
Montage af rulningslejer

FAG

Rulningslejer

FAG Sales Europe - Danmark

WL 80 100/3 DK



Montage af rulningslejer

Publ. nr. WL 80 100/3 DK

FAG Sales Europe - Danmark

Jens Baggesens Vej 90 P · 8200 Århus N

Tlf. 8739 4444 · Fax. 8739 4445

Rulningslejer er højtbelastbare maskinelementer, hvis dele har en høj præcision. For at deres ydelse kan udnyttes fuldt ud, skal konstruktøren på den ene side vælge den rigtige lejetype og udførelse, og på den anden side afstemme lejernes og de omgivende deles egenskaber efter hinanden på en faglig korrekt måde. Desuden skal der vises særlig opmærksomhed overfor montage og demontage, smøring, vedligeholdelse samt tætninger.

Brugen af egnede hjælpemidler ved montage og demontage af rulningslejer samt omhyggelighed og renlighed på montagestedet er væsentlige forudsætninger for, at rulningslejerne opnår en lang levetid.



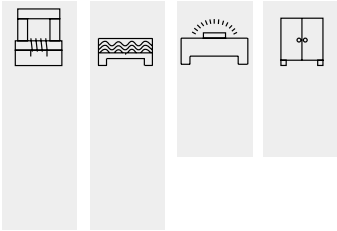








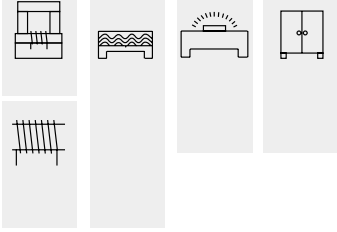



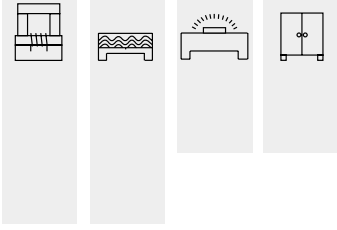


















Denne brochure giver først og fremmest montører henvisninger til behandling, montage og demontage, smøring og vedligeholdelse af rulningslejer. Et afsnit omhandler lejeskader og årsager hertil. Tabelafsnittene indeholder lejebetegnelser, tolerancer for lejer og de omgivende dele, lejeslørverdier og en oversigt over FAG rulningsleje-fedt Arcanol.

Til information om forskellige værktøjer og fremgangsmåder ved montage og demontage samt om måleudstyr findes der yderligere publikationer (se side 113). I særlige tilfælde bedes De kontakte vor tekniske afdeling.

1	Opbevaring af rulningslejer	8
2	Forberedelser til montage og demontage	9
2.1	Arbejdsskema	9
2.2	Det »rigtige« leje	9
2.3	Behandling af rulningslejer før montagen	10
2.4	Renlighed under montage	10
2.5	De tilhørende dele	11
2.6	Pasninger	11
2.7	Kontrol af lejesædet	12
2.7.1	Cylindriske anlægsflader	12
2.7.2	Koniske anlægsflader	15
3	Montage af rulningslejer	18
3.1	Den mekaniske metode	18
3.1.1	Montage ved cylindriske lejesæder	18
3.1.2	Montage ved koniske lejesæder	24
3.2	Den termiske metode	29
3.2.1	Opvarmning på varmeplade	30
3.2.2	Opvarmning i oliebad	30
3.2.3	Opvarmning i varmluftovn	32
3.2.4	Induktivt opvarmningsapparat	32
3.2.5	Induktivt demontageapparat	34
3.2.6	Nedkøling	35
3.3	Den hydrauliske metode	36
3.4	Regulering af sløret ved montagen	40
3.4.1	Vinkelkontaktkuglelejer og koniske rullelejer	40
3.4.2	Aksiallejer	46
3.4.3	Værktøjsmaskinelejringer	46
4	Demontage af rulningslejer	51
4.1	Den mekaniske metode	52
4.1.1	Demontage ved cylindriske lejesæder	52
4.1.2	Demontage ved koniske lejesæder	55
4.1.2.1	Demontage af lejer på klembøsninger	55
4.1.2.2	Demontage af lejer på aftræksbøsninger	56
4.2	Den termiske metode	57
4.2.1	Opvarmning	57
4.2.2	Induktivt demontageapparat	58
4.2.3	Opvarmning med ringbrænder	59
4.3	Den hydrauliske metode	60
4.3.1	Demontage af lejer med konisk boring	61
4.3.2	Demontage af lejer med cylindrisk boring	63
5	Smøring	65
5.1	Fedter	65
5.2	Olier	66
5.3	Valg af smøremiddel	66

6	Lejeskader	70
6.1	Hvordan opstår lejeskader?	71
6.1.1	Montagefejl	71
6.1.2	Forurening	73
6.1.3	Korrosion	74
6.1.4	Strømgennemgang	75
6.1.5	Fejlagtig smøring	75
6.2	Hvorledes opdager man lejeskaden under drift?	77
6.3	Hvad skal man lægge mærke til ved en lejeskade?	78
6.3.1	Før demontagen	78
6.3.2	Under demontagen	79
6.3.3	Ved undersøgelsen	81
7	Tabeller	83
7.1	Lejebetegnelser	83
7.2	Lejeseriernes betegnelser	84
7.3	Akseltolerancer	86
7.4	Hustolerancer	90
7.5	Radiallejers normaltolerancer (med undtagelse af koniske rullelejer)	94
7.6	FAG koniske rullelejers normaltolerancer	96
7.7	FAG aksiallejers normaltolerancer	97
7.8	Grænsemål for kantafstand	98
7.9	Radialslør i FAG sporkuglelejer	100
7.10	Radialslør i FAG sfæriske kuglelejer	101
7.11	Radialslør i FAG cylindriske rullelejer	102
7.12	Radialslør i FAG sfæriske rullelejer	104
7.13	Radialslør i FAG enradede sfæriske rullelejer	106
7.14	Aksialslør i FAG toradede vinkelkontaktkuglelejer (serie 32 og 33)	107
7.15	Aksialslør i FAG firepunktslejer	108
7.16	Formindskelse af radialslør i FAG cylindriske rullelejer med konisk boring	109
7.17	Formindskelse af radialslør i FAG sfæriske rullelejer med konisk boring	110
7.18	FAG rulningsleje-fedt Arcanol	111
	Montage-Undervisningssystem	112
	FAG-Publikationer	113

Oversigtstabel: Værktøjer og metoder ved montage og demontage af

Lejetype		Leje- boring	Leje- størrelse	Montage med opvarmning				uden opvarmning
	Sporkuglelejer		Koniske rullelejer	cylindrisk	lille			
	Vinkelkontakt- kuglelejer		Enradede sfæriske rullelejer					
	Spindel-lejer		Sfæriske rullelejer					
	Firepunktslejer							
	Sfæriske kuglelejer			stor				
	Cylindriske rullelejer			cylindrisk	lille			
	Nålelejer							mellem- stor
								stor
	Aksialkuglelejer			cylindrisk	lille			
	Aksialvinkelkontaktkuglelejer							mellem- stor
	Cylindriske aksialrullelejer							stor
	Sfæriske aksialrullelejer							
	Sfæriske kuglelejer			konisk	lille			
	Sfæriske kuglelejer med klembøsning							mellem- stor
	Enradede sfæriske rullelejer							stor
	Enradede sfæriske rullelejer med klembøsning							
	Sfæriske rullelejer							
	Sfæriske rullelejer med klembøsning							
	Sfæriske rullelejer med aftræksbøsning							
	Klembøsning		Aftræks- bøsning					
	Toradede cylindriske rullelejer			konisk	lille			
								mellem- stor
								stor

rulningslejer · Symboler

	Hydraulikmetoden	Demontage		Hydraulikmetoden	Symboler
		med opvarmning	uden opvarmning		

1 Opbevaring af rulningslejer

1: Opbevaring af rulningslejer

a: Især større lejer må ikke opbevares stående

b: Bedre er den liggende opbevaring hvor hele omkredsen er understøttet.



Opbevar lejerne i original indpakningen.

Under opbevaring på lager skal lejerne forblive i originalemballagen. Først på anvendelsesstedet og umiddelbart før montagen må emballagen åbnes. Ellers er der risiko for, at lejerne forurenes eller rustner.

Større lejer opbevares liggende.

Større lejer, hvis ringe har en forholdsvis lille vægtykkelse, bør ikke opbevares stående (billede 1a), men liggende, understøttet på hele omkredsen (billede 1b).

FAG rulningslejer bliver på fabrikken før indpakning indsmurt i korrosionsbeskyttende olie. Denne olie stivner ikke og bliver ikke klæbrig, og er neutral overfor alle almindelige rulningsleje-fedttyper. Rulningslejer, som opbevares i originalemballagen er beskyttede mod indflydelser udefra.

Opbevar lejerne i tørre rum.

Denne beskyttelse er dog kun effektiv gennem længere tid, hvis de indpakkede lejer opbevares i et tørt (relativ luftfugtighed højst 65 %) og frostfrit rum.

- Temperatur +6 til +25 °C, korttidigt max. +30 °C, temperaturvariation max. ±4 °K
- relativ luftfugtighed ≤ 65 %

Naturligvis må der ikke i samme rum opbevares aggressive kemikalier, så som syrer, ammoniak eller læsket kalk.

2 Forberedelser til montage og demontage

2.1 Arbejdsskema

Før montagen/demontagen af rulningslejer skal alt forberedes for at få et problemfrit arbejdsforløb.

Ved hjælp af arbejdstegningen gør man sig fortrolig med konstruktionen og den rækkefølge de enkelte dele skal samles i. Allerede før montagens start bør man opstille et skema over arbejdsrækkefølgen og skaffe sig klarhed over de påkrævede opvarmningstemperaturer, aftræks- og påtrykningskræfter for lejerne, samt de nødvendige fedtmængder.

Når særlige forholdsregler er nødvendige ved en montage/demontage, skal montøren have en udførlig anvisning over: Maskinkonstruktionen, montage-/demontageværktøj, opvarmningsanordninger, art og mængde af smøremiddel osv.

På grundlag af arbejdstegningen opstilles et skema over arbejdsrækkefølgen.

2.2 Det »rigtige« leje

Før montøren begynder på montagen, skal han sikre sig, at den på emballagen stemplede betegnelse svarer til angivelserne på tegningen og i styklisten. Derfor bør han kende opbygningen af rulningslejebetegnelserne (tabel 7.1 og 7.2 side 83–85).

Normerede rulningslejer betegnes med de betegnelser, der er angivet herfor i DIN-normer og rulningslejekataloger. Betegnelsen består af en række cifre eller bogstaver og cifre sammen. Den første gruppe i rækkefølgen angiver lejetypen og diameterserien, ved mange lejer også breddeserien. Den anden gruppe viser boreringskendetallet som i gruppen fra 20 til 480 mm boring giver boringen i mm, når man multiplicerer tallet med 5.

Hvis driftsforholdene kræver en særlig udførelse af lejet, tilføjes specielle efterbetegnelser til det normale lejes betegnelse (tabel 7.1 side 83).

Ikke normerede lejer kendes ved betegnelsen FAG 800 000.

Sammenlign betegnelsen på emballagen og lejet med angivelsen på tegningen.

2.3 Behandling af rulningslejer før montagen

FAG rulningslejer er i originalemballagen konserveret med en korrosionsbeskyttende olie. Ved montagen behøver man ikke at udvaske denne olie. Den blander sig under drift med smøremidlet og sikrer kortvarigt en tilstrækkelig smøring under opstart.

På sæde- og anlægsflader aftørres den korrosionsbeskyttende olie før montagen.

Ved koniske lejoboringer derimod skal korrosionsbeskyttelsen udvaskes før montagen for at sikre et fast og sikkert sæde på akslen eller bøsningen. Efter udvaskningen ved koldrensning, fugtes bøsningen med en maskinolie med middel viskositet.

Brugte og forurenede lejer skal før montagen renses grundigt i petroleum eller koldrensere, og derefter igen straks smøres med olie eller fedt.

Rulningslejer må ikke efterbearbejdes. F. eks. må der ikke laves smørehuller, noter, tilslibninger eller lignende, da spændingerne i ringene derved frigøres, med for tidlig nedbrydning af lejet til følge. Desuden er der fare for, at spåner eller slibestøv kommer ind i lejet.

Korrosionsbeskyttelsesolien fjernes fra sæde- og anlægsflader.

Brugte og forurenede lejer udvaskes.

Ringene må ikke efterbearbejdes.

Montagestedet holdes rent og tørt.

Tilsikker renhed på aksel og i hus.

2.4 Renlighed under montagen

Rulningslejer skal under alle omstændigheder beskyttes mod urenheder og fugt, da selv de mindste fremmedlegemer, der trænger ind i lejet, kan beskadige løbebanerne. Af denne grund skal montagestedet holdes støvfrit og tørt. F. eks. må der ikke i nærheden arbejdes med slibemaskiner. Også brug af trykluft bør undgås. Også akslens, husets og andre deles renhed skal tilsikres. Støbegods skal afrensnes for formsand. De indvendige ubearbejdede flader i huset bør efter rengøringen bestryges med grundmaling, som forhindrer småpartikler i at løsne sig under drift. På lejets anlægsflader på akslen og i huset skal der rustbeskyttes, og malerester fjernes omhyggeligt. Ved drejede dele skal tilsikres, at grater og skarpe kanter fjernes.

2.5 De tilhørende dele

Alle til lejringsen hørende dele kontrolleres før montagen for form- og målnøjagtighed. Ikke overholdte lejesædetolerancer, urunde huse og aksler, skæve anlægsflader osv. skader lejets fejlfrie løb, og kan føre til for tidlig nedbrydning. At sådanne fejl er skyld i nedbrydningen, lader sig ikke altid senere uden videre konstatere. For at undgå tidsspilde ved en senere søgning af årsagen til nedbrydningen, er det en god ide at udfærdige en målerapport.

Alle dele kontrolleres før montagen for mål- og formnøjagtighed.

2.6 Pasninger

For at lejet kan løbe fejlfrit, er det vigtigt, at den på tegningen foreskrevne pasning for lejringsen overholdes (tabel 7.3 og 7.4 side 86–93).

De på tegningen foreskrevne pasninger for lejringsen skal ubetinget overholdes.

Dog skal man vide, at spørgsmålet om hvilken tolerance, der er den »rigtige«, ikke kan besvares med en enkel og entydig angivelse. Pasningerne skal tværtimod afstemmes efter maskinens driftsforhold og den konstruktive opbygning af lejringsen. Principielt burde begge ringe understøttes godt af anlægsfladerne, og derfor være strammest muligt tilpasset. Dette er dog ikke altid muligt, da montagen/demontagen derved vanskeliggøres, eller fordi en lejrings i et frileje skal være let forskydelig.

Overmålet ved stramme pasninger fører til en udvidelse af inderingen eller indsnævring af yderingen, og dermed til en indsnævring af radialsløret. Derfor skal radialsløret være afstemt efter pasningerne.

Montøren skal kontrollere aksel- og husmål. Hvis sædet er for løst, vandrer ringen på akslen. Ring og aksel kan derved blive beskadiget. Desuden forringes maskinens arbejdsnøjagtighed, eller ringens løbebane trættes for hurtigt, fordi den ikke er tilstrækkelig understøttet. På den anden side kan et for stramt sæde føre til for stor forspænding og til varmløb.

Kontrollér aksel- og husmål.

Da evt. formfejl i hus og på aksel, på grund af lejringsenes forholdsvis ringe vægtykkelse, overføres til løbebanerne, skal foruden anlægsfladernes diametertolerance også deres formtolerancer kontrolleres. Ved cylindriske sæder kontrolleres den cylindriske form (DIN ISO 1101). Ved koniske sæder kontrolleres rundheden, og den koniske vinkel, og den udvendige koniske linies rethed (DIN 7178).

Kontrollér anlægsfladernes formtolerance.

Overfladerne på aksel og hus glattes ved prespasninger, det gør overfladen på lejet derimod ikke. Jo mere ru overfladerne er, jo mere af overmålet går tabt. Derfor skal man også kontrollere lejesædets ruhed (DIN 4768).

Kontrollér lejesædernes ruhed.

2.7 Kontrol af lejesædet

Ved alle målinger skal man sikre sig, at måleapparatet har nogenlunde samme temperatur som den del, der skal måles.

2.7.1 Cylindriske anlægsflader

Ved aksler anvender man som måleinstrument oftest en udvendig mikrometerskrue, billede 2. Her skal målenøjagtigheden kontrolleres gennem justering.

2: Udvendig mikrometerskrue anvendes til måling af akseldiameter.



3: FAG's bøjlemåleapparat giver en mere sikker positionering og en fejlfri måling af cylindriske anlægsflader. På måleskiven er angivet den diameter, som apparatet skal indstilles på.



Derudover har bøjlemåleapparatet, billede 3, vist sig at være effektivt. Det arbejder som et sammenligningsmåleapparat. Dets indstilling kontrolleres med en måleskive. De nødvendige måleskiver leveres af FAG.

Til måling af borerer anvendes en indvendig mikrometerskrue, billede 4.

Også sammenligningsmåleudstyr kan anvendes (billede 5–7). Måleområdet for forskellige størrelser af dette apparat er fra 6 mm til 800 mm diameter.



4: Med den indvendige mikrometerskrue måles borerer.



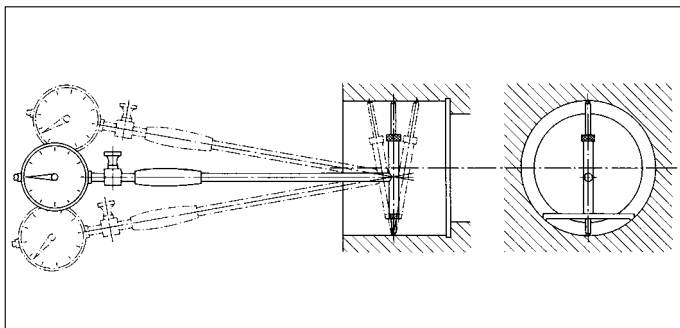
5: Til måling af borerer er især sammenligningsmåleapparater velegnede. Den viste målering bruges til indstillingen.

Forberedelse

6: Boringen i et stålehus måles med boringsmåleapparat.



7: Principskitse af en måling med boringsmåleapparat. Herved fremkommer mindstemålet.

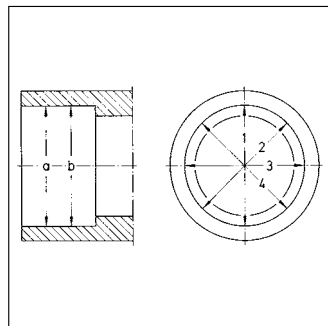
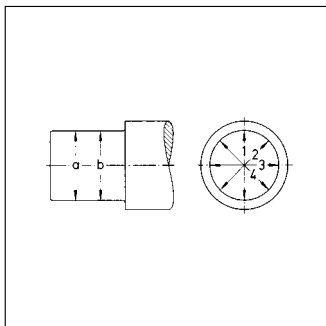


Kontroller diameter og den cylindriske form på aksel og hus.

Udover akslens og husets diameter skal man også kontrollere deres cylindriske form.

Normalt måles diameteren i to forskellige tværsnit (toppunktsmåling) og i adskillige plan, billede 8 og 9.

8, 9: Normalt kontrollerer man akslens og husets cylindriske form, idet man måler diameterne i 2 tværsnit og adskillige plan (toppunktsmåling).



Hvis der ikke er nogle specielle forskrifter på arbejdstegningen gælder reglen, at halvdelen af diameter tolerancen anvendes for cylindricitet. Dette refererer til toppunktmålingen.

Efter DIN ISO 1101 henfører cylindricitetstolerancen derimod til radius. De toleranceværdier, der er fastlagt efter denne norm, skal ved toppunktmåling fordobles.

2.7.2 Koniske anlægsflader

For at inderringen kan sidde fast på akslen, skal akslens konus stemme nøjagtigt overens med inderringsboringens konus.

Rulningslejeringsenes konus er normeret. Den er ved de fleste lejeserier 1:12, ved nogle brede lejeserier dog 1:30.

Det mest enkle måleapparat for små koniske lejesædeflader er konuslæringen (billede 10). Ved tuschfarvning fastslås om akslen og læreringen stemmer overens, og der korrigeres indtil læreringen bærer på hele sin bredde. FAG leverer læringerne for koniske diametre fra 25 til 150 mm.

Lejernes inderringe må ikke benyttes som læringer.

Til den nøjagtige kontrol af koniske akselsæder har FAG udviklet de koniske måleapparater FAG MGK 133 og FAG MGK 132. Ved hjælp af sammenligningskonus eller -segment måles lejesædets konus og diameter eksakt. Begge apparater er let håndterlige, arbejdsmønstret behøver ikke at blive taget ud af maskinen for at blive målt.

Lejernes inderringe må ikke benyttes som konuslæring.

Til den nøjagtige kontrol anvendes FAG MGK 133 og FAG MGK 132.



10: Små koniske lejesæder kontrolleres med konuslæring.

Forberedelse

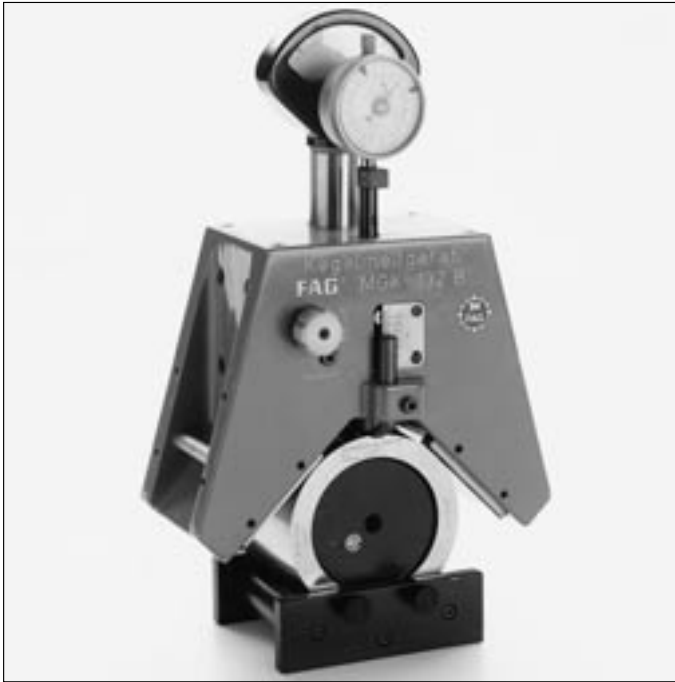
11: Med konusmåleapparatet FAG MGK 133 måles konusser, som er kortere end 80 mm. Alt efter størrelsen på apparatet kan den udvendige diameter på konusserne være 27 til 205 mm.



Konusser kortere end 80 mm måles med måleapparatet FAG MGK 133, billede 11.

Måleområder

Konusmåleapparat	MGK 133A	MGK 133B	MGK 133C	MGK 133D	MGK 133E	MGK 133F	MGK 133G
Konus-diameter [mm]	27...47	47...67	67...87	87...115	115...145	145...175	175...205
Konus	Konus 1:12 og 1:30 (andre konusser på forespørgsel)						
Min. konus-længde [mm]	17	21	28	34	42	52	65
Afstand mellem måleplanerne [mm]	12	15	20	25	33	45	58



12: Konusmåleapparatet FAG MGK 132 er velegnet til konuslængder fra 80 mm og konusdiametre fra 90 til 820 mm.

Måleapparatet FAG MGK 132 anvendes ved konusser fra 90 mm diameter, som mindst er 80 mm lange, billede 12.

Måleområder

Konus- måleapparat	MGK 132B	MGK 132C	MGK 132D	MGK 132E	MGK 132F
Konus- diameter [mm]	90...210	190...310	290...410	390...510	490...820
Konus	Konus 1:12 og 1:30 (andre konusser på forespørgsel)				
Min. Konus- længde [mm]	80	80	110	125	140
Afstand mellem måle- fladerne [mm]	20	20	25	30	36

3 Montage af rulningslejer

Ikke slå på ringene med en hammer.

Ved ikke-adskillelige lejer sættes montagekraften ind på den ring, der skal monteres.

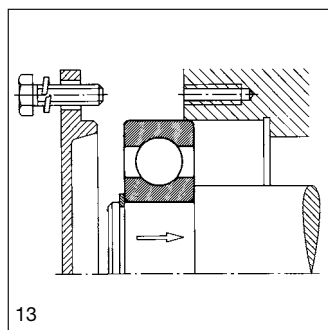
På grund af forskellige typer og størrelser kan alle lejer ikke monteres efter den samme fremgangsmåde. Man skelner mellem den mekaniske, den hydrauliske og den termiske metode.

De hærdede lejer er følsomme overfor slag. Derfor må man ikke slå direkte på ringene med en hammer.

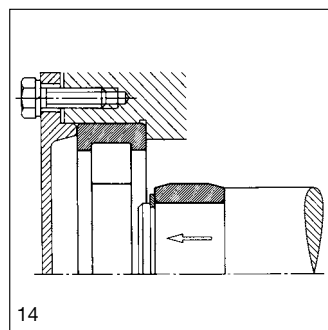
Ved montage af ikke-adskillelige lejer, billede 13, skal montagekræfterne angribe på den stramt tilpassede ring. Denne ring monteres først. På den løst passede ring ville de angribende kræfter blive overført til rullelegemerne, hvorved løbebaner og rullelegemer ville kunne blive beskadiget.

Ved adskillelige lejer, billede 14, er montagen lettere, idet de to ringe kan monteres hver for sig. For ikke at lave ridser under montagen, drejer man delene let.

13: Hvis inderringen på et ikke-adskilleligt leje har en let prespasning, bliver lejet først presset på akslen. Derpå skyder man lejet med aksel ind i huset.



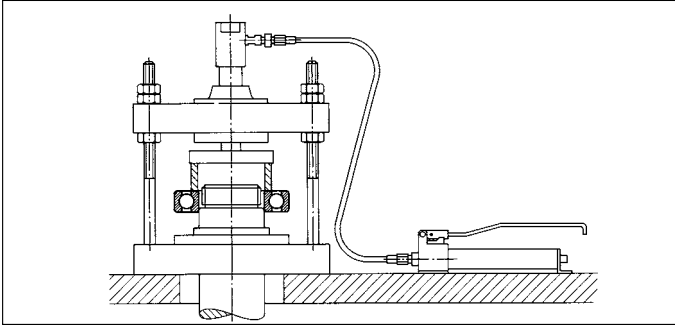
14: Ved adskillelige lejer kan ringene monteres hver for sig. Dette er en fordel, når begge ringe har stram pasning. For at undgå ridser under montagen, drejer man delene let.



3.1 Den mekaniske metode

3.1.1 Montage ved cylindriske sæder

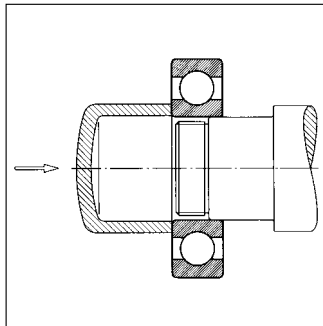
Lejer indtil ca. 80 mm boringsdiameter kan ved de almindelige lette prespasninger presses på akslen i kold tilstand. Det anbefales hertil at anvende en mekanisk eller hydraulisk presse, billede 15.



15: Lejer indtil ca. 80 mm boring kan presses på akslen med en hydraulisk presse.

Hvis man ikke har en presse til rådighed, kan lejet ved ikke for stramme pasninger i nødstilfælde hamres på akslen med lette hammerslag. I så tilfælde skal altid anvendes en slagbøsning af blødt stål og med glat overflade, således at kraften angriber ens på hele ringens omkreds, og lejet ikke beskadiges, billede 16.

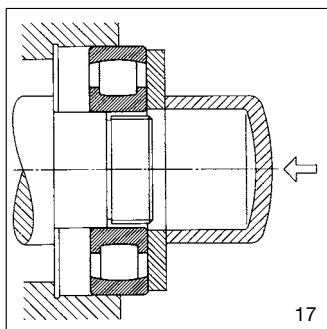
Slagbøsningssættene FAG EINBAU.SET.ALU og FAG EINBAU.SET.ŠT har præcisions-dele, der er tilpasset kravene, for at gøre en fagmæssig korrekt lejmontage let. Se TI nr. WL 80-49.



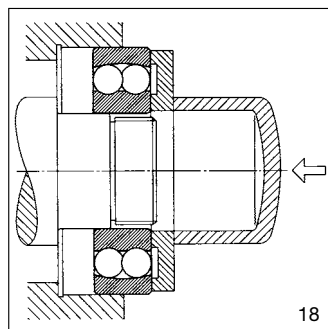
16: I nødstilfælde kan små lejer hamres på med lette hammerslag, hvis man anvender en egnet slagbøsning.

Montage

17: Samtidig påpresning af lejet på akslen og indføring i huset ved hjælp af montageskive.



18: Montageskiven skal uddrejes ved nogle sfæriske kuglelejer og ved det sfæriske rulleleje i E-udførelsen.



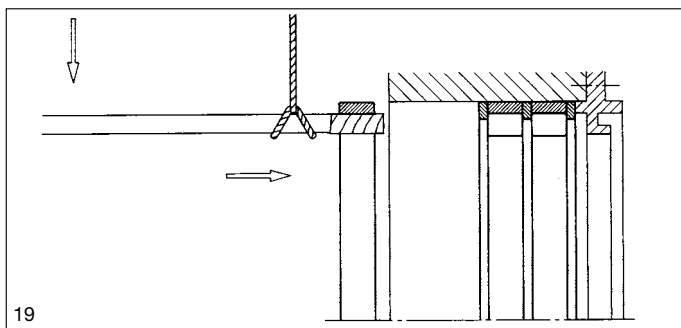
Ved nogle sfæriske kuglelejer og ved det sfæriske rulleleje i E-udførelsen rager kuglerne eller holderen ud til siden. Her skal montageskiven uddrejes, billede 18.

