

Denne fil er downloadet fra
Danmarks Tekniske Kulturarv
www.tekniskkulturarv.dk

Danmarks Tekniske Kulturarv drives af DTU Bibliotek og indeholder scannede bøger og fotografier fra bibliotekets historiske samling.

Rettigheder

Du kan læse mere om, hvordan du må bruge filen, på
www.tekniskkulturarv.dk/about

Er du i tvivl om brug af værker, bøger, fotografier og tekster fra siden, er du velkommen til at sende en mail til *tekniskkulturarv@dtu.dk*

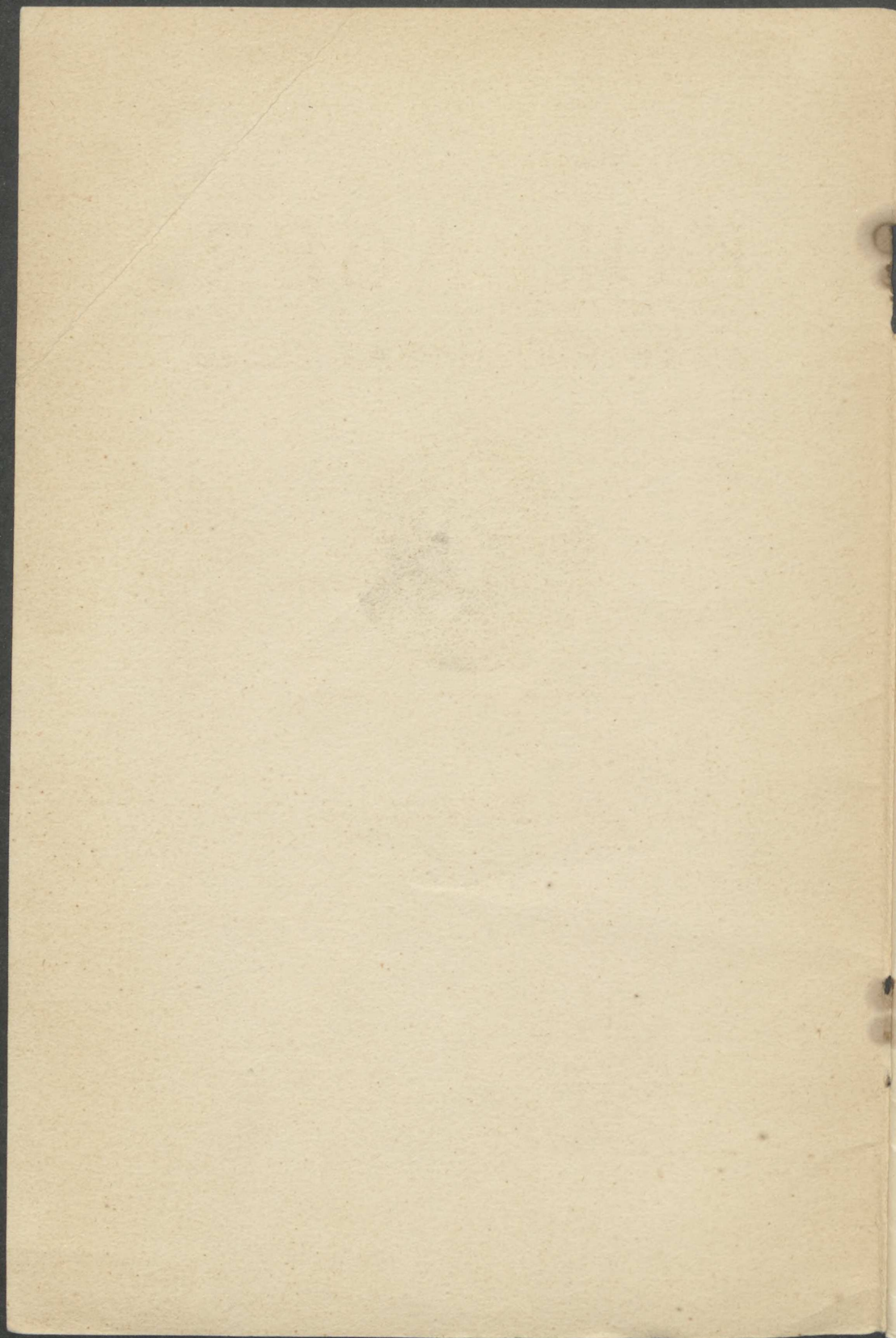
KULLAGER

TEORI och
PRAKTIK



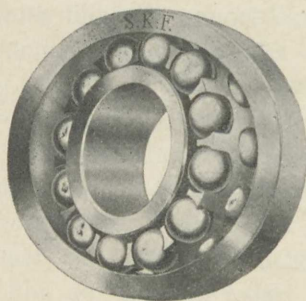
R. CRONSTEDT.

1910
621.82
gl.



KULLAGER

≡ TEORI OCH PRAKTIK ≡



FÖREDRAG AV
RUDOLF CRONSTEDT
INGENIÖR

A-B SVENSKA KULLAGERFABRIKEN
FILIAL KØBENHAVN

V. A. WERDER,
Telegr. Adr: Kullager.

DR. TVÆRGADE 7.
Telef: 8552.

KULLAGER

TEORI OCH PRAKTIK



NORRKÖPING.
Lithografiska Aktiebolaget, 1910.

Kullager, teori och praktik.

EN av de vanligaste detaljerna inom det maskintekniska Inledning.
området är *lagret*. Så snart det gäller uppbärandet av
en roterande maskindel, användes ett lager av en eller
annan konstruktion.

Då en maskin i sin helhet icke är starkare än dess svagaste
detalj, är det av vikt, att särskilt de allmännast förekom-
mande detaljerna ägnas tillbörlig uppmärksamhet med avse-
ende på sin fulländning. Inom området »lager» kan man
ock spåra en kraftig utveckling. Det enklaste tänkbara lagret
är väl det, som man ännu ibland kan få se på landsbygden
för uppbärande av slipstensaxlar. Ett hak i kanten av en
bräda, det är allt; och en spik är bockad över axeln för att
hindra denna att hoppa ur. Detta fyller dock sin uppgift
med de små fordringar, som ställas på detsamma.

Men när fråga blir att uppbära axlar, som rotera med
høgt varvantal eller med stor belastning, stundom båda i för-
ening, så räcka ej sådana primitiva medel.

Industriens fordringar hava allmera stegrats och alltid i
riktning mot sådana anordningar, som äro icke blott drift-
säkra och kraftbesparande utan även behöva minsta möjliga
skötsel och tillsyn. Vi kunna följa lagrens utveckling utefter
tvänne linier. Dels hava förbättringar vidtagits i själva de
konstruktiva anordningarna, och vi kunna här anteckna van-
liga bussningslager, lager med dropp-, vek- och ringsmörj-
ning samt med lubrikatorsmörjning. Dels har utvecklingen
inriktat sig på användandet av olika material, såsom vid lager
med gjutjärnsskålar, eller lager, utfodrade med allehanda
lagermetaller.

Men huru väl än sådana glidlager skötas, så uppkommer
alltid friktion vid ytornas glidning mot varandra, och denna
friktion förorsakar en energiförlust, som omsättes i värme.
Äro lagrets utstrålningsytor för små, så hinner ej denna värme-
mängd bortgå utan förorsakar varmgång. Till en början un-

derskattade man denna energiförlust, men så småningom har man måst erkänna, att den ofta antager rätt avsevärd storlek.

Envar vet att det är lättare att rulla en tunna än att släpa den fram på marken. Detsamma kan tillämpas på området för lagerkonstruktioner. Det gäller här att utbyta glidfriktionen mot rullningsfriktion. Det är dessa synpunkter, som givit upphof till rull-lagret och till kul-lagret.

Rullagret har dock icke nått någon större användning, till hufvudsaklig del därför, att det är svårt, kanske omöjligt att jämnt genomhärda de långa rullarna och de hylsor, i vilka dessa skola löpa, dels ock därför, att rullarna i ett sådant lager gärna ställa sig något snett i förhållande till axeln.

Kullagret däremot har vunnit en ständigt växande spridning inom så gott som alla grenar av maskintekniken. Det är nutidens och i ännu högre grad framtidens lager.

