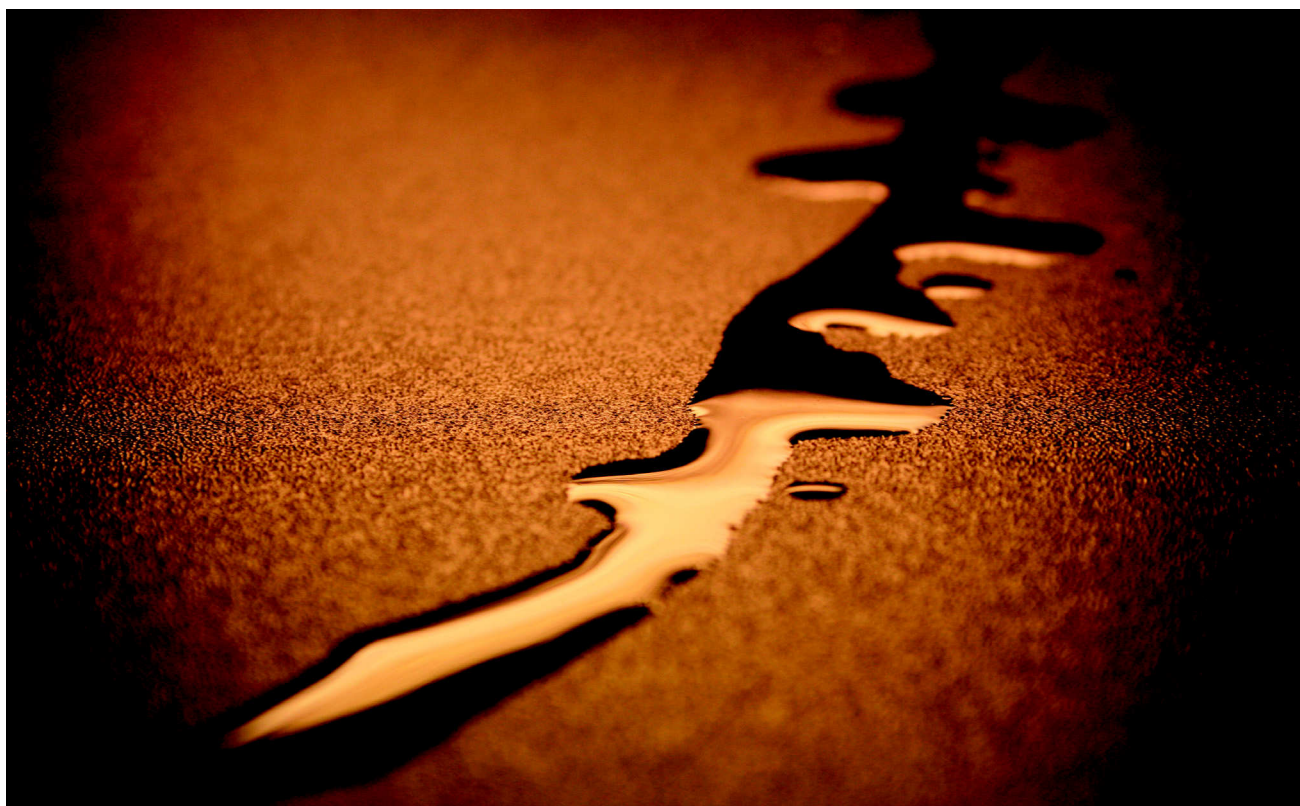


Systematic oil analyses as a diagnostic tool

Olie-onderzoek als functionele parameter voor industriële koelinstallaties



Een olieanalyse is voor een machine te vergelijken met een bloedmonster bij mensen
(foto: Philip Gabinus)

Een oliemonster uit een koelsysteem kan gezien worden als een bloedonderzoek van een patiënt. Verborgen gebreken worden zichtbaar en preventieve correcties zorgen voor een optimale werking van het koelproces. Helaas worden aanbevelingen van een laboratorium vaak te makkelijk voor waar aangenomen. Voor een hogere efficiency van een systeem blijft kritisch meekijken van belang.