Ved meget stramme pasninger skal også små lejer monteres opvarmet.

Hvis der er foreskrevet stramme pasninger, bør også små lejer monteres opvarmet, afsnit 3.2.

Ved letmetalhuse kan siddefladerne beskadiges, hvis en yderring med stram pasning presses ind i husboringen. I sådanne tilfælde skal huset opvarmes eller lejet skal nedkøles.

19: Yderringene på store cylindriske rullelejer indføres ved hjælp af en løftestang.



Tunge lejderringe, der er passet med glidepasning, kan monteres ved hjælp af en løftestang, billede 19 og 20.

For at løbebanerne hhv. rullekransene ikke skal blive beskadiget, skal løftestangen på bærestedet omvikles med fnugfri klude.

Montage af nålejer

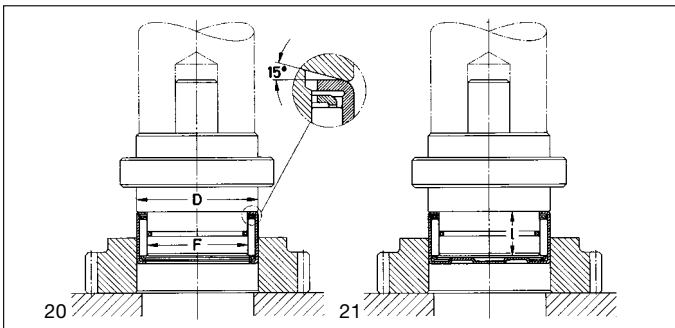
Nålejer med massive ringe

Nålejer med massive ringe monteres efter de samme retningslinier som cylindriske rullejer. Lejer, som er monteret ved siden af hinanden, skal have samme radialslø, så belastningen fordeles ligeligt.

Nålebøsninger og nåleslutbøsninger

Nålebøsninger og nåleslutbøsninger får på grund af deres tynde yderringe den nøjagtige form ved hjælp af stramme huspasninger, som gør en befæstigelse til siden overflødig.

Til indpresning af nålebøsninger og nåleslutbøsninger anvendes særlige montagedorne. Normalt ligger dornen an mod lejets stempede frontside, som ved mindre typer er hærdede. Men også ved indpresning mod en uhardet kant, sker der ikke deformationer eller klemninger af nålekransen, hvis montagedornen er rigtigt dimensioneret, billede 20 og 21.



20, 21: Nålebøsninger og nåleslutbøsninger presses ind i huset med en montagedorn.

20: Nålebøsning

21: Nåleslutbøsning

Montage

Nålekranse

Nålekranse skubbes ved montagen ind mellem aksel og hus. For at undgå skræbemerker på løbebaner og nåleruller, skal nålekransene drejes let under montagen, hvorved de forbliver ubelastede.

Nålekransene kan styres på siden af akslen eller huset, billede 22.

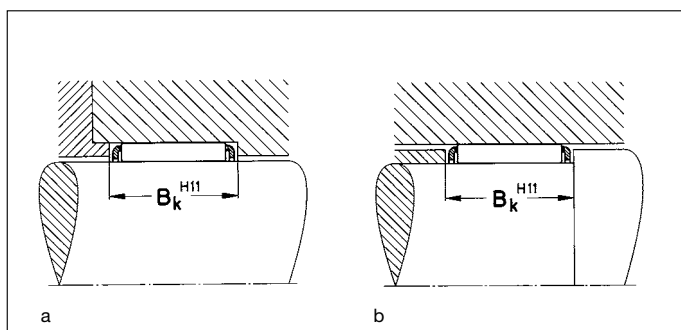
Afstanden mellem styrefladerne på siden af holderen, skal være tilstrækkelig stor (tolerance H11), således at nålekransen ikke klemmes.

Radialsløret ved lejringer med nålekransene retter sig efter bearbejdningstolerancerne på de hærdede og slebne løbebaner på aksel og i hus. Nålekranse, der er monteret ved siden af hinanden, skal have nåleruller af samme sortering.

22: Nålekranse kan føres på akslen eller i huset.

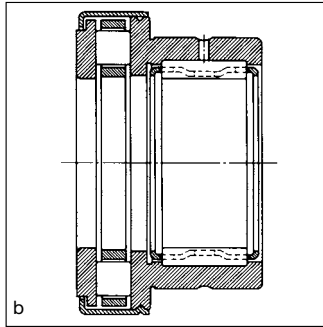
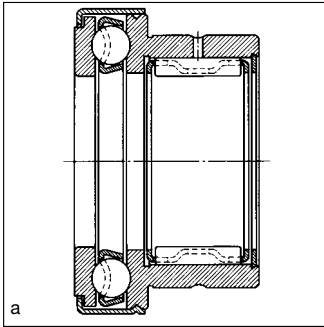
a: Føring i huset

b: Føring på akslen



Kombinerede lejer

De faste pasninger ved et kombineret nåleleje medfører relativt store indpresningskræfter. Dette gælder især ved nåle-aksial sporkuglelejer og nåle-cylindriske aksialrullelejer med støvkappe, hvor aksiallejets rullekrans ikke kan tages af. Disse lejer skal presses ind. Her er det en fordel at opvarme huset.



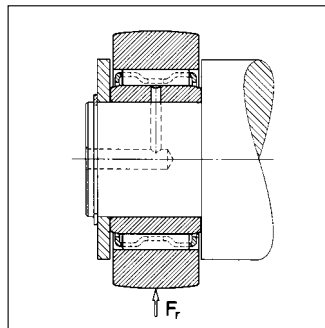
23: Kombinerede nåle-aksial sporkuglelejer og nåle-cylindriske aksialrullelejer med støvkappe skal presses ind i huset.

a: Nåle-aksial sporkuglelejer

b: Nåle-cylindriske aksialrullelejer

Støtteruller

Da inderringen ved støtteruller for det meste har punktbelastning, er det ikke nødvendigt med en fast pasning på akslen. Ved montagen skal man passe på, at smøreboringen kommer til at ligge i den ubelastede løbebanezone. Yderringen på støtteruller uden aksialføring kræver styreflader.



24: Ved montage af støtteruller skal smøreboringen ligge i den ubelastede zone. Støtteruller uden aksialføring kræver styreflader på siden for yderringen.

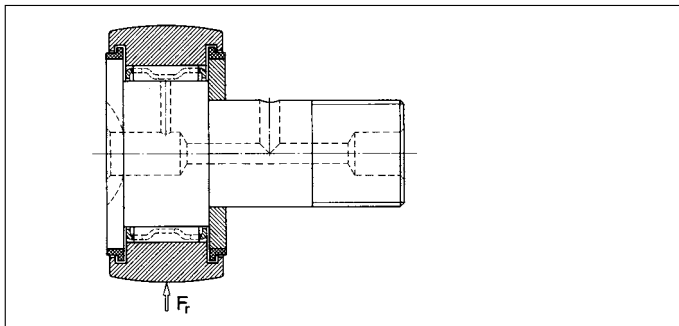
Kurveruller

Ved montage af kurveruller skal man passe på, at den radiale smøreboring (FAG stempelmærket markerer dens position) kommer til at ligge i den ubelastede zone.

Ved montage af en kurverulle i gennemgangsboringen i en maskinramme, skal bolten ved fastspænding af møtrikken normalt holdes fast for at undgå, at bolten drejer. Derfor er der i bunden af bolten en not, billede 25.

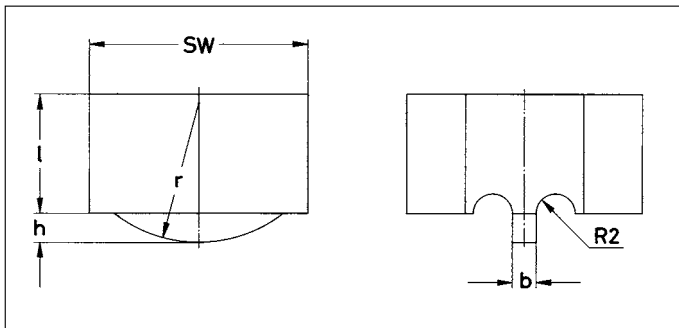
Montage

25: Noten i bunden gør det lettere at fastholde bolten, når man skruer en kurverulle fast.



Skal en kurverulle skrues i et gevindhul, skal tilspændingsmomentet overføres til noten. Hertil kræves et egnet værktøj, billede 26. Med et sådant værktøj kan ca. 75 % af de i kataloget angivne tilspændingsmomenter overføres sikkert.

26: Ved brug af værktøj kan man skrue bolten fra en kurverulle ind i et gevindhul.



3.1.2 Montage ved koniske sæder

Lejer med konisk boring befæstiges enten direkte på en konisk aksel eller på en klem- eller aftræksbøsning på en cylindrisk aksel.

Udvaskede lejbøringer og lejesæder på aksel og bøsning skal kun have et ganske tyndt lag olie.

Den udvaskede lejboring samt lejesæderne på aksel og bøsning skal ved montagen kun have et ganske tyndt lag olie. Et tykkere lag smøremiddel ville ganske vist formindske friktionen og dermed lette montagen. Under drift vil smøremidlet dog efterhånden blive presset ud af pasningsfugen. Derved går det faste sæde tabt. Ringen eller bøsningen begynder at vandre og glide på overfladen.

Når lejet skubbes op på konussen, bliver inderringen udvidet og derved formindskes radialsløret. Formindskelsen af radialsløret er derfor et mål for inderringens udvidelse.

Formindskelsen af radialsløret fremkommer af forskellen mellem radialslør før og efter lejemontagen. Radialsløret skal altså først måles før montagen. Under oppresningen på konussen skal sløret hele tiden måles, indtil den nødvendige formindskelse af sløret og dermed det påkrævede faste sæde er nået.

I stedet for formindskelse af radialsløret kan man også måle den aksiale forskydningsvej på konussen. Ved den normale konus 1:12 på inderringsboringen svarer forskydningsvejen ca. til 15 gange radialslørformindskelsen. Med faktor 15 er der taget hensyn til at kun 75 til 80 % af pasningsfladernes overmål virker som udvidelse af inderringsløbebanen.

Hvis det ved små lejer ikke er sikkert at måle forskydningsvejen, så bør man skubbe lejet op uden for huset. Her må lejet kun presses så langt, at det stadig drejer let, og yderringen let lader sig dreje med hånden. Montøren må have følelse for, hvornår det påsatte leje endnu løber frit.

Hvis et demonteret leje bliver monteret igen, er det ikke nok at bringe møtrikkerne tilbage i deres tidligere stilling. Efter længere tids drift løsner sædet sig nemlig, fordi gevindet sætter sig, og sædefladerne udglattes. Radialslørformindskelsen, forskydningsvejen eller udvidelsen skal altså måles i dette tilfælde. Værdier for den radialslørformindskelse, der svarer til det nødvendige faste sæde, er anført i tillægget (tabel 7.16 og 7.17 side 109 og 110).

Radialsløret måles med søgerblade, billede 27.

Ved sfæriske rullelejer skal radialsløret måles over begge rullerækker på samme tid, billede 28. Først når samme slørværdier er opnået over begge rullerækker, er det sikret, at inderringen ikke er aksial forskudt i forholdt til yderringen. Det er ikke nogen sikker målestok, at endefladerne flugter på grund af ringenes breddetolerance.

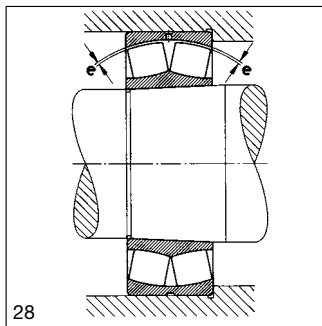
Mål radialslørformindskelse, forskydningsvej eller udvidelse.

Også ved genmontage skal radialslørformindskelsen, forskydningsvejen eller udvidelsen måles.

Radialslør måles med søgerblade.



27



28

27: Måling af radialslør med søgerblade inden montagen.

28: Ved sfæriske rullelejer skal radialsløret måles over begge rullerækker samtidigt.

Montage

Ved adskillige lejer måles udvidelsen af inderringen.

Ved cylindriske rullelejer kan inder- og yderring monteres hver for sig. Hvis inderringen kan skilles fra lejet, kan man istedet for radialslørsformindskelsen måle inderringens udvidelse med et udvendigt mikrometer, billede 29.

29: Udvidelse af inderringen på et cylindrisk rulleleje måles med et udvendigt mikrometer.



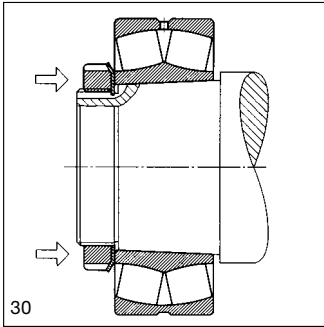
Man bruger mekanisk eller hydraulisk udstyr til at presse et leje op på det koniske sæde eller til at presse en aftræksbøsning ind. Hvilken montage metode man vælger, afhænger i hvert enkelt tilfælde af montageforholdene og maskinkonstruktionen.

Små lejer monteres med akselmøtrik og hagenøgle.

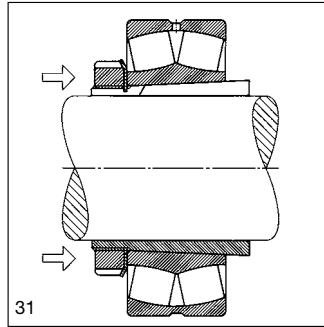
Små og mellemstore lejer kan man skubbe op på det koniske sæde med en akselmøtrik, billede 30. Til at skrue møtrikken, anvendes en hagenøgle. Efter at lejet er skubbet på plads, monteres møtrikkens låseblik.

Små lejer med klembøsning skubbes op på bøsningens koniske sæde med en bøsningmøtrik og en hagenøgle, billede 31.

Små aftræksbøsninger presses med en akselmøtrik ind i spalten mellem aksel og inderringen, billede 32.



30: Oppresning af et sfærisk rulleleje ved hjælp af akselmøtrik.

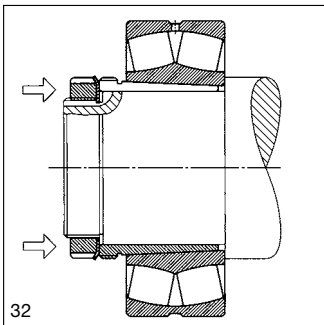


31: Et sfærisk rulleleje presses op på en klembøsning med en bøsningmøtrik.

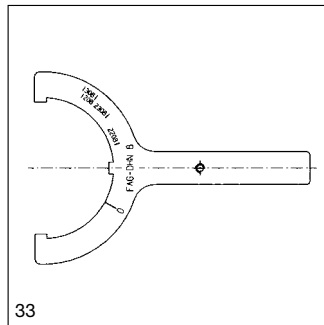
Dobbelthagenøgle

Dobbelthagenøglesættene FAG 173556 og 173557 er beregnet til montage af sfæriske kuglelejer på klembøsninger. Begge sæt indeholder en momentnøgle til nøjagtig fastlæggelse af lejets montageposition før lejet skubbes op på plads på klembøsningen.

På hver dobbelthagenøgle er der angivet vinkler, som bøsningmøtrikken for hver enkelt sfærisk kuglelejestørrelse skal drejes, for at forskydningsvejen og dermed radialsørformindskelsen kan indstilles eksakt, billede 33.



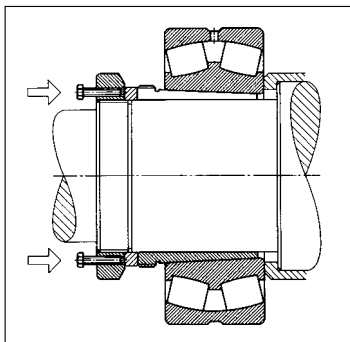
32: En aftræksbøsning presses ind med en akselmøtrik.



33: Dobbelthagenøgle med indgraverede vinkler for montage af toradede sfæriske kuglelejer.

Montage

34: Akselmøtrikker med trykskruer letter indpresningen. Der er en ring mellem møtrik og bøsning.



Ved større lejer kræves store kræfter til at skrue møtrikken. I sådanne tilfælde letter en akselmøtrik med trykskruer montagen, se billede 34.

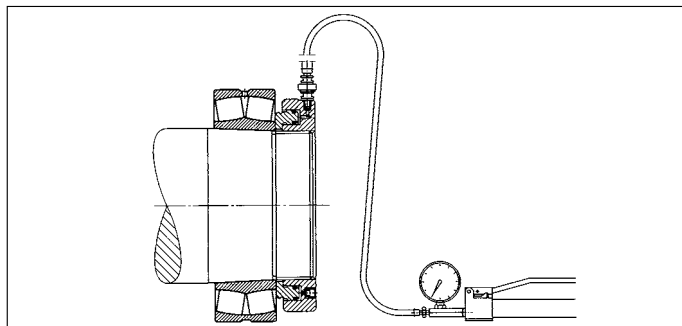
For at lejet eller bøsninger ikke skal »kantes« på, skrues man i første omgang møtrikken, indtil møtrik og monteringsring ligger tæt an mod hinanden. De på omkredsen ligeligt fordelte trykskruer af hærdet stål (antallet afhænger af de påkrævede kræfter) skrues i ved krydspænding, indtil den krævede radialsjørformindskelse er målt. Da konusforbindelsen er selvholdende, kan udstyret fjernes og lejet sikres med den egentlige holdemøtrik. Dette princip kan også bruges ved lejer, som befæstiges på en klembøsning eller direkte på en konisk tap.

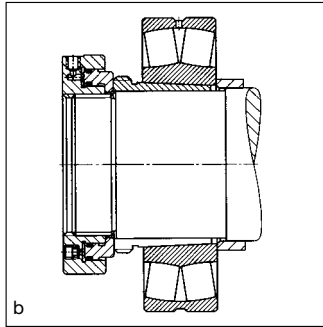
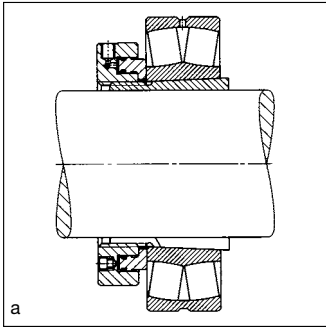
Ved montage af større lejer anvendes FAG ringstempel-
presse.

Ved montage af større lejer er det på sin plads at anvende hydraulisk udstyr til at skrubbe et leje op eller presse en bøsning ind. På billede 35 og 36 vises et sfærisk rulleleje, der skubbes på med en ringstempel-¹⁾ presse.)

35: Ringstempel-
presse til
montage af lejer med konisk
boring på en konisk aksel.

¹⁾ Betegnelser og mål – se publ. »FAG Ringkolbenpresse« Publ. nr. WL 80 103.





36: Montage af sfæriske rullelejer med en ringstempelpresse

a: oppresning på en klem-bøsning

b: indpresning af en aftræks-bøsning

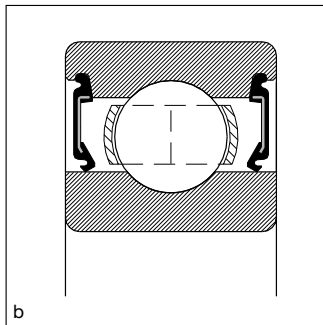
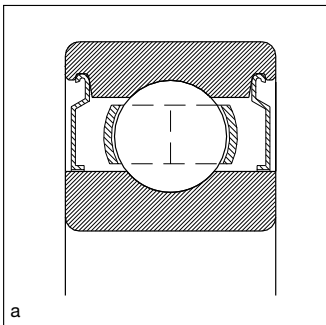
Ringstempelpresser findes for gængse bøsninger og akselgevind. Montage og især demontage lettes meget ved hjælp af hydraulik-metoden, som er beskrevet i afsnit 3.3 og 4.3.

3.2 Den termiske metode

Hvis der ved et cylindrisk sæde er foreskrevet stramme pasninger, så opvarmer man for det meste lejet inden montagen. Ved opvarmning af lejet skal temperaturen nøje kontrolleres. Den må i intet tilfælde overstige 120 °C (ved små lejer). Hvis lejet opvarmes mere, risikerer man, at lejedelenes struktur ændrer sig, hærdeningen formindskes og målene ændrer sig.

For lejer med massivholder af glasfiberforstærket polyamid gælder de samme temperaturgrænser som for andre rulningslejer.

Lejer med metalpladetætninger, billede 37a og med gummitætninger, 37b, er allerede fyldt med fedt. De må ved opvarmning max. opvarmes til 80 °C, dog ikke i oliebad.



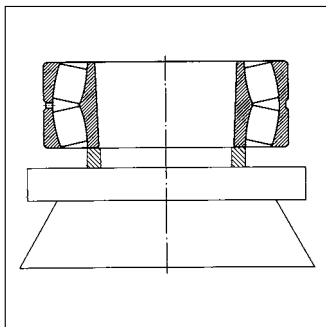
37: Lejer med gummi- og metalpladetætninger må ikke opvarmes i oliebad. Temperaturen må ikke overstige 80 °C.

a: leje med metalpladetætninger

b: leje med gummitætninger

Montage

38: Der lægges en ring mellem varmepladen, der ikke er temperaturreguleret og inderringen af et sfærisk rulleleje i E-udførelse med polyamidholder.



3.2.1 Opvarming på varmeplade

I nødstilfælde kan man opvarme rulningslejer på en varmeplade, helst med temperaturregulering. I så tilfælde skal lejet vendes flere gange, således at det bliver ensartet opvarmet.

Hvis temperaturen på varmepladen ukontrolleret kan overskride 120 °C, må polyamidholderne ikke ligge på varmepladen. Dette undgås ved at man mellem plade og inderring lægger en ring, billede 38.

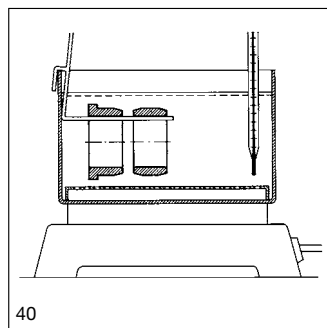
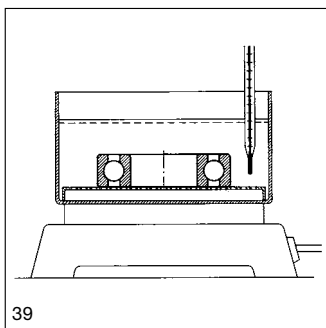
3.2.2 Opvarmning i oliebad

Oftest bliver rulningslejer opvarmet i et temperaturreguleret oliebad. Ved denne metode sikrer man en ensartet opvarmning, og montage temperaturen på 80 til 100 °C kan sikkert overholdes. På bunden af oliebeholderen bør lægges en sigte eller en rist, således at lejet ikke opvarmes uensartet fra bunden, og således at smuds, som har afsat sig i oliebadet ikke kommer ind i lejet, billede 39. Man kan også hænge lejet i oliebadet, billede 40. Efter opvarmningen skal olien dryppe af. Alle pasnings- og anlægsflader aftørres omhyggeligt.

39, 40: I oliebad opvarmes lejet ensartet: Temperaturen fra 80 til 100 °C kan let kontrolleres. Ulempe: Risiko for forurening.

39: Opvarmning af et sporkugleleje i oliebad

40: Opvarmning af cylindriske rullelejer inderringe i oliebad



Montage

Påsætning af de opvarmede ringe eller lejer kræver lidt behændighed, billede 41. Delene skubbes hurtigt og uden kantning i et træk til anslag på siddestedet. En let skruende drejning ved påsætning på akslen letter en glidende montage. Ved montagen anvendes asbesthandsker eller fnugfri klude. Aldrig twist!

Store lejer kan for det meste kun flyttes med en kran. Lejet hænges så i en montagetang, billede 42.

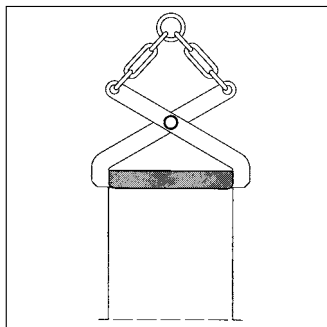
Større lejer påsættes varme.

Ved montage anvend aldrig twist.



41: Opvarmede lejer skubber man hurtigt og uden kantning indtil anslag. Dette gøres lettere ved en let skruende drejning.

42: Montagetang.



Opskubbede lejer skal straks spændes fast.

Efter opskubningen skal inderringen straks spændes mod sit aksiale anlæg, og holdes spændt, indtil den er kold, så den derefter ligger tæt an. Der må heller ikke være nogen spalte mellem to lejer-ringe, der sidder tæt ved siden af hinanden.

3.2.3 Opvarmning i varmluftovn

En mere sikker og ren metode er at opvarme lejer i en varmluftovn. Temperaturen styres af en termostat og kan derfor overholdes sikkert. Det er næsten udelukket at forurene lejet. Det er dog en ulempe, at opvarmningen i varmluftovn varer forholdsvis længe. Ved seriemontage skal derfor bruges store varmluftovne eller varmeskabe.

3.2.4 Induktivt opvarmningsapparat

Hurtigt, sikkert og fremfor alt renligt bringes lejet eller andre rotationssymmetriske dele op på montagetemperaturen ved hjælp af et FAG induktivt opvarmningsapparat, som arbejder efter transformatorprincippet. Apparaterne anvendes også ved seriemontage.

Med de 6 stk FAG opvarmningsapparater kan lejer af alle typer opvarmes - også tætnede og fedtsmurte lejer. Det mindste opvarmningsapparat AWG.MINI kan anvendes til lejer fra \varnothing 20 mm boringsdiameter. Den maksimale emnevægt er 20 kg. Det største induktive opvarmningsapparat AWG40 kan klare emnevægte op til 800 kg og boringsdiameter fra \varnothing 85 mm.

En komplet liste over det brede program indenfor induktive opvarmningsapparater ses i TI nr. WL 80-47.

Montage



43, 44: Hurtig, ren og sikker opvarmning til montagetemperatur med induktivt opvarmingsapparat.

43: FAG AWG3,5



44: FAG AWG13

45: Induktivt demontageapparat for 380 V til opvarmning af en inderring.



3.2.5 Induktivt demontageapparat*)

Det induktive demontageapparat giver mulighed for at opvarme inderringe fra cylindriske rullelejer og nålelejer fra 100 mm boring.

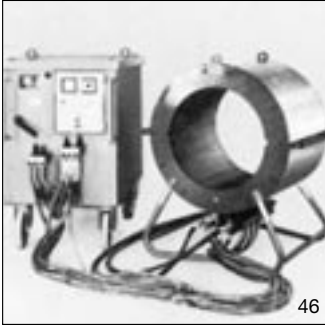
De her viste induktive apparater kan bruges ved såvel montage som demontage. Man anvender det dog overvejende ved aftrækning af ringe, afsnit 4.2.2. Opvarmningen sker så hurtigt, at der ved demontage af fastsiddende inderringe, kun går en lille smule varme over i akslen, så ringene let løsner sig fra akslen.

Det induktive montageudstyr er økonomisk, når cylindriske rullelejers inderringe i større antal skal monteres som f. eks. ved akselkasselejer på skinnekøretøjer eller når store lejer – som i valseværker ved udskiftning af valser – hyppigt skal demonteres og monteres.

FAG induktive montageapparater kan tilsluttes til det normale strømnet (380 V, 50/60 Hz). Til opvarmning af inderringe til en boringsdiameter på ca. 200 mm anvendes udstyr, som tilsluttes direkte til 380 V-nettet, billede 45. Ved lejer større end 100 mm boring anbefales det at gå over til mindre spænding fra 20 til 40 V ved 50/60 Hz.

Induktivt udstyr til lavspænding tilsluttes med en transformator til 380 V-nettet, billede 46. Viklingen er vandkølet, hvorved virkningsgraden bliver bedre og udstyret mere håndterligt og lettere.

*) For nærmere oplysninger se publikationen »Induktive FAG Montagevorrichtungen« Publ. nr. WL 80 107.



46: Demontageapparat til lavspænding med transformator EFB 125/1 til cylindriske rullelejer inderringe med 635 mm boringsdiameter:

– Vægt af ring 390 kg
– Vægt af apparat ca. 70 kg

47: Afmagnetisering af en inderring fra et cylindrisk rulleleje med det induktive demontageapparat.

Bruges apparatet ved montage, skal man passe på, at ringene ikke opvarmes for stærkt. Opvarmningstiden læses i driftsvejledningen. Driftsvejledningen beskriver også, hvorledes man let afmagnetiserer ringene efter den induktive opvarmning med det samme udstyr, billede 47.

Opvarmningstiden ses i driftsvejledningen.

3.2.6 Nedkøling

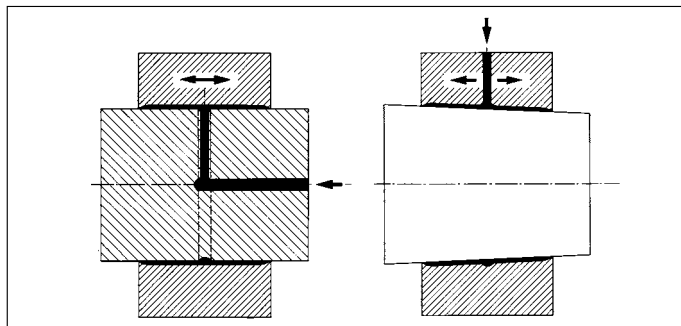
Hvis der er foreskrevet et fast sæde for yderringen, opvarmer man for det meste huset. Ved store og omfangsrige huse kan dette være vanskeligt. I så tilfælde nedkøler man lejet med en blanding af tør-is og alkohol. Temperaturen må dog ikke komme under $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Det kondensvand, der opstår ved temperaturudligningen, skal fjernes fuldstændigt med olie, da der ellers er risiko for rustdannelse.

