

Smörjning och underhåll

Smörjfilm · Smörjmetoder

Smörjning och underhåll

Smörjfilmuppbyggnad

Lagersmörjning har framför allt uppgiften att förhindra slitage och utmattning i förtid samt att säkerställa en tillräckligt lång brukbarhetstid. Dessutom skall smörjningen bidra till att gynnsamma driftförhållanden uppnås som låg ljudutveckling och låg friktion. Den mellanbelastningsöverförande delar uppstående smörjfilmen skall förhindra metallisk kontakt. Smörjfilmtjockleken beräknas med hjälp av den elastohydrodynamiska smörjteorin (jämför FAG publikation WL 81115 "Smörjning av rullningslager").

Med en förenklad metod kan smörjtilståndet beskrivas genom förhållandet av driftviskositet ν till den kinematiska viskositeten ν_1 . Den senare är beroende av varvtalet n och lagrets medeldiameter d_m , övre diagrammet sid 43.

Den nominella livslängden för rullningslager enligt DIN ISO 281 förutsätter att driftviskositeten ν hos oljan är minst lika stor som den kinematiska viskositeten ν_1 .

Driftviskositeten för mineraloljor erhålls ur V-T-diagrammet, sid 43 undre diagram, med hjälp av viskositeten vid 40 °C och drifttemperaturen.

Den utvidgade livslängdsberäkningen (se sid 41) tar även hänsyn till den påverkan, som den från den kinematiska viskositeten avvikande driftviskositeten, smörjmedelsadditiveringen och smörjspaltens renhet, har på den uppnåbara utmattningslivslängden.

Viskositeten hos smörjoljan ändrar sig med trycket. Det gäller

$$\eta = \eta_0 \cdot e^{\alpha p}$$

- η dynamisk viskositet vid tryck
- η_0 dynamisk viskositet vid normalt tryck
- α tryckkoefficient
- p tryck [N/m²]

Detta har beaktats vid beräkning av smörjtilståndet enligt EHD-teorin för smörjmedel på mineraloljebas. Tryckviskositetsförhållandet för andra smörjmedel visas i det övre diagrammet sid 124. Området a-b för mineralolja är basen för $a_{2,3}$ -diagrammet. Även mineraloljor med EP-tillsatser visar α -värden inom detta område.

Vid stor påverkan av tryckkoefficienten på viskositetsförhållandet, t. ex. hos diestrar, fluorväten eller silikonoljor, måste korrekturfaktorerna B_1 och B_2 beaktas för viskositetsförhållandet κ . Därvid gäller

$$\kappa_{B_{1,2}} = \kappa \cdot B_1 \cdot B_2$$

κ viskositets förhållande vid mineralolja
 B_1 korrektionsfaktor för tryckviskositetsförhållande

$$= \alpha_{\text{syntetolja}} / \alpha_{\text{mineralolja}}$$

B_2 korrektionsfaktor för olika töthet

$$= \rho_{\text{syntetolja}} / \rho_{\text{mineralolja}}$$

Det nedre diagrammet på sid 124 visar sambandet mellan täthet ρ och temperatur för mineraloljor. Sambandet för syntetolja kan uppskattas om man känner till tätheten ρ vid 15 °C.

Val av smörjmetod

Vid en nykonstruktion bör man så tidigt som möjligt ange om lagren skall smörjas med fett eller med olja. I specialfall kan även en smörjning med fasta smörjmedel vara lämplig (jämför FAG publikation WL 81115 "Smörjning av rullningslager").

Fettsmörjning

För 90 % av alla rullningslager används fettsmörjning. De väsentligaste fördelarna med fettsmörjning är:

- enkla konstruktioner
- effektivt stöd av tätningen genom fettet
- lång brukbarhetstid vid lågt servicebehov

Under normala drift- och omgivningsförhållanden är en for-life-smörjning (livslängdsmörjning) möjlig.