Per Skaerbaek Nielsen, B. Sc
bewerkt door K. van Heiningen

Het nemen van een oliemonster en dit in een laboratorium laten onderzoeken is voor vele servicebedrijven en eigenaren van industriële koelinstallaties een standaard procedure. De gebruikelijke respons van het laboratorium is “olie kan verder toegepast worden” of “olie moet vervangen worden.” Deze adviezen worden gewoonlijk netjes opgevolgd en de onderliggende informatie van het analyserapport wordt niet beoordeeld.

Dit kan een kostbare omissie worden omdat deze onderliggende gegevens belangrijke informatie kunnen geven over

een aantal niet zichtbare of op hand zijnde gebreken. Tijdig aanpakken van deze problemen leidt tot minder uitval van het bedrijfsproces en bespaart daarmee aanzienlijk op de kosten. Veelal is service aan installaties gericht op symptoombestrijding en worden onderliggende oorzaken niet opgespoord. Het gevolg daarvan is, dat de symptomen zich opnieuw voordoen en dat opnieuw een service-actie noodzakelijk is. Veel van deze onderliggende oorzaken kunnen via olie-analyse aan het licht worden gebracht. Voorwaarde is echter wel dat de servicetechnicus



Olie in water
(foto: Ariel Camilo)

het verband weet te leggen tussen de resultaten van de olie-analyse en wat er in de installatie gebeurt.

Een oliemonster uit een installatie kan vergeleken worden met een bloedtest van een patiënt. Zo'n test geeft een overvloed aan kwantitatieve gegevens, maar alleen een ervaren medicus kan aan de hand van deze gegevens in combinatie met de symptomen van de patiënt de juiste diagnose stellen. Ditzelfde kan een goed opgeleide servicetechnicus doen als hij de testresultaten van een olieanalyse gaat vergelijken en combineren met het basis systeem ontwerp en met de vastgestelde problemen.

Voorwaarden

Om het optimale resultaat uit een olietest te krijgen moet aan drie voorwaarden voldaan worden. Ten eerste moet de plaats juist zijn. Een oliemonster moet op de juiste plaats in de installatie worden afgenomen, bij voorkeur met de compressor in bedrijf en de olie circulerend door het systeem. Daarnaast moet het ontgassen correct worden gedaan. Koudemiddel moet in een droge omgeving uit de olie kunnen dampen. Dit om te voorkomen dat er water na de oliemonsternamen in de olie komt. Dit is specifiek belangrijk voor de sterk hygroscopische esteroliën. Ten slotte is het goede laboratorium van belang. Om de testen op de juiste manier uit te voeren moet het laborato-

rium op de hoogte zijn van de speciale testprocedure voor koelcompressorolie. Deze testmethoden verschillen aanzienlijk van de methoden voor bijvoorbeeld olie voor dieselmotoren, tandwielkasten, hydraulische systemen, et cetera.

