddelen. Van grote betekenis zijn in het kader van deze leidraad de vloeibare smeermiddelen of smeeroliën voor cilindersmering.

Het doel van smeermiddelen is de wrijving tussen twee oppervlakken te verminderen. Tevens wordt in een groot aantal gevallen de door de wrijving opgewekte warmte zoveel als mogelijk afgevoerd. De meest ideale situatie is dat de twee oppervlakken elkaar zelf niet raken, maar gescheiden worden door een laagje (film) van de gebruikte olie of vet. In het smeermiddel zijn de delen, waaruit het bestaat, gemakkelijk ten opzichte van elkaar verschuifbaar. De daarbij optredende weerstand noemen we inwendige wrijving. Hoe dunner vloeibaar de gebruikte olie, des te kleiner is de inwendige wrijving. Dit is echter geen maatstaf voor een goede olie. De olie of ander smeermiddel moet namelijk ook aan de te smeren vlakken hechten. De adhesie zoals dat genoemd wordt moet zo groot zijn dat deze ook blijft bestaan bij de optredende drukken tussen de glijvlakken. In het algemeen kan men daarom de volgende eisen aan een smeermiddel stellen:

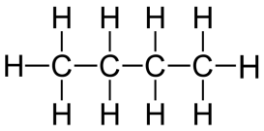
- Het klevend vermogen of adhesie tussen smeermiddel en oppervlak moet groot genoeg zijn om een voldoend sterke smeerfilm op te kunnen bouwen;
- Het klevend vermogen of cohesie van het smeermiddel moet zo gering als mogelijk zijn om de verliezen als gevolg van de inwendige wrijving te beperken;
- Het smeermiddel moet gekozen worden overeenkomstig de temperatuur waarbij het werkelijk smeren moet. Men moet hierbij letten op de mindere of meerdere vloeibaarheid (viscositeit) en de vlaktedruk.
- Het smeermiddel moet zoveel mogelijk onveranderlijk zijn tijdens gebruik

Met betrekking tot het toe te passen smeermiddel bij stoommachines wordt onderscheid gemaakt tussen de onderdelen die met de hete stoom in aanraking komen en de onderdelen die aan normale temperaturen worden bloot gesteld. De te gebruiken smeerolie voor de cilinders moet bestand zijn tegen de hoge temperaturen van de verschillende onderdelen en de aanwezigheid van water. Dat betekent dat de toegepaste smeerolie niet mag verbranden, niet te dun vloeibaar mag worden en bij hergebruik van het condensaat zich slechts in een bepaalde mate mag vermengen met water. Kortom de essentiële smeereigenschappen mogen niet verloren gaan. In het verleden maakte men gebruik van een mengsel van dierlijke-, plantaardige- en minerale oliën, beter bekend als compoundoliën. Dierlijke vetten, zoals talk gewonnen uit karkassen van dieren, vormen een uitstekende smeerfilm in de aanwezigheid van water. De onhebbelijkheid is dat ze emulgeren met het condensaat waardoor het moeilijker is ze hier weer aan te onttrekken hetgeen bij hergebruik van het condensaat van essentieel belang is. Tegenwoordig kunnen door toevoegingen of dopes aan minerale oliën de smeereigenschappen van compoundoliën worden geëvenaard. Moderne smeermiddelen voor de cilinders van stoommachines zijn bijna zonder uitzondering uit gedoopte minerale oliën samengesteld. De relatief koude machine-onderdelen worden met een andere soort minerale olie gesmeerd.

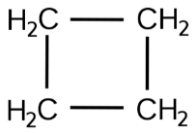
Minerale smeerolie

Minerale smeerolie wordt vervaardigd uit aardolie. Deze oliën zijn mengsels van koolwaterstoffen. Het betreft in hoofdzaak de alkanen ("paraffinen") met de structuurformule $C_n H_{2n+2}$, waarbij de atomen zich ketting-vormig tot moleculen verenigen, en cycloalkanen ("naftenen") met de structuurformule $C_n H_{2n}$, waarbij de atomen in het molecuul cyclisch zijn gebonden. Beide soorten verbindingen hebben 15 tot 40 koolstofatomen.

Van het gas Butaan wordt hieronder als voorbeeld zowel de kettingvormige als de cyclische molecuul-structuur weergegeven. Hierbij wordt opgemerkt dat hoe hoger het koolstofgehalte van de olie hoe hoger het soortelijk gewicht.



Molecuulstructuur Butaan



Molecuulstructuur Cyclobutaan

Niet alle ruwe aardoliën vormen overigens een geschikte grondstof voor de bereiding van een goede kwaliteit smeerolie. De aardolie uit Pennsylvania leent zich hier bijvoorbeeld beter voor dan die bij-bijvoorbeeld uit Californië. De minerale smeeroliën moeten in alle gevallen na haar bereiding aan een grondige raffinage onderworpen worden. Zij bevatten, ook bij toepassing van het destillatieproces, nog een aantal onstabiele koolwaterstoffen, die aanleiding kunnen geven tot kwaliteitsvermindering door uitwendige oorzaken. Deze onstabiele bestanddelen worden tijdens het raffineren verwijderd met behulp van zwavelzuur, soda en water alsmede door filtratie. Te ver doorgevoerde raffinage kan echter ook schadelijk werken op de uiteindelijke kwaliteit van de olie, doordat er door dit proces ook waardevolle bestanddelen verwijderd worden en verloren gaan.

De smeeroliën worden naar gelang van de grondstof, bereid volgens de volgende twee verschillende processen:

- Bij het destillatieproces worden de oliën van verschillend kooktraject achtereenvolgens verkregen uit de ruwe grondstof. De distillatie moet geschieden bij relatief lage temperaturen, dus bij lage drukken of onder vacuüm, teneinde niet door te sterke verhitting de moleculen te beschadigen.
- Volgens het tweede proces worden eerst de lichte bestanddelen, gas en brandstoffen af gedestilleerd en vervolgens wordt uit het residu de smeerolie bereid

De uiteindelijk in de handel gebrachte smeerolie is in de regel een mengsel van beide soorten. Bij de bereiding van smeerolie ontstaat niet één enkel product, doch een groot aantal soorten met verschillende eigenschappen. Daarenboven verschillen de eigenschappen van de smeeroliën tussen de verschillende merken.

Het voordeel van de minerale olie boven de in het verleden toegepaste plantaardige- en dierlijke oliën is dat ze te leveren is voor veel hogere maar ook lagere temperaturen. Vervolgens wordt zij niet ranzig, zodat men geen last heeft van vetzuren die sommige metalen aantasten.

Plantaardige en dierlijke oliën

De plantaardige en dierlijke smeeroliën bevatten, in tegenstelling tot de minerale, een groot aantal weinig stabiele bestanddelen. Zij zijn sterker onderhevig aan oxidatie, waarbij zich vetzuren vormen die blanke machinedelen doen roesten. De oxidatie wordt daarbij bevorderd door hoge drukken en temperaturen. Wordt de olie in geforceerde smeersystemen toegepast dan neemt het zuurgehalte toe, de kleur wordt donkerder, het soortelijk gewicht en de viscositeit stijgen en het smerend vermogen neemt af. Verder vormen plantaardige en dierlijke oliën gemakkelijk emulsies (verbindingen, waarbij de olie zich in zeer kleine deeltjes splitst en met de vloeistof vermengt) en scheiden zij zich daar moeilijk weer uit af. Men noemt dit ook wel verzepen. Dit verzepen wordt bevorderd door eventueel in het water voorkomende zouten, zuren of basen zoals bij stoominstallaties.

