

Vervuiling door water zelden onderkend

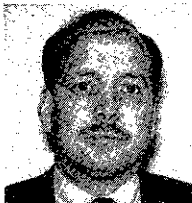
Filtreren van water uit hydraulische olie

Water in een hydraulisch systeem vormt een ernstig te nemen vervuiling van de olie. Toch wordt vervuiling door water als zodanig zelden onderkend, nauwelijks begrepen en, tot voor kort, als moeilijk te bestrijden beschouwd. Meestal wordt de schade door water aan andere oorzaken toegeschreven. Water werkt vaak samen met andere soorten van vervuiling. Het veroorzaakt zowel een aantasting van de hydraulische olie als een aantasting van de hydraulische componenten, die elkaar versterken. In het verleden had de filtrering van hydraulische olie uitsluitend tot doel het verwijderen van vaste vuildeeltjes. De hydraulische industrie heeft gedurende de laatste twintig jaar dan ook grote vooruitgang gemaakt met het toepassen en instandhouden van een goed opgezette filtratie van vaste vuildeeltjes uit hydraulische olie. Echter, de recente introductie van water verwijderende filters schijnt ertoe voorbestemd te zijn het zwaartepunt in de beheersing van de vervuiling van hydraulische olie te verleggen.

Dr. ir. P. Blok



J.C. Fitch



De heer Blok is werkzaam bij Koppen & Lethem Aandrijftechniek bv te Waddinxveen en de heer Fitch is president of bij Diagnostics Inc. Tulsa, in de Verenigde Staten van Amerika.

In dit artikel wordt een recente Amerikaanse ontwikkeling van waterabsorberende filters besproken. De filters die uit deze ontwikkeling voortkomen worden sinds kort in Europa hier en daar ingezet en worden onder andere beproefd bij de Nederlandse Landmacht.

De gevolgen van vervuiling door water

Een goed onderhoud van de hydraulische olie komt overeen met het wegnemen van de belangrijkste oorzaak van de meeste storingen bij hydraulische systemen en componenten. Dit kan niet genoeg worden benadrukt. Voor een hydrau-

lisch systeem is water als het ware een ernstige ziekteverwekker. Het vernietigt zowel de basisvloeistof als de additieven. Het tast de oppervlakken van componenten aan en versnelt het slijtageproces. Schade veroorzaakt door water, kan meestal alleen worden hersteld door vervanging van de beschadigde delen en/of de olie zelf. De vernietigende werking van water uit zich onder andere in:

- oxydatie van de olie;
- verlies van slijtagebescherming;
- dichtslibben;
- corrosie.

Oxydatie van de olie

Wanneer de hydraulische olie warm wordt zullen vocht en lucht (zuurstof) samen zowel de basisvloeistof als de additieven (ter verhoging van bijvoorbeeld de viscositeitsindex en ter bescherming tegen roesten en oxydatie) aantasten. Dit kan resulteren in een verhoging van de viscositeit en van de zuurgraad en het ontstaan van slijm- en harsachtige stoffen. Deze laatste bijproducten zijn vaak verantwoordelijk voor het blijven kleven van de pluniers in kleppen, voor het dichtslibben van restricties en natuurlijk, voor een slechte smering.

Verlies van slijtagebescherming

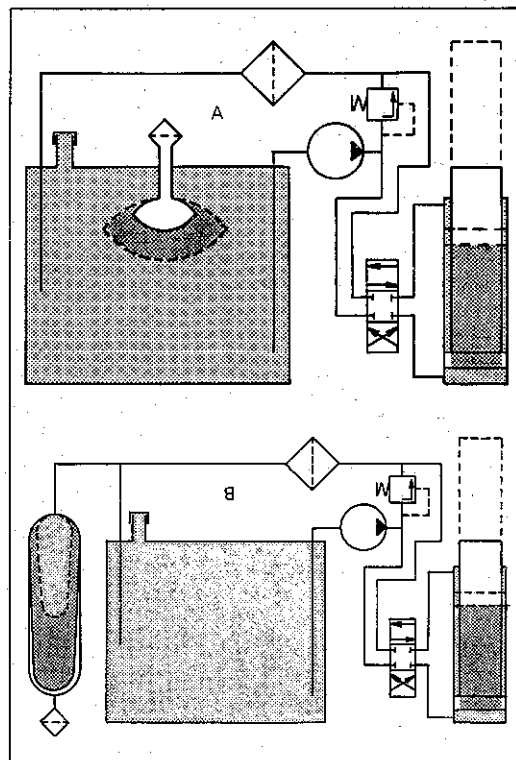
De combinatie van vocht en hoge gebruikstemperatuur kan zeer snel de anti-slijtage eigenschappen van de grenslaag van een vloeistof, die verkregen wordt door toevoeging van zinkdialkyldithiofosfaat (ZDDF), vernietigen. Dit additief is uiterst belangrijk voor het verkrijgen van een lange levensduur van pompen en motoren, vooral bij hoge druk. Zonder deze slijtagebescherming, neemt de slijtage door vuildeeltjes snel toe.