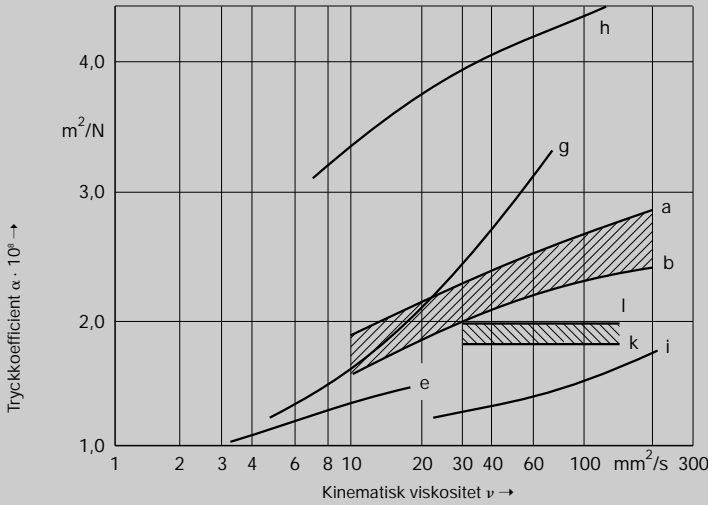
Eftersmörjning med fastlagda tidsintervaller bör planeras om det föreligger höga påfrestningar (varvtal, temperatur, belastning). Vid korta eftersmörjningsintervaller behövs en fettpump, fettillförselkanaler, eventuellt en fettventil samt uppsamlingsanordning för förbrukat fett.

Smörjning och underhåll

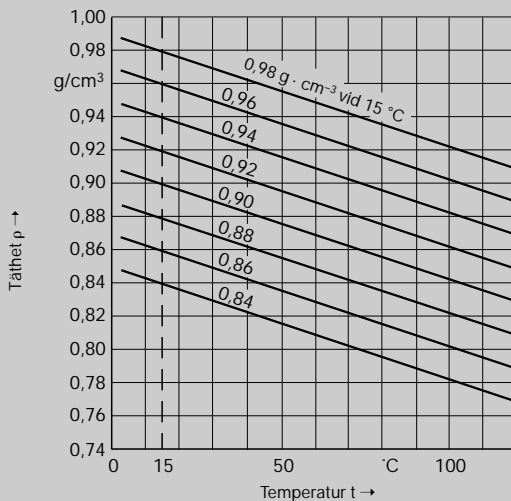
Smörjfilm · Smörjmetoder

▼ Tryckkoefficient α som funktion av den kinematiska viskositeten ν , gällande för tryckområdet 0 - 2000 bar

- a-b Mineralolja
- e Diester
- g Triarylfosfater
- h Fluorkolväte
- i Polyglykol
- k, l Silikoner



▼ Samband mellan tätheten ρ och temperaturen t för mineraloljor



Smörjning och underhåll

Smörjmetoder · Fettval

Oljesmörjning

Oljesmörjning är att föredra om omkringliggande maskinelement redan smorts med olja eller om man vill bortföra värme via smörjmedlet.

Värmeavledning kan erfordras vid mycket höga belastningar och/eller höga varvtal eller om lagringen uppvärms utifrån.

Vid oljesmörjning med mycket små mängder (minimimängdsmörjning) i form av droppsmörjning, olje-dimsmörjning eller olje-luftsmörjning hålls stänkfriktionen och därmed lagerförlusteffekten på låg nivå.

Vid användning av luft som transportmedium kan man uppnå riktad smörjmedelstillförsel samt en strömning som stöder tätningen.

Oljeinsprutningssmörjning med större volymer tillåter riktad försörjning av alla kontaktytor hos snabbt roterande lager samt god kylning.

Val av lämpligt fett

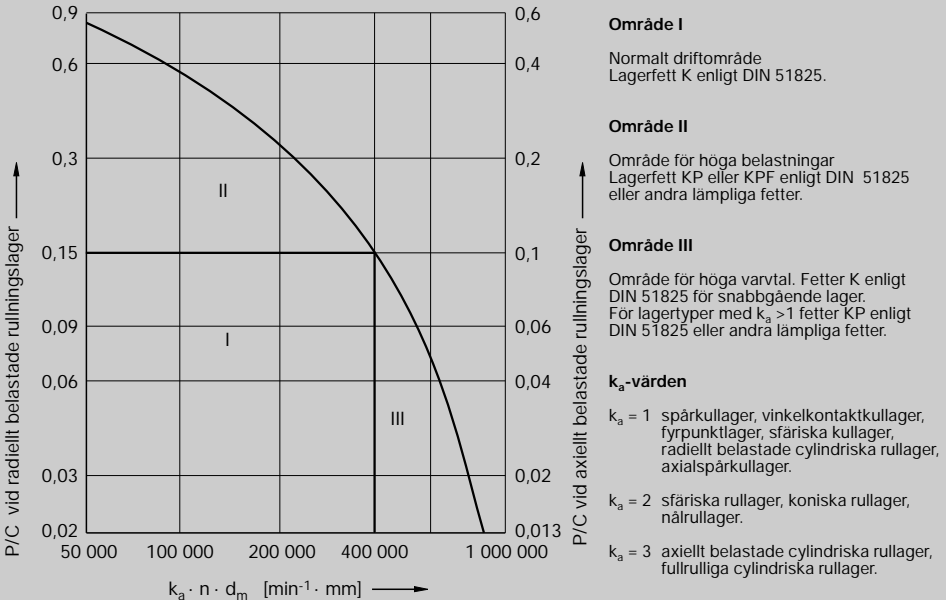
Fetter sorteras beroende på deras förtjockningsmedel och basoljor. Samma regler gäller för fetternas basoljor som för oljesmörjning.