De oxidatie van de olie heeft niet alleen plaats tijden het gebruik, maar ook gedurende de opslag in vaten en reservoirs heeft deze reactie plaats onder invloed van lucht, licht en vocht.

Tegenover deze nadelen van niet minerale olie staat een tweetal essentiële voordelen. Ten eerste is het smerend vermogen meestal zeer goed en in veel gevallen beter dan die van minerale olie. Ten tweede hechten plantaardige en dierlijke oliën zich beter dan minerale oliën aan natte oppervlakken. Men kan met betrekking tot dit fenomeen de proef op de som nemen door een nat metaaloppervlak met olie te bestrijken. Bij de minerale olie zal deze zich tot druppels samentrekken terwijl de plantaardige of dierlijke olie zich gelijkmatig over het oppervlak laat verdelen.

Teneinde voor bepaalde doeleinden de voordelen van beide olie soorten te combineren mengt men deze in bepaalde verhoudingen (compounderen) en verkrijgt men de zogenoemde compoundolie. Compound- oliën zijn bij uitstek voor zwaar belaste machinedelen, werkend in een vochtige omgeving en voor de smering van cilinders waarin verzadigde dampen voorkomen. Zij worden dus gebruikt voor de bewegende delen van de stoomwerktuigen zoals krukken, excentrieken en pakkingbussen, maar ook voor de inwendige cilindersmering. Hier is het vermogen tot emulsievorming juist een voordeel. Men neemt hier de nadelen van de plantaardige en dierlijke olie op de koop toe, waarbij het voor zich spreekt dat het aandeel niet minerale bestanddelen niet te groot mag zijn. Voor machinesmering bedraagt dit aandeel 5 a 7 %.

Onderzoek smeerolie

Bij het onderzoek van de smeeroliën in het laboratorium worden in hoofdzaak de methoden toegepast die voor een deel reeds bij de vloeibare brandstoffen zijn beschreven; deze zullen hier niet herhaald worden.

Soortelijk gewicht

Het soortelijk gewicht zegt weinig over de bruikbaarheid van de smeerolie. Vroeger toen we over aanzienlijk minder olievelden beschikten gaf het enigszins een aanwijzing over de herkomst: oliën van 0,95 kg/dm³ kwamen uit Texas, van 0,93 kg/dm³ uit Californië en van 0,87 – 0,91 kg/dm³ uit Pennsylvania. Wel spreekt men in de praktijk over zware en lichte oliën, doch daarmee doelt men

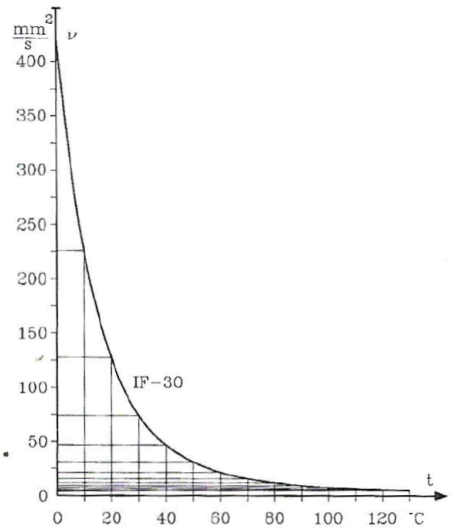
op de viscositeit en niet op het soortelijk gewicht. Met zware olie bedoelt men dik vloeibare, dus van hoge, en met lichte olie dun vloeibare dus van lage viscositeit.

Kleur

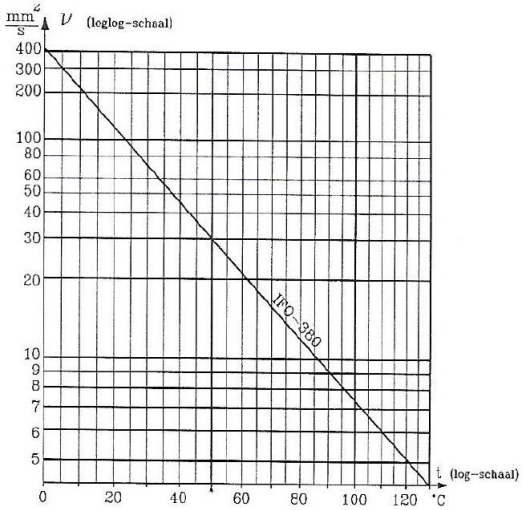
Ook de kleur van de olie zegt weinig of niets betreffende de kwaliteit van de smeerolie, hoewel men soms de gebruiker in folders “heldere goudgele olie en dergelijke” het tegengestelde wil doen geloven. Lichte smeeroliën zijn dikwijls geel van kleur terwijl de zwaardere roodbruin tot zwart kleuren. Sommige Amerikaanse smeeroliën vertonen een groene weerschijn of fluorescentie. Ook als gevolg van gebruik krijgt de olie een andere meestal donkerder kleur.

Viscositeit

Zeer bepalend is de bepaling van de viscositeit, en wel bij de verschillende temperaturen, dus het ontwerpen van de viscositeitkromme, aangezien daarvan in de eerste plaats afhangt, voor welkdoel de olie is te gebruiken.



Viscositeit uitgezet op lineaire assen



Viscositeit uitgezet op logaritmische assen

Als men van een smeerolie de viscositeit bij verschillende temperaturen uitzet in een lineair assenstelsel dan krijgt men een kromme lijn. Voor het bepalen van die kromme is een groot aantal zeer tijdrovende metingen nodig. Evenals bij veel andere natuurkundige verschijnselen blijkt bij het viscositeitsverloop een rechte lijn te ontstaan als men deze op een juiste logaritmische schaal uitzet. Er zijn dan in principe slechts twee metingen nodig om de rechte lijn te kunnen trekken en de tussenliggende waarden af te kunnen lezen. In Europa vermeldt men de viscositeit meestal in graden Engler bij 50 ºC. In Amerika doet men dat voor lichte oliën bij 130 ºF (~ 50 ºC), voor zware oliën bij 210 ºF (~ 99 ºF), beide uitgedrukt in seconden Saybolt Univeral.

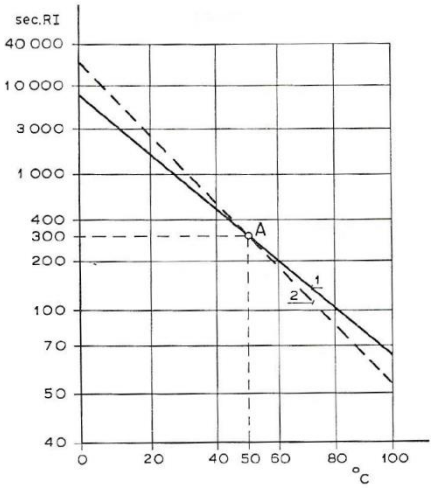
Hebben twee verschillende smeeroliën bij een bepaalde temperatuur dezelfde viscositeit, dan is het niet gezegd dat dit ook het geval zal zijn bij andere temperaturen. Voor het volledig beoordelen van de viscositeitseigenschappen dient men dus de hele viscositeitskromme of de V.I. viscositeitsindex

te beschouwen. Hoe de V.I. wordt bepaald wordt hierna bij de dopes of additieven nader uiteengezet.