Dichtslibben

Kleppen en andere componenten met pluniers en kleine restricties staan bloot aan fataal aflopende storingen door dichtslibben en onder andere 'hydraulic lock' ten gevolge daarvan. De omstandigheden, die leiden tot dit dichtslibben, worden in hoge mate bevorderd door de aanwezigheid van vocht. Dit ontstaat doordat in vloeistoffen die water bevatten de vuildeeltjes ertoe neigen om samen te klonteren en aan elkaar te blijven hangen, ongeveer zoals bij nat zand, met vastzittende en niet functionerende componenten als resultaat.

Corrosie

Ernstige vermoeidheids-slijtage aan rollende en schuivende oppervlakken wordt normaliter ingeleid door de etsende werking van de met water verontreinigde vloeistof. Dit vormt een corrosie-verschijnsel, waarbij op de oppervlakken onregelmatig verdeelde putjes ontstaan. Diverse proeven laten zien dat de levensduur van de compo-



1. Voorbeelden van geheel gesloten reservoirs. Het donker aangegeven olievolumen wordt uitgewisseld tussen het systeem en de blaas.

A. Inwendige blaas, praktisch zeer moeilijk te controleren.

B. Uitwendige blaas, eenvoudig te controleren, doch duur.

Tabel 1. Vergelijking van diverse methoden om water te verwijderen

methode	afgescheiden water			kosten		
	opgelost	geëmulgeerd	vrij	laag	matig	hoog
zwaartekracht	—	—	+	+	—	—
centrifuge	—	+	+	—	—	+
samenklonteren	—	—	+	—	+	—
vacuüm	+	+	+	—	—	+
adsorptie	+	—	—	+	—	—
absorptie	—	+	+	+	—	—

nenten bij aanwezigheid van water tot 50 % wordt teruggebracht.

Verder is water de oorzaak van een groot aantal andere met corrosie verbonden problemen, zoals:

- waterstofbroosheid in kogellagers;
- meer en grotere scheuren als gevolg van vermoeidheid door daarop gesuperponeerde corrosie;
- corrosie door zwavelwaterstof en zwavelzuur (bijproducten van de aantasting van de vloeistof door water) en
- roestvorming.

Het voorkomen van water in olie

Water is helaas altijd in hydraulische olie aanwezig, omdat het van nature in vrijwel alle vloeistoffen oplosbaar is. Slechts een kleine hoeveelheid water kan totaal in de olie worden opgelost tot het verzadigingspunt is bereikt. Het opgeloste water is onzichtbaar in de olie en doet minder schade dan concentraties boven het verzadigingspunt. Boven het verzadigingspunt kan water aanwezig zijn in vrije toestand en als emulsie met de olie. De aanwezigheid ervan blijkt dan uit een troebeling van de vloeistof. Kleine hoeveelheden water zijn te herkennen aan een lichte waas in de vloeistof in vergelijking met de watervrije vloeistof of vloeistof met opgelost water. Grotere hoeveelheden maken de vloeistof melkachtig. Dit zichtbare water is een emulsie en richt veel schade aan.

In vrije toestand slaat het water in het algemeen neer en wordt van de basisvloeistof gescheiden onder invloed van de zwaartekracht. Wanneer de



basisvloeistof zwaarder is dan water, bij voorbeeld fosfaat-testers, drijft het vrije water op de vloeistof. Wanneer de soortelijke massa's ongeveer gelijk zijn, zoals bij basisvloeistoffen op siliconenbasis, blijft het vrije water als druppels in de vloeistof zweven.