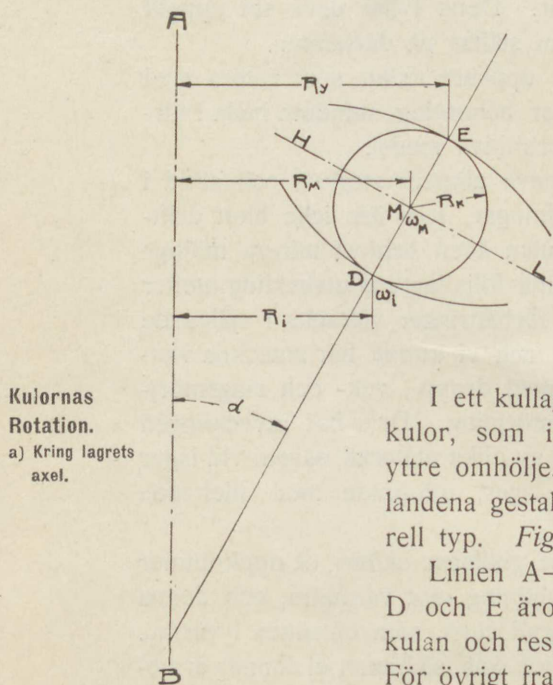
Teori.

Jag har valt som överskrift: »Kullager, teori och praktik». Visserligen komma dessa rader närmast att läsas av praktikens

män, och det kunde därför synas överflödigt att här ingå på några teoretiska spörsmål. Men jag instämmer tillfullo med den man, som yttrat: »det viktigaste för praktiken är, att den har teorien att stöda sig på». Det är därför jag ej vill förbigå teorien i detta sammanhang.

I ett kullager rullar axeln mot ett antal kuler, som i sin ordning rulla mot ett yttre omhölje. Vi vilja nu se hur förhållandena gestalta sig i ett kullager av generell typ. Fig. 1 föreställer ett sådant.

Linien A—B är lagrets rotationsaxel, D och E äro beröringspunkterna mellan kulan och resp. inre och yttre löpbanorna. För övrigt framgå beteckningarna av figuren.



Kulornas
Rotation.

a) Kring lagrets
axel.

Fig. 1.

I ett bestämt ögonblick kan man anse, att kulan i punkten E rullar fram utefter den stillastående yttre löpbanan. Då har punkten M, kulans medelpunkt, hälften så stor hastighet som punkten D. Rör sig den inre löpbanan med en vinkelhastighet ω_i kring axeln A—B, och är dess rotationsradie R_i (hastighet $R_i \cdot \omega_i$), så blir hastigheten hos kulans medelpunkt

$$V_m = \frac{1}{2} \cdot R_i \cdot \omega_i. \quad (I)$$

Men denna hastighet är även $V_m = R_m \cdot \omega_m$,

och man får:
$$\omega_m = \frac{1}{2} \cdot \frac{R_i}{R_m} \cdot \omega_i; \quad (II)$$

Insättes här:
$$R_m = \frac{R_i + R_y}{2},$$

så fås:
$$\omega_m = \frac{1}{1 + \frac{R_y}{R_i}}. \quad (III)$$

I gränsfallet, $R_y = R_i$, det rena axiallagret, antager medelpunktens vinkelhastighet sitt största värde

$$\omega_m = \frac{1}{2} \cdot \omega_i \quad (IV)$$

medan det minsta värdet fås vid rena radiallager.

På motsvarande sätt härledes kulans rotation kring dess egen centrumaxel, H—L. Den blir: b) Kring egen axel.

$$\omega_k = \frac{1}{2} \cdot \frac{R_i}{R_k} \cdot \omega_i, \quad (V)$$

där R_k är kulans radie.

Hittills hava vi sett, att kulorna röra sig dels med en roterande rörelse omkring axelns centrum, A—B, dels med en rotation kring en axel genom sitt eget centrum, H—L. Men kulan har ännu en rörelse. c) Pivoting.

Om materialet i såväl kula som löpbanor vore absolut hårt, så att ingen som helst deformation av dessa inträdde vid belastningen, så skulle beröringen mellan kula och löp-bana, såsom hittills antagits för den teoretiska undersökningen, bliva koncentrerad till tvänne punkter. I verkligheten växa

dess beröringspunkter ut till små ytor, visserligen små, men dock tillräckligt stora för att ej få gå under benämning *punkt*, åtminstone ej med detta uttrycks matematiska betydelse.

De olika punkterna av kulan, som ligga inom dessa ytor, komma i beröring med delar av löpbanorna, som hava olika hastighet på grund av sitt större eller mindre avstånd från rotationsaxeln. Härigenom kommer kulan att åverkas av en vridande kraft, vilken åstadkommer en rotation av kulan kring en axel genom beröringsytornas mittpunkter, D—E, *fig. 1*.

Härledningen av formlerna för denna rörelse är ganska lång, varför här endast resultatet må framhållas. Samma beteckningar, som återfinnas i *fig. 1*, gälla även här.

Kulans vinkelhastighet vid denna s. k. pivoting blir:

$$\omega_p = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{R_k}{R_m} \cdot \sin \alpha} \cdot \cos \alpha; \quad (\text{VI})$$

Denna formel är ej tillräckligt överskådlig, utan visas uti *fig. 2*, värdet ω_p såsom funktion av ω_i för ett medelvärde av

$$\frac{R_k}{R_m} = \frac{1}{5}.$$

Pivotingen är, som synes, störst vid $\alpha = 0^\circ$, rent axial-lager, och når här värdet $\omega_p = 0,5 \cdot \omega_i$, samt avtager till värdet $\omega_p = 0$ för $\alpha = 90^\circ$, d. v. s. vid rent radiellt lager.

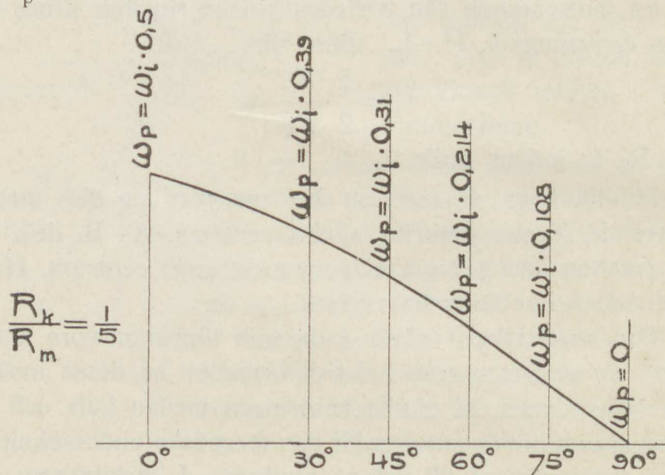


Fig. 2.

Vi funno medelpunktens rotationshastighet kring lagrets Centrifugal-
centrumlinie A—B kraften.

$$\omega_m = \frac{1}{1 + \frac{R_y}{R_i}} \cdot \omega_i,$$

och med ledning härav kunna vi nu uttrycka den centrifugal-
kraft, som åverkar kulan vid lagrets rotation.

Den blir:

$$C = \frac{v}{g} \cdot \frac{\omega_m^2}{R_m} = \frac{v}{g} \cdot \omega_m^2 \cdot \frac{1}{R_i \cdot \left(1 + \frac{R_y}{R_i}\right)^3}; \quad (\text{VII})$$

Att ej centrifugalkraften är fullkomligt utan inverkan på kullagret kan man lätt finna vid användande av denna formel, liksom även praktiken visar att så är förhållandet. Samband mellan de krafter, som åverka kulan.

Under vila, då ingen centrifugalkraft förekommer, måste naturligtvis de krafter, med vilka kulan belastas, hålla varandra i jämvikt. De angripa i beröringspunkterna och äro riktade in mot kulans centrum. De äro lika stora. (Se fig. 3).

Vid rörelse tillkommer centrifugalkraften, C. Den angriper i kulans centrum och verkar vinkelrätt mot lagrets rotationsaxel. Härigenom tvingas kulan något ur sitt läge. Beröringspunkterna förskjutas så, att jämvikt inträder mellan de å kulan verkande krafterna. Kulan förflyttar sig nämligen ej i krafternas plan utan vinkelrätt mot detta.

De kraftkomposanter, som verka i axiel riktning, måste vara lika stora och motsatt riktade. Kalla dem P. (Se fig. 4). Vinkelrätt mot axeln, i radiel riktning, verka krafter sådana, att

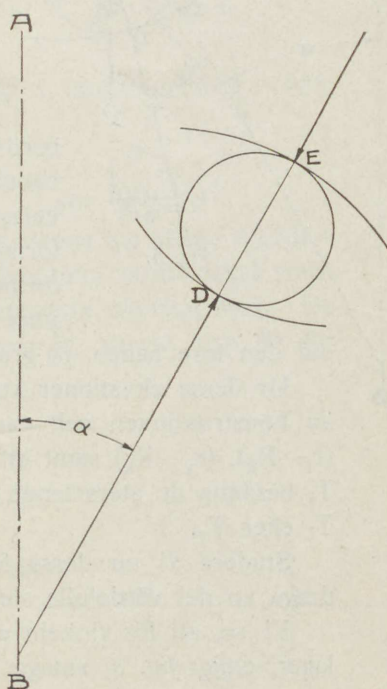


Fig. 3.