Lejer må ikke nedkøles under $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Montage

48: Princippet i hydraulikmetoden – opbygning af en væskefilm mellem pasningsfladerne.



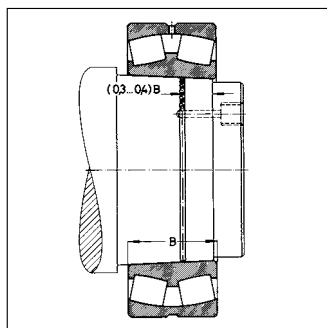
3.3 Den hydrauliske metode

Ved hydraulikmetoden presses olie ind mellem pasningsfladerne, f. eks. maskinolie eller en olie med rustopløsende tilsætninger. Oliefilmen ophæver pasningsdelenes berøring så meget, at de uden brug af større kræfter og uden risiko for overfladebeskadigelse kan forskubbes i forhold til hinanden. Pasningsrust opløses med petroleum eller rustopløsende tilsætninger i olien.

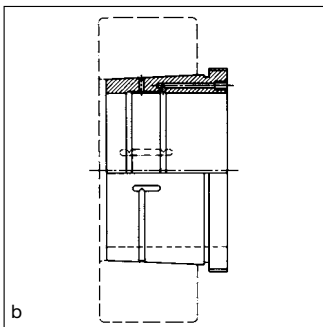
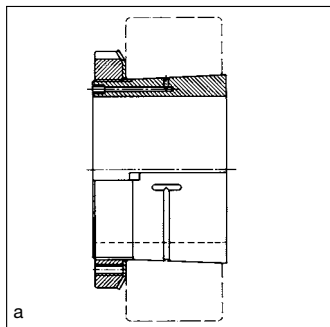
Dele med koniske pasningsflader kan presses på og af ved hjælp af hydraulikmetoden. Cylindriske pasningsdele bliver monteret varme og trukket af ved hjælp af hydraulikmetoden. For indpresning af olien skal der være olienoter og tilførskanaler samt tilslutningsgevind til trykudstyret, billede 49, 50. Retningslinier for konstruktionen kan ses i FAG publikationen »Hydraulikverfahren zum Ein- und Ausbau von Wälzlagern«, publ. nr. WL 80 102.

Ved montage af lejer med konisk boring, som sidder direkte på den koniske tap, kræves kun lidt olie til hydraulikmontagen. Det er tilstrækkeligt med små injektorer med lille oliemængde, billede 51. FAG leverer injektorer i to størrelser med tilslutningsgevindene $R \frac{3}{8}''$ og $R \frac{3}{4}''$. Den lille olieinjektor kan bruges indtil 80 mm og den store indtil 150 mm akseldiameter.

49: Olienotens position ved et leje med konisk boring.



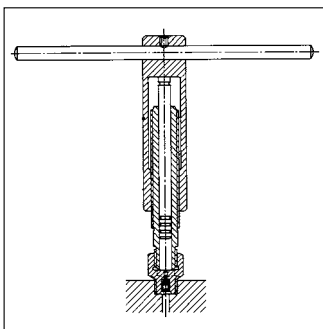
Montage



50: Større klem- og aftræksbøsninger har olietilførselsboringer og olienoter.

a: klembøsning, type HG

b: aftræksbøsning, type H



51: Olieinjektor og ventilnippel for tilslutningsgevind R $\frac{3}{8}$ ":

injektor FAG 107 640

ventilnippel FAG 107 642

for tilslutningsgevind R $\frac{3}{4}$ ":

injektor FAG 107 641

ventilnippel FAG 107 643

Ved cylindriske pasningsflader og ved klem- og aftræksbøsninger kræver det på kanterne af pasningsfladerne optrædende olietab en stærkere olietilførsel, så man må anvende en pumpe, billede 52–54 (FAG håndpumpesæt ses i TL nr. WL 80-46).

Som trykvæske anvendes en maskinolie med middel viskositet. Til montage anbefales en så tyndtflydende olie som mulig med en viskositet på $\approx 75 \text{ mm}^2/\text{s}$ ved 20°C (normal viskositet $32 \text{ mm}^2/\text{s}$ ved 40°C), således at olien efter montage med sikkerhed kommer ud af pasningsfugen.



52: FAG håndpumpesættet PUMPE1000.4L består af en tottrinspumpe for 1000 bar med en 4 liters oliebeholder, manometer, højtryksslange og lynkobling med tilslutningsgevind R $\frac{1}{4}$ ". Det hele leveres i en metalkasse.

Montage

53: FAG håndpumpesættet PUMPE1600.4L består af en tottrinspumpe for 1600 bar med en 4 liters oliebeholder, manometer, højtryksslange og lynkobling med tilslutningsgevind R 1/4". Det hele leveres i en metalkasse.



54: FAG håndpumpesættet PUMPE2500.8L består af en tottrinspumpe for 2500 bar med en 8 liters oliebeholder, tøvejsventil, manometer, 2 stk højtryksslanger, 2 stk blændnipler R 1/4", 2 stk mellemnipler og 6 stk reduktionsnipler. Det hele leveres i en metalkasse.

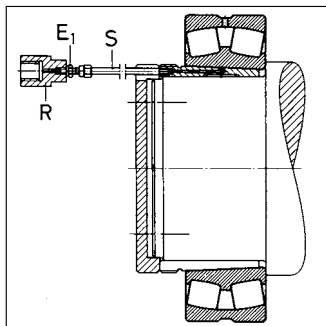


Montage af lejer med konisk boring

Til oppresning anvendes en **akselmøtrik, trykskruer eller FAG ringstempelpresse** (se billede 35, side 28). Hydraulik-aftræksbøsninger er alt efter størrelse forsynet med tilslutningsboringerne M6, M8, R 1/8" eller R 1/4" (se FAG hovedkatalog). De på billede 52–54 viste pumper med højtryksslanger tilsluttes med et reducerestykke R, med Ermeto-forskruning E₁ og et stålrør S på bøsningen, billede 55.

Til oppresning kan man bruge en akselmøtrik, trykskruer eller FAG ringstempelpresse (se billede 35, side 28). Hydraulik-aftræksbøsninger er alt efter størrelse forsynet med tilslutningsboringerne M6, M8, R 1/8" eller R 1/4" (se FAG hovedkatalog). De på billede 52–54 viste pumper med højtryksslanger tilsluttes med et reducerestykke R, med Ermeto-forskruning E₁ og et stålrør S på bøsningen, billede 55.

55: Hydrauliktilslutning til en aftræksbøsning.





56: Montage af et sfærisk rulleleje med konisk boring efter hydraulikmetoden.

Ved montagen pumpes olien ind mellem pasningsfladerne. De aksiale montagekræfter bringes gennem 3, 6 eller 8 skruer over i aksel- eller klembøsningens møtrikken, billede 58, 59a og b.

Kræfterne på skrueerne er små. En mellemring forhindrer, at aftræksbøsning eller lejeringen beskadiges. Ved ipresning af aftræksbøsning, billede 58 bliver olietilslutningen ført gennem akselmøtrikken. Lejets eller aftræksbøsningens forskydningsvej fastlægges efter den påkrævede radialslørsformindskelse (tabel 7.16 og 7.17 side 109 og 110). Til måling af radialsløret skal lejet frigøres for olietrykket.

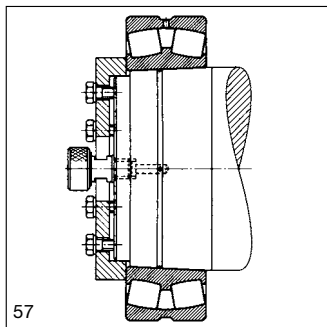
Efter aflastning af olietryk varer det endnu 10 til 30 minutter til olien er fuldstændig ude af fugerne. I denne tid skal den aksiale forspænding stadig virke. Derefter fjernes montageudstyret (møtrik med trykskrue eller ringstempel), og aksel- eller bøsningens møtrik bliver skruet i og sikret.

Lejet frigøres for olietryk før måling af radialsløret.

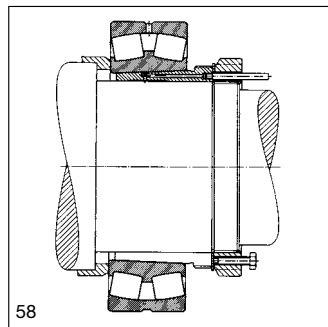
Efter aflastning af olietryk holdes lejet 10–30 minutter under aksial forspænding.

Montage

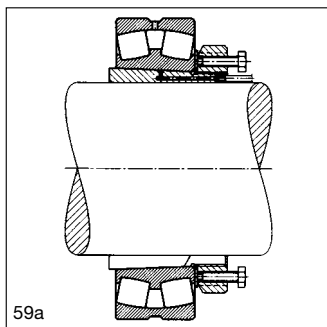
57: Lejesæde på aksel. Olien trykkes ind mellem pasningsfladerne og lejet presses samtidigt med skruer eller en møtrik op på konussen. Samtidigt måles radialslørformindskelsen eller den aksiale forskydningsvej.



58: Lejesæde på aftræksbøsning. Olien trykkes ind mellem pasningsfladerne og aftræksbøsningen presses med skruer ind i lejboringen. Samtidigt måles radialslørformindskelsen.

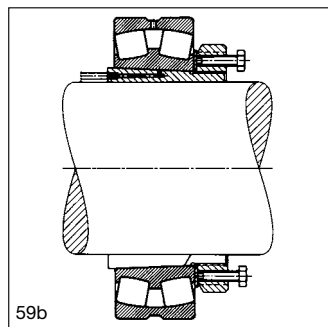


59: Lejesæde på klembøsning. Olien trykkes ind mellem pasningsfladerne og lejet presses med skruer op på klembøsningen. Samtidigt måles radialslørformindskelsen.



a: olietilslutning på gevind-siden

b: olietilslutning på konussiden



3.4 Regulering af sløret ved montagen

3.4.1 Vinkelkontaktkuglelejer og koniske rullelejer

Vinkelkontaktkuglelejer og koniske rullelejer indbygges altid parvis. Aksialsløret og dermed også radialsløret af to mod hinanden placerede lejer indstilles ved montagen. Her retter størrelsen af sløret eller forspændingen sig efter driftskravene. Vinkelkontaktkuglelejer i universaludførelse kan indbygges i enhver ønsket anordning umiddelbart ved siden af hinanden.

Store belastninger og høje omdrejningstal fører til en opvarmning af akslen. På grund af varmeudvidelsen kan det ved montagen indstillede lejeslør ændre sig under drift. Om sløret bliver større eller mindre afhænger af anordningen og størrelsen af lejerne, af akslens og husets materiale samt afstanden mellem lejerne.

Hvis der kræves en præcis føring af akslen, indstilles sløret trinvist. Efter hver indstilling følger en prøvekørsel, hvor temperaturen kontrolleres. Dermed sikres, at sløret ikke bliver for lille, og at temperaturen derfor ikke stiger for meget under normal drift. Ved prøve-

kørslerne »sætter« lejrings sig, således at sløret senere næsten ikke ændrer sig (se også side 50).

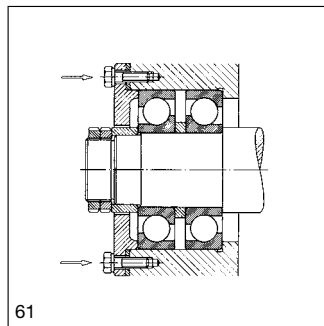
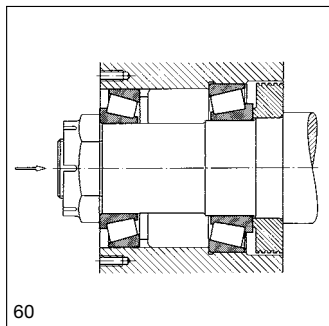
Som tommelfingerregel for den rigtige lejetemperatur ved middel til høje omdrejningstal og middel belastning gælder: Hvis der ikke er nogen anden varmekilde, må en rigtigt indstillet lejrings under prøvekørsel nå en temperatur på ca. 60 til 70 °C. Temperaturen bør dog falde efter 2–3 timers drift, især ved fedtsmøring, når det overskydende fedt er trængt ud af lejets indre rum og friktionen derved er blevet mindre.

Lejer, som ved lavt omdrejningstal er udsat for vibrationer, monteres slørfrit eller endda med forspænding, da der ellers er risiko for, at rullelegemerne slår ind i rullebanerne. Vinkelkontaktkuglelejer og koniske rullelejer stilles an mod hinanden ved hjælp af passkiver eller forspændte fjedre, som bevirker en udligning af forspændingen ved varmeudvidelsen, billede 60 og 61.

Aksialsløret eller forspændingen ved en indstillelig lejrings indstilles – idet man går ud fra slørfri tilstand – ved løsning eller tilspænding af spændmøtrikkerne eller ved indlægning af kalibrerede skiver. Aksialsløret eller forspændingen omregnes ved hjælp af gevindstigning i spændmøtrikkens gevind til antal grader møtrikken skal drejes.

Ved høje omdrejningstal indstilles sløret trinvis.

Lejer monteres slørfrit eller med forspænding, når det ved lave omdrejningstal udsættes for vibrationer.



60: Indstilling af et konisk rulleleje på et hjul med en akselmøtrik.

61: Aksial befæstigelse af et par vinkelkontaktkuglelejer – indstilling af sløret med passkive under flangen i huset.

Montage

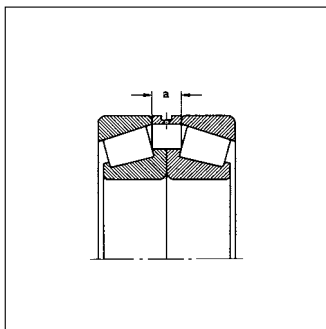
Overgangen fra lejeslør til forspænding søges under indstillingen, idet man drejer akslen med hånden og samtidig kontrollerer akslens bevægelsesmuligheder med et måleur.

Indstilling med momentnøgle.

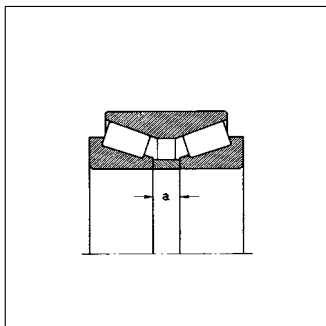
Det er lettere at finde den rigtige indstilling med en momentnøgle. Spændmøtrikken skrues alt efter lejestørrelse med det foreskrevne moment (ca. 30–50 Nm ved forhjulene på en personvogn. Det rigtige moment findes ved forsøg, disse værdier står i reparationsvejledningen). Ved tilbagedrejning af spændmøtrikken ca. $\frac{1}{12}$ omdrejning får man det påkrævede slør. Ved koniske rullelejer skal man passe på, at rullelegemerne ved montagen ligger an mod styrekanten på inderringen. Hvis de koniske ruller først efter montagen skulle lægge an mod kanten på grund af de under drift optrædende kræfter, ville det medføre en forøgelse af sløret. Derfor skal lejringsen under montagen drejes skiftevis i begge retninger flere gange.

Ved sammenparrede og flerradede koniske rullelejer, billede 62 og 63 fastlægges aksialsløret på grundlag af afstandsringsens bredde. Måleapparater hertil – spørg FAG.

62: Sammenparrede koniske rullelejer i X-anordning (Efter betegnelse N11CA).

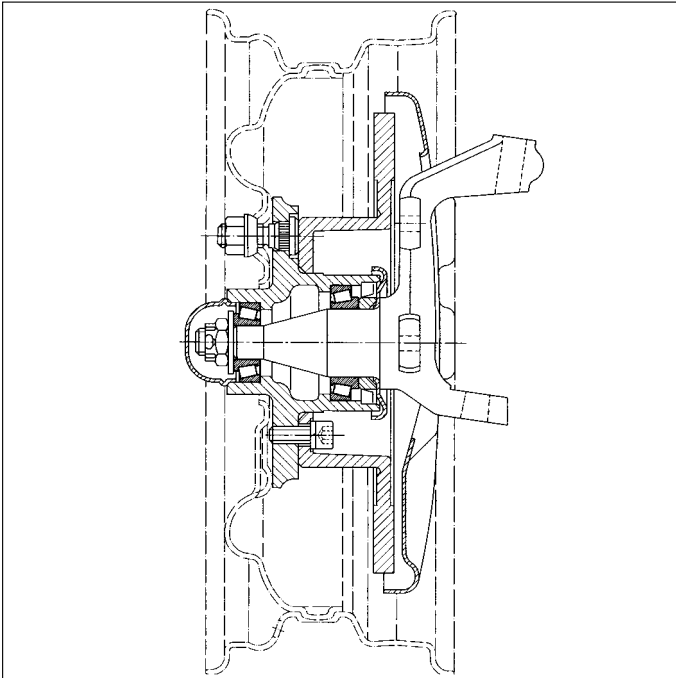


63: Flerradet konisk rulleleje i O-anordning.



Eksempel:

Montage og indstilling af koniske rullelejer i et bilhjulnav, bil-
lede 64.



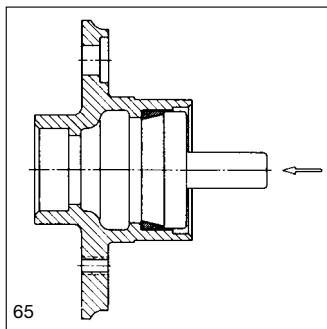
64: Forhjulsløjring i en person-
vogn med indstillede koniske
rullelejer.

Montage

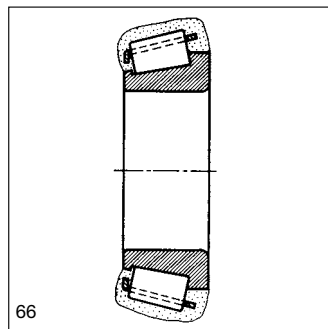
Fremgangsmåde

1. Navet rengøres. Drejespåner og grater fjernes omhyggeligt.
2. Lejesæderne indsmøres let med olie. Begge yderringe presses i med en dorn. Dornen må kun lægge an mod fronsiden af yderringen. Yderringen skal i bunden lægge an mod husets skuldre, billede 65.
3. Inderringen på det inderste leje indfedtes godt. Også fedt mellem holder, inderring og ruller, billede 66.
4. Inderringen indsættes i navet.
5. Akseltætningsringen presses ind i navet. Tætningslæben vendt mod lejet.
6. Beskyttelseskappe og afstandsrings sættes på akseltappen. Frontsiden skal lægge an på hele omkredsen af akseltapbrystet, billede 67.
7. Navet skubbes ind over akseltappen og pas på, at tætningsringen ikke beskadiges.
8. Inderringen på det yderste leje indfedtes godt og skubbes ind over akseltappen.

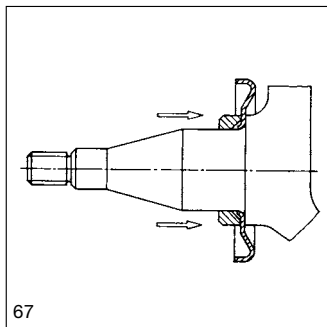
65: Yderringen presses i med en dorn.



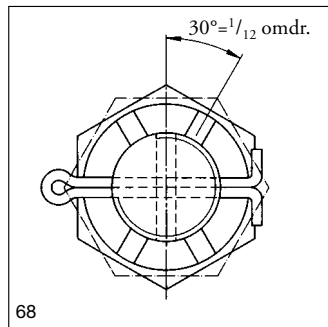
66: Det koniske rullelejes rullekrans indfedtes godt.



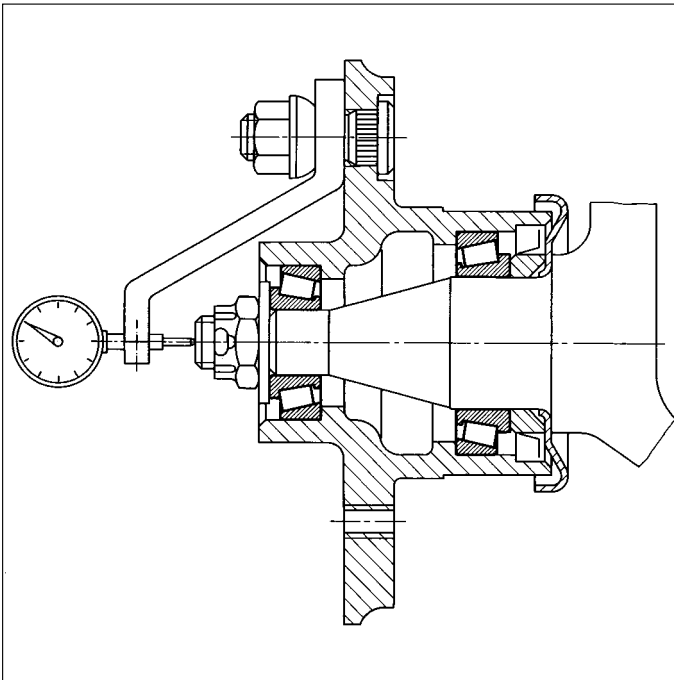
67: Efter beskyttelseskappe skyder man afstandsrings på akseltappen.



68: Ved samtidig drejning af hjulnavet skrues man krone-møtrikken i, indtil der mærkes modstand mod drejning af hjulnavet. Møtrikken drejes højst $\frac{1}{12}$ omdrejning tilbage til afdækning af splithullet og splitten sættes i.



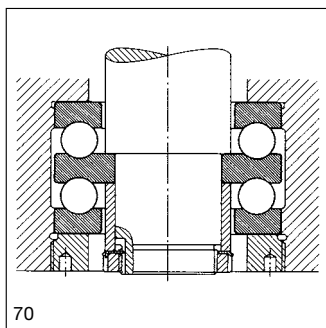
9. Stødskiven skrues på.
10. Kronemøtrikken skrues på.
11. Kronemøtrikken skrues til med samtidig drejning af hjulnavet, indtil der mærkes modstand (om muligt anvendes drejementnøgle, følg reparationsvejledningen).
12. Kronemøtrikken drejes max. $\frac{1}{12}$ omdrejning tilbage til afdækning af det nærmeste splithul og splitten isættes, billede 68.
13. Kontroller om lejet løber let og kontroller navets slør. Hjulet skal kunne drejes let og uden hindring. På fælgen må der ikke kunne mærkes noget større slør. I givet fald skiftes stødskiven eller møtrikken. Hvis det haves, påsættes måleudstyr, og lejrings aksialslør kontrolleres, billede 69.
Bedste værdier er 0–0,05 mm.
14. Dæksel sættes på.
15. Efter prøvekørsel kontrolleres om sløret har ændret sig. I givet fald korrigeres indstillingen.



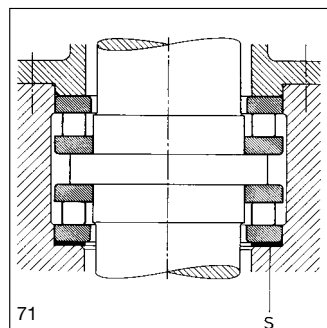
69: Måling af aksialslør med måleudstyret.

Montage

70: Slørfrit monteret dobbeltvirkende aksialkugleleje.



71: Forspændte cylindriske aksialrullelejer med pasningskive S.



Denne monteringsmetode har i praksis vist sig at være god. Der kræves ikke noget særligt udstyr. Der findes andre metoder, som dog forudsætter brug af montageværktøj og måleinstrumenter og som derfor hovedsagelig anvendes ved seriemontage. Spørg FAG's tekniske afdeling.

3.4.2 Aksiallejer

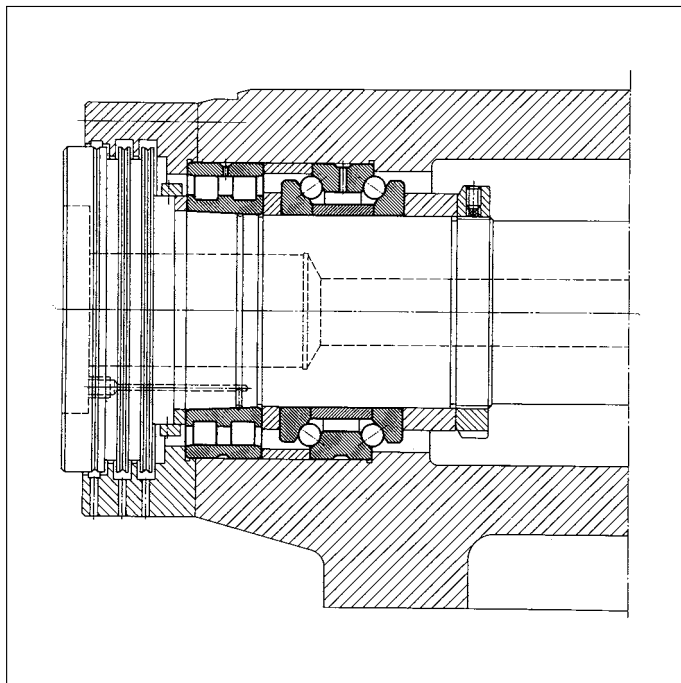
Ved aksiallejer får akselskiverne normalt en løs pasning og kun i undtagelsesfælde stram pasning. Huskskiverne får derimod altid en løs pasning. Ved dobbeltvirkende aksiallejer bliver mellemskiverne stærkt aksialt fastspændt, billede 70. Montage og demontage af aksiallejer giver ingen vanskeligheder.

Lejerne påsættes, som det er beskrevet på side 40 for vinkelkontaktkuglelejer og koniske rullelejer. Aksiallejer, der kører med høj omdrejningstal, bliver aksialt forspændt ved hjælp af fjedre. Forspændingens størrelse skal angives af konstruktøren.

3.4.3 Værktøjsmaskinelejringer

Ved værktøjsmaskinespindler er det særligt vigtigt, at lejesløret er korrekt indstillet, da kvaliteten af de emner, der fremstilles på maskinen, afhænger af dette. For at man ved montagen nøjagtigt kan indstille det af konstruktøren foreskrevne driftsslør eller forspænding, har FAG udviklet egne måleapparater for de lejringer, som anvendes hyppigt i dag, hvor spindlen er støttet radially i dobbelttradede cylindriske rullelejer, billede 72. Dobbeltvirkende aksialvinkelkontaktkuglelejer får automatisk den korrekte forspænding ved montagen.

Radialsløret på et monteret cylindrisk rulleleje findes ved forskellen mellem rullekransens diameter og løbebanediameteren på den kantløse ring. Til måling af rullekransens diameter leverer FAG rullekransmåleapparatet MGI 21 og MGA 31. Man måler løbe-



72: Lejring af en finborespindel (arbejdssiden). Radialsløret på det toradede cyl. rulleleje indstilles ved montagen.

banediameteren ved de cylindriske rullelejer NNU49SK med et bøjlemåleapparat, ved lejerne NN30ASK med et boringsmåleapparat. FAG rullekransmåleapparaterne er sammenligningsmåleapparater. Med dem kan man bestemme radialsløret med en nøjagtighed på 1 μm .

Til den nøjagtige indstilling af radialsløret er lejesædefladernes formnøjagtighed vigtig. Det vil sige deres runde og cylindriske eller koniske form (se også »kontrol af lejesædet«, side 12).

Rullekransmåleapparatet FAG MGI 21

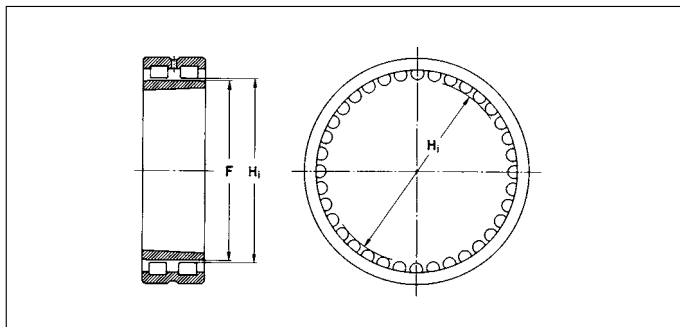
Ved cylindriske rullelejer med aftagelig inderring findes radialsløret eller forspændingen ved differencen mellem den indvendige rullekransdiameter H_i og løbebanens diameter F . Ved den indvendige rullekranskreds forstår man den kreds, der berører alle ruller indvendigt, når de lægger an mod yderringsløbebane, billede 73.

Den indvendige rullekranskreds måles med MGI 21. I forbindelse med et bøjlemåleapparat kan man bestemme radialsløret før montage af et leje, billede 74.

Rullekranskreds-måleapparatets to stålsegmenter, der ligger overfor hinanden, tjener som måleflader. Det understesegment er bevægeligt. Bevægelsen overføres til en fintfølede viser.

Montage

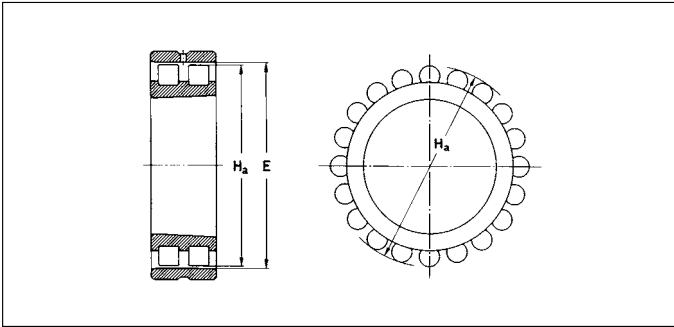
73: Indvendig rullekranskreds H_i ved det cylindriske rulleleje NNU49SK (aftagelig inder-ring).