Ontvlammingspunt

Smeeroliën met een zogenoemde asfaltbasis, dat wil zeggen bereid uit asfalt houdende ruwe oliën, hebben een hoger soortelijk gewicht en een lager ontvlammingspunt, alsmede een steilere viscositeitskromme dan de oliën met een zogenoemde paraffinebasis, bereid uit paraffine houdende grondstoffen. De olie met de gestippelde lijn in de viscositeitsgrafiek bezit dus meer asfalt en minder paraffine bestanddelen dan die van de olie met de ononderbroken lijn.

Aan het ontvlampunt wordt door velen waarde gehecht met het oog op cilinders waarin hoge temperaturen heersen. Door anderen wordt hieraan minder aandacht geschonken, aangezien kleine hoeveelheden lichte koolwaterstoffen het ontvlammingspunt al sterk kunnen verlagen. In elk geval duidt een hoog vlampunt op een zorgvuldige raffinage.



Viscositeit van smeerolie (asfalt-/parafinebasis)

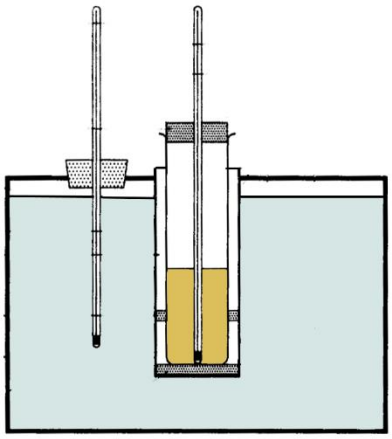
Stolpunt

Bij het afkoelen kunnen de paraffinen in de smeerolie kristallen vormen Bij voortgaande afkoeling groeien deze kristallen aaneen en vormen een netwerk waartussen de resterende vloeistof als het ware gevangen zit. De vloeistof wordt troebel (troebelpunt), en tenslotte zo stijf (stolpunt) dat hij niet eer wil vloeien.

Het troebel- en stolpunt van een smeerolie is van belang bij gebruik in koelmachines en het gebruik van machines in koude luchtstreken en -weersomstandigheden. Bij museale gemalen doen zich, anders dan bij de opslag in aflooptanks en in de winterperiode bij het eventueel verpompen van oliën, deze situaties niet voor. Voor de bepaling van het troebel- en stolpunt wordt het hiernaast afgebeelde apparaat gebruikt. Een hoeveelheid van ongeveer 40 cc olie wordt in een grote reageerbuis gegoten en in de houder van een koelbad geplaatst.

De reageerbuis is van een thermometer voorzien. Elke 5 ºF (3 ºC) wordt de reageerbuis uit de houder gehaald en gecontroleerd. De temperatuur waarbij voor het eerst een troebeling wordt waargenomen is het troebelpunt of in het Engels : cloud point. Deze troebeling zal zich het eerst voordoen op de bodem van de reageerbuis omdat ze hier contact maakt met de houder en het omringende koudemiddel.

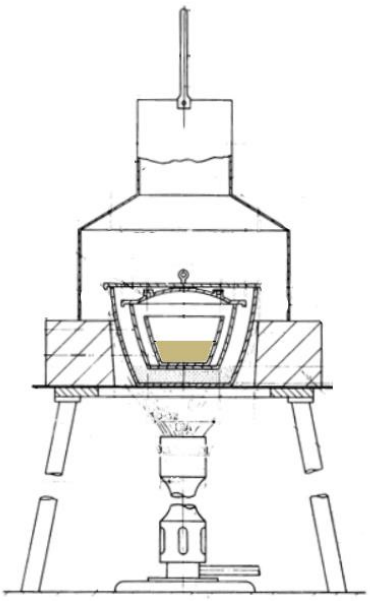
Bij voortgezette afkoeling wordt de reageerbuis of het meetglas telkens uit de houder gehaald en scheef gehouden. Zodra de vloeistof in de buis 5 seconden niet vervloeit bij het plat leggen, wordt de temperatuur genoteerd. Dit punt noemen we het stolpunt of in het Engels: pour point. Bij smeerolie kan het stolpunt variëren van – 45 tot + 4 ºC.



Toestel voor het bepalen van het stolpunt

Cokesgehalte

Het cokesgehalte van de smeerolie wordt volgens de Amerikaanse standaardregels bepaald door 10 gram van de te onderzoeken olie af te wegen, in een platina of porseleinen kroes van voorgeschreven afmeting te brengen en die op haar beurt in een dubbelwandige ijzeren pot te verhitten gedurende een half uur. De vluchtige koolwaterstoffen ontwijken en er blijft een droge koolmassa, de cokes, over. Het cokesrestant in de kroes wordt door nauwkeurig wegen bepaald en in procenten van het oorspronkelijke gewicht van het monster uitgedrukt. Behalve de hoeveelheid beoordeelt men ook de aard van de gevormde cokes: deze kan zijn hard, of los en vlokkig. Het cokesgehalte wordt meestal bepaald met het toestel van Conradson zoals hiernaast is afgebeeld. Meestal is de koolstof in de smeerolie een gevolg van het vermengen met verbrandingsresten bij verbrandings-motoren. Door vervolgens in hetzelfde toestel de cokes te verbranden houdt men de niet brandbare delen over. Dit noemen we de asrest die bij gebruikte smeerolie onder andere bestaat uit metaalslijpsel of andere ongewenste niet brandbare vervuilingen.



Toestel van Conradson

Zuurgehalte

Het zuurgehalte van smeerolie wordt langs scheikundige weg vastgesteld. Het moet zo laag mogelijk zijn om aantasting van machinedelen te voorkomen. Zuiver minerale oliën mogen praktisch geen zuren bevatten, hoewel sporen daarvan kunnen worden aangetroffen, afkomstig van het raffinageproces of van aardoliezuren in de oorspronkelijke grondstof. In plantaardige- en dierlijke- oliën daarentegen ontstaan gemakkelijk zuren door oxidatie van de onstabiele bestanddelen. Het zuurgehalte wordt in de regel aangeduid met het zogenoemde zuurgetal. Dit getal drukt uit hoeveel mg Kaliumhydroxide (KOH), nodig is om al het zuur in 1 g olie te neutraliseren. Bij de analyse van een gebruikte olie wordt dit getal vergeleken met die van de ongebruikte olie en is een maat voor het verversen van de olie dan wel verder gebruik. Bijvoorbeeld een smeerolie-circulatiesysteem waarbij zowel glij- als wentellagers en niet te zwaarbelaste tandwieloverbrengingen van olie worden voorzien, heeft een zuurgetal van 0,2 mg KOH/g.