De vanligaste fetterna har metalltvålar som förtjockningsmedel och mineraliska basoljor. De finns i olika penetrationsklasser (NLGI-klasser). Dessa fetter har olika egenskaper gentemot miljöpåverkan som temperatur och fuktighet. Ett schema för fettval efter belastning och varvtal visas i nedanstående diagram.

Där betyder:

- P/C mått för specifik belastning
- P dynamisk ekvivalent belastning [kN]
- C dynamiskt bärlighetstal [kN]
- k_a faktor för lagertyp
- n varvtal [min^{-1}]
- d_m lagrets medeldiameter [mm]

▼ Fettval enligt belastningsförhållande P/C och lagerspecifik varvtalsfaktor $k_a \cdot n \cdot d_m$



Smörjning och underhåll

Fettval · Fettförsörjning

Vid driftfall nära gränskurvan är fortfarighetstemperaturen mestadels hög, varför specialfetter för höga temperaturer krävs. Närmare uppgifter för fettval se FAG publ. WL 81 115 "Smörjning av rullningslager".

FAG lagerfett Arcanol är ett beprövat smörjmedel, med vilket nästan alla krav på lagersmörjning uppfylls. Kemisk-fysikaliska data, användningsrekommendationer och uppgifter avseende tillgänglighet se sid 587 till 589 samt FAG publ. WL 81 116 "Arcanol · Lagertestat fett".

Lagers fettförsörjning

Vid for-life smorda FAG lager är ca en tredjedel av det fria innerutrymmet fyllt med fett. Fettet fördelas under de första drifttimmarna. Därefter har lagret bara 30 till 50 % av startfriktionen.

FAG levererar ett antal lager fettfyllda:

- Spärkullager i utförande .2ZR, .2RSR, hos smålager .2Z och .2RS
- Tvåradiga vinkelkontaktkullager B.TVH, .2ZR och .2RSR
- Höghastighets-vinkelkontaktkullager i serierna HSS70 och HSS719 samt keramik-hybrid-vinkelkontaktkullager i serierna HCS70 och HCS719
- Sfäriska kullager .2RS
- Tvåradiga, fullrulliga cylindriska rullager i serierna NNF50B.2LS.V och NNF50C.2LS.V
- S-lager i serierna 162, 362B, 562, 762B.2RSR

Används ej av FAG förfettade lager måste användaren själv fylla med fett. Rekommendation:

- Fyll lagrens hålrum med fett, hos mycket snabbgående lager ($n \cdot d_m > 500\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$) dock bara 20 till 25 % av fritt utrymme
- Fyll utrymmet i lagerhuset bredvid lagret bara så mycket (ca 60 %) att även fett i lagret får plats
- Helfyllning av lager och lagerhusutrymme vid $n \cdot d_m < 50\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$ tillåtet

Vid mycket snabbgående lager är det nödvändigt att tillåta att fett fördelas vid en provkörning, se FAG publ. WL 81 115 "Smörjning av rullningslager".

Fettets brukbarhetstid är tiden från start fram till lagerhaveri som följd av bristande smörjning. Med F_{10} betecknar man ett fetts brukbarhetstid för en haverisannolikhet av 10 %. Den bestäms genom praktikrelaterade prov i laboratorium. Användaren känner i många fall inte till F_{10} -värdet. FAG anger därför smörjfristen t_f som riktvärde för minimibrukbarhetstiden för standardfetter. Eftersmörjningsfristen (se nedan) bör av säkerhetsskäl väljas betydligt kortare än smörjfristen.

