



SKF

# Smering

<b>Vetsmering</b> .....	<b>231</b>
<b>Smeervetten</b> .....	<b>231</b>
Basisolieviscositeit.....	231
Consistentie .....	232
Temperatuurbereik – het SKF verkeerslichtconcept.....	232
Bescherming tegen corrosie, gedrag bij aanwezigheid van water .....	234
Draagvermogen: EP- en AW-toevoegingen .....	234
Mengbaarheid .....	236
<b>SKF vetten</b> .....	<b>236</b>
<b>Nasmering</b> .....	<b>237</b>
Nasmeerintervallen .....	237
Aanpassing van smeerintervallen i.v.m. bedrijfsomstandigheden .....	240
Waarnemingen.....	241
<b>Procedures voor nasmering</b> .....	<b>242</b>
Nasmering .....	242
De vetvulling vernieuwen .....	244
Continue nasmering.....	245
<b>Oliesmering</b> .....	<b>248</b>
Methoden van oliesmering .....	248
Smeeroliën .....	251
Keuze van de smeerolie.....	252
Olieverversing.....	253

## Smering

Om betrouwbaar te kunnen functioneren dienen wentellagers afdoende te worden gesmeerd teneinde metallisch contact tussen de rollichamen, loopbanen en kooi te voorkomen. Verder gaat het smeermiddel slijtage tegen en worden de lageroppervlakken beschermd tegen corrosie. De keuze van een geschikt smeermiddel voor elke individuele lagertoepassing is daarom van groot belang, evenals goed onderhoud.

Er is een ruim assortiment vetten en oliën beschikbaar voor de smering van wentellagers; ook zijn er vaste smeermiddelen, bijvoorbeeld voor extreme temperaturen. De keuze van een smeermiddel wordt voornamelijk bepaald door de bedrijfscondities, d.w.z. het temperatuurbereik en de toerentallen, en door de invloed van de omgeving.

De gunstigste bedrijfstemperaturen worden verkregen wanneer de minimale hoeveelheid smeermiddel wordt gegeven die nodig is voor betrouwbare lagersmering. Wanneer het smeermiddel echter nog meer functies heeft, bijvoorbeeld afdichting of het afvoeren van warmte, kan er extra smeermiddel nodig zijn.

Het smeermiddel in een lageropstelling verliest na verloop van tijd zijn smerende eigenschappen; dit is het gevolg van mechanische werking, veroudering en ophoping van verontreiniging. Het is dan ook nodig het smeermiddel aan te vullen of te verversen. Olie moet regelmatig gefilterd en ververst worden.

De informatie en aanbevelingen in dit hoofdstuk hebben betrekking op lagers zonder geïntegreerde afdichtingen of beschermplaatjes.

SKF lagers en lagereenheden met geïntegreerde afdichtingen en beschermplaatjes aan beide zijden zijn van vet voorzien. Informatie over de vetten die SKF standaard voor deze producten gebruikt, is te vinden in de inleidende tekst bij de betreffende producttabellen, samen met een beknopte beschrijving van de prestatiegegevens.

De gebruiksduur van het vet in afgedichte lagers is vaak langer dan de levensduur van het lager, zodat op enkele uitzonderingen na geen voorzieningen zijn getroffen voor nasmering van dergelijke lagers.

### Opmerking

Er kunnen verschillen bestaan tussen de smeringseigenschappen van schijnbaar identieke smeermiddelen – met name vet – die op verschillende locaties zijn geproduceerd. SKF kan dan ook geen aansprakelijkheid aanvaarden voor enig smeermiddel of de prestaties daarvan. De gebruiker wordt dan ook geadviseerd smeermiddeleigenschappen gedetailleerd te specificeren om voor de toepassing het meest geschikte smeermiddel te selecteren.

## Vetsmering

Voor de smering van wentellagers onder normale omstandigheden kan in de meeste gevallen vet worden gebruikt.

Vet heeft het voordeel boven olie dat het gemakkelijker in de lagerconstructie kan worden vastgehouden, vooral daar waar assen onder een hoek zijn geplaatst of verticaal staan. Verder draagt het bij aan de bescherming van de constructie tegen het binnendringen van verontreinigingen of vocht en water.

Een overmaat aan smeermiddel zal de bedrijfstemperatuur binnen het lager snel doen stijgen, vooral bij hoge toerentallen. Als algemene richtlijn kan derhalve worden gesteld dat alleen het lager geheel moet worden gevuld, maar dat de vrije ruimte in het lagerhuis slechts gedeeltelijk met vet moet worden gevuld. Voor dat het lager op volledig toerental draait, moet het overtollige vet in het lager de kans krijgen zich te verdelen of tijdens een inlooperperiode te verdwijnen in de vrije ruimte van het lagerhuis. Aan het einde van de inlooperperiode zal de bedrijfstemperatuur aanzienlijk dalen – dit is het teken dat het vet in de lagerconstructie is verdeeld.

Wanneer lagers echter bij zeer lage toerentallen draaien en wanneer een goede bescherming tegen verontreiniging en corrosie nodig is, verdient het aanbeveling het huis geheel met vet te vullen.

## Smeervetten

Smeervetten bestaan uit minerale of synthetische olie met een verdikker. Meestal zijn deze verdickers metaalzepen. Er kunnen echter ook andere verdickers worden gebruikt voor betere prestaties op bepaalde gebieden, bijvoorbeeld in toepassingen met hoge temperaturen. Verder kunnen er stoffen worden toegevoegd om bepaalde eigenschappen van het vet te verbeteren. De consistentie van het vet is voornamelijk afhankelijk van het type en de concentratie van de gebruikte verdikker en de bedrijfstemperatuur van de toepassing. Voor de keuze van een vetsoort zijn de consistentie, het bedrijfstemperatuurbereik, de basisolieviscositeit, de corrosiewerende eigenschappen en de drukvastheid de belangrijkste overwegingen. Hieronder volgt gedetailleerde informatie over deze eigenschappen.

### Basisolieviscositeit

Het belang van de olieviscositeit voor de vorming van een oliefilm die de metaaloppervlakken van het lager scheidt en dus voor de levensduur van het lager, wordt besproken in hoofdstuk "Smering – viscositeitsverhouding  $\kappa$ " op **pagina 59**; deze informatie is eveneens van toepassing op de basisolieviscositeit van vetten.

De basisolieviscositeit van vetten voor wentellagers ligt normaal tussen de 15 en 500  $\text{mm}^2/\text{s}$  bij 40 °C. Vetten op oliebasis met een hogere viscositeit dan 1 000  $\text{mm}^2/\text{s}$  bij 40 °C scheiden zo langzaam olie af dat het lager niet afdoende wordt gesmeerd. Als een berekende viscositeit van ruim boven de 1 000  $\text{mm}^2/\text{s}$  bij 40 °C is vereist vanwege lage toerentallen, is het beter een vet te gebruiken met een maximale viscositeit van 1 000  $\text{mm}^2/\text{s}$  en goede olieseparatie of oliesmering te kiezen.

## Smering

Het maximum toelaatbare toerental waarbij een bepaald vet nog kan worden gebruikt, wordt ook bepaald door de olieviscositeit. Verder wordt het toelaatbare toerental voor vet beïnvloed door de afschuifsterkte van het vet, die wordt bepaald door de verdikker. Vetleveranciers geven vaak een "toerentalfactor" op om de toerentalgrens aan te geven:

$$A = n d_m$$

waarbij

A = toerentalfactor, mm/min

n = toerental, r/min<sup>-1</sup>

d<sub>m</sub> = gemiddelde lagerdiameter  
= 0,5 (d + D), mm

Voor toepassingen die bij zeer hoge toerentalen werken, bijvoorbeeld bij A > 700 000 voor kogellagers, zijn de geschiktste smeermiddelen vetten met een basisolie met een lage viscositeit.

## Consistentie

Vetten worden volgens de schaal van het National Lubricating Grease Institute (NLGI) ingedeeld in verschillende consistentieklassen. De consistentie van vetten die voor de smering van wentellagers worden gebruikt, mag niet te zeer veranderen door een temperatuurverandering binnen het temperatuurbereik van het vet. Vetten die bij hogere temperaturen zachter worden, kunnen weglekken uit de lagerconstructie. Vetten die stijf worden bij lage temperaturen kunnen de rotering van het lager belemmeren of onvoldoende olie afscheiden.

Vetten met een metaalzeepverdikker en met een consistentie van 1, 2 of 3 worden gebruikt voor wentellagers. De meest voorkomende vetten hebben een consistentie van 2. Lagere consistentieklassen zijn het best voor toepassingen bij lagere temperaturen of voor verbeterde verpompbaarheid. Vetten met consistentie 3 worden in de eerste plaats aanbevolen voor lagerconstructies met een verticale as, waarbij onder het lager in het huis een plaat wordt aangebracht om te voorkomen dat het vet uit het lager lekt.

In toepassingen die worden onderworpen aan trillingen wordt het vet zwaar gekarnd omdat het door de trillingen voortdurend terugvalt in het lager. Hier kunnen vetten met een hogere

consistentie uitkomst bieden, maar stijfheid alleen levert niet noodzakelijkerwijs voldoende smering. Daarom moeten er in plaats daarvan mechanisch stabiele vetten worden gebruikt.

Vetten die zijn verdikt met polyureum kunnen hard of zacht worden, afhankelijk van de mate van afschuiving die optreedt. In toepassingen met verticale assen bestaat het gevaar dat een polyureumvet onder bepaalde omstandigheden zal gaan lekken.