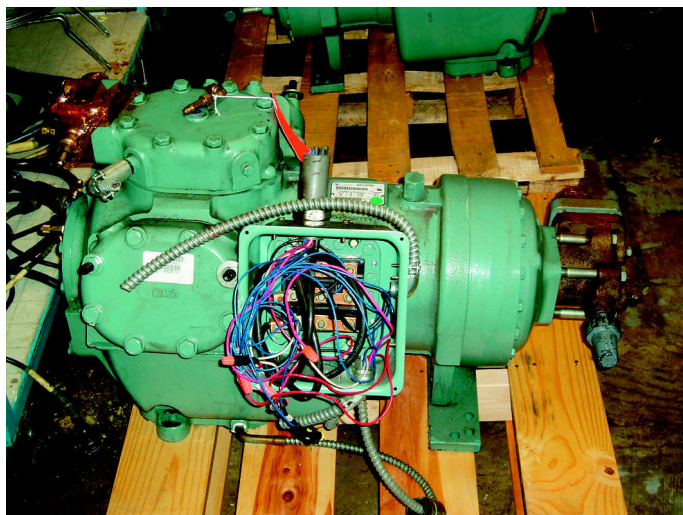
Ook de grenswaarden van afwijkingen en voor vervuiling liggen bij koelcompressorolie veel scherper dan bij andere toepassingen. De beoordeling van het laboratorium moet zijn gebaseerd op de gegevens van de originele olie. Iedere parameter, gegeven door de oliefabrikant, moet worden gemeten en vergeleken met de limiet die de olieleverancier eraan gegeven heeft. Daarnaast geven metingen van chloor en zwavelgehalte waardevolle aanvullende informatie. Het laboratorium kan alleen maar aangeven of de testresultaten binnen de limieten liggen. De ervaren servicetechnicus kan echter veel meer uit de analyse halen. Olie-soorten, toegepast in industriële koelinstallaties, hebben met elkaar gemeen dat ze geen additieven bevatten in de vorm van EP's (extreme pressure additive) of van emulgatoren. Een uitzondering hierop is de olie van CO₂-installaties. De additieven kunnen namelijk reageren met het koudemiddel en met materialen in pakkingen, O-ringen, binnengedrongen lucht en water. Het resultaat van een dergelijke reactie is meestal een drabvormige substantie die ventielen blokkeert en schade veroorzaakt aan de compressor.

De aanwezigheid van fosfor (P), calcium (C), of zink (Z) in het analyse-rapport is aanleiding voor verdergaand onderzoek naar de bron van deze elementen. Zij zijn de hoofdoorzaak van de vermelde drabvorming. De gebruikelijke reden in de praktijk is navullen met verkeerde olie of gebruik van olie met additieven voor schoonmaken en onderhoud van apparatuur in de installatie. Het is vastgesteld dat kleine hoeveelheden olie met een hoge concentratie additieven voor grote problemen in koelinstallaties heeft gezorgd.

Verschillend

Bij het beoordelen van de olieanalyse moet het bekend zijn wat voor lagertypen de compressor heeft. Onderscheid wordt gemaakt tussen de rol/kogellagers en de glijdlagers. Beide typen reageren totaal verschillend op potentiële smeerproblemen. Waar een kogellager gevoelig voor is kan een glijdlager beter verwerken en het omgekeerde gaat uiteraard ook op. Dat uit zich ook in totaal verschillende slijtagekenmerken van beide lagertypen. Algemeen kan worden gesteld dat glijdlagers zeer gevoelig zijn voor de viscositeit en de druk van de olie.

Water in de olie of kleine vuildeeltjes (kleiner dan de dikte van de oliefilm) hebben in verhouding een veel geringere invloed. Slijtage van een glijdlager kan worden vastgesteld door meten van de lagerspeling.



Compressor

Rol- en kogellagers zijn zeer gevoelig voor in de olie opgelost water en voor kleine harde vuildeeltjes. Oliedruk en viscositeit hebben relatief een kleinere invloed. Slijtage aan rol- en kogellagers is niet meetbaar omdat de afbraak van de rol en de kogels en hun behuizing meestal begint in de vorm van kleine scheurtjes onder het oppervlak.

Viscositeit

De viscositeit is een zeer belangrijke parameter bij de beoordeling of de olie voor verder gebruik geschikt is. Zowel af – als toename van de viscositeit geeft aan dat er een afbraak van de olie heeft plaatsgevonden door overmatige warmte, oxidatie of andere chemische reacties. Een fysische reden kan zich voordoen als de olieleverancier de olie heeft samengesteld uit een mengsel van verschillende viscositeiten. Vastgesteld is dat de lichte fractie minder wordt afgescheiden in de olieafscheider. Het mengsel dat terug gaat naar de compressor krijgt langzamerhand een hogere viscositeit.

Zoals eerder vermeld is de viscositeit van doorslaggevend belang voor een compressor met glijdlagers. Vastlopen van de lagers en een complete uitval van de compressor is het resultaat van een verkeerde viscositeit. Compressoren met alleen rol- of kogellagers hebben een kortere levensduur bij een afwijkende viscositeit. Het risico van een vastloper na een paar uur bedrijfstijd is echter zeer gering.