Water komt ook voor in de vorm van een emulsie. Olie en water vormen een emulsie indien ze grondig worden vermengd bij het passeren van de pomp of een nauwe opening van een klep of vaste restrictie. Afhankelijk van de basisvloeistof (vooral de oppervlaktespanning daarvan) kan zo'n emulsie meer of minder stabiel zijn. Een minder stabiele emulsie zal na enige tijd uiteenvallen (demulgeren) onder invloed van de zwaartekracht of centrifugaalkrachten, als de soortelijke massa's tenminste verschillen.

In het algemeen vormen vloeistoffen met oppervlakte-actieve toevoegingen stabielere emulsies met water dan de zuivere vloeistof zelf.

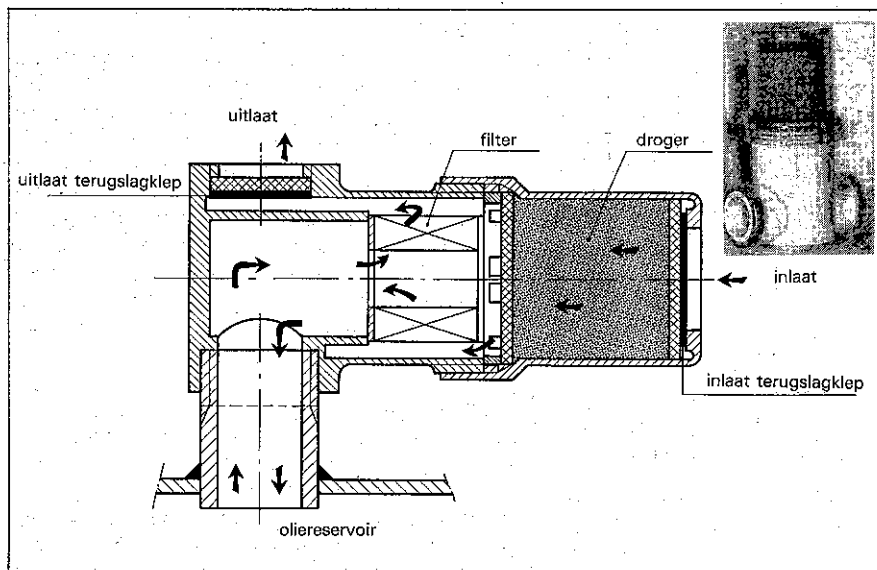
Stabielere emulsies kenmerken zich door kleinere waterdeeltjes in de basisvloeistof terwijl het demulgeren langzamer verloopt. Sommige emulsies zijn zo stabiel, dat ze zelfs onder de gunstigste omstandigheden niet demulgeren.

De oppervlaktespanning tussen de basisvloeistof en het water is altijd een goede indicator voor het mogelijke afscheidingsgedrag of demulgeerbaarheid van het water en de olie. Oppervlaktespanningen groter dan 0,035 N/m duiden op een goede scheidbaarheid van de emulsie terwijl een waarde lager dan 0,020 N/m aangeeft, dat de emulsie moeilijk te scheiden zal zijn. De oppervlaktespanning van zuivere minerale olie is ongeveer 0,035 N/m. Een spoortje reinigingsmiddel (detergentia) doet de oppervlaktespanning tot onder 0,020 à 0,025 N/m dalen.

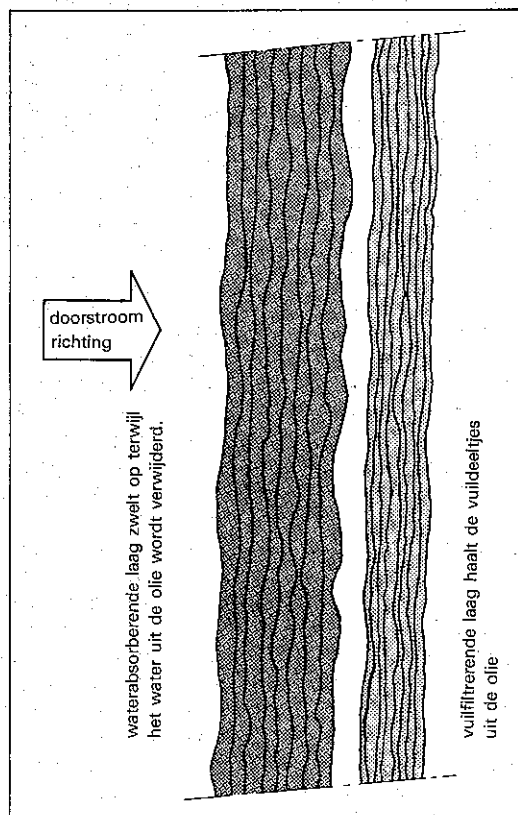
Ditzelfde dalende effect hebben diverse andere additieven: ze worden toegevoegd voor een bepaald doel (zoals anti-oxydant of anti-slijtage) maar verlagen ook de oppervlaktespanning en hebben daardoor een ongunstig effect op de

3. Voorbeelden van waterfilters. De opschroeffilters en de filterelementen zijn geheel uitwisselbaar met die van gebruikelijke vuilfilters.