## Temperatuurbereik – het SKF verkeerslichtconcept

Het temperatuurbereik waarbinnen een vet kan worden gebruikt, hangt voornamelijk af van het type basisolie, de verdikker en de toevoegingen. De relevante temperaturen worden in **diagram 1** in schema gebracht, in de vorm van een "dubbel verkeerslicht".

De uiterste temperatuurgrenzen, dat wil zeggen de temperatuuronder- en de temperatuurbovengrens, zijn duidelijk omschreven.

- De temperatuurondergrens (LTL), d.w.z. de laagste temperatuur waarbij het lager met dit smeermiddel zonder problemen kan worden opgestart, wordt voornamelijk bepaald door het type basisolie en de viscositeit daarvan.
- De temperatuurbovengrens (HTL) wordt bepaald door het type verdikker en voor vetten met een verdikker op zeepbasis wordt deze gegeven voor het druppelpunt. Het druppelpunt geeft de temperatuur aan waarbij het vet zijn consistentie verliest en vloeibaar wordt.

Uiteraard is het niet raadzaam het lager met een bepaalde smering te gebruiken onder de temperatuurondergrens en boven de bovengrens, zoals in **diagram 1** wordt aangegeven met rode zones. Hoewel vetfabrikanten in hun productinformatie de specifieke waarden aangeven voor boven- en ondergrens voor temperatuur, zijn de werkelijk belangrijke temperaturen voor betrouwbaar gebruik de door SKF gegeven waarden voor

- de prestatielimiet lage temperatuur (LTPL) en
- de prestatielimiet hoge temperatuur (HTPL).

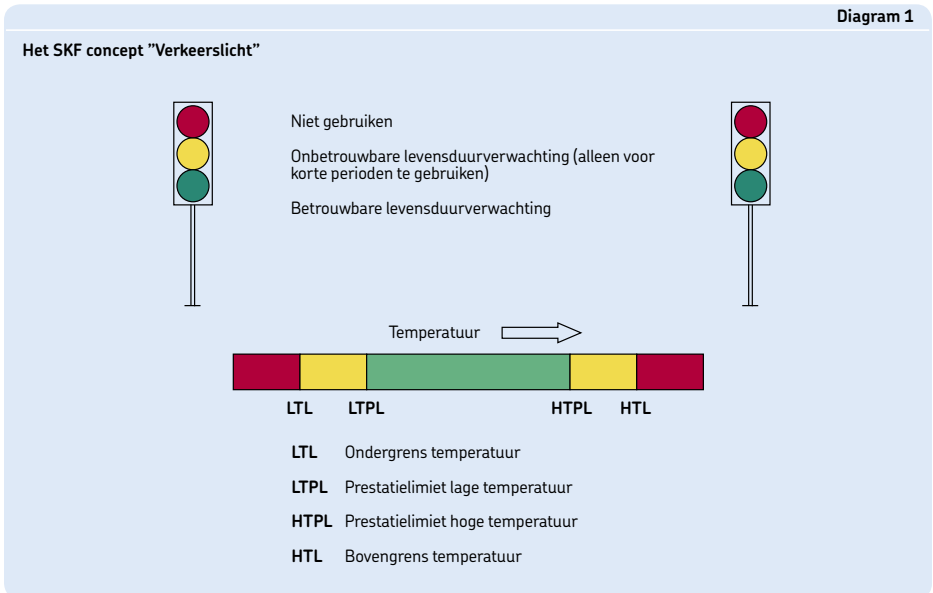
Binnen deze twee grenzen, de groene zone in **diagram 1**, zal het vet betrouwbaar werken en kan de levensduur van het vet nauwkeurig worden bepaald. Aangezien de definitie van de prestatielimiet hoge temperatuur niet internationaal genormaliseerd is, moeten de leveranciersgegevens met enige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd.

Bij temperaturen boven de prestatielimiet hoge temperatuur (HTPL) zal het vet steeds sneller verouderen en oxideren. De oxidatieproducten hebben een nadelige uitwerking op de smering. De temperaturen in de oranje zone, tussen de boven- en de ondergrens, mogen slechts kortdurend voorkomen.

Ook voor de ondergrens bestaat een oranje zone. Bij het dalen van de temperatuur neemt de neiging van vet om olie af te scheiden af, en neemt de stijfheid (consistentie) van het vet toe. Dit zal uiteindelijk leiden tot een onvoldoende afgifte van smeermiddel op de contactvlakken van de rollichamen en de loopbanen. In **diagram 1**, wordt deze temperatuurgrens aangegeven door de prestatielimiet lage temperatuur (LTPL). Waarden voor de prestatielimiet lage temperatuur zijn verschillend voor rol- en kogellagers. Aangezien kogellagers gemakkelijker te smeren zijn dan rollagers, is de onderste temperatuurprestatiegrens voor kogellagers

minder belangrijk. Voor rollagers echter zal gebruik onder de ondergrens leiden tot zware schade aan het lager. Korte periodes binnen deze temperatuurzone, bijvoorbeeld bij een koude start, kunnen geen kwaad aangezien door de warmte van de wrijving de lagertemperatuur al snel binnen de groene zone zal raken.

Diagram 1



**Opmerking**

Het SKF verkeerslichtconcept is toepasbaar voor alle vetten; de temperatuurzones verschillen echter per vetsoort en kunnen alleen worden vastgesteld door functionele lagertesten. De verkeerslichtlimieten voor

- vettypen die normaal worden gebruikt voor rollagers zijn te zien in **diagram 2** en voor
- SKF vetten in **diagram 3**.

De waarden in deze diagrammen zijn gebaseerd op uitgebreide proefnemingen in de SKF laboratoria en kunnen afwijken van waarden die door de vetfabrikanten zijn opgegeven. De waarden in **diagram 2** zijn geldig voor normaal verkrijgbare NLGI 2 vetten zonder EP-toevoegingen. De temperaturen in de diagrammen hebben betrekking op waargenomen, door het lager veroorzaakte temperatuur (meestal gemeten aan de niet-roterende ring). Aangezien de gegevens voor de diverse vetsoorten een samenvatting is van een groot aantal vetten met min of meer vergelijkbare samenstelling, zijn de overgangen per groep niet scherp, maar vallen binnen een klein bereik.

**Bescherming tegen corrosie, gedrag bij aanwezigheid van water**

Vet beschermt het lager tegen corrosie en mag niet uit de lagerconstructie gespoeld worden door binnendringend water. Het type verdikker is de enige factor die de waterbestendigheid bepaalt: lithium- en calciumzeepvetten en polyureumvetten bieden meestal een uitstekende waterbestendigheid. De corrosiewerende eigenschappen van het vet worden voornamelijk bepaald door het type corrosiewerende toevoeging.

Bij zeer lage toerentallen is een volledige vetvulling geschikt voor bescherming tegen corrosie en om te verhinderen dat water het lager binnendringt.

**Draagvermogen: EP- en AW-toevoegingen**

De levensduur van een lager wordt bekort als de smeerfilm niet dik genoeg is om metallisch contact van de ruwheidstoppen op de contactvlakken te verhinderen. Een optie om dit te voorkomen is het gebruik van de zogeheten EP (Extreme Pressure) toevoegingen. Hoge temperaturen die het gevolg zijn van contact tussen lokale ruwheidstoppen activeren deze toevoegingen en zorgen voor een lichte slijtage op de punten van contact. Het resultaat is een gladder oppervlak, lagere contactdruk en een toename van de gebruiksduur.

Diagram 2

Het SKF concept "Verkeerslicht" – standaardvetten



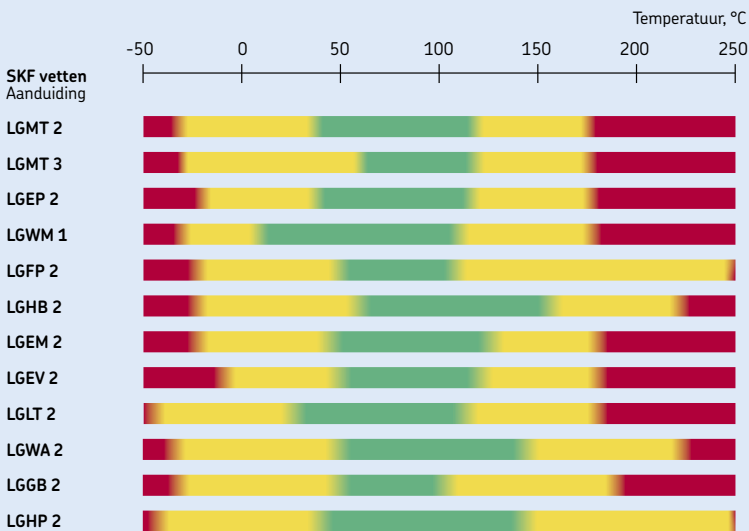
Een groot aantal moderne EP-toevoegingen zijn van het type zwavel/fosfor. Helaas kunnen deze toevoegingen een negatieve invloed hebben op de sterkte van het lagerstaal. Als dergelijke toevoegingen worden gebruikt, zal de chemische activiteit misschien niet beperkt blijven tot de ruwheidscontacten. Als de bedrijfstemperatuur en de contactdruk te hoog worden, kunnen de toevoegingen chemisch reactief worden, ook als er geen ruwheidscontact plaatsvindt. Dit kan zorgen voor corrosie- en diffusiemechanismen in de contactpunten en kan leiden tot versnelde lageruitval, meestal ten gevolge van micropitting, waarbij microscopisch kleine putjes in het materiaal ontstaan. SKF adviseert daarom het gebruik van minder reactieve EP-toevoegingen voor bedrijfstemperaturen boven de 80 °C. Smeermiddelen met EP-toevoegingen worden afgeraden voor lagers die bij een bedrijfstemperatuur van meer dan 100 °C worden toegepast. Voor zeer lage toerentallen maakt een vast smeermiddel ter verbetering van het EP-effect soms al deel uit van het toe-

voegingenpakket, zoals grafiet en molybdeen-disulfide (MoS<sub>2</sub>). Deze toevoegingen dienen een hoog zuiverheidsgehalte en een zeer kleine deeltjesgrootte te hebben; anders kunnen er indrukkingen ontstaan tengevolge van overrollen van de deeltjes, en dat kan leiden tot vermoeiing en bekorting van de lagerlevensduur.