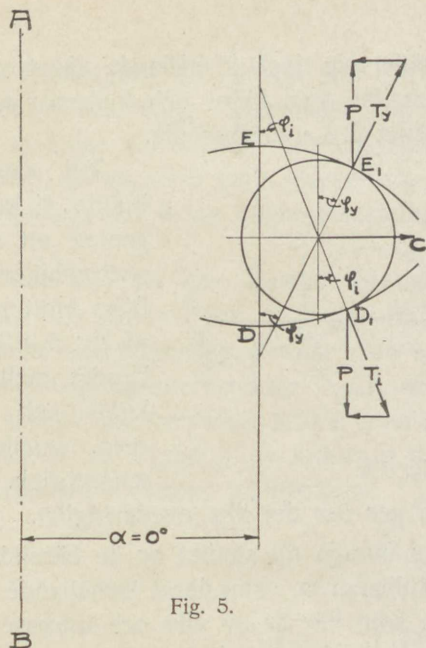


Fig. 5.

Vid ett rent radiallager enligt *fig. 6*, motsvarande $\alpha = 90^\circ$, uppträda trycken

$$T_y = \frac{P}{\cos(90 + \varphi_y)}; \text{ och } T_i = \frac{P}{\cos(90 - \varphi_i)}.$$

Ett väl tillverkat radiallager av denna typ tillåter emellertid endast ett mycket obetydligt glapprum, varför också vinklarna φ_y och φ_i , *se fig. 4*, måste vara ofantligt små. De närma sig ock till gränsvärdet $\varphi = 0^\circ$, varvid man får för rena radiallager:

$$T_y = T_i = \frac{P}{0} = \infty; \quad (\text{XIII})$$

Av denna formel framgår, att vid rena radiallager (*enl. fig. 6*) trycken i beröringsytorna antaga oändligt stora värden, så snart axialtrycket P får en mätbar storlek. Dessa lager kunna således ej upptaga något axialtryck.

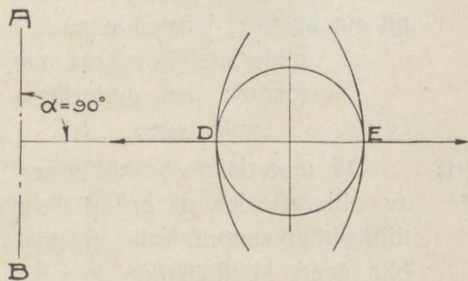


Fig. 6.

I praktiken ställer sig dock förhållande något olika på grund av den deformation, som kulor och löpbanor tack vare materialets elasticitet äro underkastade.

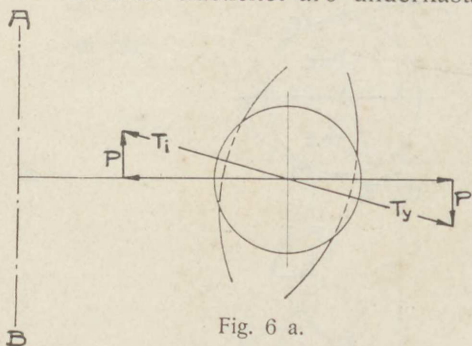


Fig. 6 a.

Till samma resultat kunde vi kommit lättare genom att studera detta specialfall ensamt. Vi behöva blott kasta en blick på *fig. 6 a* för att se sambandet mellan trycket å kulan och den radiella resp. axiella komponentens storlek. Men den all-

männa teorien ger oss det lika ovedersägligt.

En kulas bärformåga. Vi vilja nu övergå till studiet av de bärande elementen, kulorna och kulbanorna, samt deras förhållande till varandra.

Den fråga, som här är av vikt och intresse för oss, är: *Hur stor belastning kan en kula uthärda?*

Vid alla redogörelser i detta ämne bruka framdragås de av Professor Stribeck utförda försöken, som afsågo dels att undersöka giltigheten av de formler, som af fysikern Hertz uppställts för belastningen av fullkomligt elastiska kroppar, dels ock att vidare utveckla dessa formler särskilt vad gäller deras användning vid belastningen av kulor.

Att här närmare ingå på dessa omfattande försök skulle föra oss för långt, varför jag endast vill nämna, att enligt Stribeck den tillåtna belastningen för en kula är

$$P = k \cdot d^2; \quad (\text{XIV})$$

där d är kulans diameter och k en koefficient, som varierar till sin storlek, beroende på

materialet hos kula och kulbana,

formen hos underlaget, varav beror den s. k. ansmygningen.

Materialets inverkan.

Då materialets beskaffenhet något varierar hos stålkulor av olika storlek på grund därav, att det är svårare att fullt tillförlitligt genomhärda en stor kula än en mindre sådan, så blir även koefficienten k i någon mån beroende av kulans storlek. Koefficienten minskas vid ökning av kuldiametern.

Stödytans form spelar en mycket stor roll för kulans för- **Ansmygning.**
måga att uppbära belastning. Det inses lätt, att denna ökas,
ju närmare stödytan till formen överensstämmer med den
uppburna kulan, ju närmare ytan smyger sig an kulan. Ju
bättre ansmygningen är, desto högre belastning fårman kulan
upptaga.

Fig. 7 visar oss ett par typiska former af stödytan:
A) Kula—Kula, B) Kula—Plan, C) Kula—Skål.

För att mäta ansmygningen, brukar man använda sig af
den s. k. "ansmygningkoefficienten". Då som i Fig. 7 A
tvänne kulator trycka mot varandra, brukar man uttrycka denna
koefficient såsom en funktion af kulornas diametrar, eller
rättare af förhållandet mellan diametrarna.

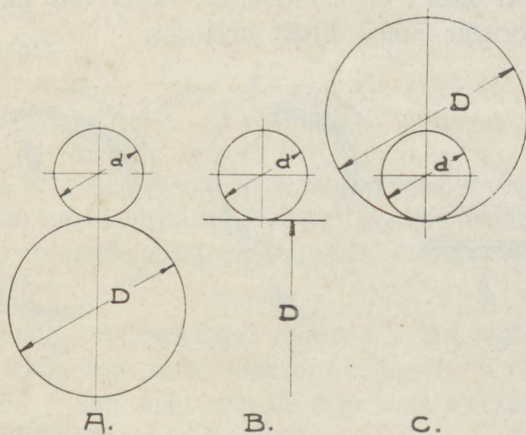


Fig. 7.

Kalla kulornas diametrar d och D , samt sätt $D = \varphi \cdot d$.
Då är ansmygningkoefficienten

$$\phi = \left(\frac{\varphi}{\varphi + 1} \right)^2; \quad (XV)$$

I fallet 7 B växer D till ∞ , varför även $\varphi = \infty$;

I fallet 7 C har D ett ändtligt värde, men är till skillnad från
fallet 7 A negativ.

Ett par exempel må anföras för att förtydliga detta.

- 7 A. $D=2, d=1, \varphi=2;$
 $\psi = \left(\frac{2}{2+1}\right)^2 = \left(\frac{2}{3}\right)^2 = 0,45.$
- 7 B. $D=\infty, d=1, \varphi=\infty;$
 $\psi = \left(\frac{\infty}{\infty+1}\right)^2 = 1.$
- 7 C. $D=-2, d=1, \varphi=-2;$
 $\psi = \left(\frac{-2}{-2+1}\right)^2 = \left(\frac{-2}{-1}\right)^2 = 4.$

Förhållandena i ett kullager gestalta sig dock olika mot här ovan behandlade fall. Stödytan är nämligen vid ett kullager krökt olika i olika riktningar, varför icke dessa ovanstående formler kunna direkt användas.

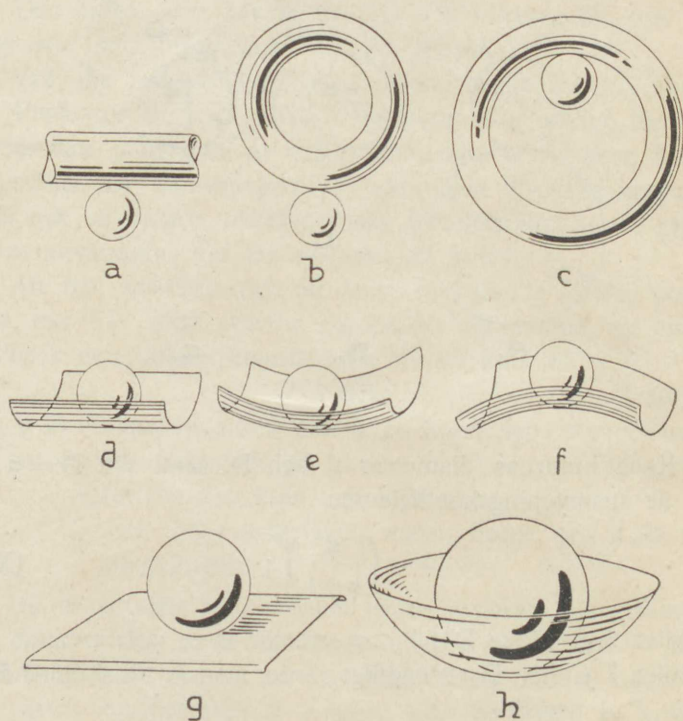


Fig. 8.