2. Luchtfilters met droger. De binnenkomende lucht passeert eerst de droger en dan het filter. De af te voeren lucht verdwijnt direct via de terugslagklep in de buitenlucht. De terugslagklep in de inlaatopening voorkomt, dat de droger bij stilstand door de vochtigheid in de omringende lucht wordt belast. De foto toont een kleine uitvoering (aansluitmaat BSP 1 1/2").



4. Doorsnede van de filterlagen van een waterfilter.



waterafscheiding. Daarnaast neigen oplosbare oxydatieproducten en roestdeeltjes er ook toe om de emulsie verder te stabiliseren. Zulke colloïdale deeltjes vormen een kern waarop de beide vloeistofdelen zich kunnen vastzetten.

Water in opgeloste toestand in de olie vormt ook een bedreiging voor de meeste systemen. Indien zo'n oplossing bij een wat hogere temperatuur aan een vochtige atmosfeer (de lucht boven in het reservoir bij bedrijfstemperatuur bij voorbeeld) wordt blootgesteld, zal het verzadigingspunt alweer na een paar uur worden bereikt. Als vervolgens de vloeistof weer afkoelt daalt het verzadigingspunt weer en het water treedt uit als vrij water, aanvankelijk in de vorm van een lichte waas en tenslotte als verspreidende druppels. De oplosbaarheid van water in olie wordt uitgedrukt in 'parts per million' (ppm) of bij voorbeeld grammen water per ton (= 1000 kg) olie. Het verzadigingspunt in hydraulische olie ligt tussen 200 ppm en 300 ppm. De oplosbaarheid van water neemt toe met een stijgende temperatuur zelfs tot boven het kookpunt van water. Dit feit is in tegenspraak met de vaak gehoorde opvatting, dat het in de nacht gecondenseerde water er overdag, met de olie op bedrijfstemperatuur, wel weer uit verdampst.

Het verwijderen van water uit minerale olie kan een moeilijke taak zijn met soms een mager resultaat. Bij wijze van overzicht volgen hierna de gebruikelijke methoden om water te verwijderen, gevolgd door een moderne methode, die ook voor praktisch gebruik 'in het veld', veelbelovend is. Maar eerst nog een korte opmerking over het herkennen van water in de olie op de werkplek aan de hand van de kleur. Vul daartoe een glas of iets

dergelijks met de olie. Als de olie een melkachtige kleur of een lichte waas vertoont is er mogelijk sprake van water (kan echter ook door lucht worden veroorzaakt). Als er nog twijfel is, giet dan een paar druppels in een schaal uit bij voorbeeld aluminiumfolie en verhit dit met een lucifer of aansteker (pas op voor spatten in de ogen). Als er water in de olie zit hoort men een krakend geluid zoals bij het bakken van een ei.

Laboratorium-onderzoek van een oliemonster zal tenslotte de volledige zekerheid kunnen geven. Een watergehalte van 500 ppm (0,05 %) vormt de bovengrens voor de bruikbaarheid van de olie.

Methoden om water te verwijderen

De beste plaats om water uit de vloeistof te verwijderen is natuurlijk de plek waar het water binnendringt. Dit zou alle schade aan de vloeistof en de componenten door het water voorkomen. Omdat het meeste water het systeem binnendringt via het luchtfilter op het reservoir, verdient een geheel gesloten reservoir met een in- of uitwendige luchtblaas volgens figuur 1 de voorkeur. Toepassing hiervan is echter niet altijd mogelijk terwijl een controle op het goed functioneren van de blaas absoluut noodzakelijk is maar meestal erg moeilijk uitvoerbaar. Een tweede, goede oplossing is de toepassing van een luchtfilter met droger volgens figuur 2. De droger is gevuld met silicagel waarvan de kleuromslag van blauw naar rose een indicatie is voor de noodzakelijke vervanging van het silicagel.