De functie van AW (Anti-Wear, anti-slijtage) toevoegingen is vergelijkbaar met die van EP-toevoegingen, d.w.z. het voorkomen van hevig metallisch contact. Daarom wordt zelden verschil gemaakt tussen EP- en AW-toevoegingen. De werking van beide soorten toevoegingen is echter verschillend. Het grootste verschil is dat een AW-toevoeging een beschermlaag opbouwt, die aan het oppervlak hecht. De ruwheidstoppelen schuiven over elkaar heen zonder metallisch contact. De ruwheid neemt daardoor niet af door lichte slijtage, zoals bij EP-toevoegingen. Maar ook hier dient speciale zorg in acht te worden genomen: AW-toevoegingen kunnen elementen bevatten die net als EP-toevoeging-

Diagram 3

Het SKF concept "Verkeerslicht" – SKF vetten



Voor bedrijfstemperaturen boven 150 °C wordt SKF LGET 2 aanbevolen



## Smering

gen in het lagerstaal kunnen migreren en de structuur verzwakken.

Bepaalde verdickers (bijvoorbeeld calciumsulfoaatcomplex) bieden een EP/AW-effect zonder chemische activiteit met bijbehorend effect op de vermoeiing en de levensduur van het lager. De bedrijfstemperatuurgrenzen voor EP-toevoegingen zijn dan ook niet van toepassing op deze vetten.

Als de smeerfilm voldoende dik is, verdient het gebruik van EP- en AW-toevoegingen geen aanbeveling. Er zijn echter omstandigheden waaronder EP- en AW-toevoegingen nuttig kunnen zijn. Als er veel slip tussen de rollichamen en de loopbanen wordt verwacht, kunnen deze toevoegingen nut hebben. Neem voor meer informatie contact op met de SKF application engineering service.

## Mengbaarheid

Als het noodzakelijk is om over te schakelen op een ander vet, dient te worden nagegaan of het toe te voegen vet zonder nadelige gevolgen mengbaar is met het nog aanwezige vet. Als vetten die elkaar niet verdragen worden gemengd, kan de daaruit voortvloeiende consistentie aanzienlijk veranderen, zodat er schade kan ontstaan aan het lager, bijvoorbeeld door ernstige vetlekkage.

Vetten met dezelfde verdikker en vergelijkbare basisoliën kunnen in het algemeen zonder negatieve effecten worden gemengd, bijvoorbeeld een vet met minerale olie en lithiumverdicker kan worden gemengd met een ander vet met minerale olie en lithiumverdicker. Sommige vetten met verschillende verdickers, bijvoorbeeld calcium- en lithiumzeepvet, zijn mengbaar.

Indien vetten elkaar niet verdragen dient het aanwezige vet te worden verwijderd uit de laging en de smerleidingen voordat het nieuwe vet wordt toegevoegd, doorsmeren is niet voldoende (→ gedeelte "Nasmering" vanaf **pagina 237**).

Het conserveringsmiddel waarmee SKF lagers zijn behandeld, heeft geen negatieve uitwerking op het merendeel van de vetten voor wentellagers, misschien met uitzondering van polyureumvetten (→ gedeelte "Voorbereidingen voor montage en demontage" op **pagina 258**). Moderne polyureumvetten (bijvoorbeeld SKF vet LGHP 2) zijn vaak beter mengbaar met conser-

veringsmiddelen dan de oudere polyureumvetten. Bedenk dat synthetische vetten met een gefluoreerde basisolie met een PTFE verdikker, bijvoorbeeld SKF LGET 2 vet, niet compatibel zijn met standaard conserveringsmiddelen; de conserveringsmiddelen dienen grondig te worden verwijderd voordat het vet wordt aangebracht. Neem voor meer informatie contact op met de SKF application engineering service.

## SKF vetten

Het assortiment van SKF smeervetten voor wentellagers bestaat uit een groot aantal verschillende vetten en voorziet in de behoeften voor nagenoeg alle toepassingen. De vetten zijn ontwikkeld op basis van de laatst verkregen informatie over de smering van wentellagers en zijn grondig getest, zowel in het laboratorium als in de praktijk. De kwaliteit wordt voortdurend bewaakt door SKF.

De belangrijkste technische gegevens over SKF vetten worden gegeven in **tabel 2** op de **pagina's 246** en **247**, waar ook een snelle keuzegids wordt gegeven. De temperatuurbereiken waarbij SKF vetten kunnen worden gebruikt, zijn schematisch en volgens het SKF verkeerslichtconcept aangegeven in **diagram 3** op **pagina 235**.

Meer informatie over SKF vetten is te vinden in de catalogus "SKF Onderhoudsgereedschappen en smeermiddelen" of online op [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

Voor een gedetailleerder keuze van het juiste vet voor een specifiek lagertype en een specifieke toepassing kan het SKF vetkeuzeprogramma "LubeSelect" op internet worden gebruikt. Dit programma is online te vinden op [www.aptitudexchange.com](http://www.aptitudexchange.com).

# Nasmering

Wentellagers moeten worden nagesmeerd als de gebruiksduur van het vet korter is dan de verwachte gebruiksduur van het lager. Het lager dient te worden nagesmeerd op een tijdstip waarop de smering nog goed is.

Het tijdstip waarop moet worden nagesmeerd is afhankelijk van een groot complex van factoren. Dit zijn onder meer lagertype en -grootte, bedrijfstemperatuur, vetsoort, ruimte rond het lager en de lageromgeving. Het is alleen mogelijk richtlijnen te geven op basis van statistische gegevens; het SKF smeerinterval is gedefinieerd als de periode aan het eind waarvan 99 % procent van de lagers nog afdoende is gesmeerd. Dit is de  $L_1$  vetlevensduur.

Het verdient aanbeveling de ervaring op basis van werkelijke toepassingen en tests te gebruiken, samen met de geschatte nasmeringsintervallen die hierna gegeven worden.

## Nasmeerintervallen

Het nasmeerinterval  $t_f$  voor lagers met een roterende binnenring op horizontale assen onder normale en schone bedrijfsomstandigheden kan worden afgelezen uit **diagram 4** als functie van

- het lagertoerental  $A$  vermenigvuldigd met de betreffende lagerfactor  $b_f$  waarbij
$$A = n d_m$$
$$n = \text{toerental, min}^{-1}$$
$$d_m = \text{gemiddelde diameter van het lager} = 0,5 (d + D), \text{ mm}$$
$$b_f = \text{lagerfactor afhankelijk van lagertype en belasting (} \rightarrow \text{tabel 1, pagina 239)}$$
- de belastingsverhouding  $C/P$

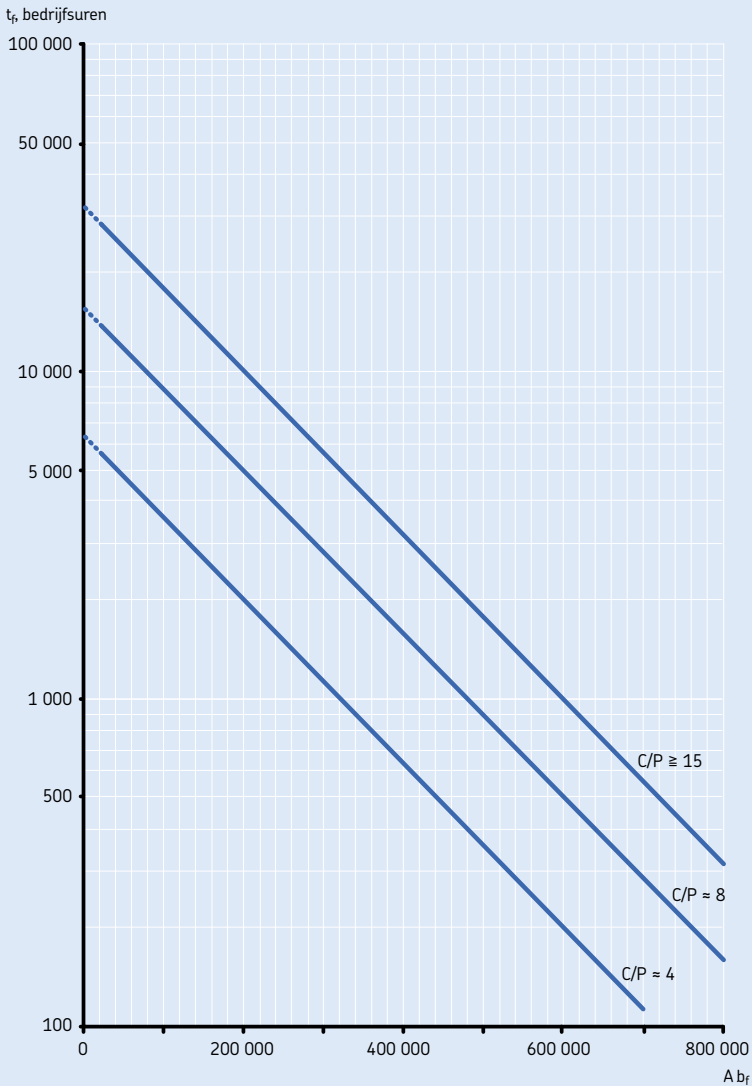
Het nasmeerinterval  $t_f$  is een geschatte waarde, geldig voor een bedrijfstemperatuur van  $70^\circ\text{C}$ , waarbij een goede kwaliteit vet met minerale basisolie is gebruikt met een verdikker op basis van lithium. Wanneer de bedrijfsomstandigheden van het lager verschillen, dienen de nasmeerintervallen te worden aangepast aan de afgelezen waarden uit **diagram 4** en wel volgens de informatie onder "Aanpassing van smeerintervallen i.v.m. bedrijfsomstandigheden".