Emulgerend vermogen

Het emulgerend vermogen is van belang bij onder andere de cilindersmeerolie van een stoommachine. Het onderzoek naar het emulgerende vermogen geschiedt op eenvoudige wijze door 100 cm^3 olie met 100 cm^3 gedestilleerd water in een 200 cm^3 stopfles te gieten en enige tijd krachtig te schudden. Daarna laat men de fles rustig staan en noteert de tijd van afscheiding en of zich enige blijvende emulsie heeft gevormd. De Amerikaanse standaardregels schrijven hier strengere proeven voor. Daarbij wordt 40 cm^3 olie met 40 cm^3 van een voorgeschreven vloeistof, water met een zout- of soda oplossing, in een maatbeker samengebracht en met behulp van een snel draaiend roerwerk, dooreengeslagen. Hierna wordt de tijd van afscheiding en de eventuele mate van blijvende emulsie bepaald. De proeven worden genomen bij twee verschillende temperaturen, namelijk 130 en 180 ºF.

Smerend vermogen

Voor het onderzoek naar de algemene smerende eigenschappen zijn toestellen uitgedacht waarmee de wrijvingsweerstand van gesmeerde oppervlakken bij bekende belastingen kan worden gemeten. Over het algemeen hecht men echter aan de uitkomsten van dergelijke proeven slechts betrekkelijk waarde, omdat ze de werkelijke toestand van de machine te gebrekkig nabootsen.

Dopes of additieven

Sinds jaren verbetert men kunstmatig de kwaliteit van smeerolie door toevoeging van bepaalde stoffen die zelf geen smeermiddel zijn. Als regel zijn dit organische zuren, welke meestal met het Engelse woord dope worden aangeduid. Tegenwoordig worden dergelijk toevoegingen, ter verbetering van de smeeroliekwaliteit, additieven genoemd.

Afhankelijk van de zeer uiteenlopende toepassingen van smeerolie zijn verschillende eigenschappen van belang. Zo zal een turbine-olie goed bestand moeten zijn tegen veroudering, die van een dieselmotor tegen de zure verbrandingsresten, bij de stoommachine worden hoge eisen gesteld aan het smerend vermogen in aanwezigheid van water terwijl bij een tandwiel overbrenging de smeerfilmsterkte en het niet schuimen van belang is.

De voornaamste dopes die tegenwoordig bij smeeroliën gebruikt worden zijn:

- Anti-oxidanten

- Anti-corrosiedopes
- Oplosdopes (Detergents)
- Anti-schuimdopes
- Hechtingsdopes (Oiliness dopes)
- V.I.'s (Viscositeit improvers)
- E.P.–dopes (Extreme Pressure dopes)

Anti-oxidanten

Minerale oliën hebben van nature een lichte neiging om onder invloed van de zuurstof uit de lucht te oxideren. Dit noemt men het verouderen van de olie. De oxidatieproducten van de olie reageren zuur en kunnen daardoor de metalen waarmee ze in aanraking komen aantasten. Op een enkele uitzondering na neemt bij veroudering de viscositeit toe, de kleur wordt donkerder en er kunnen kleverige, harsachtige bezinksels worden gevormd. De snelheid waarmee een olie veroudert wordt voor een groot deel bepaald door de temperatuur tijdens het smeren en de opslag in de aflooptank. Als de temperatuur onder de 70 ºC blijft is de oxidatie minimaal. De aanwezigheid van sommige metalen of combinaties daarvan kunnen de oxidatie versnellen. De diverse dopes uit de groep anti-oxidanten hebben als eigenschap gemeen dat ze de oxidatie door zuurstof verhinderen dan wel verminderen.

Anti-corrosiedopes

Corrosie in een smeeroliesysteem kan optreden door de aanwezigheid van zure bestanddelen. Deze kunnen afkomstig zijn van de oxidatie van de smeerolie in het systeem. Ze kunnen, bij dieselmotoren, ook gevormd zijn uit de zwavel in de verbrandingsproducten. In de scheikunde worden stoffen welke een zuur kunnen neutraliseren, base genoemd. Soda, dat ook gebruik wordt bij de raffinage van smeerolie, is een voorbeeld van een base. Als er gesproken wordt over een basische dope dan wordt een anti-corrosie dope bedoelt. In sommige gevallen kan corrosie veroorzaakt worden door water in de smeerolie. De meeste anti corrosie dopes vermengen zich met water, zodat het water geen kwaad meer kan. Als het water door bezinking of zoals bij hedendaagse smeersystemen door middel van centrifugeren verwijderd wordt gaat een deel van de dope verloren.

Oplosdopes

Bij dieselmotoren en trunkzuigermotoren in het bijzonder kunnen er onverbrande koolstofdeeltjes in de smeerolie terechtkomen. Als er niets aan gedaan wordt zetten deze zich af op plaatsen waar de olie een lage snelheid heeft en bevorderen zij het aanbakken van de olie tegen hete machinedelen. Dit komt voornamelijk doordat de kooldeeltjes de neiging hebben samen te klonteren. Als gevolg hiervan kan ernstige vervuiling ontstaan, oliekanalen kunnen dichtslibben en filters kunnen er verstopt door raken. Evenals zeep vuildeeltjes kan losmaken, zo kan een oplosdope vuildeeltjes zwevend maken en houden zodat ze niet samenklonteren en bezinken. Met het verversen worden ook deze uiterst kleine deeltjes samen met de olie afgetapt. Bij een stoommachine zul je deze situatie echter niet makkelijk aantreffen.

Anti schuimdopes

In een groot aantal gevallen wordt de olie sterk geklutst of worden door een andere oorzaak bellen gevormd. Deze oliebellen knappen vroeg of laat. Duurt dit echter te lang, dan ontstaat er een schuimlaag welke de ruimte boven de olie opvult en verhindert dat deze bezinkt. Bij een druksmeersysteem zal dit uiteindelijk leiden tot uitval van de smeeroliepomp en dientengevolge van de smering. Bij een hydraulisch systeem zoals een regulateur zal dit de goede werking van de machine nadelig beïnvloeden. Voor al deze gevallen worden anti-schuimdopes aan de olie toegevoegd die er voor zorgen dat het schuim snel wordt afgebroken.

Hechtingsdopes

De mate waarin de smeerolie aan het te smeren oppervlak hecht werd vroeger wel het smerend vermogen genoemd. Deze hechting is vooral van belang in gevallen waar de smeerfilm verbroken dreigt te worden. Het heeft te maken met de adhesie tussen de olie en het metaal, maar ook met de cohesie van de oliemoleculen onderling. In het Engels heet dit begrip de oiliness. Hier voor is al aangegeven dat de smerende eigenschappen van plantaardige en dierlijke oliën beter zijn dan die van minerale oliesoorten maar een mindere oxidatie stabiliteit bezitten en er vaak gekozen wordt voor een goede mix tussen de goede en slechte eigenschappen van de twee. Een smeerolie op paraffine basis heeft een slechter hechtend vermogen dan een naftenische olie. Daar waar een goed hechtend vermogen een eis is, zoals bij de smering van de zuiger in een stoomcilinder wordt in de eerste plaats voor een naftenische olie gekozen. Met een oiliness dope kan tegenwoordig bijna elk gewenst hechtend vermogen verkregen worden, ook bij paraffinische oliesoorten.

Viscositeitsindex-verbeteraars

De viscositeit van smeerolie verandert met de temperatuur. Bij naftenische smeeroliën treedt dit verschijnsel sterker op dan bij paraffinische. Dit viscositeitsverloop van een smeerolie is van bijzonder belang bij machines die bij sterk wisselende temperaturen moeten werken. Bij stoommachine-installaties speelt dit viscositeitsverloop slechts een geringe rol omdat voordat een machine in werking wordt gesteld deze wordt voorverwarmd en daardoor min of meer op bedrijfstemperatuur is. Ook wordt in sommige gevallen de smeerolie van de krukpen- leibaan en de kruishoofdlagers voorverwarmd.

