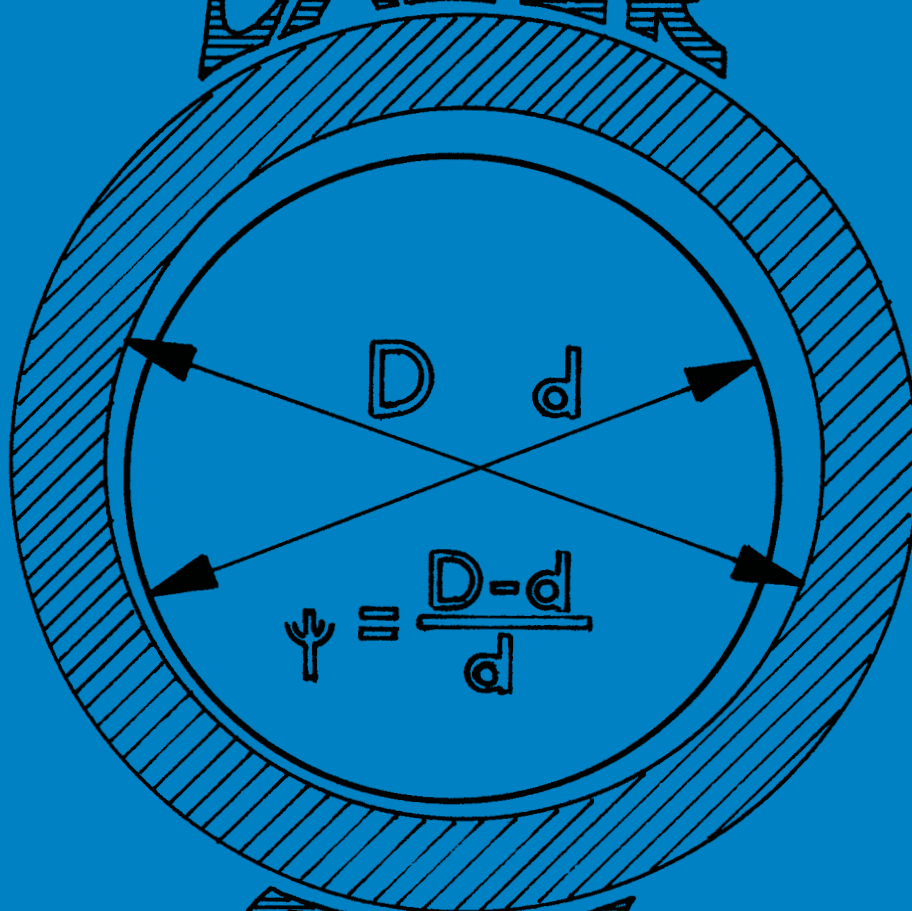




TU TEKNISKA UNDERLAG 5240-01

# LAGER



# SPEL

FÖR GLIDLAGER AV BRONS



# JOHNSON METALL AB

## Innehållsförteckning

Lagerspel hos radiallager	sid 1
Lagerspel vid förhöjd temperatur	2
Lagerspel - glidhastighet	5
Belastningens inverkan på lagerspelet	6
Fettsmorda glidlager	9
Självmörjande glidlager	12
Olika faktorerers inverkan på spelet	13
Dimensionsförändringar p.g.a. press - eller krymppassning	13
Lagerspel och toleranser	14

## LAGERSPEL HOS RADIALLAGER

Lagerspelet -s- utgör skillnaden mellan lagrets invändiga diameter och axelns diameter.

Detta spel är nödvändigt av flera skäl. Bl.a. för bildandet av den bärande, kilformiga oljefilmen vid hydrodynamiska driftsförhållanden vilken separerar axel och lager, varvid metallisk kontakt under drift undviks.

Dessutom skall lagerspelet ta upp skillnader i utvidgning som uppstår mellan axel och lager vid eventuell temperaturhöjning. I sådana fall utvidgar sig axeln ofta mer än lagret p.g.a. att lagret sitter inspänt och ej har möjlighet att fritt expandera. I extrema fall kan lagerdiametern t.o.m. minska. Man inser då lätt lagerspelets betydelse för att förhindra att lagringen nyper, skär ihop och havererar.

Till grund för lagerspelets storlek ligger till stor del erfarenhetsvärden - 0,3 - 5 ‰ av axeldiametern beroende på glidhastighet, belastning och dimension. Vidare inverkar lagermaterial, typ av smörjmedel, samt längd - diameterförhållande på spelets storlek.

För högbelastade, långsamtgående lager väljer man små spel och för snabbgående, lätt belastade lager, väljes större lagerspel.