Als het toerental  $A$  een waarde van 70 % van de in **tabel 1**, aanbevolen limiet overschrijdt of

bij hoge omgevingstemperaturen wordt het gebruik van de berekeningen in hoofdstuk "Toerentallen en trilling", vanaf **pagina 107**, aanbevolen voor het controleren van de bedrijfstemperatuur en de juiste smeringsmethode.

Bij het gebruik van topkwaliteit vetten kunnen een langere nasmeerinterval en een langere vetlevensduur mogelijk zijn. Neem voor meer informatie contact op met de SKF application engineering service.

Nasmeerintervallen bij bedrijfstemperaturen van 70 °C



Lagerfactoren en aanbevolen grenzen voor toerentalfactor A				
Lagertype <sup>1)</sup>	Lager-factor $b_f$	Aanbevolen grenzen voor toerentalfactor A voor belastingsverhouding		
		$C/P \geq 15$	$C/P \approx 8$	$C/P \approx 4$
–	–	mm/min		
<b>Groefkogellagers</b>	1	500 000	400 000	300 000
<b>Hoekcontactkogellagers</b>	1	500 000	400 000	300 000
<b>Zich instellende kogellagers</b>	1	500 000	400 000	300 000
<b>Cilindertagers</b>				
– los lager	1,5	450 000	300 000	150 000
– vast lager zonder axiale belasting				
of met lichte maar wisselende axiale belasting	2	300 000	200 000	100 000
– vast lager met continu lichte axiale belasting	4	200 000	120 000	60 000
– vollollige lagers <sup>2)</sup>	4	nvt <sup>3)</sup>	nvt <sup>3)</sup>	20 000
<b>Kegellagers</b>	2	350 000	300 000	200 000
<b>Tweerijige tonslagers</b>				
– als belastingsverhouding $F_a/F_r < e$ en $d_m \leq 800$ mm				
series 213, 222, 238, 239	2	350 000	200 000	100 000
series 223, 230, 231, 232, 240, 248, 249	2	250 000	150 000	80 000
series 241	2	150 000	80 000 <sup>4)</sup>	50 000 <sup>4)</sup>
– als belastingsverhouding $F_a/F_r < e$ en $d_m > 800$ mm				
series 238, 239	2	230 000	130 000	65 000
series 230, 231, 232, 240, 248, 249	2	170 000	100 000	50 000
series 241	2	100 000	50 000 <sup>4)</sup>	30 000 <sup>4)</sup>
– als belastingsverhouding $F_a/F_r > e$				
alle series	6	150 000	50 000 <sup>4)</sup>	30 000 <sup>4)</sup>
<b>CARB lagers</b>				
– met kooi	2	350 000	200 000	100 000
– zonder kooi, vollollig <sup>2)</sup>	4	nvt <sup>3)</sup>	nvt <sup>3)</sup>	20 000
<b>Kogeltaatslagers</b>	2	200 000	150 000	100 000
<b>Cilindertaatslagers</b>	10	100 000	60 000	30 000
<b>Tontaatslagers</b>				
– roterende asring	4	200 000	170 000	150 000

<sup>1)</sup> De lagerfactoren en de aanbevolen grenzen voor de praktische toerentalfactor "A" zijn van toepassing op lagers met standaard interne constructie en standaard kooi. Voor alternatieve interne lagerontwerpen en speciale kooiconstructies kan contact worden opgenomen met de SKF application engineering service

<sup>2)</sup> De waarde  $t_f$  uit **diagram 4** moet worden gedeeld door een factor 10

<sup>3)</sup> Niet van toepassing, voor deze C/P-waarden wordt een lager met een kooi aanbevolen

<sup>4)</sup> Voor hogere toerentallen wordt oliesmering aanbevolen

### Aanpassing van smerintervallen i.v.m. bedrijfsomstandigheden

#### Bedrijfstemperatuur

Als compensatie voor de versnelde veroudering van vet bij stijgende temperaturen is het raadzaam de uit **diagram 4** afgelezen intervallen vanaf een bedrijfstemperatuur van 70 °C te halveren voor iedere stijging van 15 °C. Onthoud hierbij dat de bovengrens voor prestaties voor dit vet (→ **diagram 1**, HTPL), niet mag worden overschreden.

Het nasmeerinterval  $t_f$  kan worden verlengd bij temperaturen onder de 70 °C, mits de temperatuur niet in de buurt van de onderste prestatiegrens ligt (→ **diagram 1**, LTPL). Een totale verlenging van het nasmeerinterval  $t_f$  met meer dan factor twee wordt niet geadviseerd. Bij volledige lagers en kogeltaats lagers mogen de  $t_f$  waarden uit **diagram 4** niet worden verhoogd.

Bovendien is het niet raadzaam nasmeerintervallen boven de 30 000 uur te hanteren.

Voor een groot aantal toepassingen is er een praktische vetsmeringsgrens wanneer de lagering met de hoogste temperatuur een bedrijfstemperatuur van 100 °C overschrijdt. Boven deze temperatuur dienen speciale vetten te worden gebruikt. Daarbij moet ook de temperatuurstabiliteit van het lagerstaal en voortijdige afdichtingsuitval in beschouwing worden genomen.

Voor toepassingen bij hogere temperaturen kan contact worden opgenomen met de SKF application engineering service.

#### Verticale as

Voor lagers op verticale assen dienen de intervallen uit **diagram 4** te worden gehalveerd. Het gebruik van een goede afdichting of beschermplaat is vereist om te voorkomen dat vet uit de lagerconstructie weglekt.

#### Trilling

Matige trilling heeft geen nadelige uitwerking op de vetlevensduur, maar ernstige trillingen of stootbelastingen zoals bij schudzeven, zullen ervoor zorgen dat het vet gekarnd wordt. In deze gevallen dient het nasmeerinterval te worden bekort. Als het vet te zacht wordt, moet vet met een betere mechanische stabiliteit, bijvoorbeeld SKF vet LGHB 2 of vet met een hogere stijfheid (tot NLGI 3) worden gebruikt.

#### Rotatie buitenring

Bij toepassingen met een roterende buitenring wordt het toerental A op een andere wijze berekend: in dit geval wordt de buitendiameter van het lager D gebruikt in plaats van  $d_m$ . Het gebruik van een goede afdichting is een vereiste voor het voorkomen van vetverlies.

Bij hoge toerentallen van de buitenring (d.w.z. > 40 % van het referentietoerental in de producttabellen) moeten vetten met een lagere olieseperatie worden gekozen.

Voor tontaatslagers met een roterende huisring wordt oliesmering aanbevolen.

#### Verontreiniging

Wanneer verontreinigingen in het lager binnendringen kan een regelmatigere nasmering dan het aangegeven nasmeerinterval de negatieve effecten van vuildeeltjes op het vet verminderen, terwijl ook lagerschade door het overrollen van de deeltjes wordt verminderd. Ook vloeibare verontreiniging (water, procesvloeistoffen) maakt een kortere interval nodig. Bij ernstige verontreiniging dient continu nasmering te worden overwogen.

#### Zeer lage toerentallen

Lagers die bij zeer lage toerentallen en onder lichte belasting werken hebben vet met een lage consistentie nodig. Voor lagers die bij lage toerentallen onder hoge belasting draaien, is vet met een hoge viscositeit nodig, indien mogelijk met zeer goede EP-eigenschappen.

Vaste toevoegingen als grafiet en molybdeen-disulfide ( $\text{MoS}_2$ ) kan worden overwogen bij een toerentalfactor  $A < 20\,000$ . De keuze van het juiste vet en de juiste vetvulling is van groot belang bij toepassingen met lage toerentallen.

#### Hoge toerentallen

Nasmeerintervallen voor lagers die bij hoge toerentallen werken, dat wil zeggen boven de aanbevolen toerentalfactor A in **tabel 1** op **pagina 239**, zijn alleen van toepassing bij gebruik van speciale vetten of aangepaste lageruitvoering, bijvoorbeeld hybride lagers. In deze gevallen zijn continue nasmeringstechnieken als olieomloopsmering, oliedruppelsmering enz. geschikter dan vetsmering.