Opgelost koudemiddel in de olie tijdens compressorbedrijf vermindert de viscositeit aanzienlijk. Geen enkel analyserapport brengt dit aan het licht.

Als bij een compressor slijtage aan een glijdlager wordt vastgesteld en de olieanalyse de juiste viscositeit aangeeft, moet onderzocht worden waar en op welke manier overvloedig koudemiddel in de olie terecht kan komen.

Siliconenwaarde

Een hoge siliconenwaarde in de olie is meestal een weerslag van harde deeltjes vuil, afkomstig van zand en/of slijpmachines. Het toepassen van siliconenolie tijdens servicewerkzaamheden geeft ook een hoge siliconenwaarde, echter zonder de aanwezigheid van harde deeltjes. Deeltjes van siliconen veroorzaken een verkorte levensduur van rol- en kogellagers en bij voldoende grootte ook de levensduur van glijdlagers. Als is vastgesteld dat deze deeltjes in de installatie aanwezig zijn, is frequent reinigen of verwisselen van filters in zuig, en vloeistof- en olieleidingen de te volgen weg. In het uiterste geval kunnen zuigfilters (tijdelijk) voorzien worden van opstartfilters met een zeer fijne maaswijdte. Het spreekt voor zich moet worden gecontroleerd op de aanwezigheid van water. In olie voor motoren en tandwielkasten worden emulgatoren toegepast. Deze zorgen ervoor dat de olie een bepaald percentage water volledig kan absorberen. Zonder deze emulgator blijft water in de olie aanwezig als kleine druppels. Deze waterdruppels verstoren plaatselijk, onder hoge druk, de olielfilm. Daarom mag olie van industriële koelinstallaties, zonder emulgatoren, slechts een minuscule hoeveelheid water bevatten, (100 ppm). In de praktijk moet het watergehalte ruim onder dit maximum liggen.

Volgens FAG, een toonaangevende fabrikant van rol- en kogellagers heeft water in de olie de volgende invloed op de levensduur van de lagers. Bij 100 ppm wordt de levensduur al ingekort, bij 300 ppm is de verwachte levensduur teruggebracht tot 50 procent en bij 5000 ppm is er sprake van een ultrakorte restlevensduur, ofwel kans op een acute breakdown.

Afblazen

Bij compressoren (schroef) met rol- en kogellagers is het verstandig om de lagers met kortere tussenpozen te vervangen als er teveel water in de olie is vastgesteld. De nieuwe periode is een risicoafweging van de kosten van het vervangen van de lagers ten opzichte van de kosten van een defecte compressor tengevolge van defecte lagers. Bij compressoren met glijdlagers is de aanwezigheid van water geen directe aanleiding tot lagervervanging. Water in de olie houdt meestal ook in dat er water in de rest van het systeem zit. De oorzaak ervan moet worden opgespoord en worden verholpen. Een voor de hand liggende reden is het binnendringen van vochtige lucht bij een in het vacuüm draaiende compressor. Maar ook bij servicewerkzaamheden kan water in de installatie komen. Denk hierbij aan het afblazen van een olie/NH- mengsel in een vat met water zonder een terugslagklep in de afblaasleiding. Door wisselende bedrijfscondities kan dan water in de installatie getrokken worden. Water wordt ook gemaakt door chemische reacties. Onzorgvuldigheid tijdens onderhoudswerkzaamheden geeft ook aanleiding tot water in het



Zuigercompressor (foto: Ernst Berends)

systeem. Als er teveel water in de olie wordt vastgesteld moet daarna ook het watergehalte in het koudemiddel worden gecontroleerd.

NH₃-systemen

Bij ammoniaksystemen moet het watergehalte worden gecontroleerd in de afscheider. Normaal gesproken heeft de afscheider met de laagste temperatuur (de laatste in het circuit) de hoogste concentratie water omdat er wel water inkomt maar er verdwijnt maar een fractie ervan met het zuiggas richting compressor.