Beschadigde vuilafstrijkers op zuigerstangen en defecte watergekoelde oliekoelers zijn ook vaak voorkomende bronnen voor vervuiling door water en dienen dan ook vaak en regelmatig te worden gecontroleerd.

In de loop der jaren zijn er diverse methoden ontwikkeld om water te verwijderen uit minerale hydraulische olie. Sommige daarvan zijn tot op zekere hoogte goed bruikbaar terwijl andere nauwelijks resultaat geven. Hieronder volgt een opsomming van gebruikelijke methoden voor het verwijderen van water (zie ook tabel 1).

Scheiding onder invloed van de zwaartekracht

Water, dat bij afkoeling in het systeem vrij komt door condensatie van waterdamp in de lucht boven de olie in het reservoir of door uitscheiding bij een oververzadigde oplossing van water in olie vormt druppels die naar de bodem van het reservoir zakken. Dit is vrij water, dat met de olie geen emulsie vormt zolang het niet door de pomp wordt opgezogen. Daar het vrij water is dat door de zwaartekracht reeds van de olie gescheiden is kan het eenvoudig uit het systeem worden verwijderd door aftappen via een aftapstop onder in het reservoir. Bij in de open lucht te gebruiken apparatuur, die blootgesteld is aan forse verschillen tussen dag- en nachttemperatuur, dient extra aandacht te worden besteed aan de constructie van het reservoir opdat een optimaal en frequent gebruik kan worden gemaakt van deze scheidingsmethode.

Scheiding onder invloed van centrifugaalkrachten

Bij steeds grotere gravitationele krachten kan zelfs water dat een emulsie vormt met de olie, uit de

vloeistof worden verwijderd. Centrifugale water-afscheiders zijn echter duur en omvangrijk.

Scheiding door samenklonteren

Bij deze scheidingsmethode worden waterdeeltjes door toegevoegde stoffen gedwongen om zich bij botsing aan elkaar te binden. Naarmate dit proces voortschrijdt, worden de waterdruppels steeds groter totdat deze zo groot zijn dat zij zich van de basisvloeistof afscheiden. De oppervlaktespanning tussen basisvloeistof en water vormt het hier werkzame scheidingsmechanisme. Deze methode wordt al jarenlang gebruikt om vrij water, en emulsies daarvan, uit brandstoffen voor vliegtuigen te verwijderen, eventueel in combinatie met één van de hierboven genoemde methoden. De aantrekkingskrachten die een rol spelen in emulsies van hydraulische olie en water zijn echter normaliter zo groot, dat de samenklontering niet erg effectief is. Bovendien wordt deze methode ongunstig beïnvloed door colloïdale additieven zoals roestbeschermers.