Figur 8 åskådliggör ett par olika fall huru stödytan kan vara formad. Sätts maximi- och minimi-diametrarna till resp. $D_{\max}$ och $D_{\min}$, så kan den oregelbundet krökta ytan tänkas utbytt mot en imaginär sfer med en diameter sådan, att

$$\frac{1}{D} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{D_{\max}} + \frac{1}{D_{\min}} \right) \quad (\text{XVI})$$

därvid $D_{\max}$ och $D_{\min}$ givas positiva eller negativa tecken allefter som krökningen är riktad motsatt mot eller åt samma håll som kulans krökning.

Därefter kan formeln (XV) användas.

Ett exempel även här för att förtydliga sammanhanget.

Vi antaga en form hos stödytan i enlighet med *fig. 8 f*. och välja $D_{\max} = 75$; $D_{\min} = -25$; (Tecknet beroende av krökningen).

Vi erhålla:

$$\frac{1}{D} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{75} - \frac{1}{25} \right);$$

som ger: $D = -75$;

I detta fall skulle vi således få samma ansmygning som om kulan hade legat i en skål, *Fig. 7 C*, med en diameter $= 75$.

Det är formerna enligt *fig. 8 e* och *8 f*, som förekomma vid kullager.

Alla kullor i ett radiallager hjälpa ej i lika grad att upp- Lastfördel-
taga det tryck, som axeln utövar mot lagret. Kulorna del- ningen i ett
taga härvid i den mån som de ligga nära tryckriktningen. kullager.
Fig. 9 åskådliggör lastfördelningen. A. Radiallager.

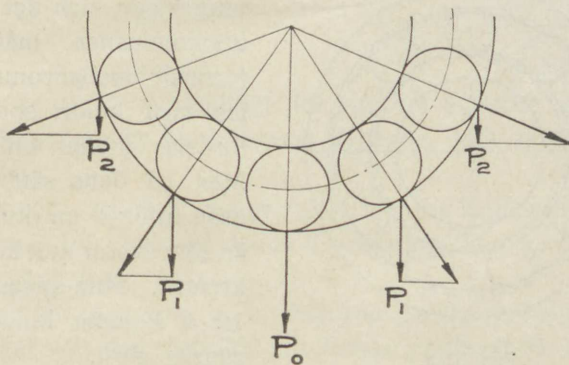


Fig. 9.

Man får

$$P = P_0 + 2P_1 + 2P_2 + \dots$$

och man kan vid ett kulantal av mellan 10 och 20 kuler per rad med tillräcklig noggrannhet sätta såsom mått på den största kraft, med vilken en kula blir belastad

$$P_0 = \frac{5}{z} \cdot P; \quad (\text{XVII})$$

där z är antalet kuler i lagret, och P är den totala kraft, för vilken lagret tages i anspråk.

Ju större antalet kuler är, desto mindre blir äfven den del af belastningen, som av varje kula upptages, och det är därför förklarligt, att fabrikanterna söka i sina lager använda ett så stort antal kuler som möjligt, dock utan uppgivande af de fordringar, som kunna ställas på kulornas storlek.

Därmed komma vi de praktiska frågorna närmare.

Ett sätt för kulornas infyllande i lagren visas av *Fig. 10*.

Den inre ringen lägges excentriskt i förhållande till ytterringen, och det sålunda uppkommande mån-skäreformade mellanrummet fyller med kuler, som sedan fördelas uteder omkretsen. Men på detta sätt kan endast införas en kula mera än som svarar mot halva omkretsen. Som synes av *Fig. 10 a* komma kulorna här ganska glest.

Kulornas
införande i
lagren.

Fig. 10.

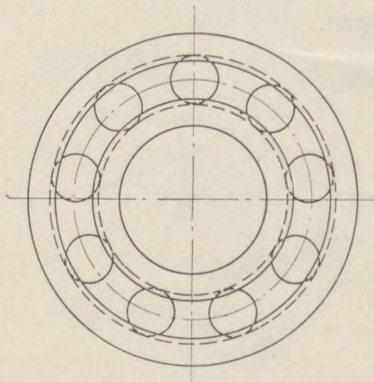


Fig. 10 a.

Fig. 11 visar ett lager, i vilket kulorna äro ifyllda enligt ett annat förfaringssätt. Här ligga kulorna tätt.

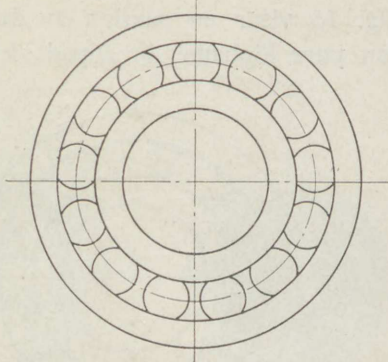


Fig. 11.

Fig. 12 visar baksidan av detta lager, och denna fig. samt fig. 13 röja även lagrets "baksida" i en annan och sämre bemärkelse. Vi se den "ifyllningsöppning", som upptages i såväl ytter- som innerringen. Genom denna införs kulorna till spåret i mitten av löpringarna. Men det är ju självklart, att en sådan kanal, som från sidan stöter till spåret i löpringarna, dels försvagar dessa, dels ock skadar själva den bana å löpringen, utefter vilken kulorna skola rulla fram.

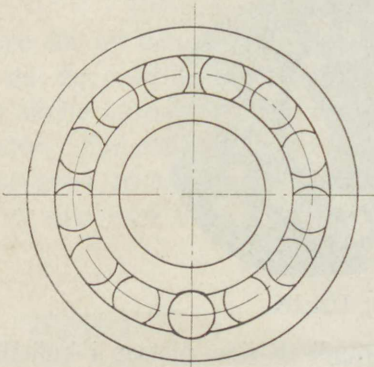


Fig. 12.

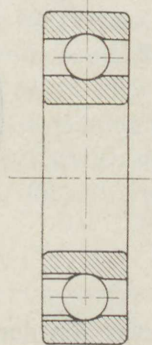


Fig. 13.

Det är därför tvivelaktigt och mycket omstritt, vilket av dessa förfaringssätt för kulornas ifyllande, som skall lämnas företrädet.

Ett tredje sätt användes av A. B. Svenska Kullagerfabriken, Göteborg. Ett lager av denna tillverkning, de s. k. "S K F"-lagren, visas i fig. 14.

Även här äro som vi se, kulorna ganska fulltaliga, men detta lager har inga särskilda ifyllningsöppningar för kulorna.

Fig. 15 visar en sektion av detta lager, varav framgår, att den yttre löpbanan är slipad sferisk. Genom denna anord-

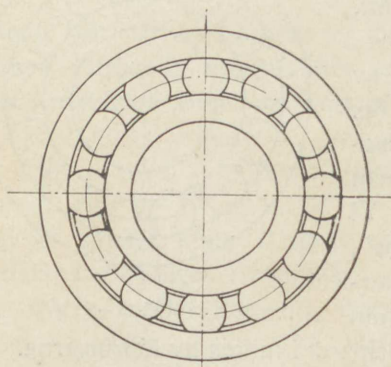


Fig. 14.

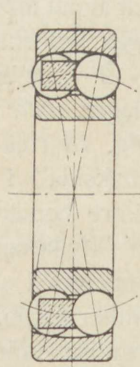


Fig. 15.

ning kan den inre ringen med kulor vridas ur den yttre ringens plan såsom *fig. 16* visar, därvid kulorna lätt kunna

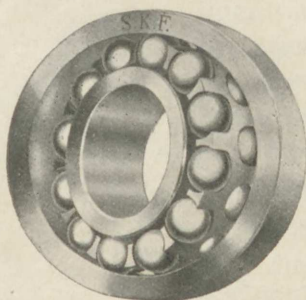


Fig. 16.

åtkommas för deras införande å sina platser i kulhållaren. Som synes är detta lager försett med tvänne rader kulor varigenom en ytterligare ökning av kulantalet ernås.