Als de waterconcentratie in de NH₃ hoger is dan een procent kan dit verscheidene problemen in de installatie geven, die men in eerste instantie niet direct in verband zal brengen met de aanwezigheid van teveel water. Voorbeelden zijn toename energieverbruik, afname koelvermogen, lagere zuigdruk dan de verzadigingsdruk, ontleden van de olie waarbij stikstofverbindingen gevormd worden die gedeeltelijk in de ammoniak oplossen en deze laten verkleuren, lekkage door brosheid van O-ringen en pakkingen, lekkage door galvanische corrosie van verbindingen en aluminium pakkingen, slijtage en/of afzettingen op afsluiters en regelapparatuur en drab in het systeem

Bij vervuilde NH₃-systemen kan het lonend zijn om een ammoniakreiniger te installeren. Hiermee wordt vuil, olie en drab verwijderd en het systeem watervrij gehouden. Deze reinigingsin-

stallaties zijn op de markt in zelfregulende, energieneutrale versies die geen elektrische aansluiting nodig hebben. Het installeren is eenvoudig en mede daardoor wordt een korte terugverdiëntijd gerealiseerd.

Als er plotsklaps een grote hoeveelheid water in de compressorolie wordt gevonden, zou dat uit de lagedrukafscheider afkomstig kunnen zijn. Dit kan alleen in de vorm van waterdruppels die, gemengd met vloeibare ammoniak, de centrale zuigleiding ingetrokken worden. Het is dan belangrijk om de vloeistofinhoud te controleren en om na te gaan of er een plotseling optredende sterke belastingtoename kan ontstaan die een overmatig kookproces in de afscheider kan veroorzaken. Het gaat dan niet alleen om het water dat meekomt, maar ook om de vloeibare ammoniak dat voor een viscositeitverandering van olie zorgt en dan lagerschade berokkent. Als tweede in de praktijk voorkomende oorzaak van plotseling veel water in de olie is uiteraard een lekke waterkoeler of een lekke watergekoelde oliekoeler.

Water en synthetisch

Olie uit HCFC- en CFC-installaties waarin water wordt vastgesteld is niet alleen een probleem voor de smering, maar ook een duidelijke waarschuwing voor mogelijke serieuze problemen in de gehele installatie. In deze systemen reageert namelijk het water met zowel de olie als met het koudemiddel.

Hierbij worden zuren gevormd die niet alleen metalen aantasten maar die ook pakkingen in verbindingen en in apparatuur aantasten. Dat is dan weer een aanleiding tot lekkage van koudemiddel naar de omgeving.

Het TAN-gehalte (Total Acid Number) van de olie is in dit opzicht een belangrijke parameter. Regelmatig meten geeft waardevolle informatie over het verzuringsproces van de olie. Opgelost koper wordt afgezet op plekken met een potentiaalverschil. Dat oogt als een gouden laag. Deze copperplating is vaak de oorzaak van lekke asafdichtingen. Als dan de asafdichting vervangen wordt zonder de oorzaak van de copperplating te elimineren, is het slechts een kwestie van tijd voordat de nieuwe asafdichting weer gaat lekken.

In de HCFC- en CFC-installaties concentreert water zich overal waar het koudemiddel verdampt. Het gaat over in ijs als de verdampingstemperatuur beneden het vriespunt ligt. Dit geldt voor alle koudemiddelen, behalve de reeds lange tijd verboden R12 en R502. Ijskristallen blokkeren filters en expansieventielen en veroorzaken een breed scala van problemen in de gehele installatie. Een vochtindicator die 'droog' aangeeft in de warme vloeistofleiding is absoluut geen garantie voor een droog systeem aan de verdamperskant. Het water blijft namelijk in de lagedrukafscheider en de vochtregistratie aan de hogedrukzijde kan dit nooit registreren.



Lager

HFC-installaties met sterk hygroscopische esterolie worden direct beïnvloed door vochtname vanuit vochtige lucht. Bij monsternamen van de olie uit een dergelijk systeem is het van het allergrootste belang dat er na de monsternamen geen water meer wordt opgenomen. Uiterste zorgvuldigheid is hier maatgevend voor het verkrijgen van betrouwbare testresultaten.