Når man har fundet målet på rullekranskredsen på en monteret lejeyderring, overfører man dette til bøjlemåleapparatet. Ved montagen af lejeinderringen på det koniske lejesæde kontrolleres udvidelsen af løbebanediameteren hele tiden med bøjlemåleapparatet. Plusværdier på den fintfølende viser betynder forspænding. Minusværdier betyder radialslø; værdien nul giver et slørfrit leje.

74: Målet på rullekransdiametere overføres til bøjlemåleapparatet. Rullekransmåleapparatet FAG MGI 21 anvendes ved cylindriske rullelejer med aftagelig inderring, f. eks. FAG NNU49SK.





75: Udvendig rullekransdiameter H_a ved det cylindriske rulleleje NN30ASK (med aftagelig yderring).

Rullekransmåleapparat FAG MGA 31

Ved cylindriske rullelejer med aftagelig yderring (NN30ASK) findes radialsløret eller forspændingen ved differencen mellem løbebanediameter E og den udvendige rullekransdiameter H_a . Ved den udvendige rullekranskreds forstår man den kreds, der berører alle ruller udvendigt, når de ligger an mod inderringsløbebanen, billede 75.



76: Målet på løbebanediameteren overføres med boringsmåleapparatet til rullekransmåleapparatet. Rullekransmåleapparatet FAG MGA 31 anvendes ved cylindriske rullelejer med aftagelig yderring, f. eks. FAG NN30ASK.

Montage

Den udvendige rullekranskreds måles med MGA 31; i forbindelse med et borningsmåleapparat kan man bestemme radialsløret ved montage af et leje, billede 76.

Rullekransmåleapparatets to stålsegmenter, der ligger overfor hinanden, er måleflader. Det ene segment er fast forbundet med apparatet, det andet kan bevæges radiale. Disse bevægelser overføres til den fintfølende viser.

Ved målingen skal lejeyderringen være monteret i huset. Har man fundet diameteren på yderringsløbebanen med borningsmåleapparatet, overføres målet til rullekransmåleapparatet.

Inderringen, med hvilken rullekransen er holdt sammen ved hjælp af rulleholderen, skubbes først på det koniske akselsæde, som forudsættes at have den rigtige koniske form. Så sætter man rullekransmåleapparatet på rullekransen og presser inderringen på, indtil viseren viser det ønskede mål.

Plusværdier betyder forspænding, minusværdier betyder radialslø, og værdien nul giver et slørfrit leje.

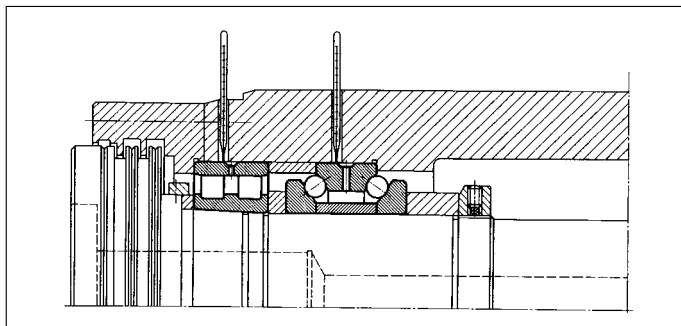
Kontrol af driftssløret efter at konstant temperatur er opnået

Ved hurtigtløbende spindler kontrolleres ved prøvekørsel lejets temperatur, samt om det rigtige lejeslø eller den rigtige forspænding er indstillet.

Til kontrol af temperaturen forsynes huset før lejmontagen med borer, hvori følerne til temperaturmåleapparatet kan føres ind, billede 77. For at lejeringsens virkelige temperatur bliver målt, skal målefølerne umiddelbart berøre lejeringsene. Det er ikke nok, kun at måle temperaturen på det cylindriske rulleleje, temperaturen på aksialvinkelkontaktkuglelejer, der er forspændt, skal ligeledes iagttages.

Målefølerne skal berøre lejeringsene direkte.

77: Temperaturmåleudstyr.



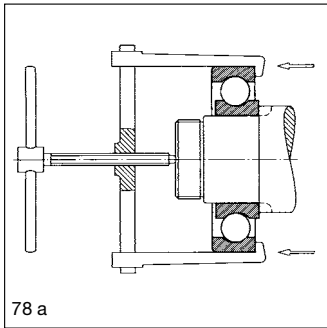
Prøvekørslen skal være, indtil en konstant temperatur er nået, hvilket alt efter maskinstørrelse vil sige fra $\frac{1}{2}$ til 3 timer. Ved det til enhver tid højeste omdrejningstal er konstante temperaturer fra 50 til 60 °C tilladt. Denne temperatur er erfaringsmæssigt et tegn på, at lejringsen har det gunstigste driftsløb.

4 Demontage af rulningslejer

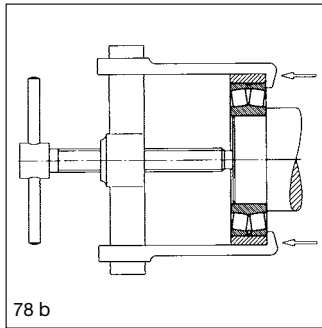
Hvis lejerne skal anvendes igen, skal man være forsigtig ved demontagen. Først og fremmest skal aftræksværktøjet sættes på den ring, der skal trækkes af, da rullelegemerne ellers trykkes ind i løbefladerne, billede 78a. Desuden er der ved tyndvæggede yderringe risiko for brud, billede 78b.

Ved ikke-adskillelige lejer trækkes den ring, der er passet med glidepasning fra sin sædeflade. Derefter presses ringen med prespasning af. Den kraft, som skal bruges til at presse ringen af, er for det meste meget større end den kraft, der bruges ved påpresningen, da ringen med tiden sætter sig fast. Også ved løst passede ringe, kan demontagen være svær, når der efter længere tids drift er dannet pasningsrust.

Værktøjet sættes på den ring, der skal trækkes af.



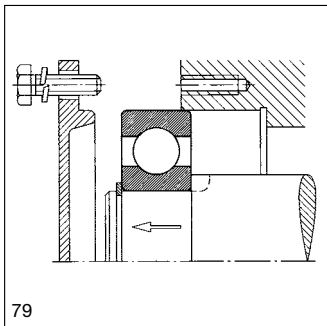
78 a



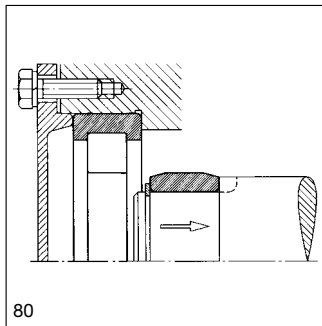
78 b

78 a: Forkert! Ved demontage må man ikke trække over rullelegemerne, hvis lejet skal bruges igen.

78 b: Hvis det ikke kan undgås at trække over rullelegemerne, lægges en ring af uhærdet stål om yderingen (tykkelse større end $\frac{1}{4}$ af højden på lejets tværsnit). Dette gælder især for rulningslejer med lille tværsnitshøjde og lille trykvinkel (f. eks. koniske og cylindriske rullelejer).



79



80

79: Ved ikke-adskillelige lejer demonteres lejet først over den løst passede ring.

80: Ringe ved adskillelige lejer kan demonteres enkeltvis.

Demontage

4.1 Den mekaniske metode

4.1.1 Demontage ved cylindriske lejesæder

Til aftrækning af mindre lejer anvendes for det meste mekaniske aftrækere, billede 81, 82 eller hydrauliske presser, billede 83, som enten griber på selve ringen med prespasning eller på anlægsstykker som f. eks. labyrintringen.

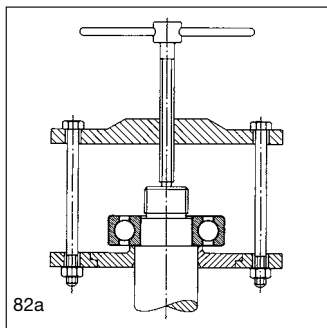
81: Enrødet sfærisk rulleleje trækkes af akslen med en aftrækker.



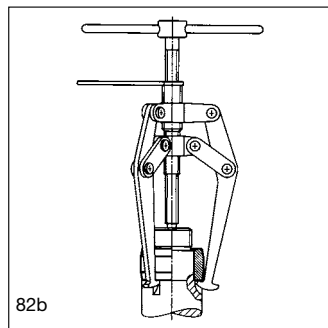
82: Aftræksanordninger for rulningslejer:

a: Aftræksanordning med trækanker og delt ring.

b: Aftræksanordning med 3 indstillelige arme.

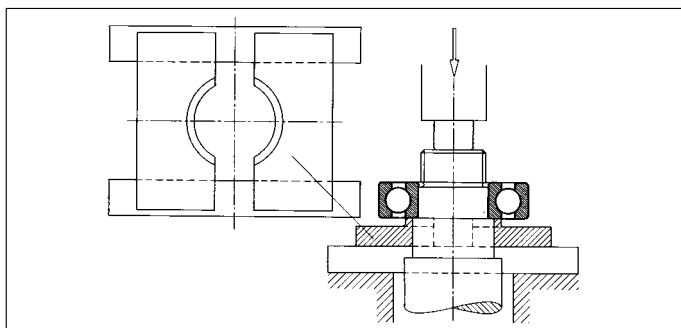


82a



82b

83: Demontagen lettes med en presse.



I nødstilfælde kan små lejer også drives fra lejesædet med en metal-dorn, men slagene skal fordeles over hele omkredsen på den fastsiddende ring.

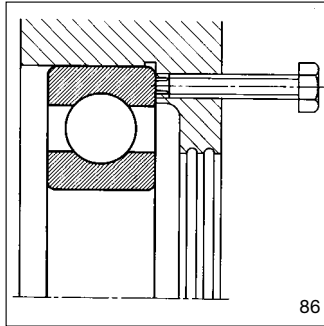
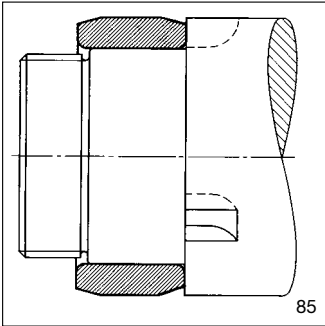
Demontagen lettes meget, når der ved konstruktionen er planlagt aftræksnoter, således at man kan sætte aftræksværktøjet umiddelbart på den fastsiddende ring, billede 85, 86 og 87.

Planlæg noter.



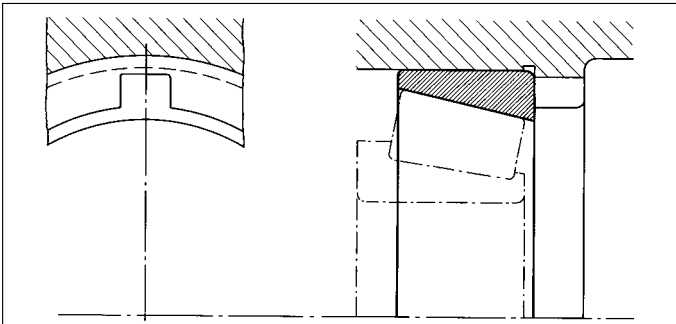
84: I nødstilfælde demonteres et leje med lette hammerslag, til venstre forkert, til højre rigtigt (anvend blød metalhorn)

Ikke slå med hammeren på lejeringene.



85: Noter i en akselskulder til isætning af aftræksværktøj.

86: Boringer til brug af trykskruer.



87: Noter til udpresning af leje-derringen.

Demontage

I de tilfælde, hvor inderringen ligger an mod akselbunden, og der heller ikke er lavet aftræksnoter, kan kuglelejer, koniske rullelejer og cylindriske rullelejer trækkes af ved hjælp af en speciel aftrækker. Ved kuglelejeaftrækkeren, billede 88–89c, griber det i aftrækkeren indsatte klemmestykke med fingeragtige fremspring fast mellem kuglerne på inderringens løbebanekanter. Ved aftrækkere til cylindriske og koniske rullelejer griber de fast bag rullerne, billede 89a. Klemstykker er en del af en spændetang, som forspændes med en

88: Kugleleje-aftrækker med klemestykke.



89: Spændetænger til special-aftrækkere

a: Spændetang til brug ved koniske- og cylindriske rullelejer, hvis yderring kan demonteres separat.

b: Spændetang til brug ved koniske- og cylindriske rullelejer N..., hvis yderring ikke kan demonteres separat.

c: Spændetang til brug ved sporkuglelejer.



konisk klemring mod inderringen. Aftrækningen sker over en trækspindel. Med klemstykke-aftrækkeren kan også lejer, som endnu er monteret i huset, trækkes af akslen.

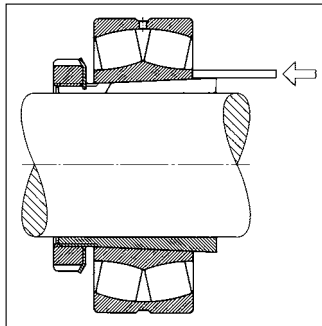
FAG mekaniske aftrækere ses i TI nr. WL 80-48.

4.1.2 Demontage ved koniske lejesæder

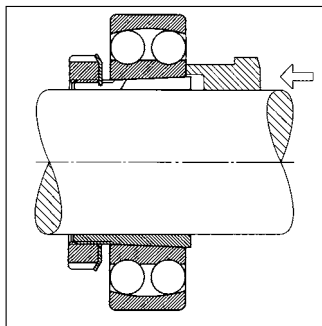
4.1.2.1 Demontage af lejer på klembøsninger

Ved demontage af lejer, som er monteret direkte på det koniske akselsæde eller er monteret på en klembøsning, løsnes først aksel- eller klembøsningsmøtrikkens sikring. Derefter drejes møtrikken tilbage fra påpresningsvejen. Så driver man med lette hammerslag inderringen fra klembøsningen eller det koniske lejesæde. Her anvendes en blød metaldorn, billede 90. Endnu bedre er et slagstykke, billede 91.

Hvis der kan indsættes en presse, understøtter man klembøsningen hhv. klembøsningsmøtrikken og presser lejet fra klembøsningen.



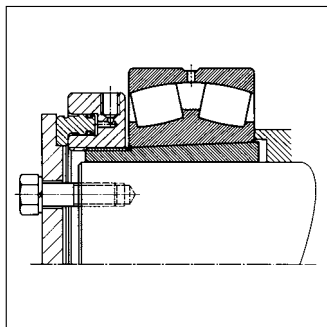
90: Demontage af et lille sfærisk rulleleje med klembøsning. Ved hjælp af en metaldorn driver man inderringen fra bøsningen.



91: Demontage af et sfærisk kugleleje med klembøsning. Ved at anvende et slagstykke undgår man risikoen for, at dornen smutter.

Demontage

92: Ringstempelpresse til
demontage af et sfærisk rulleleje
med klembøsning.



Man kan løsne en klembøsning med en ringstempelpresse, hvis lejet ligger an mod en støttering. Naturligvis skal ringstempelpressen støttes med en plade eller lignende, billede 92.

4.1.2.2 Demontage af lejer på aftræksbøsninger

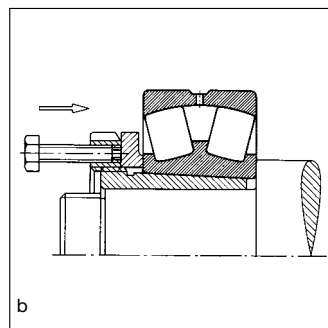
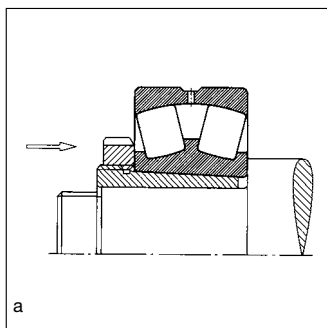
Lejer, som er befæstiget med aftræksbøsning, demonteres ved hjælp af aftræksmøtrikken, billede 93a. Så skal den aksiale befæstigelse være skruet af. I vanskelige tilfælde – især ved store lejer – kan man benytte aftræksmøtrikken med ekstra trykskruer, billede 93b. Mellem inderringen og trykskruerne indlægges i dette tilfælde en skive.

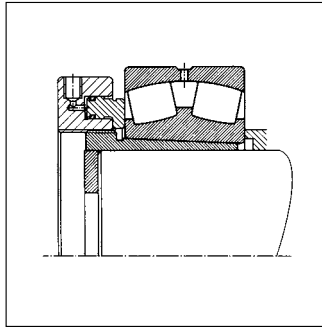
Lettere og mere økonomisk er demontage af aftræksbøsningen ved hjælp af en ringstempelpresse, billede 94. Aftræksbøsningen, som rager ud over akselenden, understøttes med en tykvægget ring.

93: Demontage af en aftræks-
bøsning.

a: med aftræksmøtrik

b: med en møtrik og trykskruer,
som trykker på inderringen
via en skive.





94: Ringstempelpresse til demontage af et sfærisk rulleleje med en aftræksbøsning. Den udragende aftræksbøsning er understøttet med en tykvægget ring.

4.2 Den termiske metode

4.2.1 Opvarmning*)

Opvarmning er egnet til demontage af cylindriske rullelejer og nållejers inderringe, som er uden kant eller kun har en kant. Opvarmningen er af letmetal og er radialt slidset. Varmeisolerende håndtag gør håndteringen lettere, billede 95.

Opvarmning opvarmes på en elektrisk varmeplade til 200–300 °C, skubbes over den inderring, der skal trækkes af og spændes fast med grebene. Varmen går hurtigt fra opvarmningen over på inderringen. Når dennes prespasning på akslen er ophævet, trækker man begge ringe af på en gang. Efter aftrækningen skal lejeringen straks tages ud af opvarmningen, for at den ikke skal blive overophedet. Det er frem for alt en fordel at anvende en opvarmning ved lejlighedsvis aftrækning af små eller mellemstore lejer. Enhver lejestørrelse kræver sin egen opvarmning.

*) Se detaljer om „FAG opvarmning“ i TI nr. WL 80-9.



95: Opvarmning anvendes ved demontage af inderringe fra cylindriske rullelejer og nållejer.

4.2.2 Induktivt demontageapparat*)

Induktivt demontageapparat (se også afsnit 3.2.5) anvendes især, når man vil trække påkrympede inderringe til cylindriske rullelejer og nålelejer fra 100 mm boringsdiameter af akslen. Opvarmningen går så hurtigt, at der kun trænger meget lidt varme ind i akslen, og ringene løsner sig let.

Induktive apparater kan tilsluttes til det normale strømnet (380 V – 50/60 Hz). Til aftrækning af rulningslejer indtil en boringsdiameter på ca. 200 mm anvendes apparater, som kan tilsluttes direkte til 380 V-nettet. Ved lejer større end 100 mm anbefales det, at gå over til ufarlige mindre spændinger fra 20 til 40 V ved 50/60 Hz.

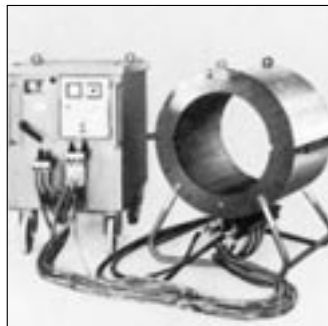
Induktive apparater til små spændinger tilsluttes med en transformator til 380 V-nettet, billede 96. Spolen er vandkølet, hvorved virkningsgraden bliver bedre, og apparatet bliver mere handy og let.

Ved aftrækningen skubber montøren apparatet ind over inderringen og trykker palerne bag ringen ind i noterne. Disse noter i labyrintringen er specielt anbragt for aftræksudstyret. Så sluttes strømmen til. Så snart ringen har nået en temperatur fra 80 til 100 °C slukkes for strømmen og ringen trækkes ved hjælp af apparatet af akslen.

*) For nærmere oplysninger se publikationen »Induktive FAG Montagevorrichtungen« Publ. nr. WL 80107.

96: Demontageapparat til lavspænding med transformator EFB 125/1 for inderringe på cylindriske rullelejer med boringsdiameter 635 mm:

Ringvægt 390 kg
Apparatets vægt ca. 70 kg



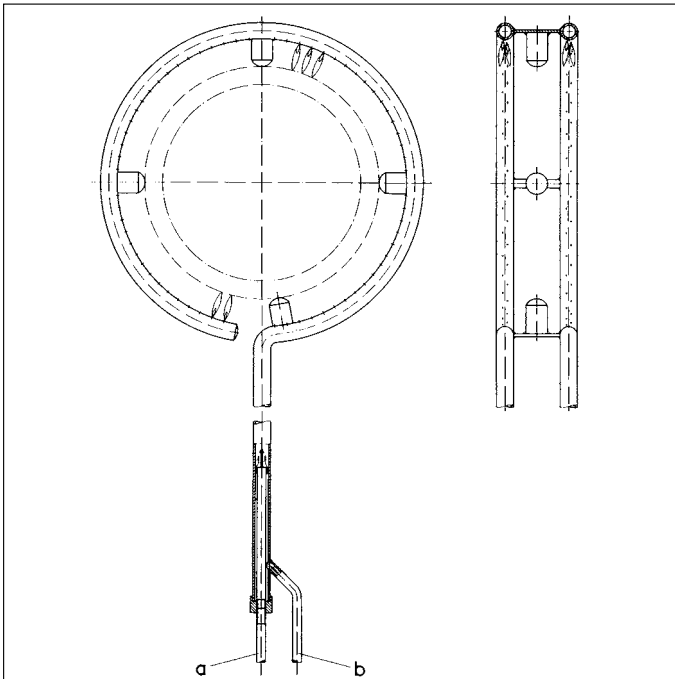
4.2.3 Opvarmning med ringbrænder

Hvis der ikke er de til hydraulikmontage nødvendige olieboringer i akslen, og hvis det ikke er økonomisk forsvarligt at anskaffe et elektrisk apparat, så kan inderringene fra store adskillelige lejer i nødstilfælde opvarmes med en flamme til aftrækning.

Der må under ingen omstændigheder anvendes en svejsebrænder, da der i så tilfælde er risiko for, at ringen opvarmes uregelmæssigt og for stærkt. Derved ødelægges den ensartede hærdning og lejerings målnøjagtighed.

Ringbrænderen, billede 97, har derimod vist sig brugelig. Afstanden fra røret til ringens overflade skal ligge mellem 40 og 50 mm. Ved normalt gastryk giver man brænderboringerne en diameter på 2 mm. Ved blandingen med luft kan flammehøjden indstilles.

Anvend ringbrænder.



97: Ringbrænder til opvarmning af inderringe ved demontage
a = gas, b = luft.

Demontage

Ubrugelige lejerings demonteres ved sprængning.

Sikkerhedshenvisning

Brænderboringerne, der er fordelt på rørets omkreds, skal have en afstand på 20 til 25 mm. Ved små ringe og stort overmål skal man tilstræbe den højst angivne brænderydelse. Luften må først blandes i, efter at brænderen er tændt. Luftrykket skal indstilles nøjagtigt. Er det for stort, kan det trænge tilbage i gasledningen.

Overfladerne på de hærdede lejerings overfor høje temperaturer, fordi det let fører til en formindskelse af hærdeningen og ændring af mål. Man skal derfor passe på, at brænderen altid holdes koncentrisk på lejeringen. Under opvarmningen skal brænderen føres langsomt og ensartet i aksial retning over lejerings overflade. Kun ved ensartet opvarmning på hele ringen kan man undgå anløbsvirkning og yderligere spændinger.

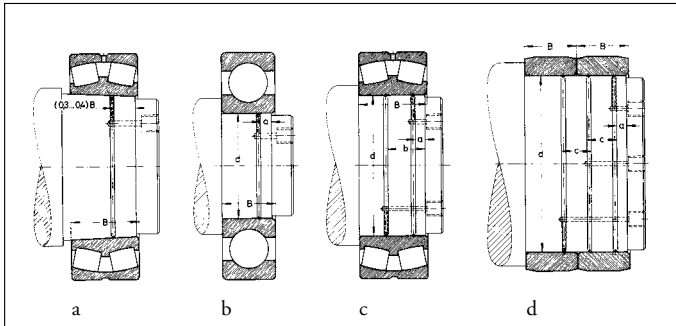
Lejeringe, som er så meget ødelagte, at de ikke kan anvendes igen, kan på grund af pasningsrust eller på grund af koldsvejsning somme tider ikke demonteres på den angivne måde. I så tilfælde løsner man ringene fra sædet på følgende måde: Ringen opvarmes delvist til 350 °C med en svejsebrænder og afkøles stærkt med en vandstråle. Herved opstår så store spændinger i ringen at den sprænger. På grund af fare for ulykker skal sprængstedet afdækkes.

Opnås der, f. eks. ved demontage af et leje med svejsebrænder, en temperatur på ca. 300 °C eller mere, kan der dannes sundhedsskadelige gasser og dampe fra fluorholdige materialer. FAG anvender fluorholdige materialer i tætninger af fluorgummi (FKM, FPM, f.eks. Viton®) og fluorholdige smørefedter f.eks. Arcanol L79V. Kan den høje temperatur ikke undgås, skal man se i det til smørefedterne hørende sikkerhedsdatablad, som kan fremsendes på forespørgsel.

4.3 Den hydrauliske metode

Ved hydraulikmetoden presses olie mellem pasningsfladerne. Oliefilmen ophæver pasningsdelenes berøring så meget, at de uden brug af store kræfter og uden risiko for overfladebeskadigelse kan skubbes i forholdt til hinanden, (se afsnit 3.3).

Hydraulikmetoden er egnet til demontage af såvel koniske som cylindriske sæder. I begge tilfælde skal der være olienoter og tilførselskanaler samt tilslutningsgevind til trykapparatet, billede 98. Større klem- og aftræksbøsninger har tilsvarende noter og borer, billede 101 og 102.



98: Oliekanaler til demontage ved hjælp af hydraulikmetoden:

a: konisk akselsæde:

$$a \approx (0,3 \text{ til } 0,4) \times B$$

b: cylindrisk akselsæde, leje-
bredde $B \leq 80$ mm,

$$a \approx \sqrt{d}$$

c: cylindrisk akselsæde, leje-
bredde $B > 80$ mm,

$$a \approx \sqrt{d}$$

$$b \approx (0,5 \text{ til } 0,6) \times B$$

d: cylindriske akselsæde, to
indringninger ved siden af
hinanden, lejbredde

$$B > 80 \text{ mm}; a \approx \sqrt{d},$$

$$c \approx B - (1,5 \text{ til } 2) \times \sqrt{d}$$

Til demontage af lejer med konisk boring, som sidder direkte på akslen, er det nok med injektorer som trykapparat, billede 51, side 37. Ved lejer med cylindrisk boring og ved klem- og aftræksbøsninger skal der anvendes en pumpe, billede 52 (afsnit 3.3).

Ved demontage kan man benytte en tyktflydende olie med $\approx 150 \text{ mm}^2/\text{s}$ (cSt) ved 20°C (nominel viskositet $46 \text{ mm}^2/\text{s}$ ved 40°C). Hvis pasningsfladerne er beskadiget, tager man en tyktflydende gear- eller cylinderolie med $\approx 1150 \text{ mm}^2/\text{s}$ (cSt) ved 20°C (nominel viskositet $320 \text{ mm}^2/\text{s}$ ved 40°C). Pasningsrust kan opløses ved at tilsætte rustopløsende tilsætninger til olien.

4.3.1 Demontage af lejer med konisk boring

Til aftrækning af lejer, som sidder på en konisk akseltap, på en aftræksbøsning eller en klembøsning, er det nødvendigt at presse olie mellem pasningsfladerne. Vigtigt: den koniske forbindelse løser sig med et slag. På grund af risikoen for uheld, skal lejets eller aftræksbøsningens aksiale bevægelse begrænses ved demontagen ved hjælp af en akselmøtrik, en klembøsningmøtrik eller et stop, billede 99 til 102.

**Begræns aksialbevægelsen.
Den koniske forbindelse løser
sig med et slag.**



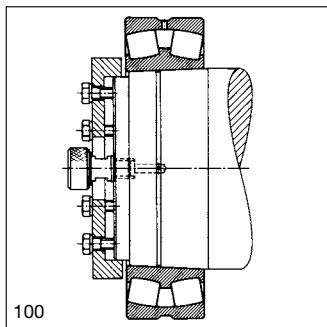
99: Demontage af et sfærisk rulleleje, der sidder på en aftræksbøsning ved hjælp af hydraulikmetoden.

Demontage

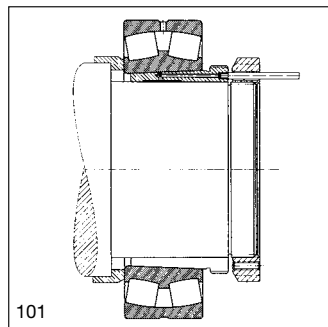
Pasningsrust opløses med rustopløsende tilsætninger.

Somme tider gør pasningsrust demontagen vanskelig. Det anbefales at bruge en rustopløsende væske, især ved lejer, der demonteres efter længere tids drift. I vanskelige tilfælde kan udtrækningen af aftræksbøsningen hjælpes af en aftræksbøsningsmøtrik. Hvis der er trykskruer i aftræksbøsningsmøtrikken, billede 103, indlægges en afstandsring, således at trækkræfterne ikke angriber direkte på lejerens kant.

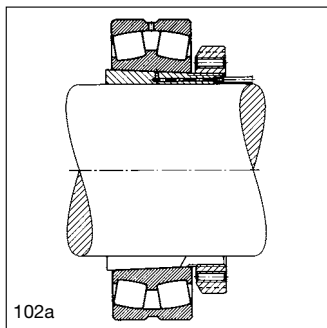
100: Lejesædet på akslen. Tryk olie ind i pasningsfugen. Lejet løsner sig selv. Lad stoppet blive på akslen, så inderringens bevægelse begrænses.