Fig. 17—18 visa ännu några lager av samma tillverkning.

B. Axiallager. Vid axiallager, rätt konstruerade och rätt inbyggda, upptaga alla kulorna sin andel av den totala belastningen, och man kan säga, att den största kraften, varmed en kula blir belastad, är:

$$T_0 = \frac{1}{z} \cdot T; \quad (\text{XVIII})$$

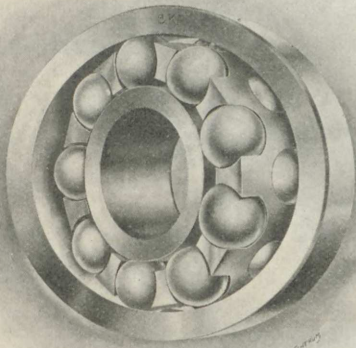


Fig. 17.

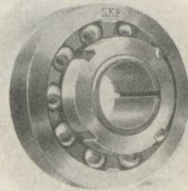


Fig. 18.

Men för att detta skall gälla, så måste lagret vara så utfört, att det inställer sig i den riktning, som axeln fordrar. Elljest skulle all belastningen koncentreras på en eller ett fåtal kuler. För att ernå denna automatiska inställning bör en av kullagrets brickor vara vid stödytan slipad sferisk och vila mot ett säte med samma form. Vår bild, *fig. 19*, visar ett

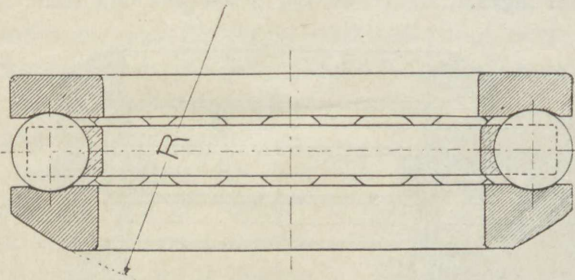


Fig. 19.

sådant lager i sektion, och å *fig. 20* och *21* se vi olika sådana lager av lätt och grov typ.

Dessa lager äro s. k. enkelverkande. Trycket från axeln kan upptagas endast i den ena riktningen. Skulle kraften

växla riktning, så lyftes här den övre skålen från kulorna, och lagret verkar ej. I sådant fall, då lasten stundom är



Fig. 20.

riktad åt ena, stundom åt andra hållet, måste s. k. dubbelverkande lager användas. Dessa äro i allmänhet endast en

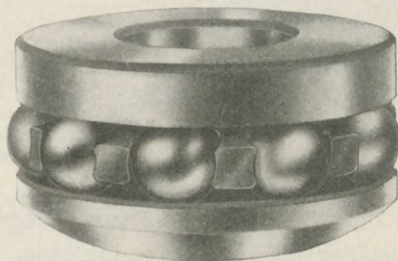


Fig. 21.

kombination av tvänne enkelverkande lager, där den ena lagerbrickan är gemensam för bägge lagren. Fig. 22 visar ett sådant lager.

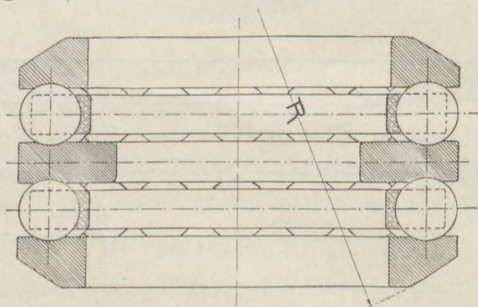


Fig. 22.

Den mellersta brickan fastspännes mot en ansats å axeln, de båda yttre stöda mot sina säten. Vid växlande kraftriktning upptages trycket av den ena eller den andra kulraden.

Dessa lager bestå, som vi se, av ett stort antal delar, trenne brickor och två rader kulor, som sammanhållas av sina kulhållare. Det är ofta vid användandet av kullagren besvärligt att hålla reda på alla dessa delar. De kunna förkomma eller förväxlas med andra delar, som tillhöra någon

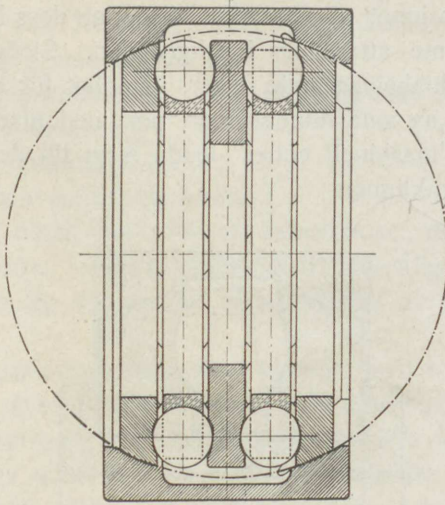


Fig. 23.

liknande lagertyp, men dock ej äro av samma dimensioner. Ju mera man kan tillgodose det bekväma handhavandet av lagret genom att göra det till en maskinell enhet, desto bättre. En lagerkonstruktion, där detta tillfullo lyckats, visas av *fig. 23*.

Här äro samtliga delarne för-
enade inom ett gemensamt ytter-
hus, varigenom lagret får den
egenskapen att vara en "enhet".
På grund av den sferiska slipnin-
gen av anliggningsytorna mellan
de båda yttre ringarna och den
omslutande hylsan, kan hela "in-
nanmätet" inställa sig på sätt som
axeln önskar. *Fig. 24* visar huru
lagret ser ut med detta "innan-

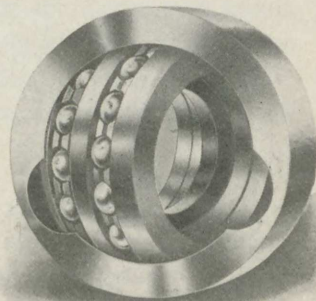


Fig. 24.

mäte" vridet ur lagrets plan. Genom de å figuren synliga urtagningarna i den omslutande hylsan instoppas lagrets olika delar.

I ett lager av ovan visade konstruktion kunna emellertid endast användas kulor av relativt ganska liten diameter. Skulle större kulor komma till användning, bleve därigenom lagrets dimensioner så väsentligt ökade, att dess fördelar därigenom komme att ställas i bakgrunden. Strävan efter att erhålla ett dubbelverkande lager, lämpligt för stora belastningar, men av små dimensioner, och med bibehållande av egenskapen "maskinell enhet" ledde fram till den av *fig. 25* visade konstruktionen.

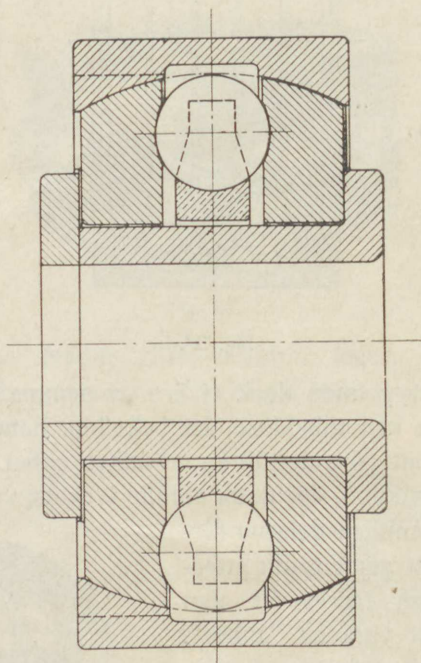


Fig. 25.

Då trycket kommer från högra sidan, upptager den högra ringen trycket från axeln. Den släpper sin kontakt med den yttre hylsan och överför genom kulorna trycket till den vänstra ringen, som pressas fastare mot hylsan, samt genom denna till lagerhuset. Den inre hylsan är fast förenad med

axeln. På grund av den sferiska slipningen av den yttre omslutande hylsan inställer sig även detta lager automatiskt i det läge, som axeln önskar, varigenom en fullt likformig fördelning av belastningen å samtliga kulorna ernås.

Då vi nu studerat kullagren i teori och även delvis i **Belastningsfall.** praktik, vilja vi se vilka fall av belastning, som i allmänhet förekomma och för vilka således även kullagret blir utsatt.

De enkla belastningarna äro:

Radial-belastning	(motsvarande bärlager),
Axial-belastning	(» dubblager),
Kombinerad Radial- och Axial-belastning	(» kamlager).

Men till dessa enkla fall av belastningar, därvid de verkande krafterna vanligen kunna med tillräcklig säkerhet beräknas, sälla sig ock en del belastningsfall av mera komplicerad art.