### Zeer hoge belasting

Voor lagers die werken met een toerentalfactor  $A > 20\,000$  en een belastingsverhouding  $C/P < 4$  wordt het nasmeerinterval nog korter. Onder deze zeer hoge belastingen wordt continue vetnasmering of oliebadsmearing aanbevolen.

Bij toepassingen waarbij de toerentalfactor  $A < 20\,000$  en de belastingsverhouding  $C/P = 1-2$  dient te worden verwezen naar de informatie onder "Zeer lage toerentallen" op **pagina 240**. Voor hoge belastingen en bij hoge toerentallen wordt in het algemeen oliesmering met koeling aanbevolen.

### Zeer lichte belasting

In vele gevallen kan het nasmeerinterval worden verlengd bij lichte belastingen ( $C/P = 30$  tot  $50$ ). Voor een goede werking dienen de richtlijnen voor de minimale belasting zoals vermeld in de inleidende teksten bij de betreffende producttabellen te worden gerespecteerd.

### Scheefstelling

Een constante scheefstelling binnen de toelaatbare grenzen heeft geen nadelige gevolgen voor de vetlevensduur in tweerijige tonlagers, zich instellende kogellagers of CARB lagers.

### Grote lagers

Voor het vaststellen van het juiste nasmeerinterval voor lagers met lijncontact, met name grote lagers ( $d > 300$  mm) in kritische lageropstellingen binnen de procesindustrie, wordt een interactieve procedure aanbevolen. In dergelijke gevallen is het raadzaam om aanvankelijk vaker na te smeren en de aanbevolen nasmeerhoeveelheden strikt aan te houden (→ gedeelte "Procedures voor nasmering" op **pagina 242**).

Voor het nasmeren moet het uiterlijk van het gebruikte vet en de mate van verontreiniging door deeltjes en water worden gecontroleerd. Ook moet de gehele afdichting worden gecontroleerd op slijtage, schade en lekken. Wanneer de conditie van het vet en de bijbehorende componenten voldoende blijkt, kan het nasmeerinterval langzaam worden opgevoerd.

Een vergelijkbare procedure wordt aanbevolen voor tontaatslagers, prototypen van machines en stoomgeneratoren met groot vermogen waar de ervaring met de toepassing beperkt is.

### Cilinderlagers

De nasmeerintervallen uit **diagram 4**, **pagina 238**, zijn geldig voor cilinderlagers met

- een, met glasvezelversterkte polyamide 6.6 kooi, achtervoegsel P
- een gedeelde massieve messing kooi, gecentreerd op de rollen, achtervoegsel M.

### For cylindrical roller bearings with

- a pressed steel cage, roller centred, no designation suffix or suffix J, or
- a machined brass cage, inner or outer ring centred, designation suffixes MA, MB, ML or MP,

the value for the relubrication interval from **diagram 4** should be halved and a grease with good oil bleeding properties should be applied. Moreover, grease lubricated bearings with a MA, MB, ML or MP cage should not be operated at speeds exceeding the speed factor  $A = n \times d_m = 250\,000$ . For applications exceeding this value, please consult the SKF application engineering service. SKF generally recommends to lubricate these bearings with oil.

### Waarnemingen

Als de vastgestelde waarde voor nasmeerinterval  $t_r$  te kort is voor een bepaalde toepassing, is het raadzaam om

- de bedrijfstemperatuur van het lager te controleren
- te controleren of het vet is verontreinigd met vaste deeltjes of vloeistoffen
- bedrijfsomstandigheden als belasting of scheefstelling te controleren

en tot slot kan een geschiktere vetsoort worden overwogen.

## Procedures voor nasmering

De keuze van de nasmeerprocedure is meestal afhankelijk van de toepassing en het afgelezen nasmeerinterval  $t_r$ :

- Aanvulling is een handige procedure die vaak de voorkeur verdient als het nasmeerinterval korter is dan zes maanden. Hierbij wordt tijdens bedrijf nagesmeerd en ontstaat, in vergelijking met continue nasmering, een lagere constante bedrijfstemperatuur.
- Het vernieuwen van de vetvulling wordt meestal aanbevolen wanneer de nasmeerintervallen langer zijn dan zes maanden. Deze procedure wordt vaak toegepast als onderdeel van een lageronderhoudsschema, bijvoorbeeld bij spoorwegtoepassingen.
- Continue nasmering wordt gebruikt wanneer de geschatte nasmeerintervallen kort zijn, bijvoorbeeld vanwege de nadelige werking van verontreinigingen, of wanneer andere procedures voor nasmering niet haalbaar zijn omdat het lager moeilijk bereikbaar is. Continue nasmering wordt niet aanbevolen voor toepassingen met hoge toerentallen, want het intensieve karnen van het vet kan leiden tot zeer hoge bedrijfstemperaturen en vernietiging van de structuur van de verdikker.

Bij het gebruik van verschillende lagers in een lageropstelling is het gebruikelijk om het laagste geschatte nasmeerinterval van beide lagers toe te passen. Hieronder worden de richtlijnen en

vethoeveelheden voor de drie mogelijke procedures gegeven.

### Nasmering

Zoals al vermeld in de inleiding van het hoofdstuk over vetsmering moet het lager incidenteel geheel gevuld worden, terwijl de vrije ruimte in het lagerhuis gedeeltelijk moet worden gevuld. Afhankelijk van de geplande na-smeermethode worden de volgende vetvul-percentages aanbevolen voor deze vrije ruimte in het lagerhuis:

- 40 % wanneer de nasmering geschiedt via de zijkant van het lager (→ fig. 1).
- 20 % wanneer de nasmering geschiedt via de smeergroef en de smeergaten in de buiten- of binnenring van het lager (→ fig. 2).

Geschikte hoeveelheden voor nasmering via de zijkant van een lager zijn te berekenen met

$$G_p = 0,005 D B$$

en voor nasmering via de buiten- of binnenring van het lager met

$$G_p = 0,002 D B$$

waarbij

$G_p$  = vethoeveelheid die moet worden toegevoegd bij het nasmeren, g

$D$  = buitendiameter van het lager, mm

$B$  = totale lagerbreedte (voor taatslagers hoogte  $H$  gebruiken), mm

Fig. 1

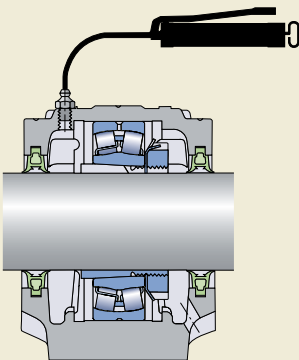
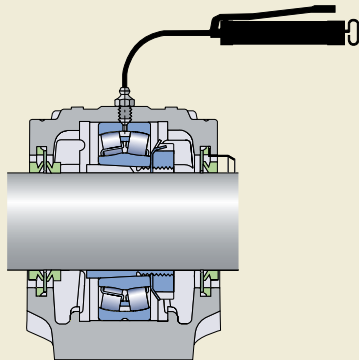


Fig. 2



Om nasmering middels een vetspuit mogelijk te maken, dient op het huis een vetnippel te worden geplaatst. Bij gebruik van slepende afdichtingen moet er ook een opening in het huis worden aangebracht, zodat het overtollig vet niet in de ruimte rond het lager ophoopt (→ **fig. 1**); dit kan een permanente stijging van de lagertemperatuur veroorzaken. Deze opening moet worden dichtgemaakt bij reiniging met een hogedrukspuit.

Het gevaar dat een teveel aan vet zich ophoopt in de ruimte rond het lager en voor temperatuurpieken zorgt, met het daaruit voortvloeiende nadelig effect op het vet en het lager, geldt meer voor toepassingen met hoge toerentallen. In dergelijke gevallen is het raadzaam om in plaats van een opening een vetventiel te gebruiken. Hiermee wordt oversmering voorkomen en kan nasmering worden uitgevoerd terwijl de machine in bedrijf is. Een vetventiel bestaat in wezen uit een schijf die met een as mee draait en die samen met het einddeksel van het lagerhuis een smalle spleet vormt (→ **fig. 3**). Overtollig en gebruikt vet worden door de schijf uitgeworpen naar een ringvormige holte en verlaat het lagerhuis via een opening aan de onderzijde van het einddeksel. Op verzoek kan meer informatie worden geleverd over het ontwerp en de afmetingen van de vetventielen.

Om te garanderen dat nieuw vet het lager werkelijk bereikt en het oude vet verdringt, moet de smerleiding in het huis ofwel het vet naar de zijkant van de buitenring voeren (→ **figs. 1 en 4**) of, nog beter, het lager in. Om de efficiënte smering van bepaalde lagertypen te vergemakkelijken worden bijvoorbeeld tweerijige tonlagers geleverd met een smeergroef en/of smeeroopeningen in de buiten- of binnenring (→ **figs. 2 en 5**).