101: Lejesæde på aftræksbøsning. Tryk olie ind mellem pasningsfladerne. Aftræksbøsningen løsner sig selv. Lad møtrikken blive på akslen.

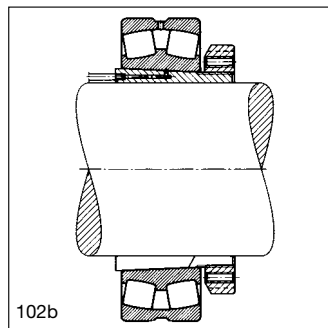


102 a-b: Leje med klembøsning. Tryk olie mellem pasningsfladerne. Lejet løsner sig selv. Lad stoppet blive på klembøsningen.

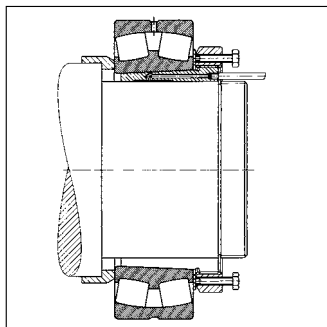


a: olieslutning på gevindsiden.

b: olieslutning på konussiden.



103: Demontage i vanskelige tilfælde. Tryk olie med rustopløsende tilsætninger ind i boringen på aftræks- eller klembøsningen. Anvend olie med stor viskositet. Udtrækning af bøsningen hjælpes af en møtrik med trykskruer.

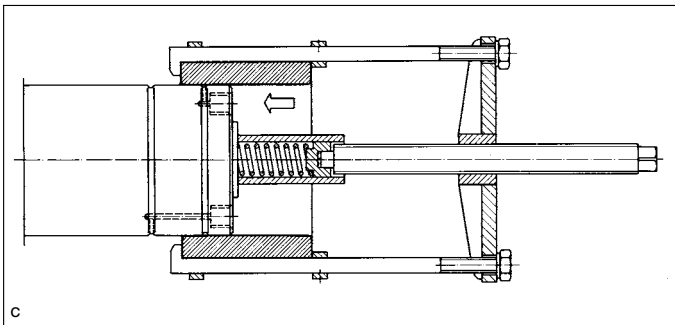
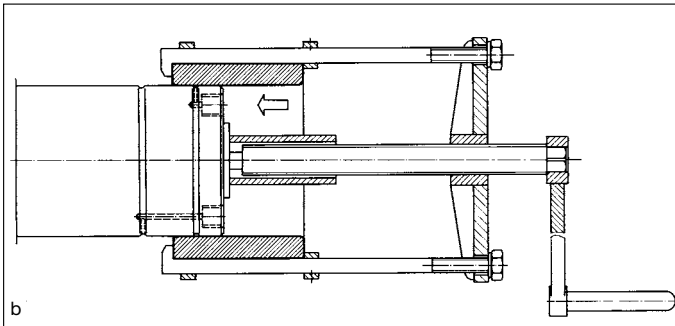
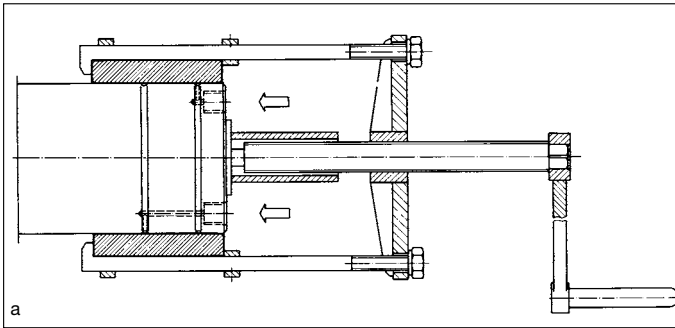


4.3.2 Demontage af lejer med cylindrisk boring

Hydraulikmetoden anvendes i almindelighed ved cylindriske lejer kun ved demontage.

Man sætter en aftræksanordning på lejeringen, billede 104 a–c og pumper olie under tryk ind i olienoterne.

Når ringen let lader sig bevæge, trækker man den først så langt af, at den bageste olienot bliver fri. Olietilførelsen til denne not afbrydes.



104: Demontage af en cylindrisk inderring ved hjælp af hydraulikmetoden

- a: Man sætter aftræksanordningen på inderringen og pumper olie ind i begge noter.
- b: Derefter trækker man ringen så langt af, at den bageste olienot bliver fri, og afbryder olietilførelsen til denne not. Ringen trækkes længere af, indtil den forreste olienot er lige meget overdækket til begge sider. Man afbryder olietilførelsen, så ringen sidder fast.
- c: Anordningen forspændes med en fjeder. Ved fornyet påførsel af oliefilm springer ringen af akslen.

Demontage

Ringen trækkes så længere af, indtil den forreste olienot er overdækket lige meget til begge sider, billede 104b.

I denne stilling afbrydes også olieførslen til den forreste not, således at ringen igen sidder fast. I føringsbøsningen på aftræksanordningen indsættes og forspændes en fjeder, billede 104c.

Fjederens forspændingsvej skal være noget større end det mål, med hvilket lejeringen stadig sidder på akslen. Når man nu påny opbygger oliefilmen i pasningsfugen ved en kraftig pumpning, springer ringen af akslen. Den skal opfanges af en anordning. Kraften F , som fjederen er forspændt med, skal være ca. $F = 20 \times d$ (F i N, tapdiameter d i mm). Hvis der sidder flere lejringer bag ved hinanden på akslen, trækkes de af enkeltvis.

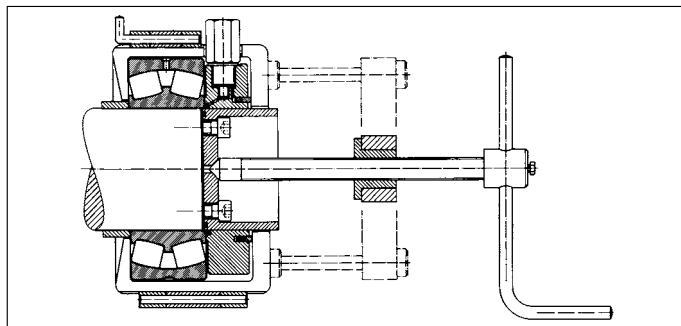
Den afspringende ring skal opfanges med en anordning.

Forskydning af ringen til det punkt, hvor den sidste olienot endnu er overdækket ens til begge sider, kan for det meste gøres med hånden, idet ringen efter indpresning af olien meget let lader sig skubbe. Jo bedre ringen »svømmer«, når den glider i den sidste fase af aftrækningen under fjederforspænding, jo større er sikkerheden for, at den ikke bliver hængende på enden af sædet.

Ver lejer på aksel uden olienoter og kanaler presses olie mellem pasningsfladerne fra forsiden.

Har lejet ingen olienoter eller kanaler, kan man også presse olie mellem pasningsfladerne fra forsiden af inderringen, billede 105. På den forreste ende af presforbindelsen sættes så en tætnet trykring, gennem hvilken olien presses ind i pasningsfugen.

105: Specialanordning til aftrækning af sfæriske rullelejer med cylindrisk boring fra en aksel uden olienoter. Olie presses mellem pasningsfladerne fra forsiden.



Med en bøsning der er befæstiget foran akslen, kan man opnå, at olien presses ind mellem pasningsfladerne, indtil aftrækningen er afsluttet. Hvis det ikke er muligt at anbringe en sådan bøsning, må man benytte en meget tyktflydende olie med en viskositet på $320 \text{ mm}^2/\text{s}$ (cSt) ved $40 \text{ }^\circ\text{C}$. Ved en sådan tyktflydende olie forbliver oliefilmen i pasningsfugen i indtil 5 min. Dette er nok til at trække lejet af.

Disse specielle aftræksanordninger kan anvendes forholdsvis mange steder. Man anvender dem f. eks. hvor man på grund af akslens styrke ikke kan anbringe olienoter på akslen, men hvor man ofte skal demontere (f. eks. ved skinnekøretøjer).

5 Smøring

Smøremidlet skal først og fremmest danne et bæredygtigt adskillelseslag mellem de dele af et leje, der ruller og glider på hinanden, således at friktionen og slitagen bliver minimal. En anden opgave for smøremidlet er at beskytte lejet mod korrosion. Smøremidlet hjælper desuden med til at tætn. Ved olieomløbssmøring kan varmen føres væk.

På grund af ældning og mekaniske påvirkninger mister smøremidlet efter en vis tid sine smørende egenskaber. Eftersmøring, altså vedligehold af lejerne, har gunstig indvirkning på levetiden. I mange tilfælde er levetidssmøring med egnede smøremidler ved gode tætnings- og omgivelsesforhold mulig. Udførlig information fremgår af FAG publ. nr. WL 81 115 »Smøring af rulningslejer«.

5.1 Fedter

Til rulningslejer kommer kun smørefedt af høj kvalitet på tale – i almindelighed på metalsæbebasis. Lejefedt til høje eller meget lave driftstemperaturer indeholder andre fortykkelsesmidler, og i stedet for mineralolie en syntetisk olie. Fedt med højtrykstilsætninger (EP) bruges ved højtbelastede og langsomtløbende lejer. Hurtigtløbende lejer og lejer, som skal løbe med minimal friktion, smøres med fedt, som indeholder en tynd syntetisk grundolie.

De anvendelsestemperaturer, der er angivet af fabrikanten, skal overholdes. Lejefedt skal være bestandigt mod ældning og må heller

Anvend kun lejefedt af høj kvalitet.

Overhold fedtets anvendelsesområde.

ikke efter længere tids driftstid ændre sin struktur væsentligt. I tabel 7.18 side 111 er opført kvalitetsfedtet FAG Arcanol og dets egenskaber.

Anvend kun smøreolier af høj kvalitet.

5.2 Olier

Olier til smøring af rulningslejer er normalt mineralolier. Der kræves følgende af en smøreolie til rulningslejer:

Absolut renhed, bestandig mod ældning, gode viskositets-temperaturforhold og god vandskyelighed. Smøreolien må desuden yde korrosionsbeskyttelse for lejet. Ved meget høje og meget lave driftstemperaturer kræves syntetiske olier. Olier til højtbelastede og langsomtløbende lejer skal indeholde højtrykstil sætninger (EP = extreme pressure).

5.3 Valg af smøremiddel

I almindelighed foretrækkes fedtsmøring på grund af den enkle vedligeholdelse og den gode tætningsvirkning. Oliesmøring har den fordel, at alle steder i lejet helt sikkert bliver smurt, og varmen afledt. Overfor det står ulempen i form af et større krav til lejestedets opbygning og især til tætningskonstruktionen.

Alt efter de stillede krav er der bestemte ting, der skal tages hensyn til ved valg af smøremiddel.

Driftstemperatur

Lejestedets temperatur er afhængig af omdrejningstallet, af lejevirkningen og af smøremidlets friktion samt af varmeafgivelse til omgivelserne eller en evt. varmetilførsel udefra.

Hold øje med, hvornår stabil temperatur nås.

Når den for driftsforholdene tilladelige stabile driftstemperatur er opnået, kan lejringen betragtes som driftssikker. Hvis lejetemperaturen bliver ved med at stige, må man træffe særlige forholdsregler (f. eks. yderligere nedkøling, valg af andet smøremiddel osv.). Der opstår en kortvarig temperaturstigning ved eftersmøring med fedt.

Ved smøreolierne aftager viskositeten ved stigende temperatur og tiltager ved faldende temperatur. Det er en fordel at anvende olier, hvis viskositet kun ændrer sig lidt efter temperaturforholdene (gode viskositet-/temperaturforhold).

Hold øje med viskositeten ved driftstemperaturen.

Jo højere driftstemperaturen forventes at blive, jo højere skal smøremidlets nominelle viskositet være. Ved nominel viskositet

forstår man den i handlen almindelige viskositetsangivelse, nemlig viskositeten for olier ved 40 °C. Olierne inddeles i viskositetsklasser (ISO VG) (DIN 51 519).

Smørefedternes forskellige sæbebaser har forskellige nedre og øvre temperaturanvendelsesgrænser. Normalt ligger den øvre temperaturanvendelsesgrænse

for kalksæbefedt	ved	+ 50 °C
for natronsæbefedt	mellem	+ 70 og +120 °C
for lithiumsæbefedt	mellem	+110 og +130 °C.

Forskellige kompleksæbefedter, gelfedter og fedter, som indeholder fuldsyntetiske fortykkelsesmidler, har temperaturgrænser over 130 °C. Fedt med tynde syntetiske grundolier egner sig især til lave temperaturer.

De nøjagtige værdier for de enkelte fedter, der fås i handlen, kan ses af fabrikantens oversigt.

Ved valg af smøreolie og fedt skal der tages hensyn til, at en høj temperatur fremskynder ældningen og dermed nedsætter smøremidlets levetid.

Anvendelsesgrænser for fedt på forskellige sæbebaser fås fra fabrikanten.

Belastning og omdrejningstal

Smøremidlet skal ved de givne driftsforhold danne en bæredygtig smørefilm. Ved smøreolier er det først og fremmest viskositeten, der bestemmer filmens bæreevne. Jo lavere lejets omdrejningstal er, jo højere skal oliens viskositet i driftstilstanden være. Angivelser over den nødvendige viskositet ν_1 ses i FAG kataloget 41 520. Her skal dog tages hensyn til, at lejets temperatur afhænger af belastning og omdrejningstal. Man skønner sig til driftstemperaturen, der er nødvendig til at bestemme den nominelle viskositet.

Med tiltagende omdrejningstal stiger friktionen, og dermed lejetemperaturen. Friktionen bliver større, jo mere trægt smøremidlet er. På den anden side falder trægheden ved stigende temperatur og dermed også smørefilmens bæreevne.

I FAG lejekatalogets lejetabeller kan ses, hvilke omdrejningstal der anbefales ved fedtsmøring og hvilke ved oliesmøring til lejer af forskellig type og størrelse.

Faste smøremidler som grafit og molybdendisulfid anvendes kun ved meget lave omdrejningstal og ved bevægelser, der regnes statiske.

Ved store belastninger skal bruges smøreolier med højtrykstilsetninger (EP). Smørefedter for højtbelastede lejer indeholder grundolier af høj kvalitet og EP-tilsetninger.

Anvend tykke olier til lave omdrejningstal.

Sammenhæng mellem omdrejningstal, friktion, temperatur og træghed.

Omdrejningstalgrænser for oliesmøring og fedtsmøring ses i FAG lejekataloget.

Faste smøremidler anvendes kun ved lave omdrejningstal.

Lejestørrelse

Til små lejer vælges der normalt en olie af lav viskositet eller et blødt fedt, for at holde smøremidlets friktion så lav som muligt. Ved store lejer er smøremidlets friktion derimod af mindre betydning, således at man er mindre bundet ved valg af smøremiddel end ved små lejer.

Tag hensyn til hvordan smøremidlet forholder sig overfor vand.

Fugtighed

Rulningsleje-fedt forholder sig forskelligt overfor fugtighed. En sikker tætningsvirkning mod vand har kun de vandskyende kalksæbefedter (Ca-fedter). De anvendes derfor i labyrinter – såfremt driftstemperaturen ikke overstiger +50 °C – som tætningsfedt.

Natronsæbefedter (Na-fedter) har en højere temperatur-anvendelsesgrænse end Ca-fedter. De emulgerer med vand og anvendes derfor kun, hvor der kan forventes ringe fugtighed – f. eks. kondensvand – på lejestedet. Da Na-fedterne ikke er vandbestandige, er der ved større vandtilgang risiko for, at de bliver flydende og løber ud fra lejestedet.

Lithiumfedter optager ikke så meget vand, som Na-fedterne. På grund af deres bedre vandbestandighed og bredere temperaturanvendelsesområde, foretrækkes de idag til smøring af rulningslejer.

Også ved olier skal man tage hensyn til modstandsdygtigheden overfor fugtighed og vand. Olier, som er gode til at afsky vand, foretrækkes, fordi vandet så under stilstand afsætter sig nederst i en oliesump eller i en beholder.

Korrosionsbeskyttelsen forbedres ved olier og fedter ved hjælp af rustbeskyttelsestilsetninger.

Hold smøremiddelbeholder, -udstyr og smørenipler rene.

Forurening

Ved eftersmøring er der altid risiko for, at der kommer forureninger ind i lejet. Man skal altid passe på, at smøremiddelbeholderen og smøreudstyret er rent, og at smøremidlet ved omhældning ikke bliver forurennet. Smørenipler skal rengøres før eftersmøringen!

Bland ikke forskellige smøremidler.

Blanding af forskellige smøremidler

Smørefedter på forskellig sæbebasis bør ikke blandes med hinanden, da en blanding har en uheldig virkning på temperaturbestandigheden og smøreegenskaberne. Man bør også undgå at blande forskellige olierarter.

6 Lejeskader

6 Lejeskader

Et lejes levetid er afhængig af antallet af overrulninger og den dermed optrædende belastning på rullelegemer og løbebaner.

Den normerede beregningsmetode for dynamisk belastede rulningslejer beror på materialetræthed (Pittingdannelse) som årsag til nedbrydning.

Den normale træthed viser sig som afflosning og afskalning på rullefladerne, billede 106. Ved fremskreden belastning kan der endda ske brud på ringene, billede 107.

Hvis lejet nedbrydes væsentligt tidligere end det efter levetidsberegningen kunne forventes, skal det kontrolleres om der er sket en overbelastning. Ellers må det undersøges om montage- eller vedligeholdelsesfejl eller driftsbetinget slid er årsag. I det følgende er opført nogle hyppigt forekommende skader og deres årsag:

106: Afflosning af en inderring fra et sporkugleleje.



107: Brud på inderringen fra et sporkugleleje som sluttetilstand på den normale træthed.



6.1 Hvordan opstår lejeskader?

6.1.1 Montagefejl

Stedvise skader på løbebanerne, som f. eks. furer, skrabbemærker eller indtrykninger, tyder på en usagkyndig montage. Sådanne skader opstår f. eks., når inderringen på et cylindrisk rulleleje kantes ind i yderringen og rullekransen, eller hvis oppresningskraften ledes over rullelegemerne, billede 108 til 111.

Overfladeskader opstår også, hvis der kommer fremmedlegemer ind i lejet og bliver overrullet, se afsnit 6.1.2.

Skaden bemærkes efter kort tids drift, f. eks. ved forstærket løbestøj. På længere sigt kan det føre til nedbrydning af løbe-fladerne.

Typisk for overflademærkninger er den mere eller mindre forhøjede rand omkring indtrykningsstedet.



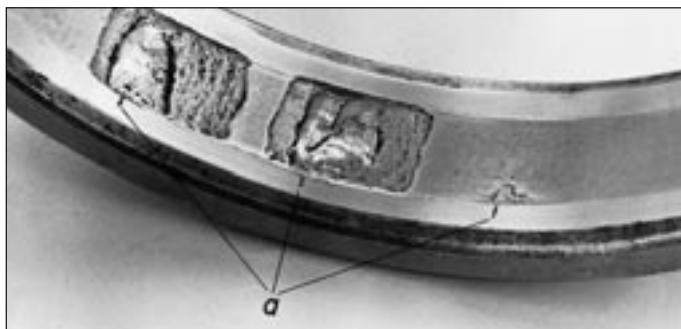
108: Indtrykning af rullelegemerne i løbebanerne på et sporkugleleje fremkaldt ved ukyndig montage.

Lejeskader

109: Skrabemærker på inderingsløbebanen fra et cylindrisk rulleleje.



110: For tidlig nedbrydning af yderringen på et cylindrisk rulleleje som følge af skrabemærker, som endnu kan ses ved »a«.



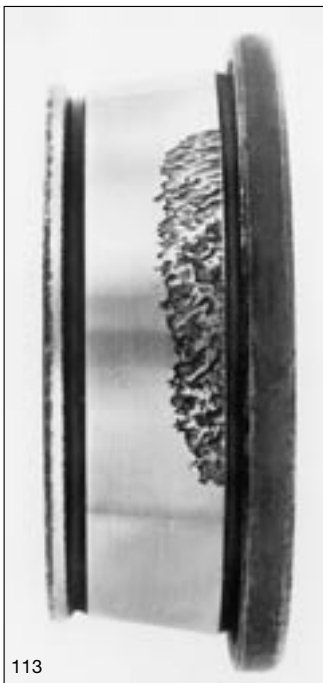
111: Brækket kant på et enradet sfærisk rulleleje, hvis inderring er blevet drevet på med en hammer.



Ud fra retningen af de kræfter, der har indvirkning på lejet udefra, og ud fra omløbsforholdene findes belastningszonen på den pågældende lejerings. Belastningszonen kan allerede efter kort tids drift kendes ved en let mathed i løbebanerne. De giver en antydning af, om lejet er belastet på den planlagte måde.



112: Skråtløbende løbespor som tegn på skråforspænding på en stillestående sporkuglelejeinderring.



113: Afskalning på den ene side som tegn på en skråforspænding på en stillestående inderring på et konisk rulleleje.

Et usædvanligt forløb af løbesporene tyder på en indre forspænding. En sådan forspænding opstår f. eks. ved for stramme pasninger, for stærk aksial påvirkning, ved formfejl i huset eller på akslen, flugtfejl, eller ved stram pasning af et frileje, billede 112 og 113.

6.1.2 Forurening

Indtrykning af fremmedlegemer på løbefladerne kan føre til en for tidlig nedbrydning, se afsnit 6.1.1. Fremmedlegemer med en slidende virkning gør lejet ubrugeligt endnu tidligere på grund af slid. Løbefladerne bliver ru og ser matte ud. Mere slid medfører utilladeligt stort slør.

Mulige årsager:

- urene montagedele,
- formsand i huset,
- dårligt tætnede lejesteder,
- forurenede smøremiddel,
- metalliske afskrabninger fra tandhjul, som sammen med smøremidlet kommer ind i lejet.

6.1.3 Korrosion

Korrosionsskader kan optræde i forskellige former og have forskellige årsager. De kommer til udtryk i et uroligt og støjende løb. Den rust, der slides af rullelegemerne, virker slibende og fremmer slitage.

Billede 114 og 115 viser korrosionsskader på grund af fugtighed eller aggressive medier.

Mulige årsager:

dårlig tætning mod fugtighed

syredampe

syreholdige smøremidler

kondensvand

ugunstig oplagring af lejet i magasin.

Stilstandskorrosion kommer til udtryk som markeringer på rullefladerne i rulledelingsafstanden. Til forskel fra indtrykning af rullelegemerne, der er fremkommet på grund af forkert montage, er der ved stilstandsmarkeringer ingen randforhøjelser, billede 116. Hvis rullelegemerne ofte indtager en ny stilstandsposition, opstår der skuremærker, billede 117.

Stilstandskorrosion opstår ved at vibrationer overføres til stillestående maskiner, hvorved der optræder slid. Særlig risiko er der for

114: Rustskader på inderringen fra et konisk rulleleje.



114



115

115: Ætsningspletter på en yderringsløbebane fra et sfærisk kugleleje.

maskiner, som er udsat for rystelser i stilstand eller ved transport. Mulig afhjælpning: sikring under transport eller konstant rotation at lejrings (f. eks. på skibe).

Friktionskorrosion optræder derimod på pasningsfladerne, altså i lejeboingen eller på lejets udvendige diameter. Årsagerne er relativt løse pasninger eller for bløde omgivende dele. På grund af selv mikroskopiske bevægelser i pasningsfugen kan der opstå et så stærkt slid, at frilejefunktionen går tabt, eller at der på grund af kærvspændinger sker brud på akslen. Mulig afhjælpning: Stram lejepasning eller forstærkning af den omgivende konstruktion.

6.1.4 Strømgennemgang

Konstant strømgennemgang giver brune misfarvede, akseparallelle spor på hele omkredsen af den ene eller begge løbebaner samt på rullelegemerne, billede 118, 119.

6.1.5 Fejlagtig smøring

Mangelfuld smøring sker ved for ringe tilgang af smøremiddel eller ved anvendelse af uegnet smøremiddel. Når smørefilmen ikke mere adskiller rulningsdelene tilstrækkeligt, opstår glidning og slid. Da de højeste belastninger ligger på løbebaneoverfladerne, kan der også først her ses mikro-pittings og derefter store materialebrud, billede 120.



116: Huller, der er opstået p.g.a. stilstandskorrosion i yderlingsløbebanen på et sfærisk kugleleje.

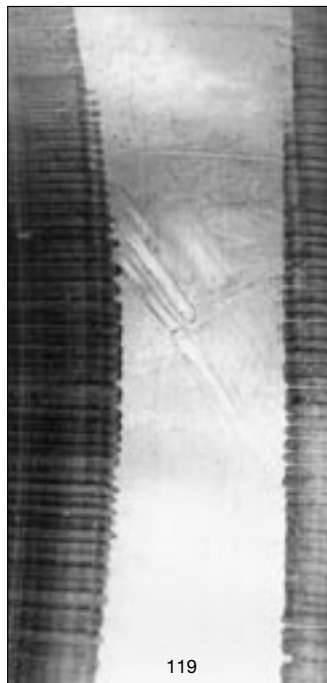
117: Skuremærker i løbebanen på inderringen fra et cylindrisk rulleleje.

Lejeskader

118: Spordannelse på rullerne fra et sfærisk rulleleje fremkaldt af strømgennemgang.



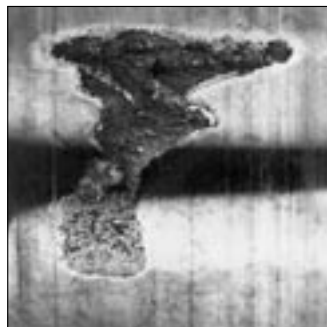
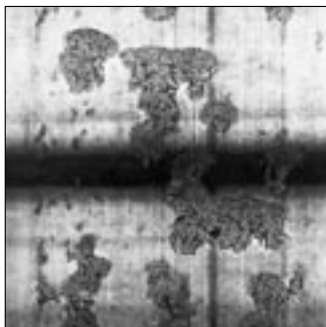
119: Spordannelse i yderringsløbebanen på et sfærisk rulleleje, opstået ved strømgennemgang.




Ved oversmøring opvarmes smøremidlet stærkt på grund af omrøring og friktion, og smøreevnen går tabt. Så kan der til sidst opstå varmløb, altså en total nedbrydning af lejringsen. Især ved hurtigtløbende lejer skal man sørge for, at smøremidlet kan trænge væk fra lejets rullelegemer.

De mulige følger af forurenede smøremidler er beskrevet i afsnit 6.1.2.

120: På grund af en ikke bæredygtig smørefilm, er der dannet større flade afskalningszoner på en cylindrisk rulle.



0  0,5 mm

6.2 Hvorledes opdager man lejeskader under drift?*)

Lejets driftshold	Mulig årsag	Eksempler
Uroligt løb	Beskadigelse på ringe og rullelegemer Forurening For stort lejeslør	<p>Motorkøretøjer: tiltagende hjulslør i styretøjet.</p> <p>Ventilatorer: Rystelser, der bliver kraftigere.</p> <p>Savemaskiner: Stød, der bliver stærkere og slag i maskinstativet.</p> <p>Forbrændingsmotorer: Tiltagende rystelser fra krumtapakslen</p>
Formindskelse af arbejdsnøjagtigheden	Slid p.g.a. forurening af eller utilstrækkelig smøremiddel Beskadigelse på ringe og rullelegemer.	<p>Drejebænk: Der opstår efterhånden skuremærker på arbejdsemnerne.</p> <p>Slibemaskiner: Bølget slibebillede</p> <p>Koldvalseværker: Periodisk optrædende overfladefejl på valsegodset som schatteringer, bølgedannelser, o. l.</p>
Usædvanlig løbestøj: Hyldende eller fløjtende støj	For lille driftsslør, evt. forspænding	
Rumlende eller uregelmæssig støj	For stort driftsslør Skader på løbebaner Forurening Uegnet smøremiddel	<p>Elektromotorer Gear (Ved gear er det svært at høre lejestøjen, da støjen fra tandhjulene som regel er højere).</p>
Langsom forandring af løbestøj	Ændring af driftssløret p.g.a. temperaturpåvirkning. Beskadigelse af løbebaner (f. eks. p.g.a. forurening eller træthed)	

*) Se også Publ. nr. WL 80 136 Frekvensanalyse på rulningslejer med »Rolling Bearing Analyser« og WL 80 137 Diagnose og vibrationsmåling på rulningslejer med »FAG Detector«.

6.3 Hvad skal man lægge mærke til ved en lejeskade?

De eksempler, der er vist på billede 106 til 120 er grelle tilfælde, skader, der kan fastslås præcist og årsagen er entydig. Naturligvis kan vi ikke behandle alle tænkelige kombinationer af forskellige skader her.

I praksis er det ikke altid let at fastslå den primære årsag til et beskadiget leje. I mange tilfælde kan man ganske vist, f. eks. ud fra udformningen af løbesporene, og ud fra erfaring drage en konklusion; men man kan ikke give sikre råd for at undgå fremtidige skader, hvis man ikke kender driftsforholdene, smøringen og hele konstruktionen. Desuden skal man vide, hvorledes skaden gjorde sig gældende, og hvilke bivirkninger, der opstod.

6.3.1 Før demontagen:

Iagttag driftsforholdene og skriv resultatet ned.

Før demontagen skal man kontrollere følgende fire punkter, der er væsentlige for driftsforholdene, og nedskrive resultaterne, idet disse data er uigenkaldeligt tabt, når først lejringsen er demonteret, og når lejer og hus er udvasket.

Forurening

Hvordan er maskintilstanden i al almindelighed, især omgivelserne ved lejestedet? Har der samlet sig skidt eller rester af det materiale, der forarbejdes i nærheden af lejestedet? Kunne der trænge vand, lud, boreolie eller dampe ind i lejehuset?