Het viscositeitsverloop is met behulp van dopes (improvers) te verbeteren. Het verloop legt men vast met een index: de zogenoemde viscositeit index.

Door middel van onderzoek wordt de viscositeit van eenzelfde olie bij verschillende temperaturen bepaald en de resultaten ervan in een viscositeitskromme vastgelegd. Het blijkt, dat de viscositeit van verschillende oliën niet even sterk toeneemt bij het stijgen van de temperatuur.

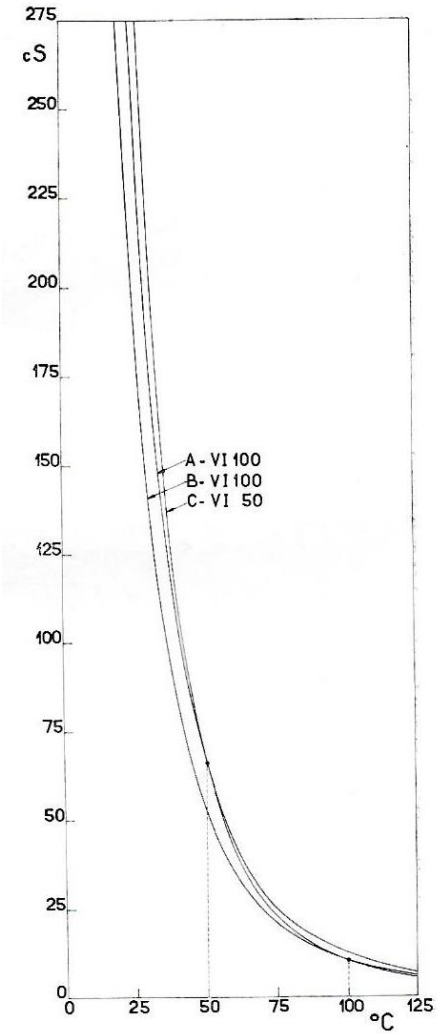
Om zonder een compleet diagram toch een indruk te verkrijgen van de temperatuursafhankelijkheid van de viscositeit van een smeerolie wordt gebruik gemaakt van de viscositeitsindex. Deze index wordt als volgt bepaald:

$$\mathrm{V.I.} = \frac{\mathrm{L} - \mathrm{U}}{\mathrm{L} - \mathrm{H}} . 100$$

Waarin:

V.I.	=	Viscositeitsindex
L	=	De viscositeit bij 100 ºF van een olie met sterke temperatuursveranderlijkheid van de viscositeit (V.I. = 0)
H	=	De viscositeit bij 100 ºF van een olie met een geringe temperatuursveranderlijk heid van de viscositeit (V.I. = 100)
U	=	De viscositeit bij 100 ºF van de beschouwde olie.

Er is voor een aantal L- en H-oliën een standaard vastgelegd, die paarsgewijs bij 210 ºF dezelfde viscositeit hebben. Voor elk geval wordt dan dat paar L- en H-olien als vergelijking genomen, dat bij 210 ºF dezelfde viscositeit heeft als de beschouwde olie. Hierbij is 100 ºF ~ 38 ºC en 210 ºF ~ 100 ºC. Het uiteindelijke V.I. cijfer van de beschouwde olie is afhankelijk van de viscositeitseigenschappen van beide L- en H-oliën van de vergelijkingsgroep die men als standaard kiest. Omdat deze willekeurig gekozen zijn heeft het V.I. cijfer geen enkele fysische waarde. Voor de in het algemeen bij kamertemperatuur dik vloeibare stoomcilinder olie varieert de V.I. tussen de 85 en 105. Ging het V.I. cijfer aanvankelijk tot de waarde 100, tegenwoordig komen waarden tot 160 en meer voor door de toepassing van speciale V.I. improvers



Viscositeitskrommen

Extreme Pressure - dopes

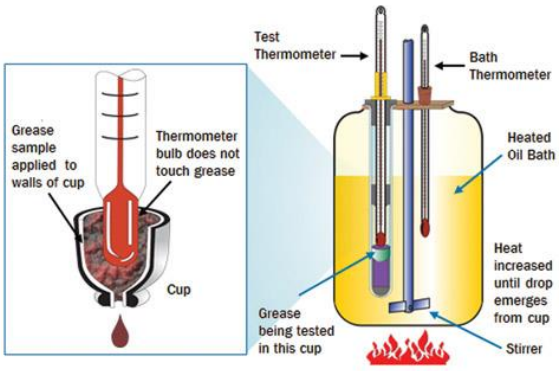
In gevallen waarin de smeerfilm verbroken of bijna verbroken wordt treedt metallisch contact op. Onder normale omstandigheden is dit het begin van vreten, waardoor beide oppervlakken steeds ruwer worden en er op zijn minst sterke slijtage optreedt. Een E.P. – dope (Extreme Pressure) kan hiervoor een oplossing bieden, doordat op die plaatsen waar het contact optreedt er een gladde beschermende laag op het glijvlak gevormd wordt. Ondanks het feit dat de smering dan eigenlijk niet tegen de extreme hoge belasting opgewassen is treedt er geen beschadiging op. Het verbreken van een smeerfilm treedt op bij te dunne smeerfilm , veranderende bewegingsrichting en schokken zoals die zich kunnen voordoen bij een kruishoofd van een stoommachine of de krukpennen van een trunkzuigermotor.

Smeervetten (samenstelling)

Smeervetten worden vervaardigd door een smeerolie op een bepaalde manier te mengen met een zogenoemde metaalzeep. Als er speciale eigenschappen vereist zijn worden er tegenwoordig hulpstoffen of dopes aan toegevoegd. Hoewel er tegenwoordig ook wel synthetische oliën toegepast worden is de olie in de meeste smeervetten van minerale oorsprong. Een metaalzeep is een verbinding tussen een metaal en een vetzuur. De zeep, huishoudzeep is een eenvoudig voorbeeld, wordt gemaakt door bijvoorbeeld kalkmelk of natronloog in warme toestand te verzepen met plantaardige olie. Hoe meer kalk men neemt hoe stijver het uiteindelijke vet. De zeep vormt het skelet waar de olie in gevangen is. De zepen die voor smeervetten van belang zijn bevatten de elementen Calcium (Ca), Natrium (Na), Aluminium Al, Lithium (Li) of Lood (Pb). De eigenschappen van het vet worden voor een groot deel bepaald door de gebruikte zeep. Doordat bijvoorbeeld kalk niet oplost in water, is een vet op basis van een Calciumzeep goed waterbestendig. Door de verhouding zeep/olie in het vet te variëren kan een andere mate van stijfheid bereikt worden.