Fig. 3

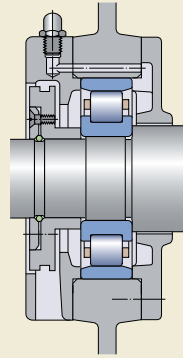


Fig. 4

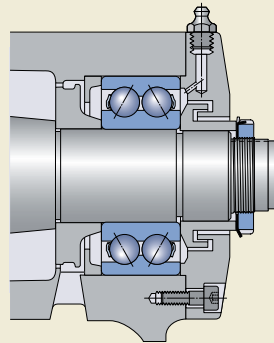
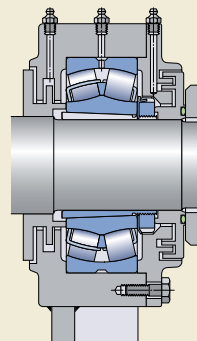


Fig. 5





Het is van belang dat het vet wordt aangevuld terwijl de machine in bedrijf is; anders wordt het oude vet niet afdoende vervangen. Wanneer de machine niet in bedrijf is, dient het lager tijdens het nasmeren te worden gedraaid. Nasmering is het meest doeltreffend wanneer het verse vet rechtstreeks via de binnen- of buitenring wordt toegevoegd; er is dan ook minder vet nodig in vergelijking met nasmering via de zijkant. Er wordt van uitgegaan dat de smerleidingen al tijdens het montageproces met vet gevuld waren. Zo niet, dan is tijdens de eerste aanvulling meer vet nodig ter compensatie van de lege leidingen.

Waar lange smerleidingen worden gebruikt, dient te worden gecontroleerd of het vet op adequate wijze kan worden verpompt bij de heersende omgevingstemperatuur.

De gehele vetvulling moet worden vervangen wanneer er geen voldoende vrije ruimte is in het lagerhuis. Als richtlijn houdt men 75 % van de vrije ruimte aan. Wanneer er wordt nagesmeerd via de zijkant van het lager en de initiële vetvulling is 40 % van de vrije ruimte in het lagerhuis, moet de gehele vetvulling vervangen worden na 5 maal nasmeren. Door de kleinere initiële vetvulling en bij de nasmering direct via de binnen- of de buitenring, waardoor er met een gereduceerde nasmeerhoeveelheid kan worden volstaan, is het slechts in een beperkt aantal gevallen noodzakelijk om de gehele vetvulling te vervangen.

### De vetvulling vernieuwen

Wanneer vernieuwing van de vetvulling plaatsvindt op het geschatte nasmeerinterval of na een bepaald aantal nasmeringen, dient het gebruikte vet in de lageropstelling geheel en al te worden verwijderd en vervangen door nieuw vet.

Het vullen van lager en huis met vet dient te geschieden in overeenstemming met de richtlijnen onder "Nasmering".

Vernieuwing van de vetvulling is alleen mogelijk als het lagerhuis gemakkelijk bereikbaar en te openen is. De kap van radiaal gedeelde huizen en de zijdeksels van ongedeelde huizen kunnen meestal worden verwijderd om bij het lager te kunnen. Na verwijdering van het gebruikte vet dient het verse vet eerst tussen de rollichamen te worden aangebracht. Het is belangrijk om te controleren of er bij nasmering geen verontreinigingen in het lager of het huis worden aangebracht; het vet zelf dient beschermd te worden tegen inwerken van verontreinigingen. Het gebruik van vetbestendige handschoenen wordt aanbevolen ter voorkoming van allergische huidreacties.

Wanneer lagerhuizen minder bereikbaar zijn maar worden geleverd met smeernippels en uitlaatopeningen, kan de vetvulling compleet vernieuwd worden door een aantal malen vlak na elkaar na te smeren tot mag worden aangenomen dat al het oude vet uit het huis is geperst. Bij deze procedure is veel meer vet nodig dan bij handmatige vernieuwing van de vetvulling. Bovendien heeft deze verversingsmethode een beperking met betrekking tot toerentallen: bij hoge toerentallen zal dit leiden tot te hoge temperatuurstijgingen vanwege excessief karnen van het vet.

## Continue nasmering

Continue nasmering wordt gebruikt wanneer de geschatte nasmeerintervallen kort zijn, bijvoorbeeld vanwege de nadelige werking van verontreinigingen, of wanneer andere procedures voor nasmering niet haalbaar zijn, bijvoorbeeld omdat het lager moeilijk bereikbaar is. Vanwege het excessieve karnen van het vet, dat tot temperatuurstijging kan leiden, wordt continue smering alleen aanbevolen bij lage toerentallen, d.w.z. bij toerentalfactoren

- $A < 150\,000$  voor kogellagers en
- $A < 75\,000$  voor rollagers.

In dergelijke gevallen kan de aanvankelijke vetvulling van het huis 100 % bedragen en wordt de hoeveelheid nasmering per tijdseenheid afgeleid van de vergelijkingen voor  $G_p$  onder "Nasmering" door de betreffende hoeveelheid uit te spreiden over het nasmeerinterval.

Waar continue nasmering wordt gebruikt, dient te worden gecontroleerd of het vet op adequate wijze kan worden verpompt bij de heersende omgevingstemperatuur.

Continue smering kan worden bereikt via éénpunts- of meerpunts automatische smeerinstallaties als SYSTEM 24® of SYSTEM MultiPoint. Meer informatie staat vermeld in het hoofdstuk "Onderhoudsgereedschappen en smeermiddelen" vanaf **pagina 1069**.

Customized automatic lubrication systems, e.g. by the VOGEL® total-loss centralized single or multi-line lubrication systems, enable reliable lubrication to be achieved with extremely small quantities of grease. For more information about the VOGEL lubrication systems, please visit [www.vogelag.com](http://www.vogelag.com).

## SKF vetten – technische specificatie en kenmerken

## Deel 1: Technische specificatie

Aandui- ding	Beschrijving	NLGI klasse	Verdikker/ basisolie	Basisolie- viscositeit bij		Temperatuur- grenzen	
				40 °C	100 °C	LTL <sup>1)</sup>	HTPL <sup>2)</sup>
–	–	–	–	mm <sup>2</sup> /s		°C	
LGMT 2	Algemene industrie en automobielindustrie	2	Lithiumzeep/ minerale olie	110	11	–30	+120
LGMT 3	Algemene industrie en automobielindustrie	3	Lithiumzeep/ minerale olie	120	12	–30	+120
LGEF 2	Extreme druk, hoge belasting	2	Lithiumzeep/ minerale olie	200	16	–20	+110
LGLT 2	Lage belasting en temperatuur, hoog toerental	2	Lithiumzeep/ PAO	15	3,7	–55	+100
LGHP 2	Hoge prestatie en hoge temperatuur	2–3	Di-ureum/ minerale olie	96	10,5	–40	+150
LGFP 2	Bruikbaar bij voedsel	2	Aluminiumcomplex/ medische witte olie	130	7,3	–20	+110
LGGB 2	Biologisch afbreekbaar en met lage toxiciteit	2	Lithium-calciumzeep/ ester-olie	110	13	–40	+120
LGWA 2	Wide temperature range	2	Lithium complex soap/ mineral oil	185	15	–30 peaks:	+140 +220
LGHB 2	Hoge viscositeit en hoge temperatuur	2	Calciumcomplex sulfonaat/minerale olie	450	26,5	–20 peaks:	+150 +200
LGET 2	Extreme temperatuur	2	PTFE/synthetisch (gefluoreerde polyether)	400	38	–40	+260
LGEM 2	Hoge viscositeit met vaste smeermiddelen	2	Lithiumzeep/ minerale olie	500	32	–20	+120
LGEV 2	Extreem hoge viscositeit met vaste smeermiddelen	2	Lithium-calciumzeep/ minerale olie	1 000	58	–10	+120
LGWM 1	Extreme druk, lage belasting	1	Lithiumzeep/ minerale olie	200	16	–30	+110

<sup>1)</sup> LTL: lage temperatuurgrens. For safe operating temperature, → section “Temperature range – the SKF traffic light concept”, starting on page 232

<sup>2)</sup> HTPL: prestatie/miet hoge temperatuur

## SKF vetten – technische specificatie en kenmerken

## Deel 2: Kenmerken

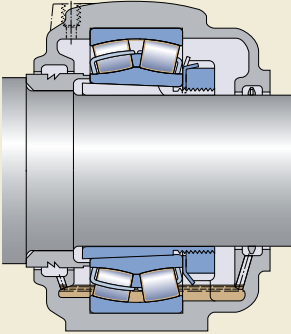
Aandui- ding	Hoge tempe- ratuur boven +120 °C	Lage tempe- ratuur <sup>1)</sup>	Zeer hoog toerental	Zeer laag toerental of oscil- laties	Lage koppel, lage wrijving	Ernstige trillingen	Hoge belasting	Corrosie werende eigen- schappen	Water besten- digheid
LGMT 2			0	-	+	+	0	+	+
LGMT 3			0	-	0	+	0	0	+
LGEF 2			0	0	-	+	+	+	+
LGLT 2		+	+	-	+	-	-	0	0
LGHP 2	+	0	+	-	0	+	0	+	+
LGFP 2			0	-	0	0		+	+
LGGB 2		0	0	0	0	+	+	0	+
LGWA 2	+		0	0	0	+	+	+	+
LGHB 2	+		0	+	-	+	+	+	+
LGET 2	Neem contact op met SKF application engineering service								
LGEM 2			-	+	-	+	+	+	+
LGEV 2		-	-	+	-	+	+	+	+
LGWM 1		+	0	0	0	-	+	+	+

Symbolen: + Aanbevolen  
 0 Geschikt  
 - Ongeëschikt

Waar geen symbool wordt gegeven, kan het betreffende vet worden gebruikt – dit verdient echter geen aanbeveling.  
 Neem contact op met de SKF application engineering service voor meer informatie

<sup>1)</sup> For safe operating temperature, → section "Temperature range – the SKF traffic light concept", starting on page 232

Fig. 6



## Oliesmering

Oliesmering wordt in het algemeen toegepast als hoge toerentallen of bedrijfstemperaturen geen vetsmering meer toelaten, wanneer de wrijvingswarmte of de van buitenaf toegevoerde warmte moet worden afgevoerd of wanneer de naastliggende machinedelen (bijvoorbeeld tandwielen) met olie worden gesmeerd.