En transmissionsaxel, som har att mellan tvänne lager uppbära en eller flera remskivor och som vid dessa åverkas av remspänningar, kan icke undgå att bliva formförändrad på grund av materialets elasticitet. Axeln får en viss nedböjning, varav följer, att dess centrumlinje krökes. Härigenom komma axelns och lagrets centrumlinier ej att överensstämma. Detta är ett sedan länge känt faktum, mot vars olägenhet man sökt skydda sig genom att förse lagerhusen med s. k. kulrörelse. Men ofta nog fästes ej tillbörlig uppmärksamhet härvid.

En annan källa till opåräknade och oberäkneliga påkänningar i lagren äro de förändringar, de sättningar, som kunna förekomma inom maskinstativ eller byggnader. Även kunna felaktig eller illa utförd montering eller "riktning" av en axel förorsaka påkänningar inom lagren, ingalunda ägnade att förlänga deras nyttiga livslängd.

Dessa komplicerade belastningar, som i praktiken förekomma, kunna anses sammansatta av flera eller färre av här nedan uppräknade faktorer:

Radial-belastning,
Axial-belastning, samt belastningar, härrörande från
Axelns nedböjning,

Sättningar eller dylikt inom maskin eller byggnad,
Felaktig montering och riktning.

Ganska ofta, säkerligen oftare än man är benägen föreställa sig, skall man vid en noggrann undersökning av förhållandena finna de flesta av dessa faktorer representerade. Det är de tryck, som härleda sig från dessa faktorer, och vilka icke med tillräcklig noggrannhet kunna beräknas, som förorsaka lagrens förtidiga slitande och förstörande.

**Belastningar-
nas inverkan
på kullager.**

Vilken inverkan hava dessa faktorer på kullagren?

Vi skilja härvid på radiallyger och axiallager, emedan förhållandena vid dessa gestalta sig något olika.

A. Radiallyger.
a) Radialbelastning.

Vid radiallyger behöva vi ej särskilt studera inverkan på lagret av den rent radiallya belastningen. Eftersom lagret är konstruerat för att upptaga denna, så har redan tillbörlig hänsyn tagits till densamma.

b) Axialbelastning.

Axialbelastningen däremot, för vilken lagren ej äro avsedda, måste till sina verkningar studeras. Ett rent radiallyt lager, sådant som visas av *fig. 26*, kan enligt vad vi i den teoretiska undersökningen (se formel XIII) funnit, ej upptaga något tryck i axiel riktning.

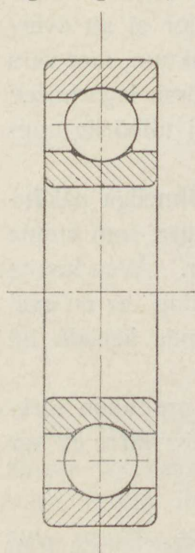


Fig. 26.

Om ett sådant lager aningen från början, tack vare mindre omsorgsfull tillverkning, eller ock på grund av nötning blir något glappt, så inställa sig ringarna och kullorna vid axial belastning så, att lagret i någon mån blir koniskt, och därigenom kan upptaga ett visst axialtryck.

Fig. 27 visar i överdriven skala, huru förhållandena gestalta sig vid ett vanligt enkelradigt radiallyt lager, som utsättes för axiel belastning.

Enligt formel XVII hafva vi funnit, att den största

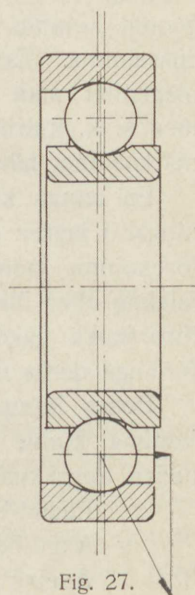


Fig. 27.

last, som tillkommer en kula på grund av radialbelastningen är:

$$P_0 = \frac{5}{z} \cdot P;$$

och av formel XVIII framgår, att den största axialbelastningen av en kula uppgår till

$$T_0 = \frac{1}{z} \cdot T;$$

Härvid är att märka, att den inbördes storleken av kraftkomposanterna P_0 och T_0 måste vara sådana, att resultaten L_0 går från beröringspunkten in mot kulans centrum. Ju mera koniskt ett lager är, ju större blir den tillåtna axialbelastningen i förhållande till den samtidigt tillåtna radialbelastningen.

Sammansätts dessa till en resultant, så får denna värdet:

$$L_0 = \sqrt{\frac{25}{z^2} \cdot P^2 + \frac{1}{z^2} \cdot T^2}. \quad (\text{XIX})$$

Vid ett sådant dubbelradigt kullager, där verkligen båda kulraderna jämt delas om att upptaga det radiella trycket fås storleken av den sammansatta belastningen till

$$L_0 = \sqrt{\frac{25}{4z^2} \cdot P^2 + \frac{1}{z^2} \cdot T^2} \quad (\text{XX})$$

där z är antalet kulor per rad.

Fig. 28 visar ett kullager "S K F" under dessa förhållanden. Vi se, att utan någon nerslitning eller glapp kan detta kullager på grund av sin konstruktion upptaga ett visst axialtryck.

Genom den nedböjning av axeln, som ofta blir en följd av dennas belastning, tvingas den inre ringen att inställa sig i ett annat plan än yttre ringen. Detta åskådliggöres i överdriven skala av fig. 29 och 30.

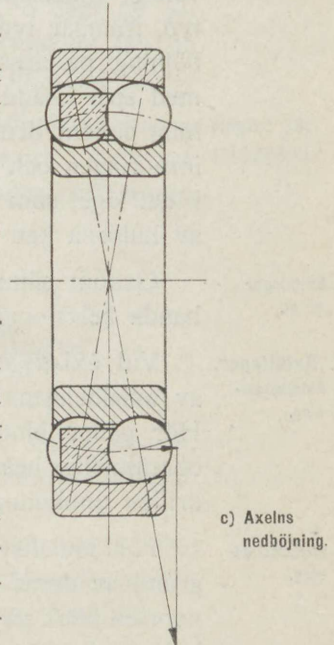


Fig. 28.

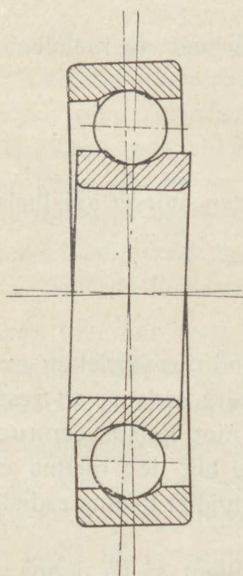


Fig. 29.

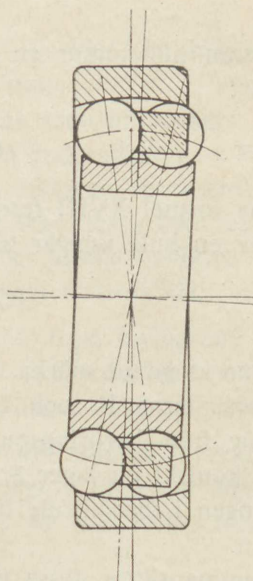


Fig. 30.

Av dessa jämförande figurer, den ena framställande ett vanligt enkelradigt kullager, den andra ett lager av "S K F"-typ, framgår tydligare än genom ord inverkan av axelns nedböjning på dessa olika lagertyper. I det enkelradiga lagret med spår i båda ringarna utsättas kulorna för en kraftig klämning genom denna nedböjning, vid "S K F"-typen följa den inre ringen och kulorna med axelns rörelse och inställa sig i det läge, som förhållandena påfordra. Någon "klämning" av kulorna kan ej här ifrågakomma.

d) Sättningar
m. m.

Genom sättningar, felaktig montering m. m. uppstå enahanda belastningar, som här ovan omnämnts.

B. Axiallager.

a) Axialbelastning.

Vid axiallager behöfver ej här särskilt studeras inverkan av axialbelastningar, för vilka dessa lager äro konstruerade. Här gäller blott att undersöka verkan av oberäknade och oberäkneliga belastningarna, som uppstå på grund av de under driften uppkommande extra belastningarna.

b) Radialbelastning.

För radialtrycks upptagande lämpa sig ej dessa lager på grund av deras allmänna konstruktion, vilket lättast inses genom en blick på fig. 31. Uppkommer ett radialtryck, så bliva kulorna kraftigt klämda, "fastkilade", mellan löpringarna.

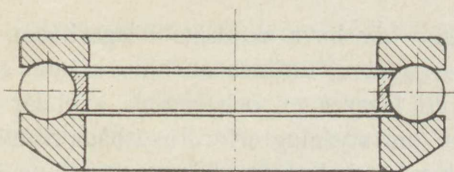


Fig. 31.