Smeervetten (druppelpunt)

Wanneer een vet verwarmd wordt laat het zeepskelet bij een bepaalde temperatuur de olie los. Bij verdere temperatuurverhoging vervloeit het vet tot het uiteindelijk helemaal vloeibaar wordt. Bij afkoeling stolt de zeep maar neemt niet vanzelf weer de oorspronkelijke structuur aan. Zodra het zeepskelet begint te smelten is het al minder geschikt voor zijn doel. We noemen dit het druppelpunt van het vet. Dit druppelpunt wordt bepaald met het hiernaast afgebeelde apparaat van Ubbelohde en is belangrijk te weten voor de beoogde toepassing. Het apparaat bevat een houder waarin een voorgeschreven hoeveelheid vet wordt gedaan. Onder in de houder zit een gat. Op nauwkeurig vastgestelde wijze worden de houder met thermometer en het zich daarin bevindende vet op de hiernaast geïllustreerde wijze verwarmd. De temperatuur waarbij zich voor het eerst vet uit de houder valt is het druppelpunt.



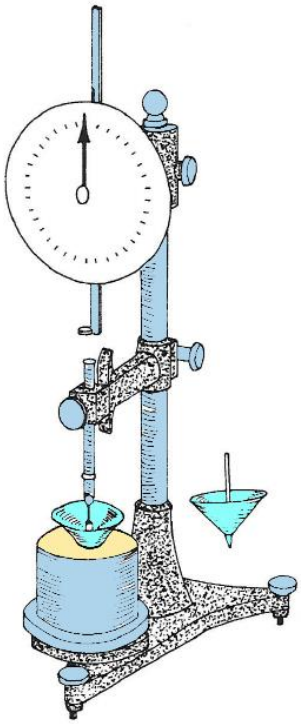
Meting van het druppelpunt

Als het vet het druppelpunt heeft bereikt is het voor verder gebruik ongeschikt. De bedrijfstemperatuur moet daar dus altijd onder blijven. Globaal gelden onderstaande waarden voor de volgende vetsoorten:

- Calciumzeepvetten 90 ºC
- Natriumzeepvetten 150 ºC
- Lithiumzeepvetten 180 ºC
- Aluminiumzeepvetten 70 ºC

Door fabrikanten wordt in de regel een bedrijfstemperatuur aanbevolen die tot wel 40 ºC onder het vastgestelde druppelpunt ligt.

Smeervetten (penetratiegetal)
De stijfheid of consistentie van een smeervet is een belangrijke eigenschap. Hiervan hangt het af of een vet snel tussen de smeervlakken uitgeperst wordt, of het om het lager een beschermende laag vormt die vuildeeltjes tegenhoudt en of het in een vetspuit gebruikt kan worden.
De consistentie wordt gemeten met het hier na afgebeelde penetratie toestel volgens de ASTM (American Society for Testing Materials). Bij een gestandaardiseerde temperatuur van 25 ºC wordt een kegelvormig lichaam van voorgeschreven afmeting en gewicht gedurende een tijd van 5 seconden op het glad gestreken oppervlak van een vet gezet en wordt vervolgens de indringing in tienden van millimeters gemeten.



Penetratietoestel (volgens ASTM)

NGLI-nummer	Penetratie in 0,1 mm
000	475 - 445
00	430 - 400
0	385 - 355
1	340 - 310
2	295 - 265
3	250 - 220
4	205 - 175
5	160 - 130
6	115 - 85

NGLI classificatie smeervetten

Door het NLGI (National Lubricating Grease Institute), eveneens uit Amerika, zijn de verschillende penetratie waarden in groepen ingedeeld en voorzien van een NLGI-nummer. Een en ander zoals hier voor is aangegeven. Uit deze classificatie blijkt dat een hoog nummer een stijf vet voorstelt.

									pag.
Lithium			C	SHELL ALVANIA EP Vetten					17/18
Lithium			C	SHELL ALVANIA Vetten R					19
Calcium + grafiet				SHELL BARBATIA Vet 4					27
Speciale klei			C	SHELL DARINA Vet 2					54
Speciale klei			C	SHELL DARINA EP Vet 2					54
Speciale klei			C	SHELL DARINA Vet R2					54
Calcium			C	SHELL FDA 2					70
Lithium + MoS_2/ grafiet			C	SHELL Heavy Duty Grease 221 (Light)					81
Petrolatum + grafiet			C	SHELL Kettingvet					193
Speciale klei			C	SHELL Kuggfett					86
Calcium			C	SHELL LIVONA Vet 3					88
Calcium				SHELL OSSAGOL V					124
Calcium			C	SHELL Pijpdraadsmeer					196
Calcium			CC	SHELL RHODINA Vetten					126
Natrium				SHELL SIMNIA Vet O					138
Natrium				SHELL Tandwielvet H					146
Lithium			C	SHELL TIVELA Compound A					161
Calcium				SHELL UNEDO Vetten					173
Paraffinen				SHELL Base Coat					28
Calcium				SHELL Slip Coat					139

Verklaring van de tekens:			
	Glijlagers		Tandwielkasten
	Wentellagers		Tandwielen (niet gesloten omkasting)
	Wentellagers (niet snel draaiend)		Bedrijfstemperatuur lager dan 120 °C
	Zware belasting		Bedrijfstemperatuur hoger dan 120 °C (zie desbetreffende produktbeschrijvingen)
	Stotende belasting		Vochtbestendig
	Pakkingbussen		Goed bestand tegen water
	Transmissiekettingen	C	Goed beschermend tegen roesten
	Schroefdraad (pijpeinde)	CC	Zeer goed beschermend tegen roesten

Oriëntatietabel Shell smeervetten

Vaste smeermiddelen

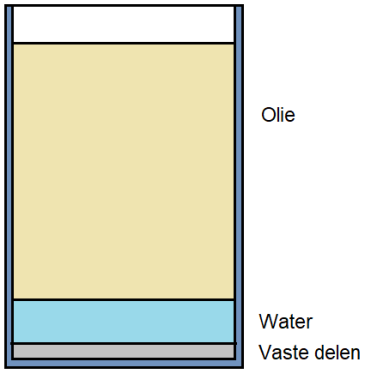
Behalve vloeibare- en half vloeibare smeermiddelen komen in gemalen ook vaste smeermiddelen voor. De bekendste hiervan zijn grafiet en molybdeensulfide. Grafiet, ook wel potlood genoemd, wordt meestal niet zo uit de groeven gebruikt, maar bereid in een elektrische oven: het zogenoemde

vlokgrafiet. Deze fijne vlokgrafiet wordt vermengd met smeerolie gebruikt voor het insmeren van wrijfvlakken van opengemaakte cilinders en stoomschuifkasten en om nieuwe of pasgemaakte zuiger- of stoomschuifstangen te laten inlopen. Grafiet is geen smeermiddel maar de uit zeer dunne plaatjes opgebouwde koolstofdeeltjes glijden bijna wrijvingsloos over elkaar en zijn in combinatie met olie een probaat middel tegen warmlopen van zuigers en stangen bij stoomwerktuigen. Men heeft meermalen ervaren dat bij dit middel, bestaande uit een mengsel van olie en colloïdaal opgelost grafiet, het grafiet de door het warmlopen ontstane oneffenheden opvult en de olie voor de smering zorgt. Grafiet vermengd met vet of dikke olie wordt vaak op de scheidingsvlakken van deksels en flenzen gesmeerd om deze bij reparatie of herstelwerkzaamheden gemakkelijk te kunnen losnemen. Om dezelfde redenen wordt de schroefdraad van bouten en draadeinden hiermee ingestreken.