Om de gebruiksduur van lagers te verhogen, wordt de voorkeur gegeven aan smeermethodes waarbij gebruik wordt gemaakt van schone olie, zoals bijvoorbeeld goed gefilterde oliecirculatie, olie-inspuitsmering met gefilterde lucht en olie. Bij gebruik van deze systemen dienen de olieleidingen zodanig te zijn gedimensioneerd dat de olieafvoer voldoende is.

### Methoden van oliesmering

#### Oliebad

De eenvoudigste methode van oliesmering is oliebadsmearing (→ fig. 6). De olie, die wordt meegenomen door de draaiende delen van het lager, wordt binnen het lager verdeeld en vloeit dan terug in het oliebad. Het oliepeil dient zodanig te zijn dat het iets onder het midden van het onderste rollichaam staat wanneer het lager stilstaat. Het gebruik van olienivelleertoestellen zoals SKF LAHD 500 wordt aanbevolen om te zorgen voor het juiste oliepeil. Bij hoge toerentallen kan het oliepeil aanzienlijk dalen en kan het huis overvuld raken door het olienivelleertoestel. Onder deze omstandigheden kan de SKF application engineering service worden geraadpleegd.

### Olieopvoering

Voor lagertoepassingen waarbij toerentallen en bedrijfstemperatuur zo hoog zijn dat oliesmering nodig is en een hoge betrouwbaarheid vereist is, wordt de smeermethode met een olieopvoering aanbevolen (→ fig. 7). Deze ring verzorgt de oliecirculatie. De ring hangt los op een bus op de as aan één zijde van het lager en wordt in de olie in de onderste helft van het lagerhuis gedompeld. Wanneer de as draait, volgt de ring en wordt de olie vanaf de bodem via een opvanggoot naar het lager gebracht. Daarna vloeit de olie door het lager terug naar het reservoir onderin. SKF lagerhuizen in de serie SONL zijn ontwikkeld voor deze smeermethode. Neem contact op met de SKF application engineering service voor meer informatie.

### Olieomloopsysteem

Bij een toenemend toerental stijgt ook de bedrijfstemperatuur en wordt de veroudering van de olie versneld. Om herhaald olieversen te vermijden en ervoor te zorgen dat het lager afdoende gesmeerd blijft, wordt meestal het olieomloopsysteem gebruikt (→ fig. 8). De circulatie wordt meestal tot stand gebracht met behulp van een pomp. Nadat de olie door het lager is gevoerd wordt zij gefilterd en, indien nodig, gekoeld en vervolgens weer naar het lager teruggevoerd. Bij een juiste filtering worden hoge waarden behaald voor de factor  $\eta_c$  en dus voor een lange gebruiksduur van het lager (pagina 52).

Door koeling van de olie kan de bedrijfstemperatuur van het lager laag worden gehouden.

Fig. 7

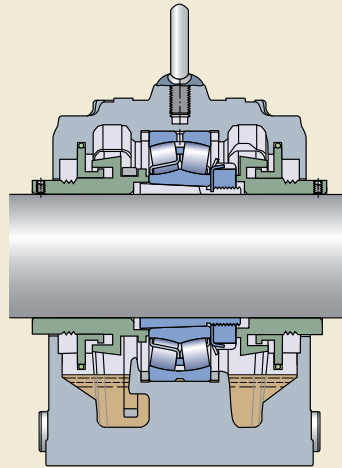


Fig. 8

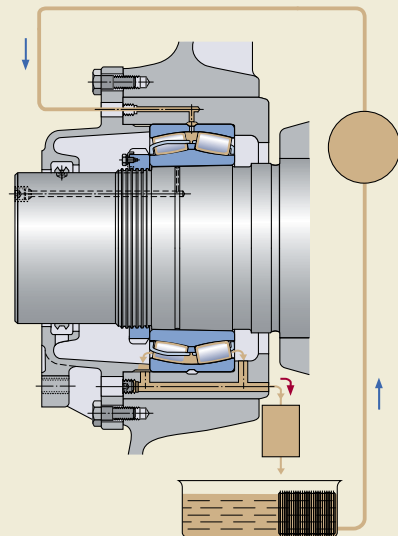
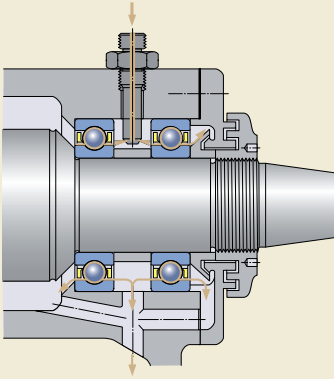


Fig. 9



### Olie-inspuiting

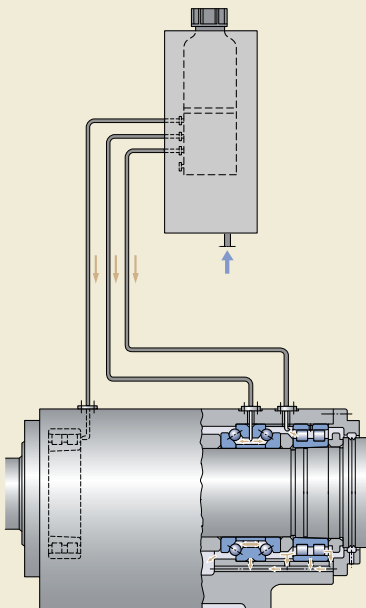
Voor toepassingen bij zeer hoge toerentallen is het nodig dat voldoende, maar niet te veel olie naar het lager wordt gevoerd om in een afdoende smering te voorzien zonder de bedrijfstemperatuur meer dan nodig te verhogen. Een zeer doelmatige methode is olieinspuiting (→ fig. 9) waarbij olie onder hoge druk aan één zijde in het lager wordt gespoten. De stroomsnelheid van de straal moet voldoende zijn (minstens 15 m/s), op dat minstens een deel van de olie door de met het lager meedraaiende luchtstroom heen dringt.

### Oliedruppelmethode

Met de oliedruppelmethode (→ fig. 10) worden heel kleine, nauwkeurig afgemeten hoeveelheden olie direct met behulp van perslucht aan elk individueel lager toegevoerd. Deze minimale hoeveelheden stellen het lager in staat te draaien bij een lagere temperatuur of bij een hoger toerental dan bij andere smeermethoden het geval is. De olie wordt door een doseereenheid als de SKF TOS-EX2 met tussenpozen aan de leiding toegevoerd. De olie wordt getransporteerd door perslucht, vormt een film aan de binnenzijde van de leiding en "kruipt" hierlangs verder. De olie komt via een spuitmond in het lager of vloeit ten gevolge van oppervlaktespanning naar de lagerloopbanen. De perslucht koelt het lager en zorgt ook voor een overdruk in de lagerconstructie die voorkomt dat verontreinigingen binnendringen.

For more information about the design of oil-air lubrication arrangements, please refer to the VOGEL publication 1-5012-3 "Oil + Air Systems" or visit [www.vogelag.com](http://www.vogelag.com).

Fig. 10



### Oliemist

Oliemistsmering is een tijdlang afgeraden vanwege mogelijke schade aan het milieu.

Dankzij een nieuwe generatie oliemistgeneratoren kan een oliemist met 5 ppm olie worden geproduceerd. Ook nieuwe ontwerpen voor speciale afdichtingen beperken de hoeveelheid ontsnapte mist tot een minimum. Wanneer synthetische niet-toxische olie wordt gebruikt wordt de schade aan het milieu nog verder beperkt. Tegenwoordig wordt oliemistsmering gebruikt in zeer specifieke toepassingen zoals in de olie-industrie.

## Smeeroliën

Voor de smering van wentellagers wordt in het algemeen de voorkeur gegeven aan pure minerale oliën zonder EP-toevoegingen. Oliën met EP-toevoegingen, anti-slijtage of andere toevoegingen voor de verbetering van de smeereigenschappen worden meestal alleen in speciale gevallen gebruikt. De opmerkingen over EP-toevoegingen in het gedeelte "Draagvermogen: EP- en AW-toevoegingen" op **pagina 234** zijn ook van toepassing op deze olietoevoegingen.

Van veel populaire smeermiddelklassen zijn synthetische versies verkrijgbaar. Synthetische oliën worden over het algemeen alleen voor lagersmering gebruikt in extreme gevallen, bijvoorbeeld bij zeer lage of zeer hoge bedrijfstemperaturen. De term synthetische olie betreft een breed scala aan verschillende basisstoffen. De belangrijkste zijn polyalfaolefinen (PAO), esters en polyalkylene glycolen (PAG). Deze synthetische oliën hebben andere eigenschappen dan minerale oliën (→ **tabel 3**).