Smörjfristkurvan, diagram sid 127, ger tillräcklig säkerhet även för sådana fetter som bara uppfyller minimikraven enligt DIN 51825. Smörjfristen är beroende på en lagerspecifik varvtalsfaktor $k_f \cdot n \cdot d_m$. För några olika lagertyper finns olika stora k_f -faktorer. De större k_f -värdena bör sättas in för de kraftigare serierna för respektive lagertyp, medan de lägre värdena skall användas för klenare serier. Diagrammet gäller för litiumtvåfetter och en temperatur upp till 70 °C, mätt på lagrets yttering samt en medelbelastning motsvarande $P/C < 0,1$. Högre belastningar och temperaturer förkortar smörjfristen. Ytterligare reduceringar kan erfordras vid ogynnsamma drift- och miljöförhållanden, se FAG publ. WL 81 115.

Är fettets brukbarhetstid väsentligt kortare än lagrets brukbarhetstid erfordras eftersmörjning eller fettbyte. Vid eftersmörjning byts det gamla fett bara delvis ut mot nytt fett, varför eftersmörjningsfristen skall sättas kortare än smörjfristen (vanligen: 0,5 till 0,7 · t_f).

Vid eftersmörjning kan en blandning av olika fettsorter inte uteslutas. Följande blandningar kan accepteras:

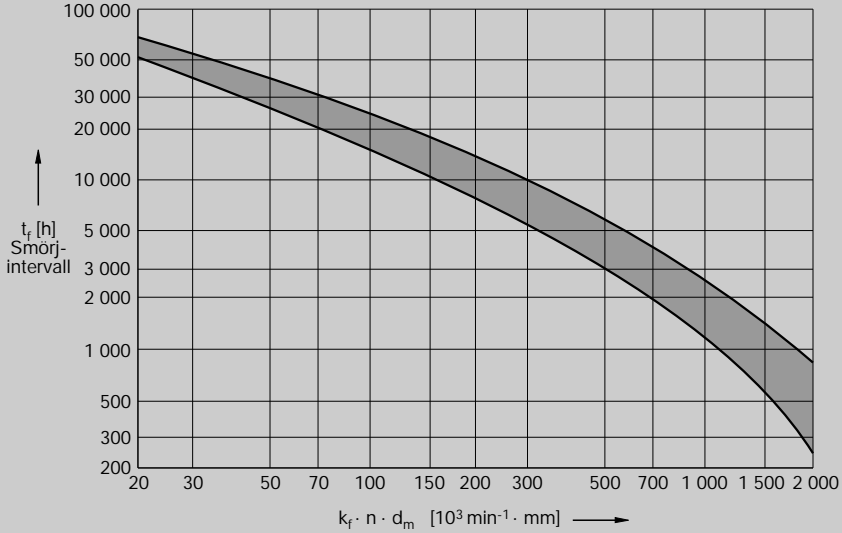
- Fett med samma förtjockningsmedel
- Litiumfett/kalciumfett
- Kalciumfett/bentonitfett

Vi avråder från andra blandningar.

Smörjning och underhåll

Fettförsörjning · Oljeval

▼ Smörjintervaller vid gynnsam driftmiljö. Fettbrukbarhetstid F_{10} för standardfetter på litiumtvålsbas enligt DIN 51825 vid 70 °C, haverisannolikhet 10%.



Lagertyp		k_f	Lagertyp		k_f
Spärkullager	enradiga	0,9 ... 1,1	Cylindriska rullager	enradiga	3 ... 3,5*)
	tvåradiga	1,5		tvåradiga	3,5
Vinkelkontaktkullager	enradiga	1,6		fullrulliga	25
	tvåradiga	2	Cylindriska axialrullager		90
Enradiga vinkelkontaktkullager	$\alpha = 15^\circ$	0,75	Nålrullager		3,5
i högprecisionsutförande	$\alpha = 25^\circ$	0,9	Koniska rullager		4
Fyrapunktlager		1,6	Sfäriska rullager enradiga		10
Sfäriska kullager		1,3 ... 1,6	Sfäriska rullager tvåradiga, utan flansar (E)		7 ... 9
Axialspärkullager		5 ... 6	Sfäriska rullager tvåradiga, med mittflans		9 ... 12
Axialvinkelkontaktkullager	tvåradiga	1,4			

*) för radiellt och konstant axiellt belastade lager; vid växlande axialbelastning gäller $k_f = 2$

Val av lämplig olja

För smörjning av rullningslager är principiellt mineraloljor (legerade eller olegerade) samt syntetoljor lämpliga. Mineraloljorna är vanligast. De skall minst fylla kraven enligt DIN 51501. Viktiga kemisk-fysikaliska data för oljor finns i FAG publ. nr WL 81 115 "Smörjning av rullningslager".