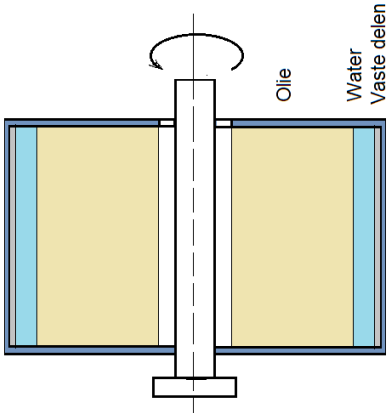
Molybdeen-disulfide (MoS_2) is een anorganische verbinding van molybdeen en zwavel, die onder andere wordt toegepast in smeermiddelen. De stof komt voor als een grijs kristallijn poeder dat onoplosbaar is in water. Molybdeensulfide heeft een plaatachtige hexagonale kristalstructuur, waarvan de laagjes gemakkelijk langs elkaar glijden, min of meer vergelijkbaar met dat van het hiervoor aangegeven grafiet. In de natuur komt het voor als molybdeniet.

Het wordt vaak bijgemengd in minerale oliën en zorgt voor een betere smering en voorkomt schade aan te smeren onderdelen, die plotseling zonder smeerolie komen te staan. Molybdeen- sulfide wordt gebruikt als een fijn poederig, droog smeermiddel met een deeltjesgrootte van 1 tot 100 µm. In de jaren 40 van de twintigste eeuw werd het door de firma Dow Corning onder het merk Molykote verkocht. Ook nu worden andere smeermiddelen onder deze naam in de handel gebracht. Aan de lucht blootgesteld oxideert het bij 315 °C. In omgevingen zonder zuurstof kan het onder omstandigheden tot 1100 °C toegepast worden en is daarom een uitstekend smeermiddel voor diverse toepassingen bij oude stoommachine-installaties. Het wordt ook vaak bijgemengd, soms in combinatie met grafiet in vetten, die gebruikt worden voor het smeren van slecht toegankelijke delen, en als additief in nylon en teflon voor het verbeteren van de glij-eigenschappen van deze relatief moderne kunststoffen.

Reinigen van smeerolie (bezinking)
Hoe weinig het ook zal zijn, in smeerolie zeker als deze enige tijd gebruikt is, zullen zich altijd water of vaste verontreinigingen zoals metaalslijpsel bevinden. Deze ongewenste bestanddelen kunnen verwijderd worden door de olie op een warme plaats stil te laten staan waardoor de zwaardere bestanddelen onder invloed van de zwaarte kracht bezinken. Men krijgt dan een afscheiding zoals is getekend in de linker figuur hieronder.



Bezinking met behulp van zwaartekracht



Scheiding met behulp van centrifugaalkracht

De zwaartekracht oefent daarbij op ieder deeltje een kracht K uit volgens de formule:

$$K = m \,.\, g \;\; [\mathrm{kgf}]$$

Waarin:

- m = de massa van het deeltje [kg]
- g = de versnelling van de zwaarte kracht [m/sec^2].

De zwaardere deeltjes zullen zich door de lichtere olie omlaag verplaatsen. Bij deze verplaatsing ondervinden zij een belangrijke weerstand ten gevolge van de dik vloeibare olie Dientengevolge is het bezinken bij dik vloeibare olie een langdurig proces dat door verwarming kan worden versneld. Smeerolie is altijd een kostbaar product geweest en de reden dat men deze opgezette tijden aftapte, liet bezinken en opnieuw gebruikte. Ook de slecht bezinkbare emulgeerbare stoomcilinderoliën werden bij de filterbak van het condensaat afgeroomd en na bezinking opnieuw gebruikt. Omdat men na bezinking niet te ver kan aftappen treden daarbij aanzienlijke verliezen op.

Reinigen smeerolie (centrifugeren)
Laat men de olie in een vat (centrifuge of separator) snel rondwentelen dan krijgt men de afscheiding volgens de rechterfiguur op de vorige bladzijde. De vaste bestanddelen vormen de buitenste ring, dan volgt het water en tenslotte de olie in de binnenste ring. De afscheiding vindt nu plaats volgens de centrifugaalkracht. De centrifugaalkracht oefent daarbij op ieder deeltje een kracht K uit volgens de formule:

$$K = m \,.\, a \;\; [\mathrm{kgf}]$$

Waarin:

- m = de massa van het deeltje [kg]
- a = de versnelling van de centrifugaalkracht [m/sec^2].

Hierbij is de centrifugaalversnelling:

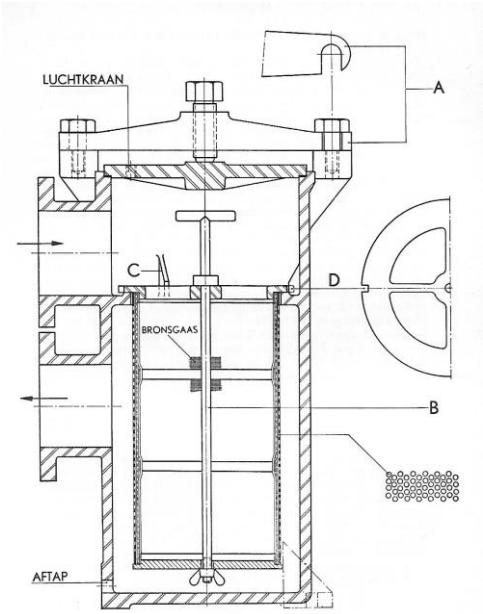
$$a = \omega^2 . r \ [m/sec^2]$$

Waarin:

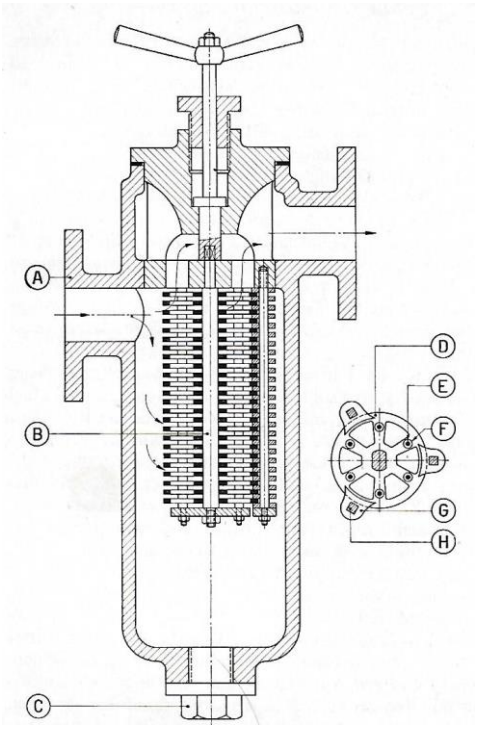
- ω = de hoeksnelheid van de trommel [rad./sec]
- r = de straal van de centrifuge trommel [m].

Uit het bovenstaande mag worden afgeleid dat de centrifugaalversnelling en daarmee ook de centrifugaal- kracht, recht evenredig is met de straal van de trommel en het kwadraat van de hoeksnelheid. Bij een trommel diameter van 300 mm en 600 omw/min betekent dit dat de kracht die de deeltjes doet afscheiden 6000 keer groter is dan in een bezinktank.
De uiteindelijke separator is zodanig ingericht dat in een continue proces de olie en het water gescheiden worden. Voor het verwijderen van de vaste stoffen moet de separator worden gestopt en losgenomen. De vaste delen moeten met een houten spatel worden los gestoken en handmatig verwijderd.