Tab af smøremiddel

Kunne smøremidlet flyde væk? Kontrollér oliestanden i oliestandsglasset og tætningspalten ved akseludgangen, ligeledes alle samlinger mellem hus og dæksler samt tætningerne ved olieledningerne, aflastningsskruer og oliestandsglas.

Løbestøj

Ofte opdager man lejeskader, fordi lejringsens løbestøj ændrer sig. I sådanne tilfælde skal man forsøge at beskrive støjen med angivelser som: ensartet, eller svulmende, periodisk eller uregelmæssig, brummende, syngende, bankende. Hvis man konstaterer en regel-

mæssig tilbagevendende rækkefølge af lydene, skal man beskrive med hvilken frekvens den optræder. Ved høje omdrejningstal er det ganske vist kun muligt med kompliceret udstyr. Ved lave omdrejningstal har det ofte vist sig gunstigt at banke med en blyant på et stykke papir i lydenes rytme og efter et bestemt antal sekunder at tælle punkterne. Udfra resultatet kan man så afgøre, om forstyrrelsen optræder med f. eks. inderringens eller lederenens frekvens. Man skal også forsøge at bedømme støjens styrke.

Desuden er det nødvendigt, før man adskiller lejringsen at dreje én gang rundt med hånden. Derved mærker man let afvigelser fra det kendte uhindrede løb, og man kan let beskrive afvigelserne.

Iagttag driftsforholdene og skriv resultatet ned.

Skadens forløb og bi-omstændigheder

Skadens forløb skal noteres, mens det endnu er i frisk erindring. Her er det vigtigt at den første iagttagelse, de første tegn på og de derefter følgende ændringer af støjen eller temperaturen bliver registreret. Hvis skaden indtraf på én gang, skal man notere sig håndtagenes stilling og maskinens arbejdsstilling. Også tidligere ændringer på maskinen – f. eks. regulering af slør, isætning af nye aksler, bøsninger eller afstands bøsninger samt forhøjelse af ydelse eller omdrejningstal – kan være vigtig for bedømmelsen. Hvis disse ændringer tidsmæssigt falder sammen med det forandrede løbeforhold, kan fagmanden drage vigtige konklusioner heraf.

6.3.2 Under demontagen:

Ved demontagen skal følgende fire punkter iagttages:

Smøring

Hvis det demonterede leje senere skal undersøges for at fastslå årsagen til skaden, må det smøremiddel, der hænger ved lejet, ikke fjernes. På et beskadiget men rent udvasket leje alene, kan heller ikke den erfarne fagmand altid fastslå skadesårsagen. Man skal passe på, at de beskadigede lejer ikke bliver yderligere forurenede.

Udvask ikke smøremidlet, udtag prøver.

Oliesmøring

Ved oliesmurt leje bliver olie – i givet fald også kølevæsken afledt. Olien skal opfanges i en ren beholder, især hvis man må for-

mode, at det indeholder smuds, metalsplinter eller større afskrabninger fra tandhjulene ved siden af. Hvis denne mistanke bekræftes, har man tilstrækkelig oliemængde for en grundig undersøgelse.

Fedtsmøring

Ved fedtsmurte lejer begynder demontagen med at aftage dækslet, kappen eller skjoldet. Disse dele må ikke udvaskes straks, men skal anbringes på et rent sted, indtil lejeskaden er opklaret. Dette gælder også for filt- og gummitætninger og alle øvrige tætningsringe og -skiver. Heller ikke, når det er foreskrevet ved ethvert eftersyn at montere nye tætninger, skal man smide de gamle væk straks. Muligvis giver tætningsens tilstand anledning til undersøgelse om tætningsystemet har været tilstrækkeligt.

Til fedtundersøgelse bør man udtage min. 2 prøver, én fra lejets indre og én fra den del af huset, der ligger fjernt fra lejet. Hvis smøreniplen er stærkt forurenede, kan der ved eftersmøring komme forurenede fedt ind i lejringen. I dette tilfælde skal der også tages en prøve fra fedtkanalen.

Fedtmængden i hver prøve må ikke være for lille. Alle prøver skal i rene dåser eller i rent oliepapir, og skal mærkes således, at man senere kan se, hvor de stammer fra.

Løsning af holdelementerne

Ved den videre demontage skal først undersøges, om møtrikkerne, der holder inderringen i aksial retning, er skruet fast. Dette er særligt vigtigt ved toradede vinkelkontaktkuglelejer med delt inder-ring, og ved firepunktslejer. Hvis den aksiale befæstigelse løsner sig, så ændres slør og løbsforholdene i lejet. Det samme gælder for parvis monterede koniske rullelejer og vinkelkontaktkuglelejer. Ved klem- og aftræksbøsning samt ved konisk sæde skal tilspændingen af spænde- og holdemøtrik kontrolleres.

Lejeringenes position

Hvis holdemøtrikkerne har løsnet sig, skal man rengøre lejeringenes frontside, for at fastslå i hvilken position, ringene var monteret i forhold til huset og til akslen. I de fleste tilfælde viser løbesporene på rullebanerne ganske vist tydeligt lejebelastningens retning, men hvis løbesporene er usædvanlige, så nytter denne konstatering alene

Kontrollér tilspændingen af holdemøtrikken.

Lav en skitse af leje-anordningen

ikke meget, hvis man ikke samtidig ved, hvordan yderringen var monteret i huset og inderringen på krumtappen, excenterakslen eller lignende. Til dette formål laves en skitse ud fra hvilken de påstemplede betegnelsers position til en bestemt retning af huset og akslen fremgår. Heri skal også bemærkes, om lejeringsenes stemplede side vendte mod akselende eller akselmidte. Ved adskillige lejer som cylindriske rullelejer, magnetkuglelejer og firepunktslejer gælder det for begge løberinge. Hvis man efter montagen konstaterer usædvanlige løbespor, kan der herudfra drages konklusioner om art og retning af belastningen, i givet fald også om en forspænding, og man får så en antydning af skadesårsagen.

Kontrol af sædet

Ved aftrækning af lejet skal man iagttage, om ringene løser sig påfaldende let eller påfaldende svært fra deres sæde. Ved adskillige lejer skal enkeltdele fra hvert leje blive sammen og må ikke forbyttes med delene fra andre lejer.

Også de øvrige maskindeles tilstand skal kontrolleres, især hvis et længere produktionsstop skal undgås, og maskinen derfor straks skal samles igen med nye lejer. I så fald skal diameter på aksel og i husboring måles, her skal især kontrolleres om sæderne er runde. Ligeledes bør tilstanden af de drivende og de drevne elementer, især tandhjulene og alle andre bevægelige dele på maskinen undersøges. Ud fra glidemærker, løbespor og bærebillede lader det sig ofte afgøre, om akslerne flugtede eller om der optrådte tvangskræfter.

Mål diameter på aksel og husboring. Kontrollér sædets rundhed.

6.3.3 Ved undersøgelsen

Når demontagen er afsluttet, kan man begynde på undersøgelsen af lejet. Ved komplette lejer undersøger man renheden, pasningsfladernes tilstand (overholdelse af mål) og funktion (om de går let, lejeslør). Skadesmærkerne og de fastholdte bi-omstændigheder gør det i de fleste tilfælde muligt at danne sig et billede af skadens årsag og forløb. Lykkes det ikke, bør man rette henvendelse til FAG.

I mange tilfælde behøver man naturligvis ikke at tage hensyn til alle ovenfor nævnte punkter. Ligesom man heller ikke sætter en større undersøgelse igang, hvis det nye lejes værdi er så lille, at systematiske undersøgelser ikke forekommer rentable. Ved større maskinbyggeri, hvor større anlæg kun bygges i små antal, og hvor der af og til optræder en lejeskade, der i begyndelsen forekommer uforklarlig, skal man iagttage ovenstående punkter.

I tvivlstilfælde kontakt FAG.

7.1 Lejebetegnelse

		62	05	.2RSR	.N		.C2
Betegnelse for dele til normerede lejer		Efterbetegnelse for særlige udførelser		Efterbetegnelse for tolerancer og lejeslør			
K. Holder med rullelegemer færdig monteret L. Aftagelig ring ved cyl. rullelejer og kon. rullelejer R. Lejering med rullekrans uden aftagelige dele WS. Akselskive (smal skive) for et aksialkugleleje GS. Husskive (den med største boring) for et aksialkugleleje		K Konisk boring 1:12 K30 Konisk boring 1:30 E Leje i forstærket udførelse A } Ny ændret indvendig konstruktion B } S Smørent og -boringer i yderringen DA Delt inderring ZR Med én dækplade .2ZR Med to dækplader RSR Med én tætningsring .2RSR Med to tætningsringe N Rille for låsering		uden betegnelse } Toleranceklasse PN (Normaltolerance) og normale slør CN P6 Toleranceklasse P6 P5 Toleranceklasse P5 P4 Toleranceklasse P4 P2 Toleranceklasse P2 SP Toleranceklasse SP UP Toleranceklasse UP C1 Slørgruppe C1 (< C2) C2 Slørgruppe C2 (< normal) C3 Slørgruppe C3 (> normal) C4 Slørgruppe C4 (> C3) Angivelse for tolerance og slør trækkes sammen f. eks. P52 = toleranceklasse P5, slør C2			
Betegnelse for lejeserier (se næste side)		Efterbetegnelse for udførelse af holderen		Særlige betegnelse			
Boringskendetal	Boringsdiameter mm	F Massiv holder af stål L Letmetal massiv holder M Messing massiv holder T Kunststofholder (med vævindløg) TV Massivholder af glasfiberforstærket polyamid 66 J Holder af presset stålplade Y Messingholder P Massiv-rulleholder H Snapholder A Føring på yderring B Føring på inderring		S1-S4 særlig varmebehandling.			
3 til 9 00 01 02 03 04 96 /500 /530	3 til 9 10 12 15 17 20 480 500 530	anføres sammen med materialebetegnelsen					
	kendetal x 5 = boring						

7.2 Lejeseriernes betegnelser: Kuglelejer

Lejeserie	Kuglelejer									Bredde hhv. højdeserie	Diameter-serie
	Sporkuglelejer	Vinkelkontaktkuglelejer	Sfæriske kuglelejer	Aksialkuglelejer	Aksialvinkelkontaktkuglelejer	Enradet hhv. enkeltvirkende	Toradet hhv. dobbeltvirkende	Med planehuskiver	Med sfær. huskiver		
618	x					x				1	8
160	x					x				0	0
60	x					x				1	0
62	x					x				0	2
63	x					x				0	3
64	x					x				0	4
42	x							x		2	2
43	x							x		2	3
12			x					x		0	2
112			x					x		0	2
13			x					x		0	3
113			x					x		0	3
22			x					x		2	2
23			x					x		2	3
B 719		x				x				1	9
B 70		x				x				1	0
B 72		x				x				0	2
72		x				x				0	2
73		x				x				0	3
QJ 2		x				x				0	2
QJ 3		x				x				0	3
32		x						x		3	2
33		x						x		3	3
511				x		x		x		1	1
512				x		x		x		1	2
513				x		x		x		1	3
514				x		x		x		1	4
532				x		x			x		2
533				x		x			x		3
534				x		x			x		4
522				x			x	x		2	2
523				x			x	x		2	3
524				x			x	x		2	4
542				x				x	x		2
543				x				x	x		3
544				x				x	x		4
2344					x			x			
2347					x			x			
7602					x			x			
7603					x			x			

7.2 Lejeseriernes betegnelser: Rullelejer

Leje-serie	Rullelejer						Enradet	Toradet	Bredde hhv. højde-serie	Dia-meter-serie
	Cylin-driske rulle-lejer	Koniske rulle-lejer	Enradede sfæriske rulle-lejer	Toradede sfæriske rulle-lejer	Cylin-driske aksial-rulle-lejer	Sfæriske aksial-rulle-lejer				
N 2; NU 2; NJ 2; NUP 2	x						x		0	2
N 3; NU 3; NJ 3; NUP 3	x						x		0	3
N 4; NU 4; NJ 4; NUP 4	x						x		0	4
NU 10	x						x		1	0
NU 22; NJ 22; NUP 22	x						x		2	2
NU 23; NJ 23; NUP 23	x						x		2	3
NN 30	x							x	3	0
NNU 49	x							x	4	9
302		x					x		0	2
303		x					x		0	3
313		x					x		1	3
320		x					x		2	0
322		x					x		2	2
323		x					x		2	3
329		x					x		2	9
330		x					x		3	0
331		x					x		3	1
332		x					x		3	2
202			x				x		0	2
203			x				x		0	3
204			x				x		0	4
213				x				x	0	3
222				x				x	2	2
223				x				x	2	3
230				x				x	3	0
231				x				x	3	1
232				x				x	3	2
233				x				x	3	3
239				x				x	3	9
240				x				x	4	0
241				x				x	4	1
292						x	x		9	2
293						x	x		9	3
294						x	x		9	4
811					x		x		1	1
812					x		x		1	2

7.3 Akseltolerancer

Mål i mm

Nominelt akselmål	over	3	6	10	18	30	50	65	80	100	120	140	160	180
	indtil	6	10	18	30	50	65	80	100	120	140	160	180	200

Toleranceværdier i μm (Normaltolerance)

Lejeboringsdiameter	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Afvigelse Δ_{dmp}	-8	-8	-8	-10	-12	-15	-15	-20	-20	-25	-25	-25	-25	-30

Pasningsbillede aksel lejje Akseltolerance i μm

e 7		-20 -32	-25 -40	-32 -50	-40 -61	-50 -75	-60 -90	-60 -90	-72 -107	-72 -107	-85 -125	-83 -125	-85 -125	-100 -146
e 8		-20 -38	-25 -47	-32 -59	-40 -73	-50 -89	-60 -106	-60 -106	-72 -126	-72 -126	-85 -148	-85 -148	-85 -148	-100 -172
f 6		-10 -18	-13 -22	-16 -27	-20 -33	-25 -41	-30 -49	-30 -49	-36 -58	-36 -58	-43 -68	-43 -68	-43 -68	-50 -79
f 7		-10 -22	-13 -28	-16 -34	-20 -41	-25 -50	-30 -60	-30 -60	-36 -71	-36 -71	-43 -83	-43 -83	-43 -83	-50 -96
g 5		-4 -9	-5 -11	-6 -14	-7 -16	-9 -20	-10 -23	-10 -23	-12 -27	-12 -27	-14 -32	-14 -32	-14 -32	-15 -35
g 6		-4 -12	-5 -14	-6 -17	-7 -20	-9 -25	-10 -29	-10 -29	-12 -34	-12 -34	-14 -39	-14 -39	-14 -39	-15 -44
h 5		0 -5	0 -6	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -13	0 -15	0 -15	0 -18	0 -18	0 -18	0 -20
h 6		0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -16	0 -19	0 -19	0 -22	0 -22	0 -25	0 -25	0 -25	0 -29
j 5		+3 -2	+4 -2	+5 -3	+5 -4	+6 -5	+6 -7	+6 -7	+6 -9	+6 -9	+7 -11	+7 -11	+7 -11	+7 -13
j 6		+6 -2	+7 -2	+8 -3	+9 -4	+11 -5	+12 -7	+12 -7	+13 -9	+13 -9	+14 -11	+14 -11	+14 -11	+16 -13
js 3		+1,25 -1,25	+1,25 -1,25	+1,5 -1,5	+2 -2	+2 -2	+2,5 -2,5	+2,5 -2,5	+3 -3	+3 -3	+4 -4	+4 -4	+4 -4	+5 -5
js 4		+2 -2	+2 -2	+2,5 -2,5	+3 -3	+3,5 -3,5	+4 -4	+4 -4	+5 -5	+5 -5	+6 -6	+6 -6	+6 -6	+7 -7
js 5		+2,5 -2,5	+3 -3	+4 -4	+4,5 -4,5	+5,5 -5,5	+6,5 -6,5	+6,5 -6,5	+7,5 -7,5	+7,5 -7,5	+9 -9	+9 -9	+9 -9	+10 -10
js 6		+4 -4	+4,5 -4,5	+5,5 -5,5	+6,5 -6,5	+8 -8	+9,5 -9,5	+9,5 -9,5	+11 -11	+11 -11	+12,5 -12,5	+12,5 -12,5	+12,5 -12,5	+14,5 -14,5
k 3		+2,5 0	+2,5 0	+3 0	+4 0	+4 0	+5 0	+5 0	+6 0	+6 0	+8 0	+8 0	+8 0	+10 0
k 4		+5 +1	+5 +1	+6 +1	+8 +2	+9 +2	+10 +2	+10 +2	+13 +3	+13 +3	+15 +3	+15 +3	+15 +3	+18 +4
k 5		+6 +1	+7 +1	+9 +1	+11 +2	+13 +2	+15 +2	+15 +2	+18 +3	+18 +3	+21 +3	+21 +3	+21 +3	+24 +4
k 6		+9 +1	+10 +1	+12 +1	+15 +2	+18 +2	+21 +2	+21 +2	+25 +3	+25 +3	+28 +3	+28 +3	+28 +3	+33 +4

200	225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1000	1120	1120
225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1000	1120	1250	1250

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-30	-30	-35	-35	-40	-40	-45	-45	-50	-50	-75	-75	-100	-100	-125	-125	-125	-125

-100	-100	-110	-110	-125	-125	-135	-135	-145	-145	-160	-160	-170	-170	-195	-195	-195	-195
-146	-146	-162	-162	-182	-182	-198	-198	-215	-215	-240	-240	-260	-260	-300	-300	-300	-300

-100	-100	-110	-110	-125	-125	-135	-135	-145	-145	-160	-160	-170	-170	-195	-195	-195	-195
-172	-172	-191	-191	-214	-214	-232	-232	-255	-255	-285	-285	-310	-310	-360	-360	-360	-360

-50	-50	-56	-56	-62	-62	-68	-68	-76	-76	-80	-80	-86	-86	-98	-98	-98	-98
-79	-79	-88	-88	-98	-98	-108	-108	-120	-120	-130	-130	-142	-142	-164	-164	-164	-164

-50	-50	-56	-56	-62	-62	-68	-68	-76	-76	-80	-80	-86	-86	-98	-98	-98	-98
-96	-96	-108	-108	-119	-119	-131	-131	-146	-146	-160	-160	-176	-176	-203	-203	-203	-203

-15	-15	-17	-17	-18	-18	-20	-20	-22	-22	-24	-24	-26	-26	-28	-28	-28	-28
-35	-35	-40	-40	-43	-43	-47	-47	-51	-51	-56	-56	-62	-62	-70	-70	-70	-70

-15	-15	-17	-17	-18	-18	-20	-20	-22	-22	-24	-24	-26	-26	-28	-28	-28	-28
-44	-44	-49	-49	-54	-54	-60	-60	-66	-66	-74	-74	-82	-82	-94	-94	-94	-94

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-20	-20	-23	-23	-25	-25	-27	-27	-29	-29	-32	-32	-36	-36	-42	-42	-42	-42

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-29	-29	-32	-32	-36	-36	-40	-40	-44	-44	-50	-50	-56	-56	-66	-66	-66	-66

+7	+7	+7	+7	+7	+7	+7	+7										
-13	-13	-16	-16	-18	-18	-20	-20										

+16	+16	+16	+16	+18	+18	+20	+20	+22	+22	+25	+25	+28	+28	+33	+33	+33	+33
-13	-13	-16	-16	-18	-18	-20	-20	-22	-22	-25	-25	-28	-28	-33	-33	-33	-33

+5	+5	+6	+6	+6,5	+6,5	+7,5	+7,5										
-5	-5	-6	-6	-6,5	-6,5	-7,5	-7,5										

+7	+7	+8	+8	+9	+9	+10	+10										
-7	-7	-8	-8	-9	-9	-10	-10										

+10	+10	+11,5	+11,5	+12,5	+12,5	+13,5	+13,5	+14,5	+14,5	+16	+16	+18	+18	+21	+21	+21	+21
-10	-10	-11,5	-11,5	-12,5	-12,5	-13,5	-13,5	-14,5	-14,5	-16	-16	-18	-18	-21	-21	-21	-21

+14,5	+14,5	+16	+16	+18	+18	+20	+20	+22	+22	+25	+25	+28	+28	+33	+33	+33	+33
-14,5	-14,5	-16	-16	-18	-18	-20	-20	-22	-22	-25	-25	-28	-28	-33	-33	-33	-33

+10	+10	+12	+12	+13	+13	+15	+15										
0	0	0	0	0	0	0	0										

+18	+18	+20	+20	+22	+22	+25	+25										
+4	+4	+4	+4	+4	+4	+5	+5										

+24	+24	+27	+27	+29	+29	+32	+32	+29	+29	+32	+32	+36	+36	+42	+42	+42	+42
+4	+4	+4	+4	+4	+4	+5	+5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

+33	+33	+36	+36	+40	+40	+45	+45	+44	+44	+50	+50	+56	+56	+66	+66	+66	+66
+4	+4	+4	+4	+4	+4	+5	+5	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0

7.3 Akseltolerancer (fortsat)

Mål i mm

Nominelt akselmål	over indtil	3	6	10	18	30	50	65	80	100	120	140	160	180
		6	10	18	30	50	65	80	100	120	140	160	180	200

Toleranceværdier i μm (Normaltolerance)

Lejeboringsdiameter Afvigelse Δ_{dmp}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-8	-8	-8	-10	-12	-15	-15	-20	-20	-25	-25	-25	-25	-30

Pasningsbillede
aksel leje

	Akseltolerance i μm													
m 5		+9 +4	+12 +6	+15 +7	+17 +8	+20 +9	+24 +11	+24 +11	+28 +13	+28 +13	+33 +15	+33 +15	+33 +15	+37 +17
m 6		+12 +4	+15 +6	+18 +7	+21 +8	+25 +9	+30 +11	+30 +11	+35 +13	+35 +13	+40 +15	+40 +15	+40 +15	+46 +17
n 5		+13 +8	+16 +10	+20 +12	+24 +15	+28 +17	+33 +20	+33 +20	+38 +23	+38 +23	+45 +27	+45 +27	+45 +27	+51 +31
n 6		+16 +8	+19 +10	+23 +12	+28 +15	+33 +17	+39 +20	+39 +20	+45 +23	+45 +23	+52 +27	+52 +27	+52 +27	+60 +31
p 6		+20 +12	+24 +15	+29 +18	+35 +22	+42 +26	+51 +32	+51 +32	+59 +37	+59 +37	+68 +43	+68 +43	+68 +43	+79 +50
p 7		+24 +12	+30 +15	+36 +18	+43 +22	+51 +26	+62 +32	+62 +32	+72 +37	+72 +37	+83 +43	+83 +43	+83 +43	+96 +50
r 6		+23 +15	+28 +19	+34 +23	+41 +28	+50 +34	+60 +41	+62 +43	+73 +51	+76 +54	+88 +63	+90 +65	+93 +68	+106 +77
r 7		+27 +15	+34 +19	+41 +23	+49 +28	+59 +34	+71 +41	+73 +43	+86 +51	+89 +54	+103 +63	+105 +65	+108 +68	+123 +77
s 6		+27 +19	+32 +23	+39 +28	+48 +35	+59 +43	+72 +53	+78 +59	+93 +71	+101 +79	+117 +92	+125 +100	+133 +108	+151 +122
s 7		+31 +19	+38 +23	+46 +28	+56 +35	+68 +43	+83 +53	+89 +59	+106 +71	+114 +79	+132 +92	+140 +100	+148 +108	+168 +122

Akseltolerancer for aftræksbøsninger og klembøsninger i μm

$h7/IT5$		0 -12 2,5	0 -15 3	0 -18 4	0 -21 4,5	0 -25 5,5	0 -30 6,5	0 -30 6,5	0 -35 7,5	0 -35 7,5	0 -40 9	0 -40 9	0 -40 9	0 -46 10
$h8/IT5$		0 -18 2,5	0 -22 3	0 -27 4	0 -33 4,5	0 -39 5,5	0 -46 6,5	0 -46 6,5	0 -54 7,5	0 -54 7,5	0 -63 9	0 -63 9	0 -63 9	0 -72 10
$h9/IT6$		0 -30 4	0 -36 4,5	0 -43 5,5	0 -52 6,5	0 -62 8	0 -74 9,5	0 -74 9,5	0 -87 11	0 -87 11	0 -100 12,5	0 -100 12,5	0 -100 12,5	0 -115 14,5
$h10/IT7$		0 -48 6	0 -58 7,5	0 -70 9	0 -84 10,5	0 -100 12,5	0 -120 15	0 -120 15	0 -140 17,5	0 -140 17,5	0 -160 20	0 -160 20	0 -160 20	0 -185 23

De cylindriske formtolerancer (blå tal) har radius som grundlag (DIN ISO 1101).
Ved måling af akseldiameteren skal toleranceværdierne fordobles.
For almindelig maskinbyggeri skal tilstræbes værdier efter $h7$ hhv. $h8$.

200	225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1000	1120	1250
225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1000	1120	1250	

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-30	-30	-35	-35	-40	-40	-45	-45	-50	-50	-75	-75	-100	-100	-125	-125		

+37	+37	+43	+43	+46	+46	+50	+50	+55	+55	+62	+62	+70	+70	+82	+82		
+17	+17	+20	+20	+21	+21	+23	+23	+26	+26	+30	+30	+34	+34	+40	+40		

+46	+46	+52	+52	+57	+57	+63	+63	+70	+70	+80	+80	+90	+90	+106	+106		
+17	+17	+20	+20	+21	+21	+23	+23	+26	+26	+30	+30	+34	+34	+40	+40		

+51	+51	+57	+57	+62	+62	+67	+67	+73	+73	+82	+82	+92	+92	+108	+108		
+31	+31	+34	+34	+37	+37	+40	+40	+44	+44	+50	+50	+56	+56	+66	+66		

+60	+60	+66	+66	+73	+73	+80	+80	+88	+88	+100	+100	+112	+112	+132	+132		
+31	+31	+34	+34	+37	+37	+40	+40	+44	+44	+50	+50	+56	+56	+66	+66		

+79	+79	+88	+88	+98	+98	+108	+108	+122	+122	+138	+138	+156	+156	+186	+186		
+50	+50	+56	+56	+62	+62	+68	+68	+78	+78	+88	+88	+100	+100	+120	+120		

+96	+96	+108	+108	+119	+119	+131	+131	+148	+148	+168	+168	+190	+190	+225	+225		
+50	+50	+56	+56	+62	+62	+68	+68	+78	+78	+88	+88	+100	+100	+120	+120		

+109	+113	+126	+130	+144	+150	+166	+172	+194	+199	+225	+235	+266	+276	+316	+326		
+80	+84	+94	+98	+108	+114	+126	+132	+150	+155	+175	+185	+210	+220	+250	+260		

+126	+130	+146	+150	+165	+171	+189	+195	+220	+225	+255	+265	+300	+310	+355	+365		
+80	+84	+94	+98	+108	+114	+126	+132	+150	+155	+175	+185	+210	+220	+250	+260		

+159	+169	+190	+202	+226	+244	+272	+292	+324	+354	+390	+430	+486	+526	+586	+646		
+130	+140	+158	+170	+190	+208	+232	+252	+280	+310	+340	+380	+430	+470	+520	+580		

+176	+186	+210	+222	+247	+265	+295	+315	+350	+380	+420	+460	+520	+560	+625	+685		
+130	+140	+158	+170	+190	+208	+232	+252	+280	+310	+340	+380	+430	+470	+520	+580		

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-46	-46	-52	-52	-57	-57	-63	-63	-70	-70	-80	-80	-90	-90	-105	-105		
10	10	11,5	11,5	12,5	12,5	13,5	13,5	14,5	14,5	16	16	18	18	21	21		

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-72	-72	-81	-81	-89	-89	-97	-97	-110	-110	-125	-125	-140	-140	-165	-165		
10	10	11,5	11,5	12,5	12,5	13,5	13,5	14,5	14,5	16	16	18	18	21	21		

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-115	-115	-130	-130	-140	-140	-155	-155	-175	-175	-200	-200	-230	-230	-260	-260		
14,5	14,5	16	16	18	18	20	20	22	22	25	25	28	28	33	33		

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-185	-185	-210	-210	-230	-230	-250	-250	-280	-280	-320	-320	-360	-360	-420	-420		
23	23	26	26	28,5	28,5	31,5	31,5	35	35	40	40	45	45	52,5	52,5		

7.4 Hustolerancer

Mål i mm

Nominal husboring	over indtil	6 10	10 18	18 30	30 50	50 65	65 80	80 100	100 120	120 140	140 160	160 180	180 200	200 225
----------------------	----------------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

Toleranceværdier i μm (Normaltolerance)