Om axeln genom belastningen inställes snett, varvid den ena lagerskålen medföljer denna, så synes enligt *fig. 32*, att

e) Axels
utböjning.

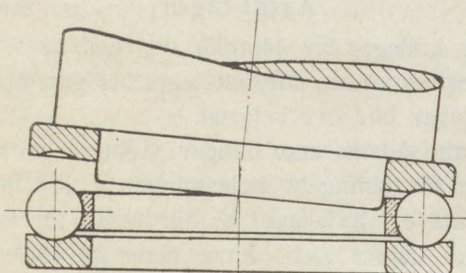


Fig. 32.

hela trycket kommer att koncentreras på en eller ett par kulor, därest ej den andra lagerskålen på grund av sferiskt slipad stödyta kan följa denna rörelse. (Se *fig. 31*.)

Med hänvisning till dessa flyktiga undersökningar kunna uppställas en del allmänna regler för kullagers inbyggnad, vilka måste iakttagas, för att ett godt resultat skall kunna uppnås.

Regler för
inbyggnad.

Vi sammanfatta dem här:

Regler för inbyggnad af kullager.

Radial-lager.

1. Välj ett kullager av lämplig typ och av sådan storlek, att säkerhet vinnes för, att lagret ej genom oberäknade påkänningar blir överbelastat.
2. Den inre ringen bör vara säkert fästad på axeln. Det är bäst att driva lagret på axeln eller att fästa det mellan mutter och ansats eller medelst uppskuren konisk bussning och mutter.

3. Ytterreringen bör hava skjutsäte i lagerhuset.
4. Löpringarna få ej utsättas att bliva klämda till oval form.
5. Endast *ett* lager å en och samma axel får styra i axiel led, även om styrning erfordras i båda riktningarna. De övriga lagren skola vara fria att förskjuta sig i sina lagerhus. Denna regel måste följas, för att lagren ej på grund av axelns längdförändringar genom temperaturväxlingar skola utsättas för oberäknade axialtryck.

Axial-lager.

1. Välj ett kullager av lämplig typ och av sådan storlek, att säkerhet vinnes för, att lagret ej genom oberäknade påkänningar blir överbelastat.
2. Tillse, att sådana anordningar vidtagas, som tillförsäkra en jämn fördelning av belastningen å alla kulorna.
3. Tillse, att ett axiallager ej blir utsatt för tryck i radial riktning. Lagret skall hava plats att röra sig i sidled.

Regler för
vården af
kullager.

Samtidigt med dessa regler för inbyggnad må nämnas några

Regler för vården af kullager.

1. Kullagren böra smörjas, men är smörj-åtgången ofantligt liten. Lämpligt smörjmedel är en blandning av lika delar kemiskt ren vaselin och vaselinolja, eller ock prima motorolja. God cylinderolja har visat sig lämplig, där lagren äro monterade i fuktiga lokaler. Denna olja förhindrar nämligen i någon mån rostbildningen.
2. Kullagren måste hållas fria från damm och smuts, fuktighet och syra. Särskilt de senare inverka menligt på lagrens bestånd.

Kraftekonomi.

Vid sådana anläggningar, där elektrisk kraft kommer till användning, kan ganska lätt ett mätningstal erhållas, huru mycket drivkraft, som åtgår för övertvinnande av motstånd i axelledningar och maskiner, då dessa "gå i tomgång". Detta är en improduktiv kraftåtgång, en ren kraftförlust. Den har sin grund i följande orsaker:

Remmarnas adhesion mot remskivorna,

„ motstånd mot böjning,

„ friktion mot luften,

Remskivornas friktion mot luften,

Axelledningarnas lagerfriktion,

Lösskivornas lagerfriktion.

Det är beroende av de lokala förhållandena huru stora dessa förluster äro. Stundom kan det motstånd, som förorsakas av remmars och remskivors friktion mot luften eller av remmarnas adhesion och böjningsmotstånd vara övervägande, stundom däremot de, som leda sitt ursprung från axelledningars, lösskivors och andra roterande delars friktion mot sina lager.

Kraftförlusterna på grund av lagerfriktion intaga i allmänhet en dominerande ställning såsom medverkande orsaker till de improduktiva kraftförlusterna. Det är därför som strävan inom alla moderna verk målmedvetet går därhän att utbyta äldre lagertyper mot de modernaste, mest kraftbesparande anordningar, som i detta avseende bjudas, nämligen kullager.

Storleken av de indirekta årliga utlägg, varmed en industriell anläggning blir belastad på grund av friktionsförluster i lagergångar, är i allmänhet betydande, och säkerligen större än driftsledarne vanligen beräkna.

Prov utförda i praktiken för att visa den totala improduktiva kraftförlusten i transmissionsanläggningar giva vid handen, att dessa förluster uppgå till 30 à 40 % av den vid full drift i anspråk tagna kraften, och att undantagsvis kraftförlusterna stigit till så häpnadsväckande siffror som 60 à 70 % lämnande blott 40 à 30 % resp. av kraften kvar till verkligt effektivt arbete.

Av dessa förluster åter kommer i allmänhet den avgjort största delen på lagerfriktionens konto, och utförda prov hava visat, att genom omläggning av driften till kullager kunna sparas ända till 60 à 75 % av hela den improduktiva kraftförlusten. Någon generellt gällande siffra kan här av helt naturliga skäl icke givas, emedan denna besparing är beroende av förhållandena i varje särskilt fall. Om vi antaga

en anläggning, som för sin nuvarande drift erfordrar 100 hkr, och vi räkna med en så låg förlustprocent som 30 %, så skulle vid en besparing av 50 % av dessa förluster genom omläggning av driften till kullager göras en direkt vinst i erforderlig kraft av 15 Hkr.

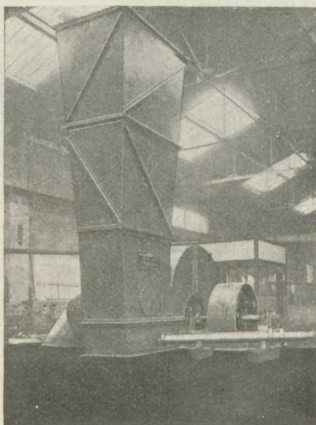
Denna besparing av drivkraft jämte den samtidigt uppträdande besparingen på kontot "smörjmedel och tillsyn" giva god ränta på ett kapital, som är betydligt större än kostnaden för driftens omläggning enligt dessa moderna grunder. Det har också visat sig, att dessa lager på mycket kort tid inbetalat sig, och att de framkallat en sänkning av de allmänna produktionskostnaderna till fördel för industriens vinstkonto.

I de efterföljande figurerna visas några afbildningar av diverse maskiner och maskindelar, i vilka kullager S K F med synnerlig fördel kommit till användning, liksom även ett par lager av något större dimensioner än vanligt, även av tillverkning S K F.

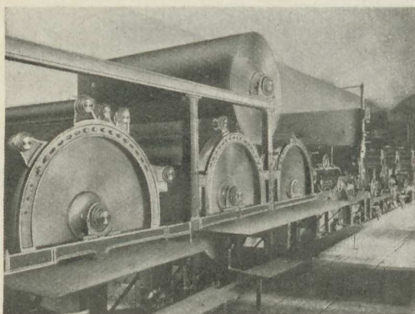
Man kan fullkomligt tryggt förutsäga, att den moderna industrien i allt större utsträckning kommer att använda sig av kullager, emedan det nu, och ännu mera i framtiden, gäller för densamma att icke lämna något medel obeaktat för ökande av produktionsförmågan och för minskande av driftskostnaderna. Bland dessa medel intaga kullagren en framskjuten plats, vilken de alltjämnt komma att bibehålla tack vare alltmer fulländade konstruktioner och alltmer fullkomnat material.

Därför kan man nu våga det uttalandet att

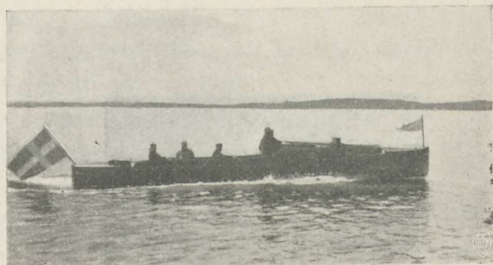
"Framtiden hör kullagren till".



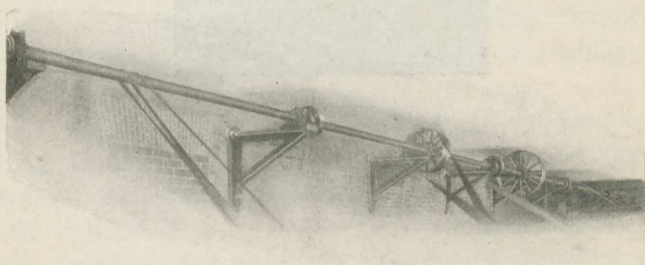
Fläkt.