Reinigen van smeerolie (filtratie)
Een derde manier van oliereiniging is door middel van filters. Filters komen in verschillende uitvoeringen voor en worden al naar gelang de opstelling ten opzichte van de oliepomp onderscheiden in zuig- en persfilters. Het zuigfilter dient om grove verontreinigingen tegen te houden die de pomp kunnen beschadigen. Het persfilter is om kleine vaste verontreinigingen uit de olie te halen. Het meest eenvoudige filter is het korffilter. Het filter bestaat uit een plaatstalen, geperforeerde cilinder waar aan de binnenzijde brons-gaas is bevestigd. Het gaas van het zuigfilter heeft mazen van 0,6 – 1 mm en het persfilter 0,2 – 0,5 mm. Het geheel is ondergebracht in een gietijzeren huis, aan de bovenzijde afgesloten door een gekneveld deksel. Om het filtreren tijdens het schoonmaken door te kunnen laten gaan is het filter dubbel uitgevoerd en voorzien van afsluiters om het wisselen mogelijk te maken. Om te kunnen zien of het filter schoongemaakt moet worden is deze op zowel de aan- als de afvoerzijde voorzien van een manometer. Volgens de stromingsrichting wordt de korf in het filterhuis gedrukt. Om er zeker van te zijn dat het filter niet omhoog komt is deze voorzien van nokken C in het huis en gleuven D in de rand van de korf. Na het aanbrengen van het filter wordt deze verdraaid en voorkomen de nokken dat het filter op de een of andere manier wordt opgetild en er een kortsluitstroom ontstaat. Soms wordt het filter voorzien van een permanente magneet. Hiermee wordt het eventueel aanwezige metaalslijpsel opgevangen.



Korffilter



Autocleanfilter

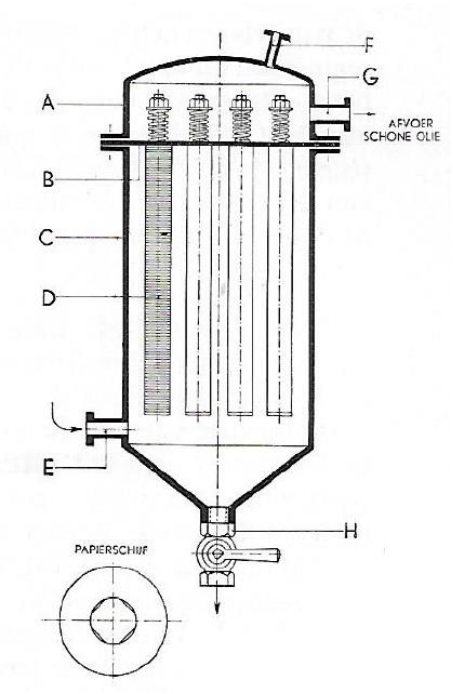
Autocleanfilter

Het nadeel van een korffilter is dat bij het schoonmaken de filters worden geopend, waarbij veel olie gemorst wordt. Een filter dat niet geregeld geopend hoeft te worden is het autocleanfilter. Het eigenlijke filter bestaat uit dunne metalen platen D op afstand gehouden door zeer dunne ringen E. De platen zijn op een stang met twee platte kanten geschoven. De platen hebben gaten zoals in de figuur is te zien waardoor de olie wordt afgevoerd. Het geheel wordt met 6 stangen bij elkaar gehouden. Op deze stangen bevinden zich ook de afstandsringen E met een dikte van 0,2 – 0,5 mm waardoor tussen de platen spleten gevormd worden. Het geheel is verdraaibaar in een gietijzeren huis ondergebracht. De olie wordt aan de buitenzijde van het filterelement aangevoerd. De vaste delen in de olie groter dan de spleetwijdte tussen de platen worden verhinderd naar binnen te stromen en verzamelen zich dus aan de buitenzijde van het element. Na verloop van tijd bouwt zich hier een laag op die meehelpt bij het filteren en ook kleinere delen afvangt. De gereinigde olie stijgt op door de openingen in de platen en wordt via de afvoertuit afgevoerd. Om het filtermateriaal af te kunnen voeren zijn de stangen H aangebracht met daarop mesjes die precies tussen de spleten vallen. Door nu het filter element 120º te draaien worden de vuildeeltjes van het filterelement afgeschraapt en vallen in de onderliggende ruimte. Door het filter buiten bedrijf te stellen kan na het uitschroeven van de prop aan de onderzijde het filtermateriaal verwijderd worden.

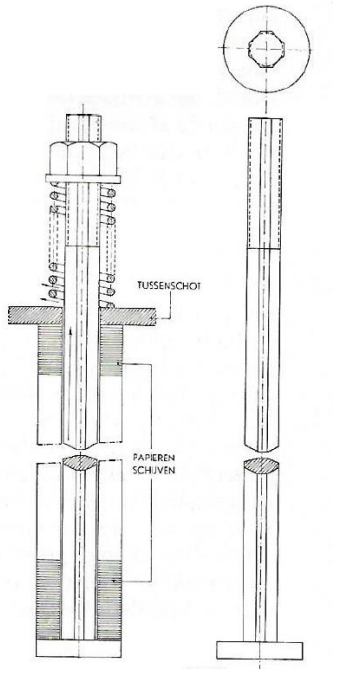
Streamline-filter

De onderstaande figuur geeft een filter weer dat bekend staat onder de naam ”Streamline-filter ” In plaats van metalen plaatjes worden schijfjes stevig papier gebruikt. Het filterhuis bestaat uit de

plaatstalen cilindervormige delen A en C, waartussen een schot B is bevestigd. Aan dit tussenschot is een aantal filterelementen gehangen . Deze elementen waarvan een doorsnede is getekend, hebben een vierkante doorsnede, zijn aan de onderzijde van een kraag voorzien en aan de bovenzijde van schroefdraad. Hierop worden papieren ringen geschoven. Deze ringen zijn van een bijzondere samenstelling en worden door middel van een veer en een moer onder een bepaalde druk samengeperst. Door de oneffenheden in de papierlagen blijft er altijd een ruimte bestaan welk kleiner is dan 5/100.000 mm.



Streamline-filter



Detail filterelement.

Door de tuit E wordt de te reinigen olie aangevoerd en door de papierlagen geperst. De vaste vuildeeltjes blijven op en gedeeltelijk ook tussen de papierlagen achter. De gereinigde olie stijgt langs de stang omhoog en wordt via de tuit G afgevoerd. Voor het reinigen van de filterelementen maakt men gebruik van perslucht onder een druk van 3 kg/cm2 hiervoor is een speciale tuit F aangebracht. Het vuil wat zich aan de omtrek van de filterelementen verzameld heeft wordt met de perslucht weggeblazen en verzamelt zich in de zak van het filter waaruit het door middel van het openen van tapkraan H kan worden verwijderd.
De uiterst kleine doortocht tussen de papierlaagjes zorgt voor een uitstekende afscheiding van zelfs de kleinste vaste deeltjes. De introductie van steeds verdergaande dopes, denk daarbij aan grafiet en molybdeen-disulfide, maakt dat dit filtertype niet altijd inzetbaar is omdat ze naast de vuildelen ook de additieven uit de smeerolie verwijdert en het smeermiddel minder of zelfs onbruikbaar maakt.