Metaaldelen in het oliemonster

Als in de testgegevens van de olie metalen worden aangetoond, moet dit op de juiste waarde geïnterpreteerd worden. De standaard testapparatuur geeft metaaldeeltjes aan tot een grootte van 5 tot 10 micron. Deze deeltjes worden niet door de standaard oliefilters tegengehouden en blijven dus circuleren. Ook als metalen zijn opgelost in de olie worden ze als metalen weergegeven. Dit zou kunnen worden beoordeeld als lagerslijtage, terwijl het een gevolg zou kunnen zijn van het onttrekken door zuur. Ook de gevolgen van inwendige corrosie zijn zichtbaar als een hoog metaalgehalte. Dat betekent niet dat er iets mankeert aan de compressor. Deze voorbeelden geven aan dat er een inzichtelijk verband gelegd moet worden tussen de aanwezigheid van metalen in de olie en de overige installatiecondities, voor het advies te geven om de lagers te controleren of te vervangen. Er zijn vele oorzaken van vervuiling van een koelinstallatie en de vorming

van drab in het systeem. Een van de ergste vormen is het binnendringen van R22 of een andere chloorhoudende stof in een ammoniaksysteem. Chloor reageert met de ammoniak, olie en ijzer en produceert daarbij veel drab. Dit, gecombineerd met de inwendige corrosie, zal op korte termijn compressoruitval tot gevolg hebben. Als er een vermoeden bestaat dat er een chloorhoudende stof in de ammoniakinstallatie kan zijn gekomen, zal het laboratorium gevraagd moeten worden hier specifiek op te testen. De test is zeker aan te bevelen als R22-componenten worden hergebruikt in een NH_3 installatie.

Omzetten

De uitkomst van een olieanalyse kan een zeer waardevol instrument zijn om de service- en bedrijfskosten van een industriële koelinstallatie zo laag mogelijk te houden. Het omzetten van de gegevens in een diagnose en in corrigerende maatregelen vereist echter competentie op gebied van olie, olie-analyse, chemie, industriële koelinstallaties, compressoren en lagerconstructies.

Er zijn verscheidene problemen in koelinstallaties die nooit ontdekt worden, omdat de diagnose niet volledig wordt benut. Daar staat tegenover dat met het juiste inzicht en met de juiste maatregelen op basis van de olieanalyse de gebruiker veel geld en ongemak bespaard kunnen worden.

Auteurs referentie;

Per Skaerbaek Nielsen (47) B.Sc. Mechanical Engineering

Vanaf 1987 werkzaam bij achtereenvolgens Stal, Sabroe Denmark, Sabroe Canada, Danfoss Denmark, York Marine, and sinds 2005 oprichter en eigenaar van Cooling Consult. Informatie op www.coolingconsult.com of skaer@mail.dk

Het is beslist onvoldoende om de bemerking van het laboratorium dat “de olie geschikt is om verder gebruikt te worden” voor lief te nemen als men zich tot doel stelt om de installatie met minimale kosten in bedrijf te houden.

Samenvatting

Industriële koel- en vriesinstallaties hebben een enorm potentieel aan besparingsmogelijkheden in de operationele en onderhoudssfeer wanneer de eigenaren en de installateurs de mogelijkheid benutten om systematisch de olie-analyses te doorgronden. Een oliemonster uit een koelsysteem kan gezien worden als een bloedonderzoek van een patiënt. Verborgene gebreken worden zichtbaar en preventieve correcties zorgen voor een optimale werking van het koelproces. Voorbeelden van diverse verontreinigingen en hun gevolgen worden beschreven.

Abstract

There is an enormous potential for reducing the cost of operating and maintaining an industrial refrigeration system provided service companies, contractors and endusers are able to use systematic oil analyses as a diagnostic tool. An oil sample from a refrigeration system is like a blood sample from a patient. Hidden failures can be made visual and pro-active correction can secure the optimal operation of the process. Examples of several contamination causes are described.