Rekommenderad oljeviskositet

Den uppnåbara utmattningstidslängden och slitage-säkerheten är direkt beroende av hur väl lagrets kontaktytor skiljs åt genom smörjfilmen. Därtill bör i möjligaste mån olja med hög driftviskositet väljas. Långa utmattningstidslängden nås om driftviskositeten $\nu = (3...4) \cdot \nu_1$ (ν_1 = kinematisk viskositet, beräkning se sid 42).

Smörjning och underhåll

Oljeval · Oljeförsörjning

Högviskösa oljor har dock inte bara fördelar. Med högre viskositet stiger även smörjmedelsfriktionen. Vid låga, men även vid normala temperaturer kan problem med tillförsel och avtappning av olja uppstå. Oljan bör därför väljas så seg att man uppnår en så lång utmattningslivslängd som möjligt, samtidigt som oljetillförsel och oljeavtappning säkerställs.

Har driftviskositeten fastlagts väljs, med hjälp av lagertemperaturen t , en olja med lämplig nominell viskositet (viskositet vid 40 °C, viskositetsklass motsvarande ISO VG...DIN 51519). För mineraloljor med genomsnittligt viskositets-temperaturförhållande kan det nedre diagrammet på sid 43 användas.

Som drifttemperatur är ofta bara temperaturen hos den stillastående lagringen bekant och inte den verkliga temperaturen i kontaktytan. Det är acceptabelt att hos kinematiskt gynnsamma lager bestämma viskositet genom temperaturen hos den stillastående lagringen. Vid högt belastade lager med större glidandelar ($t_s < 4$ hos fullrulliga cylindriska rullager, sfäriska rullager och axiellt belastade cylindriska rullager) är temperaturen i rullkropparnas kontaktområde upp till 20 K högre än den på den stillastående ringen mätta temperaturen. Detta kan beaktas om man bara sätter halva värdet för driftviskositeten ν ur V-T-diagrammet i formeln $\kappa = \nu/\nu_1$.

Ibland, t. ex. hos långsamt roterande utgångsaxlar från växlar, uppnås ej den önskade driftviskositeten. I sådana fall måste man, beroende på hur stor avvikelser är från idealvärdet, räkna med minskad utmattningslivslängd (se utvidgad livslängdsberäkning sid 41) och med större slitage på funktionsytorna. Genom lämpliga EP-tillsatser eller slitagehämmande tillsatser (fastställs genom praktiska prov) kan detta helt eller delvis kompenseras. För speciellt högt additiverade mineraloljor måste deras påverkan på tätningsmaterial och hållremmaterial (se sid 85) kontrolleras.

Oljeval enligt driftförhållanden

För normala driftförhållanden (normalt tryck, temperatur max. 120 °C, belastningsförhållande $P/C < 0,1$, varvtal upp till termiskt referensvarvtal) kan oljor utan EP-tillsatser, men med korrosions- och åldringsskydd (bokstaven L enligt DIN 51502) användas.

Vid höga varvtal bör en oxidationsstabil olja med god skumdämpning och gynnsamt viskositets-temperaturförhållande användas. Vid start, när temperaturen oftast är låg, undviks hög smörjmedelsfriktion och därmed uppvärmning; vid den högre fortfarighetstemperaturen kvarstår tillräcklig viskositet för att säkerställa smörjning.

Vid höga temperaturer väljer man i enlighet med oljans egenskaper. Se även FAG publ. nr WL 81 115 "Smörjning av rullningslager".

Lagens oljeförsörjning

Oljesmörjning av lager kan principiellt ske via sumpsmörjning, minimimängdsmörjning eller cirkulationssmörjning.

Vid **sumpsmörjning** är lagret delvis nedsänkt i oljebad. Principiellt eftersträvas en hög oljenivå. Vid höga varvtal är det lämpligt att, p.g.a. det höga friktionsarbetet, den understa rullkroppen vid stillastående lager bara till hälften täcks av oljan. Är varvtalsfaktorn $n \cdot d_m$ lägre än $150\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$ kan lagret täckas helt. Oljenivån skall kontrolleras regelbundet. Sumpsmörjning används i allmänhet upp till en varvtalsfaktor $n \cdot d_m = 300\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$.

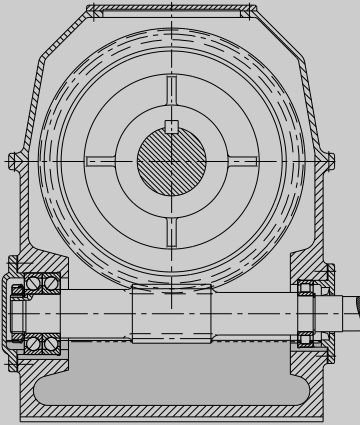
Riktvärden för oljebyten se övre diagram sid 129. Oljan måste bytas oftare om lagret förorenas.