Lejets udvendige diam. Afvigelse Δ_{Dmp}	0 -8	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -13	0 -15	0 -15	0 -18	0 -18	0 -25	0 -30	0 -30
---	---------	---------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Pasningsbillede
hus

leje

Hustolerance i μm

D 10		+98 +40	+120 +50	+149 +65	+180 +80	+220 +100	+220 +100	+260 +120	+260 +120	+305 +145	+305 +145	+305 +145	+355 +170	+355 +170
E 8		+47 +25	+59 +32	+73 +40	+89 +50	+106 +60	+106 +60	+126 +72	+126 +72	+148 +85	+148 +85	+148 +85	+172 +100	+172 +100
F 7		+28 +13	+34 +16	+41 +20	+50 +25	+60 +30	+60 +30	+71 +36	+71 +36	+83 +43	+83 +43	+83 +43	+96 +50	+96 +50
G 6		+14 +5	+17 +6	+20 +7	+25 +9	+29 +10	+29 +10	+34 +12	+34 +12	+39 +14	+39 +14	+39 +14	+44 +15	+44 +15
G 7		+20 +5	+24 +6	+28 +7	+34 +9	+40 +10	+40 +10	+47 +12	+47 +12	+54 +14	+54 +14	+54 +14	+61 +15	+61 +15
H 5		+6 0	+8 0	+9 0	+11 0	+13 0	+13 0	+15 0	+15 0	+18 0	+18 0	+18 0	+20 0	+20 0
H 6		+9 0	+11 0	+13 0	+16 0	+19 0	+19 0	+22 0	+22 0	+25 0	+25 0	+25 0	+29 0	+29 0
H 7		+15 0	+18 0	+21 0	+25 0	+30 0	+30 0	+35 0	+35 0	+40 0	+40 0	+40 0	+46 0	+46 0
H 8		+22 0	+27 0	+33 0	+39 0	+46 0	+46 0	+54 0	+54 0	+63 0	+63 0	+63 0	+72 0	+72 0
J 6		+5 -4	+6 -5	+8 -5	+10 -6	+13 -6	+13 -6	+16 -6	+16 -6	+18 -7	+18 -7	+18 -7	+22 -7	+22 -7
J 7		+8 -7	+10 -8	+12 -9	+14 -11	+18 -12	+18 -12	+22 -13	+22 -13	+26 -14	+26 -14	+26 -14	+30 -16	+30 -16
JS 4		+2 -2	+2,5 -2,5	+3 -3	+3,5 -3,5	+4 -4	+4 -4	+5 -5	+5 -5	+6 -6	+6 -6	+6 -6	+7 -7	+7 -7
JS 5		+3 -3	+4 -4	+4,5 -4,5	+5,5 -5,5	+6,5 -6,5	+6,5 -6,5	+7,5 -7,5	+7,5 -7,5	+9 -9	+9 -9	+9 -9	+10 -10	+10 -10
JS 6		+4,5 -4,5	+5,5 -5,5	+6,5 -6,5	+8 -8	+9,5 -9,5	+9,5 -9,5	+11 -11	+11 -11	+12,5 -12,5	+12,5 -12,5	+12,5 -12,5	+14,5 -14,5	+14,5 -14,5
JS 7		+7,5 -7,5	+9 -9	+10,5 -10,5	+12,5 -12,5	+15 -15	+15 -15	+17,5 -17,5	+17,5 -17,5	+20 -20	+20 -20	+20 -20	+23 -23	+23 -23
K 4		+0,5 -3,5	+1 -4	0 -6	+1 -6	+1 -7	+1 -7	+1 -9	+1 -9	+1 -11	+1 -11	+1 -11	0 -14	0 -14
K 5		+1 -5	+2 -6	+1 -8	+2 -9	+3 -10	+3 -10	+2 -13	+2 -13	+3 -15	+3 -15	+3 -15	+2 -18	+2 -18
K 6		+2 -7	+2 -9	+2 -11	+3 -13	+4 -15	+4 -15	+4 -18	+4 -18	+4 -21	+4 -21	+4 -21	+5 -24	+5 -24

225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250
250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-30	-35	-35	-40	-40	-45	-45	-50	-50	-75	-75	-100	-100	-125	-125	-160

+355	+400	+400	+440	+440	+480	+480	+540	+540	+610	+610	+680	+680	+770	+770	+890
+170	+190	+190	+210	+210	+230	+230	+260	+260	+290	+290	+320	+320	+350	+350	+390
+172	+191	+191	+214	+214	+232	+232	+255	+255	+285	+285	+310	+310	+360	+360	+415
+100	+110	+110	+125	+125	+135	+135	+145	+145	+160	+160	+170	+170	+195	+195	+220
+96	+108	+108	+119	+119	+131	+131	+144	+144	+160	+160	+176	+176	+203	+203	+235
+50	+56	+56	+62	+62	+68	+68	+76	+76	+80	+80	+86	+86	+98	+98	+110
+44	+49	+49	+54	+54	+60	+60	+66	+66	+74	+74	+82	+82	+94	+94	+108
+15	+17	+17	+18	+18	+20	+20	+22	+22	+24	+24	+26	+26	+28	+28	+30
+61	+69	+69	+75	+75	+83	+83	+92	+92	+104	+104	+116	+116	+133	+133	+155
+15	+17	+17	+18	+18	+20	+20	+22	+22	+24	+24	+26	+26	+28	+28	+30
+20	+23	+23	+25	+25	+27	+27									
0	0	0	0	0	0	0									
+29	+32	+32	+36	+36	+40	+40	+44	+44	+50	+50	+56	+56	+66	+66	+78
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+46	+52	+52	+57	+57	+63	+63	+70	+70	+80	+80	+90	+90	+105	+105	+125
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+72	+81	+81	+89	+89	+97	+97	+110	+110	+125	+125	+140	+140	+165	+165	+195
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+22	+25	+25	+29	+29	+33	+33									
-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7									
+30	+36	+36	+39	+39	+43	+43									
-16	-16	-16	-18	-18	-20	-20									
+7	+8	+8	+9	+9	+10	+10									
-7	-8	-8	-9	-9	-10	-10									
+10	+11,5	+11,5	+12,5	+12,5	+13,5	+13,5									
-10	-11,5	-11,5	-12,5	-12,5	-13,5	-13,5									
+14,5	+16	+16	+18	+18	+20	+20	+22	+22	+25	+25	+28	+28	+33	+33	+39
-14,5	-16	-16	-18	-18	-20	-20	-22	-22	-25	-25	-28	-28	-33	-33	-39
+23	+26	+26	+28,5	+28,5	+31,5	+31,5	+35	+35	+40	+40	+45	+45	+52	+52	+62
-23	-26	-26	-28,5	-28,5	-31,5	-31,5	-35	-35	-40	-40	-45	-45	-52	-52	-62
0	0	0	0	0	0	0									
-14	-16	-16	-17	-17	-20	-20									
+2	+3	+3	+3	+3	+2	+2									
-18	-20	-20	-22	-22	-25	-25									
+5	+5	+5	+7	+7	+8	+8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-24	-27	-27	-29	-29	-32	-32	-44	-44	-50	-50	-56	-56	-66	-66	-78

7.4 Hustolerancer (forsat)

Mål i mm

Nominal husboring	over indtil	6 10	10 18	18 30	30 50	50 65	65 80	80 100	100 120	120 140	140 160	160 180	180 200	200 225
----------------------	----------------	-----------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Toleranceværdier i μm (Normaltolerance)

Lejets udvendige diam. Afvigelse Δ_{Dmp}	0 -8	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -13	0 -15	0 -15	0 -18	0 -18	0 -25	0 -30	0 -30
--	---------	---------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Pasningsbillede
hus

leje

Hustolerance i μm

K 7		+5 -10	+6 -12	+6 -15	+7 -18	+9 -21	+9 -21	+10 -25	+10 -25	+12 -28	+12 -28	+12 -28	+13 -33	+13 -33
M 6		-3 -12	-4 -15	-4 -17	-4 -20	-5 -24	-5 -24	-6 -28	-6 -28	-8 -33	-8 -33	-8 -33	-8 -37	-8 -37
M 7		0 -15	0 -18	0 -21	0 -25	0 -30	0 -30	0 -35	0 -35	0 -40	0 -40	0 -40	0 -46	0 -46
N 6		-7 -16	-9 -20	-11 -24	-12 -28	-14 -33	-14 -33	-16 -38	-16 -38	-20 -45	-20 -45	-20 -45	-22 -51	-22 -51
N 7		-4 -19	-5 -23	-7 -28	-8 -33	-9 -39	-9 -39	-10 -45	-10 -45	-12 -52	-12 -52	-12 -52	-14 -60	-14 -60
P 6		-12 -21	-15 -26	-18 -31	-21 -37	-26 -45	-26 -45	-30 -52	-30 -52	-36 -61	-36 -61	-36 -61	-41 -70	-41 -70
P 7		-9 -24	-11 -29	-14 -35	-17 -42	-21 -51	-21 -51	-24 -59	-24 -59	-28 -68	-28 -68	-28 -68	-33 -79	-33 -79
R 6		-16 -25	-20 -31	-24 -37	-29 -45	-35 -54	-37 -56	-44 -66	-47 -69	-56 -81	-58 -83	-61 -86	-68 -97	-71 -100
S 6		-20 -29	-25 -36	-31 -44	-38 -54	-47 -66	-53 -72	-64 -86	-72 -94	-85 -110	-93 -118	-101 -126	-113 -142	-121 -150

225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250
250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-30	-35	-35	-40	-40	-45	-45	-50	-50	-75	-75	-100	-100	-125	-125	-160

+13	+16	+16	+17	+17	+18	+18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-33	-36	-36	-40	-40	-45	-45	-70	-70	-80	-80	-90	-90	-105	-105	-125
-8	-9	-9	-10	-10	-10	-10	-26	-26	-30	-30	-34	-34	-40	-40	-48
-37	-41	-41	-46	-46	-50	-50	-70	-70	-80	-80	-90	-90	-106	-106	-126
0	0	0	0	0	0	0									
-46	-52	-52	-57	-57	-63	-63									
-22	-25	-25	-26	-26	-27	-27	-44	-44	-50	-50	-56	-56	-66	-66	-78
-51	-57	-57	-62	-62	-67	-67	-88	-88	-100	-100	-112	-112	-132	-132	-156
-14	-14	-14	-16	-16	-17	-17									
-60	-66	-66	-73	-73	-80	-80									
-41	-47	-47	-51	-51	-55	-55	-78	-78	-88	-88	-100	-100	-120	-120	-140
-70	-79	-79	-87	-87	-95	-95	-122	-122	-138	-138	-156	-156	-186	-186	-218
-33	-36	-36	-41	-41	-45	-45	-78	-78	-88	-88	-100	-100	-120	-120	-140
-79	-88	-88	-98	-98	-108	-108	-148	-148	-168	-168	-190	-190	-225	-225	-265
-75	-85	-89	-97	-103	-113	-119	-150	-155	-175	-185	-210	-220	-250	-260	-300
-104	-117	-121	-133	-139	-153	-159	-194	-199	-225	-235	-266	-276	-316	-326	-378
-131	-149	-161	-179	-197	-219	-239									
-160	-181	-193	-215	-233	-259	-279									

7.5 Tolerancer for FAG radiallejer (undtagen koniske rullelejer)

Inderring

Mål i mm

Nominel lejboring d	over indtil	2,5 10	10 18	18 30	30 50	50 80	80 120	120 180	180 250	250 315	315 400	400 500	500 630	630 800	800 1000	1000 1250
------------------------	----------------	-----------	----------	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	--------------

Toleranceklasse PN (normal tolerance)

Toleranceværdier i μm

Boring cylindrisk Afvigelse Δ_{dmp}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Variation V_{dp}	Diameter- serie 7 · 8 · 9															
	10	10	13	15	19	25	31	38	44	50	56	63				
	0 · 1															
	8	8	10	12	19	25	31	38	44	50	56	63				
	2 · 3 · 4															
	6	6	8	9	11	15	19	23	26	30	34	38				
Variation V_{amp}	6	6	8	9	11	15	19	23	26	30	34	38				
Boring, konisk 1:12 Afvigelse Δ_{dmp}	+15 0	+18 0	+21 0	+25 0	+30 0	+35 0	+40 0	+46 0	+52 0	+57 0	+63 0	+70 0	+80 0	+90 0	+105 0	
Afvigelse $\Delta_{\text{d1mp}} - \Delta_{\text{dmp}}$	+15 0	+18 0	+21 0	+25 0	+30 0	+35 0	+40 0	+46 0	+52 0	+57 0	+63 0	+70 0	+80 0	+90 0	+105 0	
Variation V_{dp}	10	10	13	15	19	25	31	38	44	50	56					
Boring, konisk 1:30 Afvigelse Δ_{dmp}					+15 0	+20 0	+25 0	+30 0	+35 0	+40 0	+45 0	+50 0	+75 0	+100 0	+125 0	
Afvigelse $\Delta_{\text{d1mp}} - \Delta_{\text{dmp}}$					+35 0	+40 0	+50 0	+55 0	+60 0	+65 0	+75 0	+85 0	+100 0	+100 0	+115 0	
Variation V_{dp}					19	25	31	38	44	50	56	63				
Bredde- afvigelse Δ_{Bs}	0 -120	0 -120	0 -120	0 -120	0 -150	0 -200	0 -250	0 -300	0 -350	0 -400	0 -450	0 -500	0 -750	0 -1000	0 -1250	
Bredde- variation V_{Bs}	15	20	20	20	25	25	30	30	35	40	50	60	70	80	100	
Rundløb K_{ia}	10	10	13	15	20	25	30	40	50	60	65	70	80	90	100	

Boringsdiameter

- Δ_{dmp} middellboringsdiameters afvigelse fra det nominelle mål
- Δ_{d1mp} den store middeldiameters afvigelse fra det nom. mål ved konisk boring
- V_{dp} boringsdiameterens variationer i et radiale plan
- V_{dmp} middellboringsdiameterens variation, difference mellem største og mindste diameter

Udvendig diameter

- Δ_{Dmp} den udvendige middeldiameters afvigelse fra det nominelle mål
- V_{Dp} den udvendige diameters variation i et radiale plan
- V_{Dmp} den udvendige middeldiameters variation, difference mellem største og mindste udvendige middeldiameter

Yderring

Nominal udv.- diameter D	Mål i mm															
	over indtil	6 18	18 30	30 50	50 80	80 120	120 150	150 180	180 250	250 315	315 400	400 500	500 630	630 800	800 1000	1000 1250

Toleranceklasse PN (normal tolerance)

		Toleranceværdier i μm															
Afgivelse	Δ_{Dmp}	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -15	0 -18	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125	0 -160
Variation V_{Dp}	Diameter- serie 7-8-9	10	12	14	16	19	23	31	38	44	50	56	63	94	125		
	0-1	8	9	11	13	19	23	31	38	44	50	56	63	94	125		
	2-3-4	6	7	8	10	11	14	19	23	26	30	34	38	55	75		
	tætne- lejer 2-3-4	10	12	16	20	26	30	38									
Variation	V_{Dmp}	6	7	8	10	11	14	19	23	26	30	34	38	55	75		
Rundløb	K_{ea}	15	15	20	25	35	40	45	50	60	70	80	100	120	140	160	190

Breddetoleranceerne Δ_C og V_C er identiske med Δ_B og V_B for den tilhørende inderring.

Bredde

Δ_{B_s} , Δ_{C_s} variation fra det nominelle mål for en enkelt inderrings og en enkelt yderrings bredde

V_{B_s} , V_{C_s} variation for inderringens og yderringens bredde

Løbenøjagtighed

K_{ia} inderringens rundløb ved komplet leje (radialkast)

K_{ea} yderringens rundløb ved komplet leje (radialkast)

7.6 Tolerancer for koniske rullelejer i metriske mål

Inderring

		Mål i mm										
Nominel lejeboring d	over indtil	10 18	18 30	30 50	50 80	80 120	120 180	180 250	250 315	315 400	400 500	500 630

Toleranceklasse PN (normal tolerance)

		Toleranceværdier i μm										
Afvigelse	Δ_{dmp}	0 -12	0 -12	0 -12	0 -15	0 -20	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50
Variation	V_{dp}	12	12	12	15	20	25	30	35	40	45	50
	V_{dmp}	9	9	9	11	15	19	23	26	30		
Bredde- afvigelse	Δ_{Bs}	0 -120	0 -120	0 -120	0 -150	0 -200	0 -250	0 -300	0 -350	0 -400	0 -450	0 -500
Rundløb	K_{ia}	15	18	20	25	30	35	50	60	70	70	85
Bredde- afvigelse	Δ_{Ts}	+200 0	+200 0	+200 0	+200 0	+200 -200	+350 -250	+350 -250	+350 -250	+400 -400	+400 -400	+500 -500
	Δ_{T1s}	+100 0	+100 0	+100 0	+100 0	+100 -100	+150 -150	+150 -150	+150 -150	+200 -200		
	Δ_{T2s}	+100 0	+100 0	+100 0	+100 0	+100 -100	+200 -100	+200 -100	+200 -100	+200 -200		

Yderring

		Mål i mm												
Nominel udv. diameter D	over indtil	18 30	30 50	50 80	80 120	120 150	150 180	180 250	250 315	315 400	400 500	500 630	630 800	800 1000

Toleranceklasse PN (normal tolerance)

		Toleranceværdier i μm												
Afvigelse	Δ_{Dmp}	0 -12	0 -14	0 -16	0 -18	0 -20	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100
Variation	V_{Dp}	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50	75	100
	V_{Dmp}	9	11	12	14	15	19	23	26	30	34	38		
Rundløb	K_{ea}	18	20	25	35	40	45	50	60	70	80	100	120	120

Breddetolerancen Δ_{Cs} er identisk med Δ_{Bs} for den tilhørende inderring.

- T_3 et konisk rullelejes totalbredde, målt på et sted.
 T_{1s} et konisk rullelejes totalbredde, målt over inderring og yderring – normal.
 T_{2s} et konisk rullelejes totalbredde, målt over inderring – normal og yderring.
 $\Delta_{\text{Ts}} = T_s - T$, $\Delta_{\text{T1s}} = T_{1s} - T_1$, $\Delta_{\text{T2s}} = T_{2s} - T_2$, afvigelse fra det nominelle mål for et enkelt konisk rullelejes totalbredde.
 H_3 , H_{1s} , H_{2s} , H_{3s} , H_{4s} et aksiallejes totalhøjde målt på et sted.
 $\Delta_{\text{Hs}} = H_s - H$, $\Delta_{\text{H1s}} = H_{1s} - H_1$, $\Delta_{\text{H2s}} = H_{2s} - H_2$, afvigelse fra det nominelle mål for et enkelt aksiallejes totalhøjde.
 H Totalhøjde for et enkeltvirkende aksialleje.
 H_1 Totalhøjde for et enkeltvirkende aksialleje med underlagsskive.
 H_2 Totalhøjde for et dobbeltvirkende aksialleje.
 H_3 Totalhøjde for et dobbeltvirkende aksialleje med underlagsskive.
 H_4 Totalhøjde for et sfærisk aksialrulleleje.

7.7 Tolerancer for aksiallejer

Akselskive

Mål i mm

Nominal lejboring d_w	over indtil	18	18 30	30 50	50 80	80 120	120 180	180 250	250 315	315 400	400 500	500 630	630 800	800 1000	1000 1250
----------------------------	----------------	----	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	--------------

Toleranceklasse PN (normal tolerance)

Toleranceværdier i μm

Afgang	Δ_{dmp}	0 -8	0 -10	0 -12	0 -15	0 -20	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125
Variation	V_{dp}	6	8	9	11	15	19	23	26	30	34	38			
Planløb	S_{rj}	10	10	10	10	15	15	20	25	30	30	35	40	45	50
Underlagsskive Afgang	Δ_{du}	+70 0	+70 0	+85 0	+100 0	+120 0	+140 0	+140 0	+160 0	+180 0	+180 0				

Husskive

Mål i mm

Nominal udv. diameter D_g	over indtil	18 30	30 50	50 80	80 120	120 180	180 250	250 315	315 400	400 500	500 630	630 800	800 1000	1000 1250	1250 1600
--------------------------------	----------------	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	--------------	--------------

Toleranceklasse PN (normal tolerance)

Toleranceværdier i μm

Afgang	Δ_{dmp}	0 -13	0 -16	0 -19	0 -22	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125	0 -160
Variation	V_{Dp}	10	12	14	17	19	23	26	30	34	38	55	75		
Underlagsskive Afgang	Δ_{du}	0 -30	0 -35	0 -45	0 -60	0 -75	0 -90	0 -105	0 -120	0 -135	0 -180				

*) S_{r} - værdierne for planløb gælder for aksel- og husskive (aksial kast).

Aksiallejers højde

Mål i mm

Nominal lejboring d_w	over indtil	30	30 50	50 80	80 120	120 180	180 250	250 315	315 400	400 500	500 630	630 800	800 1000	1000 1250
----------------------------	----------------	----	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	--------------

Toleranceklasser PN ... P4

Toleranceværdier i μm

Afgang	Δ_{H1s}	+20 -250	+20 -250	+20 -300	+25 -300	+25 -400	+30 -400	+40 -400	+40 -500	+50 -500	+60 -600	+70 -750	+80 -1000	+100 -1400
	Δ_{H1s}	+100 -250	+100 -250	+100 -300	+150 -300	+150 -400	+150 -400	+200 -400	+200 -500	+300 -500	+350 -600	+400 -750	+450 -1000	+500 -1400
	Δ_{H2s}	+150 -400	+150 -400	+150 -500	+200 -500	+200 -600	+250 -600	+350 -700	+350 -700	+400 -900	+500 -1100	+600 -1300	+700 -1500	+900 -1800
	Δ_{H3s}	+300 -400	+300 -400	+300 -500	+400 -500	+400 -600	+500 -600	+600 -700	+600 -700	+750 -900	+900 -1100	+1100 -1300	+1300 -1500	+1600 -1800
	Δ_{H4s}	+20 -300	+20 -300	+20 -400	+25 -400	+25 -500	+30 -500	+40 -700	+40 -700	+50 -900	+60 -1200	+70 -1400	+80 -1800	+100 -2400

Tabeller

7.8 Grænsemål for kantafstand

Symboler

r_{1s}, r_{3s}	kantafstand i radial retning
r_{2s}, r_{4s}	kantafstand i aksial retning
r_{smin}	alment symbol for den mindste kantafstand $r_{1smin}, r_{2smin}, r_{3smin}, r_{4smin}$
r_{1smax}, r_{3smax}	største kantafstand i radial retning
r_{2smax}, r_{4smax}	største kantafstand i aksial retning

Kantafstand for radiallejer (undtagen koniske rullelejer)

		Mål i mm												
r_{smin}		0,1	0,15	0,2	0,3	0,6	1	1,1	1,5					
Nominel lagerboring d	over indtil				40	40	40	50	50	120	120	120	120	
r_{1smax}		0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1	1,3	1,5	1,9	2	2,5	2,3	3
r_{2smax}		0,4	0,6	0,8	1	1	2	2	3	3	3,5	4	4	5

Kantafstand for koniske rullelejer i metriske mål Inderring

		Mål i mm												
r_{smin}		0,3		0,6		1		1,5			2			
Nominel lejeboring d	over indtil	40	40	40	40	50	50	120	120	250	250	120	120	250
r_{1smax}		0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,8	3,5	2,8	3,5	4	
r_{2smax}		1,4	1,6	1,7	2	2,5	3	3	3,5	4	4	4,5	5	

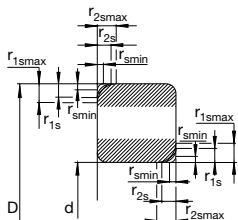
Yderring

		Mål i mm												
r_{smin}		0,3		0,6		1		1,5			2			
Nominel udv. diameter D	over indtil	40	40	40	40	50	50	120	120	250	250	120	120	250
r_{3smax}		0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,8	3,5	2,8	3,5	4	
r_{4smax}		1,4	1,6	1,7	2	2,5	3	3	3,5	4	4	4,5	5	

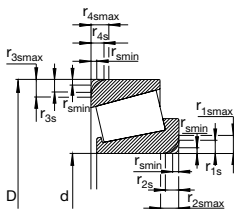
Kantafstand for aksiallejer

		Mål i mm																		
r_{smin}		0,1	0,15	0,2	0,3	0,6	1	1,1	1,5	2	2,1	3	4	5	6	7,5	9,5	12	15	19
r_{1smax}, r_{2smax}		0,2	0,3	0,5	0,8	1,5	2,2	2,7	3,5	4	4,5	5,5	6,5	8	10	12,5	15	18	21	25

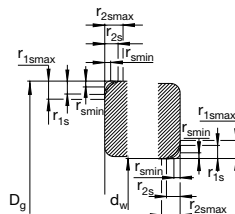
Radiallejer



Koniske rullelejer



Aksiallejer



	2		2,1		2,5		3		4	5	6	7,5	9,5	12	15	19		
	80	80 220	220	280	280	100	100 280	280	280									
	3	3,5	3,8	4	4,5	3,8	4,5	5	5	5,5	6,5	8	10	12,5	15	18	21	25
	4,5	5	6	6,5	7	6	6	7	8	8	9	10	13	17	19	24	30	38

	2,5		3		4		5		6						
	120	120 250	250	120	120 250	250	400	120	120 250	250	400	180	180	180	180
	3,5	4	4,5	4	4,5	5	5,5	5	5,5	6	6,5	6,5	7,5	7,5	9
	5	5,5	6	5,5	6,5	7	7,5	7	7,5	8	8,5	8	9	10	11

	2,5		3		4		5		6						
	120	120 250	250	120	120 250	250	400	120	120 250	250	400	180	180	180	180
	3,5	4	4,5	4	4,5	5	5,5	5	5,5	6	6,5	6,5	7,5	7,5	9
	5	5,5	6	5,5	6,5	7	7,5	7	7,5	8	8,5	8	9	10	11

7.9 Radialslør for FAG enradede og toradede sporkuglelejer

Mål i mm

Nominal lejboring	over indtil	2,5 6	6 10	10 18	18 24	24 30	30 40	40 50	50 65	65 80	80 100	100 120	120 140	140 160	160 180	180 200
----------------------	----------------	------------------------	-----------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Lejeslør i µm

Slørgruppe	min max	0 7	0 7	0 9	0 10	1 11	1 11	1 11	1 15	1 15	1 18	2 20	2 23	2 23	2 25	2 30
Slørgruppe C2																
Slørgruppe CN (normal)	min max	2 13	2 13	3 18	5 20	5 20	6 20	6 23	8 28	10 30	12 36	15 41	18 48	18 53	20 61	25 71
Slørgruppe C3	min max	8 23	8 23	11 25	13 28	13 28	15 33	18 36	23 43	25 51	30 58	36 66	41 81	46 91	53 102	63 117
Slørgruppe C4	min max		14 29	18 33	20 36	23 41	28 46	30 51	38 61	46 71	53 84	61 97	71 114	81 130	91 147	107 163

Mål i mm

Nominal lejboring	over indtil	200 225	225 250	250 280	280 315	315 355	355 400	400 450	450 500	500 560	560 630	630 710	710 800	800 900	900 1000	1000 1120	1120 1250
----------------------	----------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------	----------------------------	----------------------------

Lejeslør i µm

Slørgruppe	min max	4 32	4 36	4 39	8 45	8 50	8 60	10 70	10 80	20 90	20 100	30 120	30 130	30 150	40 160	40 170	40 180
Slørgruppe C2																	
Slørgruppe CN (normal)	min max	28 82	31 92	36 97	42 110	50 120	60 140	70 160	80 180	90 200	100 220	120 250	130 280	150 310	160 340	170 370	180 400
Slørgruppe C3	min max	73 132	87 152	97 162	110 180	120 200	140 230	160 260	180 290	200 320	220 350	250 390	280 440	310 490	340 540	370 590	400 640
Slørgruppe C4	min max	120 187	140 217	152 237	175 260	200 290	230 330	260 370	290 410	320 460	350 510	390 560	440 620	490 690	540 760	590 840	640 910

7.10 Radialsør for FAG sfæriske kuglelejer

Mål i mm

Nominal lejeboring	over indtil	2,5 6	6 10	10 14	14 18	18 24	24 30	30 40	40 50	50 65	65 80	80 100	100 120	120 140	140 160
-----------------------	----------------	------------------------	-----------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

med cylindrisk boring

Lejeslør i µm

Slørgruppe C2	min	1	2	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	10	15
	max	8	9	10	12	14	16	18	19	21	24	27	31	38	44
Slørgruppe CN (normal)	min	5	6	6	8	11	11	13	14	16	18	22	25	30	35
	max	15	17	19	21	23	24	29	31	36	40	48	56	68	80
Slørgruppe C3	min	10	12	13	15	17	19	23	25	30	35	42	50	60	70
	max	20	25	26	28	30	35	40	44	50	60	70	83	100	120
Slørgruppe C4	min	15	19	21	23	25	29	34	37	45	54	64	75	90	110
	max	25	33	35	37	39	46	53	57	69	83	96	114	135	161

med konisk boring

Lejeslør i µm

Slørgruppe C2	min					7	9	12	14	18	23	29	35	40	45
	max					17	20	24	27	32	39	47	56	68	74
Slørgruppe CN (normal)	min					13	15	19	22	27	35	42	50	60	65
	max					26	28	35	39	47	57	68	81	98	110
Slørgruppe C3	min					20	23	29	33	41	50	62	75	90	100
	max					33	39	46	52	61	75	90	108	130	150
Slørgruppe C4	min					28	33	40	45	56	69	84	100	120	140
	max					42	50	59	65	80	98	116	139	165	191

7.11 Radialslør for FAG enradede og toradede cylindriske rullelejer

Mål i mm

Nominal lejboring	over indtil	24	24 30	30 40	40 50	50 65	65 80	80 100	100 120	120 140	140 160	160 180	180 200	200 225	225 250
-------------------	-------------	----	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

med cylindrisk boring

Lejeslør i µm

Slørgruppe		Lejeslør i µm														
		min	max	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	15	15
Slørgruppe C1NA ¹⁾	min	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	10	15	15	15
	max	15	15	15	18	20	25	30	30	35	35	40	45	50	50	
Slørgruppe C2	min	0	0	5	5	10	10	15	15	15	20	25	35	45	105	45
	max	25	25	30	35	40	45	50	55	60	70	75	90	105	110	
Slørgruppe CN (normal)	min	20	20	25	30	40	40	50	50	60	70	75	90	105	110	
	max	45	45	50	60	70	75	85	90	105	120	125	145	165	175	
Slørgruppe C3	min	35	35	45	50	60	65	75	85	100	115	120	140	160	170	
	max	60	60	70	80	90	100	110	125	145	165	170	195	220	235	
Slørgruppe C4	min	50	50	60	70	80	90	105	125	145	165	170	195	220	235	
	max	75	75	85	100	110	125	140	165	190	215	220	250	280	300	

med konisk boring

Lejeslør i µm

Slørgruppe		Lejeslør i µm													
		min	max	10	15	15	17	20	25	35	40	45	50	55	60
Slørgruppe C1NA ¹⁾	min	10	15	15	17	20	25	35	40	45	50	55	60	60	65
	max	20	25	25	30	35	40	55	60	70	75	85	90	95	100
Slørgruppe C2	min	15	20	20	25	30	35	40	50	55	60	75	85	95	105
	max	40	45	45	55	60	70	75	90	100	110	125	140	155	170
Slørgruppe CN (normal)	min	30	35	40	45	50	60	70	90	100	110	125	140	155	170
	max	55	60	65	75	80	95	105	130	145	160	175	195	215	235
Slørgruppe C3	min	40	45	55	60	70	85	95	115	130	145	160	180	200	220
	max	65	70	80	90	100	120	130	155	175	195	210	235	260	285
Slørgruppe C4	min	50	55	70	75	90	110	120	140	160	180	195	220	245	270
	max	75	80	95	105	120	145	155	180	205	230	245	275	305	335

250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400	1600	1800	2000
280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400	1600	1800	2000	

20	20	20	25	25	25	25	30	30	35	35	35	50	60	60	70	80	100
55	60	65	75	85	95	100	110	130	140	160	180	200	220	240	270	300	320
55	65	100	110	110	120	140	145	150	180	200	220	230	270	330	380	400	
125	130	145	190	210	220	240	260	285	310	350	390	430	470	530	610	700	760
195	205	225	280	310	330	360	380	425	470	520	580	640	710	790	890	1020	1120
190	200	225	280	310	330	360	380	425	470	520	580	640	710	790	890	1020	1120
260	275	305	370	410	440	480	500	565	630	690	770	850	950	1050	1170	1340	1480
330	350	385	460	510	550	600	620	705	790	860	960	1060	1190	1310	1450	1660	1840

75	80	90	100	110	120	130	140	160	170	190	210	230	250	270	300	320	340
110	120	135	150	170	190	210	230	260	290	330	360	400	440	460	500	530	560
115	130	145	165	185	205	230	260	295	325	370	410	455	490	550	640	700	760
185	205	225	255	285	315	350	380	435	485	540	600	665	730	810	920	1020	1120
185	205	225	255	285	315	350	380	435	485	540	600	665	730	810	920	1020	1120
255	280	305	345	385	425	470	500	575	645	710	790	875	970	1070	1200	1340	1480
240	265	290	330	370	410	455	500	565	630	700	780	865	960	1070	1200	1340	1480
310	340	370	420	470	520	575	620	705	790	870	970	1075	1200	1330	1480	1660	1840
295	325	355	405	455	505	560	620	695	775	860	960	1065	1200	1330	1480	1660	1840
365	400	435	495	555	615	680	740	835	935	1030	1150	1275	1440	1590	1760	1980	2200

) Endradede og toradede cylindriske rullelejer i udførelse SP og UP har C1NA lejeslør.