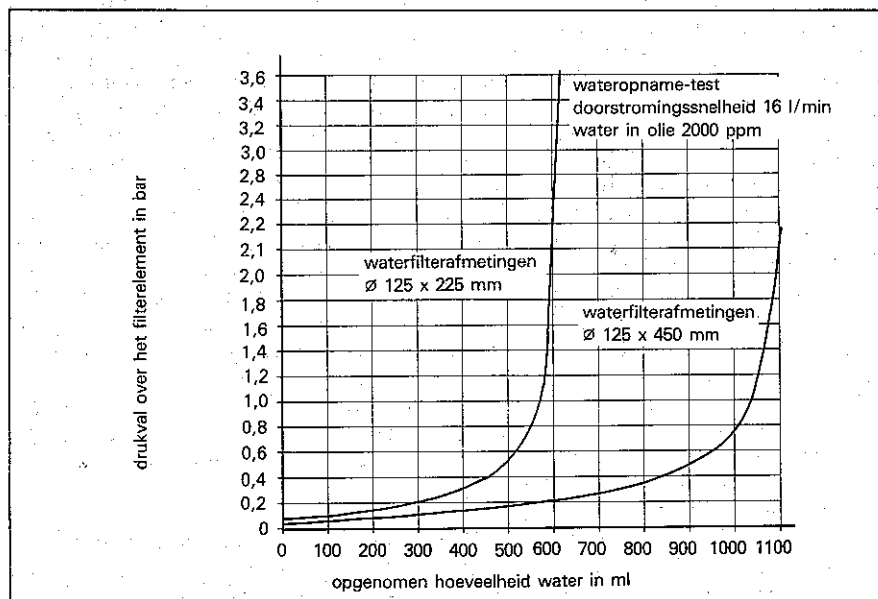
Ontwateren onder vacuüm

Ontwateren onder vacuüm wordt algemeen gebruikt voor het verwijderen van water in opgeloste en vrije toestand en in emulsies daarvan met minerale hydraulische olie. Hierbij wordt de olie met een zo groot mogelijk oppervlak, bij voorbeeld door de olie in een dunne laag over een poreuze massa te sproeien, door een vacuümkamer gevoerd. De waterdamp wordt weggepompt door de vacuümpomp en het water wordt verzameld in een condensor of verdwijnt in de atmosfeer. De belangrijkste nadelen van deze methode zijn de grote installatie en de hoge kosten.

Adsorptie door droogmiddelen

Droogmiddelen zoals geactiveerd aluminium, diatomeeënaarde en moleculaire zeven worden algemeen gebruikt voor het verwijderen van water uit minerale hydraulische olie. Hoewel deze droogmiddelen zeer doeltreffend zijn, kunnen ze te weinig water bevatten om effectief vrij water of water in de vorm van een emulsie uit olie te verwijderen.

5. Verloop van de drukval bij toenemende wateropname door een waterfilter.



Waterfilters

Een nieuw water-absorberend polymeer, dat oorspronkelijk werd ontwikkeld voor toepassing in de landbouw in droge gebieden, blijkt over uitstekende eigenschappen te beschikken om te worden gebruikt voor het verwijderen van water uit hydraulische olie. Vele belangrijke filterfabrikanten hebben producten op de markt gebracht waarin één of meer varianten van deze polymeer direct in het filterelement zijn verwerkt. Het belangrijkste voordeel hiervan is, dat standaard filterelementen kunnen worden gebruikt om zowel vuil als water uit de olie te verwijderen, zie figuur 3. Een dergelijk filter kan een eventueel reeds aanwezig retourfilter volledig vervangen.

Het polymeer bestaat uit samenhangende, zetmeelachtige moleculen (grondstof is maïs), dat tot een grof poeder wordt geraffineerd. Het polymeer kan 100 tot 1000 maal het eigen gewicht aan water absorberen, afhankelijk van de zuiverheid van het water. Tijdens de fabricage van het filter wordt het poeder gebonden aan de vezels van de filtermassa, meestal bestaande uit glasvezels. Dit materiaal vormt de eerste trap van het filter (figuur 4). De tweede trap bestaat uit een filtermassa van celuloze of glasvezel voor uitfilteren van vuildeeltjes en om het wegspoelen van het polymeer te voorkomen.

De met water vervuilde olie stroomt eerst door de eerste trap, het polymeer reageert met het water en zet het om in een gel. Dit bindt het water vast in het medium terwijl de olie ongehinderd door kan stromen. Naarmate meer water wordt geabsorbeerd groeien de gel-deeltjes waarbij het medium uitzet. Tenslotte sluit het opgezwollen gel de doorstroming af, veroorzaakt een verhoging van de drukval over het filter, zie figuur 5, en geeft daarmee een signaal, dat het filter(element) dient te worden vervangen.

Een filter met een diameter van 150 mm en een lengte van 450 mm kan meer dan één liter water opnemen. Hierbij dient te worden opgemerkt, dat deze waterfilters van nature een hogere drukval hebben dan een filter van dezelfde grootte, dat alleen vaste vuildeeltjes uitfiltreert. De voordelen van een enkelvoudige filter, dat zowel water als vaste vuildeeltjes uit de olie verwijdert liggen voor de hand. Het belangrijkste daarvan is wel, dat het water direct uit de olie opgenomen wordt zodra het daarin binnendringt, vóór dat schade aan de vloeistof en de componenten kan worden toegebracht. Verder kunnen de filters eenvoudig worden ingezet zonder verlies van het vermogen van de gebruikelijke filters om vaste vuildeeltjes af te scheiden.

Slotopmerking

Het instandhouden van een bepaalde, gewenste reinheidsklasse in een hydraulisch systeem is in het gunstigste geval een moeilijke opgave. Het is bekend dat de aanwezigheid van water het probleem van de instandhouding van de gewenste reinheidsklasse ernstig bemoeilijkt. De gebruiker van hydraulische aandrijvingen dient daarbij gebruik te maken van de modernste middelen bij het beheersen van de vervuiling ten einde de levensduur en de betrouwbaarheid van de apparatuur tot een maximum op te voeren.