Vid **oljecirkulationssmörjning** samlas oljan, efter att den har pumpats genom lagret, upp i en oljetank. Innan oljan på nytt tillförs lagret måste den absolut filtreras.

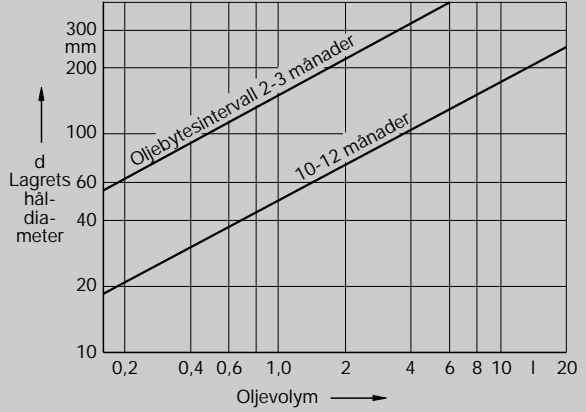
Smörjning och underhåll

Oljeförsörjning

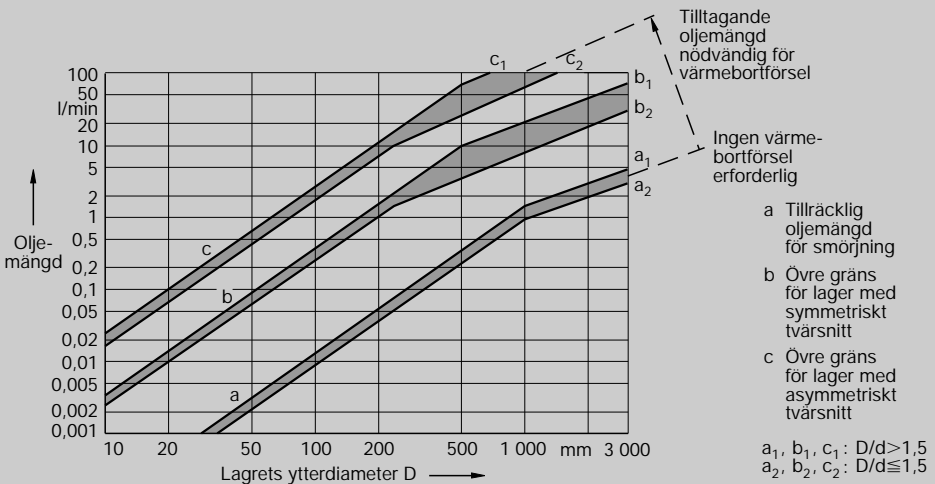
▼ Oljenivå vid sumpsmörjning



▼ Oljemängd och oljebytesintervall i avhängighet av lagrets håldiameter



▼ Oljemängder vid cirkulationssmörjning



Smörjning och underhåll

Oljeförsörjning

Oljevolymer (se nedre diagram sid 129) anpassas till driftförhållanden. För lager med asymmetriskt tvärsnitt (vinkelkontaktkullager, koniska rullager, sfäriska axialrullager) tillåts p.g.a. deras transportverkan större flöden än för lager med symmetriskt tvärsnitt. Med stora flöden kan slitagepartiklar eller värme bortföras.

Vid snabbt roterande lager sprutas oljan in i spalten mellan hållare och lagerring. Insprutnings-smörjning med stora volymer för med sig höga förlusteffekter; lagrens uppvärmning kan bara begränsas genom speciella åtgärder. Den för cirkulationssmörjning rimliga övre gränsen för varvtalsfaktorn ($n \cdot d_m = 10^6 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$ hos lämpliga lager, t. ex. högprecisions-vinkelkontaktkullager) kan överskridas avsevärt vid insprutningssmörjning.

Vid **olje-minimimängdsmörjning** nås ett lågt friktionsmoment och därmed en låg drifttemperatur. Den för lagrets försörjning erforderliga oljemängden är starkt beroende på lagertyp. T. ex. kräver tvåradiga cylindriska rullager extremt små mängder, medan lager med transportverkan som vinkelkontaktkullager kräver relativt stora mängder. Se även publ. nr WL 81 115. Uppnåbara varvtalsfaktorer är $1,5 \cdot 10^6 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$.