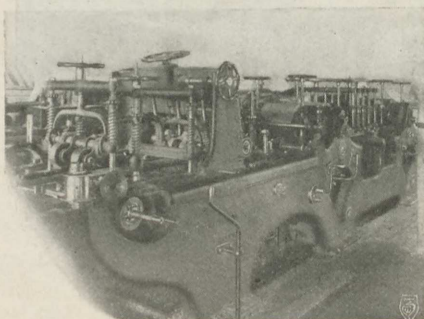
Torkeylindrar.



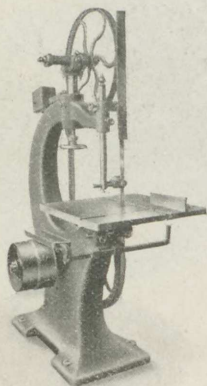
Motorbåt.



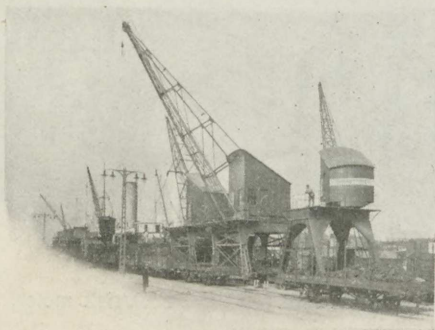
Transmissions-axel.



Export-hyvelmaskin.



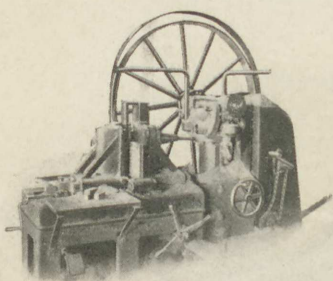
Mindre bandsåg.



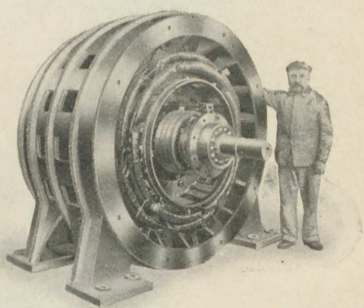
Kaj-kranar.



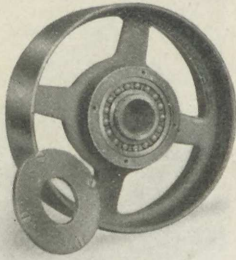
Automobil.



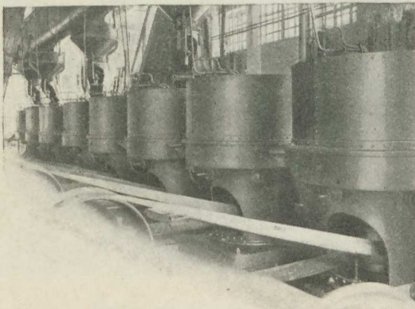
Bandklyvsåg.
Såghjulets diameter 1400 mm.



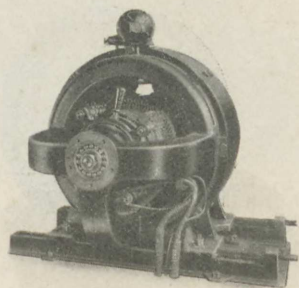
Elektrisk motor. 850 hästkrafter.



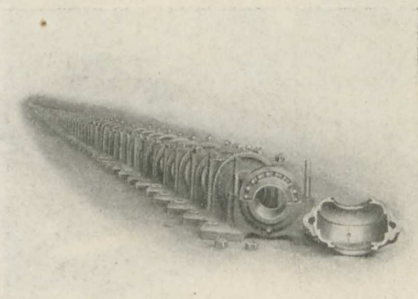
Lösskiva.



Sockercentrifuger.



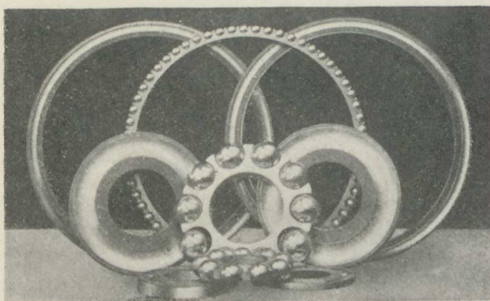
Mindre elektrisk motor.



Transmissionslager.

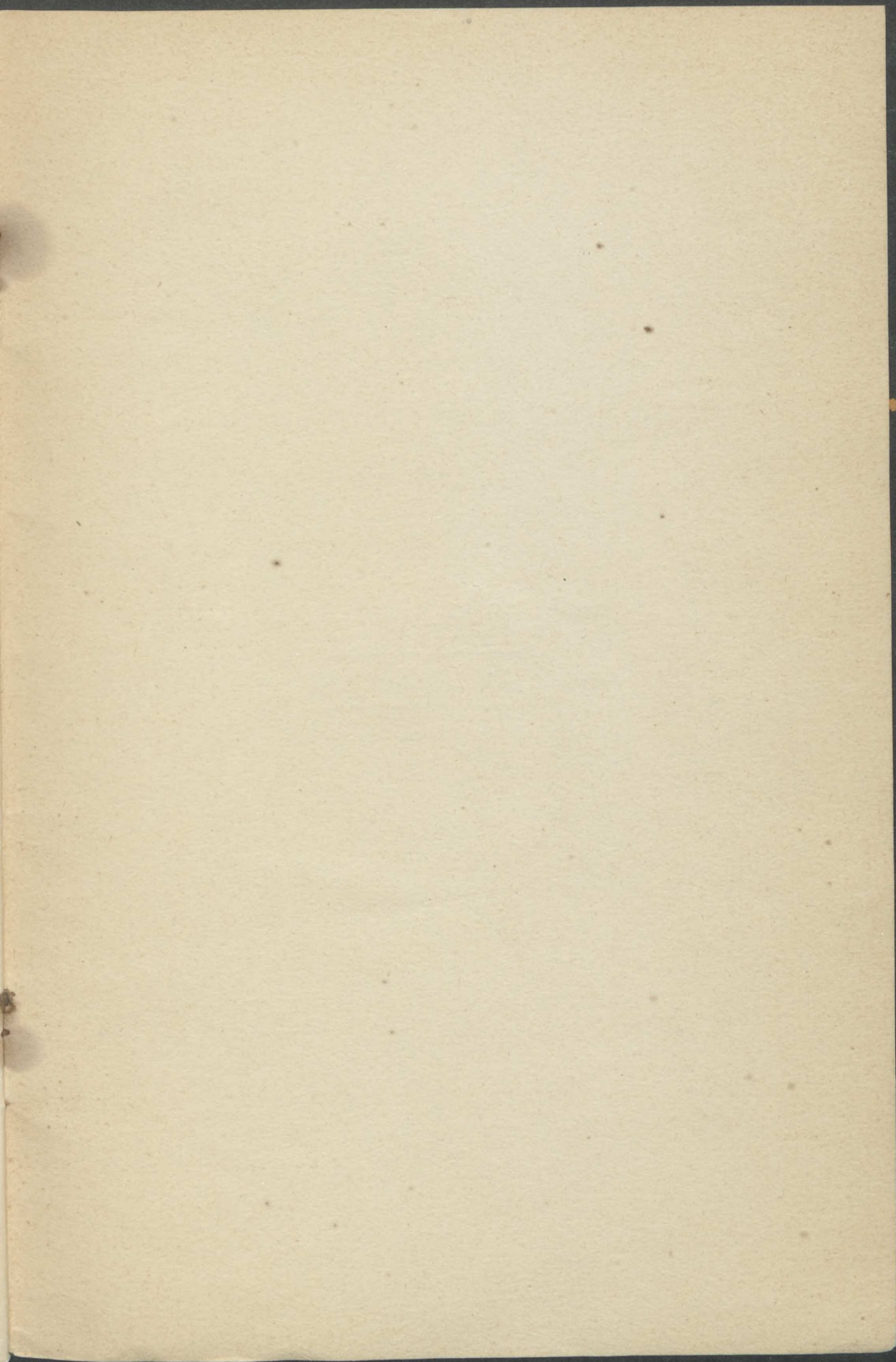


Stora axiallager.



Stora axiallager.

	Diameter		Kulor	Vikt
	inv.	utv.		
Bakre lagret.....	520 m/m.....	620 m/m.....	60 st. 1"	27 kg.
Mellersta »	160 »	340 »	10 » 3"	70 »
Främre »	100 »	215 »	9 » 2"	19,5 »



PRIS 25 ÖRE