Met betrekking tot de vermoeiing van het lager speelt de dikte van de opgebouwde smeefilm een belangrijke rol. De olieviscositeit, de viscositeitsindex en de druk-viscositeitscoëfficiënt zijn van invloed op de werkelijke smeefilmdikte in het rolcontact bij een rijkelijk gesmeerd lager. Voor de meeste smeermiddelen op basis van minerale olie is de druk-viscositeitscoëfficiënt vergelijkbaar en kunnen algemene waarden uit de literatuur zonder grote afwijkingen worden gebruikt. De reactie van viscositeit op toenemende druk wordt bepaald door de chemische structuur van de basisolie. Als

gevolg daarvan is er aanzienlijke variatie in druk-viscositeitscoëfficiënten voor de verschillende soorten synthetische basisoliën. Vanwege de verschillen in viscositeitsindex en druk-viscositeitscoëfficiënt dient te worden onthouden dat de vorming van een smeefilm bij gebruik van synthetische olie kan afwijken van die van een minerale olie met dezelfde viscositeit. Er dient altijd naar nauwkeurige informatie te worden gevraagd bij de afzonderlijke smeermiddelleveranciers.

Verder spelen ook toevoegingen een rol bij de vorming van een smeefilm. Vanwege verschillen in oplosbaarheid worden verschillende soorten toevoegingen geleverd voor synthetische oliën dan voor olie op minerale basis.

Tabel 3

Eigenschappen van oliën				
Eigenschappen	Type basisolie Mineraal	PAO	Ester	PAG
Druppelpunt (°C)	-30 .. 0	-50 .. -40	-60 .. -40	circa -30
Viscositeitsindex	laag	gemiddeld	hoog	hoog
Druk-viscositeit coëfficiënt	hoog	gemiddeld	laag tot gemiddeld	hoog



### Keuze van de smeeroilie

De keuze van een olie is in eerste instantie gebaseerd op de viscositeit die nodig is om het lager afdoende te smeren bij bedrijfstemperatuur van het lager. De viscositeit van olie is afhankelijk van de temperatuur en wordt lager naarmate de temperatuur stijgt. De relatie viscositeit-temperatuur van een olie wordt beschreven door de viscositeitsindex VI. Voor de smering van wentellagers worden oliën met een hoge viscositeitsindex (weinig verandering met de temperatuur) van ten minste 95 aanbevolen.

Teneinde in staat te zijn een voldoende dikke smeerfilm op te bouwen in het contactvlak tussen rollichamen en loopbaan, moet de olie een minimum viscositeit behouden bij bedrijfstemperatuur. De minimale kinematische viscositeit  $v_1$  bij bedrijfstemperatuur voor een goede smering, kan worden bepaald aan de hand van **diagram 5, pagina 254**, vooropgesteld dat een minerale olie wordt gebruikt. Wanneer de bedrijfstemperatuur uit ervaring bekend is of anderszins kan worden bepaald, kan met **diagram 6, pagina 255**, opgesteld voor een viscositeitsindex van 95, de viscositeit worden bepaald voor de internationaal gestandaardiseerde referentietemperatuur van 40 °C, bijvoorbeeld de ISO VG olieviscositeitsklasse.

Bepaalde lagertypen, bijvoorbeeld tweerijige tonlagers, CARB lagers, kegellagers en taatslagers hebben in de regel een hogere bedrijfstemperatuur dan andere lagertypen zoals groefkogellagers en cilinderlagers onder vergelijkbare omstandigheden.

Bij de keuze van een olie moet met de volgende aspecten rekening worden gehouden:

- De levensduur van een lager kan worden verlengd door een olie te kiezen waarvan bij bedrijfstemperatuur de kinetische viscositeit  $v$  hoger is dan de viscositeit  $v_1$  uit **diagram 5**. A  $v > v_1$  kan worden verkregen door een minerale olie te kiezen met een hogere ISO VG klasse of een grotere viscositeitsindex VI, waarbij deze olie dan wel dezelfde druk-viscositeitscoëfficiënt moet hebben. Daar echter een hogere viscositeit ook een hogere bedrijfstemperatuur met zich meebrengt zijn er over het algemeen praktische grenzen aan de levensduurverbetering die op deze manier kan worden gerealiseerd.

- Als de viscositeitsverhouding  $\kappa = v/v_1$  kleiner is dan 1, wordt een olie met EP-toevoegingen aanbevolen, en als  $\kappa$  kleiner is dan 0,4 moet een olie met EP-toevoegingen worden gebruikt. Een olie met EP-toevoegingen kan ook de bedrijfszekerheid vergroten van middelgrote en grote lagers in gevallen waar  $\kappa$  groter is dan 1. Men dient er rekening mee te houden dat enkele EP-toevoegingen negatieve bijwerking kunnen hebben (→ gedeelte "Draagvermogen: EP- en AW-toevoegingen" op **pagina 234**).
- Bij uitzonderlijke lage of hoge toerentallen, bij kritische belasting of voor ongebruikelijke smeercondities is het raadzaam de SKF application engineering service te raadplegen.

### Voorbeeld

Een lager met een boringdiameter  $d = 340$  mm en een buitendiameter  $D = 420$  mm wordt toegepast bij een toerental van  $n = 500 \text{ min}^{-1}$ . Aangezien  $d_m = 0,5 (d + D) = 380$  mm, uit **diagram 5**, bedraagt de minimale kinematische viscositeit  $v_1$  die nodig is voor adequate smering bij de bedrijfstemperatuur circa  $11 \text{ mm}^2/\text{s}$ . Uit **diagram 6**, ervan uitgaande dat de bedrijfstemperatuur van het lager 70 °C is, blijkt dat een smeeroilie van viscositeitsklasse ISO VG 32, met een kinematische viscositeit  $v$  van ten minste  $32 \text{ mm}^2/\text{s}$  bij de bedrijfstemperatuur van 40 °C, nodig is.

## Olieverversing

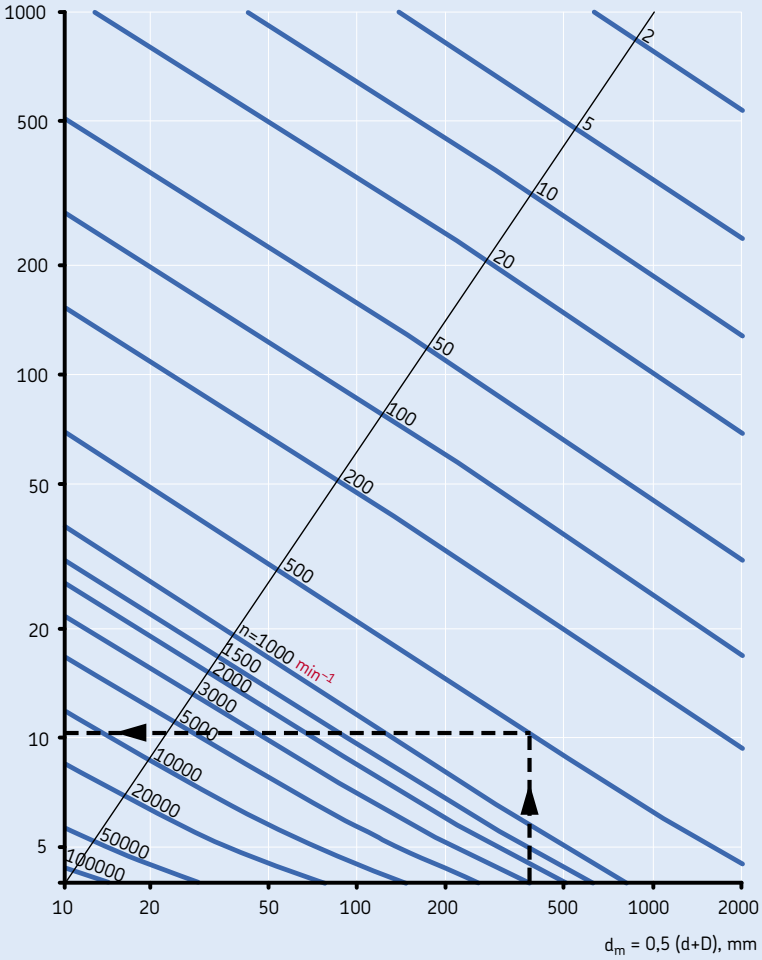
Na hoeveel tijd de olie moet worden ververst, hangt voornamelijk af van de bedrijfsomstandigheden en de hoeveelheid olie.

Wanneer oliebadsmering wordt toegepast, is het meestal voldoende de olie eenmaal per jaar te verversen, mits de bedrijfstemperatuur niet boven de 50 °C komt en het gevaar van verontreiniging gering is. Hogere temperaturen maken frequentere olieversingen nodig; bijvoorbeeld bij bedrijfstemperaturen rond 100 °C, moet de olie elke drie maanden worden ververst. Het veelvuldig verversen van de olie is ook nodig als er andere zware bedrijfsomstandigheden zijn.

Bij olieomloopsmering is de periode waarna olie moet worden ververst ook afhankelijk van hoe vaak de totale hoeveelheid olie wordt pompt en de vraag of de olie al dan niet gekoeld wordt. In het algemeen is het alleen mogelijk een geschikt interval vast te stellen aan de hand van proeven en daaraan verbonden regelmatige controle van de toestand van de olie, om te zien of deze niet is verontreinigd en niet overmatig is geoxideerd. Hetzelfde geldt voor olie-inspuit-smering. Bij oliedruppelsmering passeert de olie het lager slechts eenmaal en circuleert niet.

Schatting van de minimale kinematische viscositeit  $\nu_1$  bij bedrijfstemperatuur

Vereiste viscositeit bij bedrijfstemperatuur



Kinematische viscositeit  $\nu$  bij referentietemperatuur

Viscositeit bij bedrijfstemperatuur