7.12 Radialslør for FAG toradede sfæriske rullelejer

Mål i mm

Nominal lejeboring	over indtål	24	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250
-----------------------	----------------	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

med cylindrisk boring

Lejeslør i μm

Slørgruppe	min	10	15	15	20	20	30	35	40	50	60	65	70	80	90
	max	20	25	30	35	40	50	60	75	95	110	120	130	140	150
Slørgruppe C2															
Slørgruppe CN (normal)	min	20	25	30	35	40	50	60	75	95	110	120	130	140	150
	max	35	40	45	55	65	80	100	120	145	170	180	200	220	240
Slørgruppe C3	min	35	40	45	55	65	80	100	120	145	170	180	200	220	240
	max	45	55	60	75	90	110	135	160	190	220	240	260	290	320
Slørgruppe C4	min	45	55	60	75	90	110	135	160	190	220	240	260	290	320
	max	60	75	80	100	120	145	180	210	240	280	310	340	380	420

med konisk boring

Lejeslør i μm

Slørgruppe	min	15	20	25	30	40	50	55	65	80	90	100	110	120	140
	max	25	30	35	45	55	70	80	100	120	130	140	160	180	200
Slørgruppe C2															
Slørgruppe CN (normal)	min	25	30	35	45	55	70	80	100	120	130	140	160	180	200
	max	35	40	50	60	75	95	110	130	160	180	200	220	250	270
Slørgruppe C3	min	35	40	50	60	75	95	110	135	160	180	200	220	250	270
	max	45	55	65	80	95	120	140	170	200	230	260	290	320	350
Slørgruppe C4	min	45	55	65	80	95	120	140	170	200	230	260	290	320	350
	max	60	75	85	100	120	150	180	220	260	300	340	370	410	450

250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400
280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400	1600

100	110	120	130	140	140	150	170	190	210	230	260	290	320	350	380
170	190	200	220	240	260	180	310	350	390	430	480	530	580	630	700
170	190	200	220	240	260	180	310	350	390	430	480	530	580	630	700
260	280	310	340	370	410	440	480	530	580	650	710	770	840	910	1020
350	370	410	450	500	550	600	650	700	770	860	930	1050	1140	1240	1390
350	370	410	450	500	550	600	650	700	770	860	930	1050	1140	1240	1390
460	500	550	600	660	720	780	850	920	1010	1120	1220	1430	1560	1700	1890

150	170	190	210	230	260	290	320	350	390	440	490	540	600	660	740
220	240	270	300	330	370	410	460	510	570	640	710	780	860	940	1060
220	240	270	300	330	370	410	460	510	570	640	710	780	860	940	1060
300	330	360	400	440	490	540	600	670	750	840	930	1020	1120	1220	1380
390	430	470	520	570	630	680	760	850	960	1070	1190	1300	1420	1550	1750
390	430	470	520	570	630	680	760	850	960	1070	1190	1300	1420	1550	1750
490	540	590	650	720	790	870	980	1090	1220	1370	1520	1650	1800	1960	2200

7.13 Radialsør for FAG enradede sfæriske rullelejer

Mål i mm

Nominel lejeboring	over indtil	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	225	250	280	315	355
		30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	225	250	280	315	355

med cylindrisk boring

Lejeslør i μm

Slørgruppe	min max	2	3	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	40	40	45
		9	10	13	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	75
Slørgruppe C2																
Slørgruppe CN (normal)	min max	9	10	13	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	75
		17	20	23	27	35	45	50	55	65	70	75	80	85	100	105
Slørgruppe C3	min max	17	20	23	27	35	45	50	55	65	70	75	80	85	100	105
		28	30	35	40	55	65	70	80	95	100	105	110	115	135	140
Slørgruppe C4	min max	28	30	35	40	55	65	70	80	95	100	105	110	115	135	140
		40	45	50	55	75	90	95	110	125	130	135	140	145	170	175

med konisk boring

Lejeslør in μm

Slørgruppe	min max	9	10	13	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	75
		17	20	23	27	35	45	50	55	65	70	75	80	85	100	105
Slørgruppe C2																
Slørgruppe CN (normal)	min max	17	20	23	27	35	45	50	55	65	70	75	80	85	100	105
		28	30	35	40	55	65	70	80	95	100	105	110	115	135	140
Slørgruppe C3	min max	28	30	35	40	55	65	70	80	95	100	105	110	115	135	140
		40	45	50	55	75	90	95	110	125	130	135	140	145	170	175
Slørgruppe C4	min max	40	45	50	55	75	90	95	110	125	130	135	140	145	170	175
		55	60	65	75	95	120	125	140	155	160	165	170	175	205	210

7.14 Aksialslør for FAG toradede vinkelkontaktkuglelejer

Serie 32, 32B, 33, 33B

		Mål i mm										
Nominal lejeboring	over indtil	6 10	10 18	18 24	24 30	30 40	40 50	50 65	65 80	80 100	100 120	120 140

		Lejeslør i μm										
Slørgruppe C2	min max	1 11	1 12	2 14	2 15	2 16	2 18	3 22	3 24	3 26	4 30	4 34
Slørgruppe CN (normal)	min max	5 21	6 23	7 25	8 27	9 29	11 33	13 36	15 40	18 46	22 53	25 59
Slørgruppe C3	min max	12 28	13 31	16 34	18 37	21 40	23 44	26 48	30 54	35 63	42 73	48 82
Slørgruppe C4	min max	25 45	27 47	28 48	30 50	33 54	36 58	40 63	46 71	55 83	65 96	74 108

Serie 32DA og 33 DA

		Lejeslør i μm										
Slørgruppe C2	min max	5 22	6 24	7 25	8 27	9 29	11 33	13 36	15 40	18 46	22 53	25 59
Slørgruppe CN (normal)	min max	11 28	13 31	14 32	16 35	18 38	22 44	25 48	29 54	35 63	42 73	48 82
Slørgruppe C3	min max	20 37	23 41	24 42	27 46	30 50	36 58	40 63	46 71	55 83	65 96	74 108

7.15 Aksialslør for FAG firepunktslejer

Mål i mm

Nominal lejboring	over indtil	18	40	60	80	100	140	180	220	260	300	355	400	450	500
----------------------	----------------	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Lejeslør i μm

Slørgruppe C2	min	20	30	40	50	60	70	80	100	120	140	160	180	200	220
	max	60	70	90	100	120	140	160	180	200	220	240	270	290	310
Slørgruppe CN (normal)	min	50	60	80	90	100	120	140	160	180	200	220	250	270	290
	max	90	110	130	140	160	180	200	220	240	280	300	330	360	390
Slørgruppe C3	min	80	100	120	130	140	160	180	200	220	260	280	310	340	370
	max	120	150	170	180	200	220	240	260	300	340	360	390	430	470

Mål i mm

Nominal lejboring	over indtil	500	560	630	710	800	900	1000
----------------------	----------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

Lejeslør i μm

Slørgruppe C2	min	240	260	280	300	330	360
	max	330	360	390	420	460	500
Slørgruppe CN (normal)	min	310	340	370	400	440	480
	max	420	450	490	540	590	630
Slørgruppe C3	min	400	430	470	520	570	620
	max	510	550	590	660	730	780

7.16 Radialslør-formindskelse ved montage af FAG cylindriske rullelejer med konisk boring

Nominel lejeboring		Radialslør for montage slørgruppe						Formindskelse af radialsløret ¹⁾		Forskydningsvej på konus 1:12 ¹⁾				Kontrolværdi for det mindste radialslør efter montage		
d over mm	indtil mm	CN (normal)		C3		C4		min mm	max mm	Aksel min mm	max mm	Bøsning		CN min mm	C3 min mm	C4 min mm
		min mm	max mm	min mm	max mm	min mm	max mm									
24	30	0,035	0,06	0,045	0,07	0,055	0,08	0,015	0,02	0,3	0,35	0,3	0,4	0,02	0,025	0,035
30	40	0,04	0,065	0,055	0,08	0,07	0,095	0,02	0,025	0,35	0,4	0,35	0,45	0,02	0,025	0,04
40	50	0,045	0,075	0,06	0,09	0,075	0,105	0,025	0,03	0,4	0,45	0,45	0,5	0,02	0,03	0,045
50	65	0,05	0,08	0,07	0,1	0,09	0,12	0,03	0,035	0,45	0,55	0,5	0,65	0,02	0,035	0,05
65	80	0,06	0,095	0,085	0,12	0,11	0,145	0,035	0,04	0,55	0,6	0,65	0,7	0,025	0,04	0,07
80	100	0,07	0,105	0,095	0,13	0,12	0,155	0,04	0,045	0,6	0,7	0,65	0,8	0,03	0,05	0,075
100	120	0,09	0,13	0,115	0,155	0,14	0,18	0,045	0,055	0,7	0,85	0,8	0,95	0,045	0,065	0,085
120	140	0,1	0,145	0,13	0,175	0,16	0,205	0,055	0,065	0,85	1	0,95	1,1	0,045	0,07	0,095
140	160	0,11	0,16	0,145	0,195	0,18	0,23	0,06	0,075	0,9	1,2	1	1,3	0,05	0,075	0,105
160	180	0,125	0,175	0,16	0,21	0,195	0,245	0,065	0,085	1	1,3	1,1	1,5	0,06	0,08	0,11
180	200	0,14	0,195	0,18	0,235	0,22	0,275	0,075	0,095	1,2	1,5	1,3	1,7	0,065	0,09	0,125
200	225	0,155	0,215	0,2	0,26	0,245	0,305	0,085	0,105	1,3	1,6	1,4	1,8	0,07	0,1	0,14
225	250	0,17	0,235	0,22	0,285	0,27	0,335	0,095	0,115	1,5	1,8	1,6	2	0,075	0,105	0,155
250	280	0,185	0,255	0,24	0,31	0,295	0,365	0,105	0,125	1,6	2	1,7	2,3	0,08	0,125	0,17
280	315	0,205	0,28	0,265	0,34	0,325	0,4	0,115	0,14	1,8	2,2	1,9	2,4	0,09	0,13	0,185
315	355	0,225	0,305	0,29	0,37	0,355	0,435	0,13	0,16	2	2,5	2,2	2,7	0,095	0,14	0,195
355	400	0,255	0,345	0,33	0,42	0,405	0,495	0,14	0,17	2,2	2,6	2,5	2,9	0,115	0,165	0,235
400	450	0,285	0,385	0,37	0,47	0,455	0,555	0,15	0,185	2,3	2,8	2,6	3,1	0,135	0,19	0,27
450	500	0,315	0,425	0,41	0,52	0,505	0,615	0,16	0,195	2,5	3	2,8	3,4	0,155	0,215	0,31
500	560	0,35	0,47	0,455	0,575	0,56	0,68	0,17	0,215	2,7	3,4	3,1	3,8	0,18	0,24	0,345
560	630	0,38	0,5	0,5	0,62	0,62	0,74	0,185	0,24	2,9	3,7	3,5	4,2	0,195	0,26	0,38
630	710	0,435	0,575	0,565	0,705	0,695	0,835	0,2	0,26	3,1	4,1	3,6	4,7	0,235	0,305	0,435
710	800	0,485	0,645	0,63	0,79	0,775	0,935	0,22	0,28	3,4	4,4	3,9	5,3	0,26	0,35	0,495
800	900	0,54	0,71	0,7	0,87	0,86	1,03	0,24	0,31	3,7	4,8	4,3	5,5	0,3	0,39	0,55
900	1000	0,6	0,79	0,78	0,97	0,96	1,15	0,26	0,34	4,1	5,3	4,8	6,2	0,34	0,44	0,62
1000	1120	0,665	0,875	0,865	1,075	1,065	1,275	0,28	0,37	4,4	5,8	5,2	7	0,385	0,5	0,7
1120	1250	0,73	0,97	0,96	1,2	1,2	1,44	0,31	0,41	4,8	6,4	5,7	7,6	0,42	0,55	0,79
1250	1400	0,81	1,07	1,07	1,33	1,33	1,59	0,34	0,45	5,3	7	6,3	8,3	0,47	0,62	0,85

¹⁾ Gælder kun for massive aksler af stål og for hulaksler, hvis hul ikke er større end halvdelen af akseldiameteren.

Følgende har gyldighed: Lejer, hvis radialslør for indbygningen ligger i den øvre halvdel af toleranceområdet, monteres med den største værdi for radialslørformindskelse eller den største aksiale forskydningsvej. Tilsvarende bruges minimalværdierne, såfremt lejets radialslør for indbygningen ligger i den nedre halvdel af toleranceområdet.

7.17 Radialslør-formindskelse ved montage af FAG toradede sfæriske rullelejer med konisk boring

Nominal leje- boring d	indtil mm	Radialslør for montage slørgruppe CN (normal)						Formind- skelse af radialsløret ¹⁾		Forskydningsvej på konus 1:12 ¹⁾				Forskydningsvej på konus 1:30 ¹⁾				Kontrolværdi for det mindste radial- slør efter montage		
		min	max	C3 min	max	C4 min	max	min	max	Aksel mm		Bøsning		Aksel mm		Bøsning		CN min	C3 min	C4 min
24	30	0,03	0,04	0,04	0,055	0,055	0,075	0,015	0,02	0,3	0,35	0,3	0,4	-	-	-	-	0,015	0,02	0,035
30	40	0,035	0,05	0,05	0,065	0,065	0,085	0,02	0,025	0,35	0,4	0,35	0,45	-	-	-	-	0,015	0,025	0,04
40	50	0,045	0,06	0,06	0,08	0,08	0,1	0,025	0,03	0,4	0,45	0,45	0,5	-	-	-	-	0,02	0,03	0,05
50	65	0,055	0,075	0,075	0,095	0,095	0,12	0,03	0,04	0,45	0,6	0,5	0,7	-	-	-	-	0,025	0,035	0,055
65	80	0,07	0,095	0,095	0,12	0,12	0,15	0,04	0,05	0,6	0,75	0,7	0,85	-	-	-	-	0,025	0,04	0,07
80	100	0,08	0,11	0,11	0,14	0,14	0,18	0,045	0,06	0,7	0,9	0,75	1	1,7	2,2	1,8	2,4	0,035	0,05	0,08
100	120	0,1	0,135	0,135	0,17	0,17	0,22	0,05	0,07	0,7	1,1	0,8	1,2	1,9	2,7	2	2,8	0,05	0,065	0,1
120	140	0,12	0,16	0,16	0,2	0,2	0,26	0,065	0,09	1,1	1,4	1,2	1,5	2,7	3,5	2,8	3,6	0,055	0,08	0,11
140	160	0,13	0,18	0,18	0,23	0,23	0,3	0,075	0,1	1,2	1,6	1,3	1,7	3	4	3,1	4,2	0,055	0,09	0,13
160	180	0,14	0,2	0,2	0,26	0,26	0,34	0,08	0,11	1,3	1,7	1,4	1,9	3,2	4,2	3,3	4,6	0,06	0,1	0,15
180	200	0,16	0,22	0,22	0,29	0,29	0,37	0,09	0,13	1,4	2	1,5	2,2	3,5	4,5	3,6	5	0,07	0,1	0,16
200	225	0,18	0,25	0,25	0,32	0,32	0,41	0,1	0,14	1,6	2,2	1,7	2,4	4	5,5	4,2	5,7	0,08	0,12	0,18
225	250	0,2	0,27	0,27	0,35	0,35	0,45	0,11	0,15	1,7	2,4	1,8	2,6	4,2	6	4,6	6,2	0,09	0,13	0,2
250	280	0,22	0,3	0,3	0,39	0,39	0,49	0,12	0,17	1,9	2,6	2	2,9	4,7	6,7	4,8	6,9	0,1	0,14	0,22
280	315	0,24	0,33	0,33	0,43	0,43	0,54	0,13	0,19	2	3	2,2	3,2	5	7,5	5,2	7,7	0,11	0,15	0,24
315	355	0,27	0,36	0,36	0,47	0,47	0,59	0,15	0,21	2,4	3,4	2,6	3,6	6	8,2	6,2	8,4	0,12	0,17	0,26
355	400	0,3	0,4	0,4	0,52	0,52	0,65	0,17	0,23	2,6	3,6	2,9	3,9	6,5	9	5,8	9,2	0,13	0,19	0,29
400	450	0,33	0,44	0,44	0,57	0,57	0,72	0,2	0,28	3,1	4,1	3,4	4,4	7,7	10	8	10,4	0,13	0,2	0,31
450	500	0,37	0,49	0,49	0,63	0,63	0,79	0,21	0,26	3,3	4,4	3,6	4,8	8,2	11	8,4	11,2	0,16	0,23	0,35
500	560	0,41	0,54	0,54	0,68	0,68	0,87	0,24	0,32	3,7	5	4,1	5,4	9,2	12,5	9,6	12,8	0,17	0,25	0,36
560	630	0,46	0,6	0,6	0,76	0,76	0,98	0,26	0,35	4	5,4	4,4	5,9	10	13,5	10,4	14	0,2	0,29	0,41
630	710	0,51	0,67	0,67	0,85	0,85	1,09	0,3	0,4	4,6	6,2	5,1	6,8	11,5	15,5	12	16	0,21	0,31	0,45
710	800	0,57	0,75	0,75	0,96	0,96	1,22	0,34	0,45	5,3	7	5,8	7,6	13,3	17,5	13,6	18	0,23	0,35	0,51
800	900	0,64	0,84	0,84	1,07	1,07	1,37	0,37	0,5	5,7	7,8	6,3	8,5	14,3	19,5	14,8	20	0,27	0,39	0,57
900	1000	0,71	0,93	0,93	1,19	1,19	1,52	0,41	0,55	6,3	8,5	7	9,4	15,8	21	16,4	22	0,3	0,43	0,64
1000	1120	0,78	1,02	1,02	1,3	1,3	1,65	0,45	0,6	6,8	9	7,6	10,2	17	23	18	24	0,32	0,48	0,7
1120	1250	0,86	1,12	1,12	1,42	1,42	1,8	0,49	0,65	7,4	9,8	8,3	11	18,5	25	19,6	26	0,34	0,54	0,77
1250	1400	0,94	1,22	1,22	1,55	1,55	1,96	0,55	0,72	8,3	10,8	9,3	12,1	21	27	22,2	28,3	0,36	0,59	0,84

¹⁾ Gælder kun for massive aksler af stål og for hulaksler, hvis hul ikke er større end halvdelen af akseldiameteren.

Følgende har gyldighed: Lejer, hvis radialslør for indbygningen ligger i den øvre halvdel af tolerancområdet, monteres med den største værdi for radialslørfornindskelse eller den største aksiale forskydningsvej. Tilsvarende bruges minimalværdierne, såfremt lejets radialslør for indbygningen ligger i den nedre halvdel af tolerancområdet.

7.18 FAG rulningslejedfetter Arcanol · Data og anvendelsesområder

Betegnelse	Fortykkelsesmiddel	Grundolieviskositet ved 40°C mm ² /s	Konsistensklasse NLGI-klasse	Driftstemperatur °C	Hovedkarakteristik	Anvendelsesområder
Arcanol						
L78V	Lithiumsæbe	ISO VG 100	2	-30 ... +140	Standardfedt for små lejer (D ≤ 62 mm)	Små el-motorer, landbrugs- og byggerimaskiner og husholdningsapparater
L71V	Lithiumsæbe	ISO VG 100	3	-30 ... +140	Standardfedt for større lejer (D > 62 mm)	Store el-motorer, autohjullevler, ventilatorer
L135V	Lithiumsæbe med EP-tilsætninger	85	2	-40 ... +150	Specialfedt for høje omdrejningstal, høje belastninger og høje temperaturer	Valseværker, byggerimaskiner, autolejer, skinnekøretøjer og, spinde- og slibespindler
L186V	Lithiumsæbe med EP-tilsætninger	ISO VG 460	2	-20 ... +140	Specialfedt for højeste belastninger, middel omdrejningstal og middelhøje temperaturer	Minedriftsmaskiner, byggerimaskiner og maskiner for oscillerende bevægelser
L223V	Lithiumsæbe med EP-tilsætninger	ISO VG 1000	2	-20 ... +140	Specialfedt for højeste belastning og lave omdrejningstal	Maskiner som ved L186V, fortrinsvis ved stødbelastninger og store lejer
L74V	Specialsæbe	ISO VG 22	2	-40 ... +100	Specialfedt for høje omdrejningstal og lave temperaturer	Værktøjsmaskiner, spindellejringer og instrumentlejer
L12V	Polyurea	130	2	-40 ... +160	Specialfedt for høje temperaturer	Koblinger, el-motorer og generatorer
L79V	Syntetisk	400	2	-40 ... +260	Specialfedt for højeste temperatur (se sikkerhedshenvisning side 60) og kemisk aggressive omgivelser	Løberuller i bagerimaskiner, stempelpindslejringer i kompressorer, ovnvogne og kemiske anlæg
L166V	Lithiumsæbe med EP-tilsætninger	170	3	-30 ... +150	Specialfedt for høje temperaturer, høj belastning og oscillerende bevægelser	Bladindstilling i rotor på vindmøller og i pakkemaskiner
L195V	Polyurea med EP-tilsætninger	ISO VG 460	2	-35 ... +180	Specialfedt for høje temperaturer og høje belastninger	Stangstøbeanlæg
L215V	Lithium-/kalciumsæbe med EP-tilsætninger	ISO VG 220	2	-20 ... +140	Specialfedt for høje belastninger, stort omdrejningstal-område og høj fugtighed	Valseværkslejer og skinnekøretøjer

Lejemontagesystem

Lejemontagesystem for den erhvervmæssige uddannelse

Litteratur om korrekt montage af rulningslejer findes der meget af; men der mangler for det meste den praktiske del, hvor eleven kan øve så praksisrelateret som muligt. Derfor har lærerne i FAG-lærlingeuddannelsen sammensat lejemontagesystemet.

Dette rulningslejemontagesystem har som mål, at give eleven kendskab til valg af det rigtige leje, faglig korrekt montage og demontage samt vedligeholdelse af rulningslejer. Det er derfor opdelt i to dele. Den teoretiske del omhandler basis-kendskab til rulningslejer, og den praktiske del opøver praktiske færdigheder ved montage og demontage af rulningslejer.

I den teoretiske del lægges der stor vægt på faglige betegnelser, faglige beregninger og fagligt kendskab i øvrigt. Den praktiske del arbejder med hærdede aksler og lejhuse, således at der kan øves utallige gange i montage og demontage af de mest anvendte lejetyper – også ved hjælp af mekanisk eller hydraulisk værktøj.

Stofindholdet er opbygget i små enheder, der i sværhedsgrad ikke overgår, hvad der i dag kræves i de erhvervmæssige uddannelser.

Til lejemontagesystemet kan der tilkøbes montageøvelser i andre aggregater, som f.eks. gear, pumper, værktøjsmaskinespindler, hjullejer m.m.

Tekniske data

Montageskab:	1135 x 710 x 380 mm
Vægt:	94 kg (med indhold)
Montagevinkel:	500 x 300 x 300 mm
Vægt:	40 kg
Til 10 stk montageøvelser:	5 stk aksler 2 stk lejhuse 3 stk aksler og huse
Mindste akseldiameter:	15 mm
Største akseldiameter:	55 mm.

Teoretisk del

Faglige kundskaber
Faglige beregninger
Faglige betegnelser

Praktisk del

Montage af lejer med cylindrisk boring
Montage af lejer med konisk boring
Den hydrauliske metode
Den termiske metode
Øvelser på aksler og lejhuse

Spørgsmål og bestillinger til:

FAG Sales Europe - Danmark

Jens Baggesens Vej 90 P
8200 Århus N
Tlf. 8739 4444
Fax 8739 4445



Yderligere FAG-publikationer

De her opstillede publikationer dækker et bredt udsnit af alle de tilbud FAG har. Yderligere informationsmateriale kan fås på forespørgsel.

Katalog WL 41520	FAG på tysk/engelsk/svensk
Publ. nr. WL 00106	W.L.S. dansk undervisnings-PC-program på dansk
Publ. nr. WL 80102	Den hydrauliske metode til montage og demontage af rulningslejer
Publ. nr. WL 80103	FAG ringstempelpressere (hydrauliske møtrikker)
Publ. nr. WL 80107	Induktive montage- og demontagespoler
Publ. nr. WL 80111	Rulningslejer og rulningslejemontage – lejemontageundervisningssystem for den erhvervmæssige uddannelse
Publ. nr. WL 80123	Rund um das Wälzlager – uddannelsesstilbud fra FAG, Tyskland omhandlende rulningslejer i teori og praksis
Publ. nr. WL 80134	Dansk FAG-videofilm om montage og demontage af rulningslejer
Publ. nr. WL 80135	FAG-videofilm om den hydrauliske metode til montage og demontage af rulningslejer
Publ. nr. WL 81115	Smøring af rulningslejer
Publ. nr. WL 81116	Arcanol (Rulningslejetestet fedt)
Publ. nr. WL 82102	Rulningslejeskader
TI nr. WL 00-11	FAG-videofilm for lejrings teknik
TI nr. WL 80-9	Aluminiumsopvarmning for demontage af inderringe på cylindriske rullelejer
TI nr. WL 80-14	Montage og demontage af toradede sfæriske rullelejer med konisk boring
TI nr. WL 80-38	Montage af sfæriske kuglelejer på klembøsninger
TI nr. WL 80-46	FAG Håndpumpesæt
TI nr. WL 80-47	FAG Induktive opvarmningsapparater
TI nr. WL 80-48	FAG Mekaniske aftrækkere
TI nr. WL 80-49	FAG Slagbøsningssæt EINBAU.SET.ALU og EINBAU.SET.ST
TI nr. WL 80-51	FAG Temperaturmåler TEMP.MG175830
TI nr. WL 80-60	FAG Rulningslejediagnose med FAG-udstyr og tilhørende serviceydelse
TI nr. WL 80-62	FAG Detector
TI nr. WL 80-63	Rulningslejediagnose med FAG Bearing Analyser
TI nr. WL 80-65	Moderne tilstandsbaseret vedligehold ved kontinuerlig overvågning af anlæg og maskiner med FAG Vibrocheck og FAG DTECT X1

The logo consists of the letters 'FAG' in a bold, outlined, sans-serif font, enclosed within a rectangular border.

Rulningslejer

Montage af rulningslejer

Alle opgivelser er omhyggeligt opstillet og kontrolleret.

Vi påtager os dog intet ansvar for evt. fejl og ufuldstændigheder.

Vi forbeholder os ret til ændringer.

© by FAG 1998 · Kopiering, helt eller delvist, må kun ske efter vor tilladelse.

WL 80 100/3 DK/98/2/02 · Printed in Germany by Weppert GmbH & Co. KG, Schweinfurt