Fett och torrfilmsmorda lager kräver oftast större spel beroende på det tjockare smörjmedlet, samt att lagertemperaturen under vissa driftsförhållanden kan bli avsevärd ( 100 - 200 ° C ).

Som riktvärden kan följande nämnas: 2 ‰ för axeldiameter 200 mm och 5 ‰ för 40 mm:s axel.

Relativa lagerspel mindre än 1 och större än 10 ‰ är ej att anse som relevanta för fettsmorda lager vid rotationsrörelse. Däremot kan fettsmorda lager för länk- och ledrörelser ( pendlande rörelser ) i stort sett ha samma spel som oljesmorda lager. Beträffande fettsmorda lager, se separat avsnitt.

### Lagerspel vid förhöjd temperatur

Vid obetydlig uppvärmning av lager och axel motsvaras driftsspelet i stort sett av inbyggnadsspelet.

Vid större uppvärmning - mer än  $20^{\circ}$  - bör man undersöka om en minskning av lagerspelet kan väntas p.g.a. skillnader i värmeutvidgningen hos axel, lager och lagerhus. Denna förminskning måste i så fall adderas till driftsspelet så att relevant inbyggnadsspel erhålles.

---


$$S_e = s + \Delta s$$


---

$S_e$  = inbyggnadsspel

$s$  = driftsspel

$\Delta s$  = speltillskott

Axelns värmeutvidgning är relativt enkel att beräkna. Däremot är det något omständigare att beräkna invändig lagerdiameter vid övertemperatur beroende på att olika material oftast används i lager och lagerhus. Dessutom har eventuell kylning av lagringen inverkan på utvidgningen, liksom alstrad friktionsvärme.

Om axel och lager intar högre temperatur p.g.a. friktion eller annan värme-källa ( t.ex. varmvatten eller het gas, ånga genom hål i axeln etc. ) måste skillnaden i utvidgning mellan axel och lager beräknas. Samma sak gäller precisionslager där driftsspelet måste hållas så litet som möjligt.

### Axelns värmeutvidgning

---


$$\Delta d_a = d_a \cdot \alpha \cdot \Delta t$$


---

$d_a$  axelns diameter

$\alpha$  axelmaterialets utvidningskoefficient

$\Delta t$  övertemperatur i grader.

### a. Lagringar med relativt fria utvidgningsmöjligheter

Beträffande lagrets utvidgning gäller följande;

Lagerhuset betraktas som en ringformad kropp med rektangulärt tvärsnitt, i vilket lagret med förhållandevis liten godstjocklek är inpressat. Lagrets dimensionsförändring med avseende på invändig diameter fås ur följande uttryck;

$$\Delta d_l = d_l \frac{s_l \cdot E_l \cdot \alpha_l \cdot \Delta t_l + s_h \cdot E_h \cdot \alpha_h \cdot \Delta t_h}{s_l \cdot E_l + s_h \cdot E_h}$$

$d_l$	nominell invändig lagerdiameter
$s_l$	lagrets godstjocklek
$E_l$	lagrets elastitetsmodul
$\alpha_l$	lagrets utvidgningskoefficient
$\Delta t_l$	lagrets övertemperatur
$s_h$	husets godstjocklek
$E_h$	husets elastitetsmodul
$\alpha_h$	husets utvidgningskoefficient
$\Delta t_h$	husets övertemperatur

I de fall då  $\Delta d_a$  är större än  $\Delta d_l$  blir speltillskottet

$$\Delta s = \Delta d_a - \Delta d_l$$

Om  $\Delta d_a$  fås mindre än  $\Delta d_l$  sättes  $\Delta s = 0$

### b. Lagringar med små eller inga utvidgningsmöjligheter

Lager med större godstjocklek inpressade i stela maskinstativ, växer vid uppvärmningen inåt.

Under antagandet att axel och lager intar samma temperatur blir speltillskottet;

$$\Delta s = \Delta d_a + \Delta d_l$$

I detta fall beräknas  $\Delta d_l$  ur;

$$\Delta d_l = 2 s_l \cdot \alpha_l \cdot \Delta t_l$$

När lagertemperaturen stiger kommer också omgivande lagerläge och maskinstativ att inta en högre temperatur.

Emedan stora stativ ej helt och hållet intar lagertemperaturen måste man räkna med att även lagerläget kan växa inåt som följd av lokala värmeexpansioner.

I dessa fall är en allmän beräkning sällan möjlig. Erfarenhet i kombination med noggrannt övervägande får ligga till grund för bedömningen hur stor korrigeringen av spelet skall vara.



### Lagerbelastningens inverkan på lagerspelet.

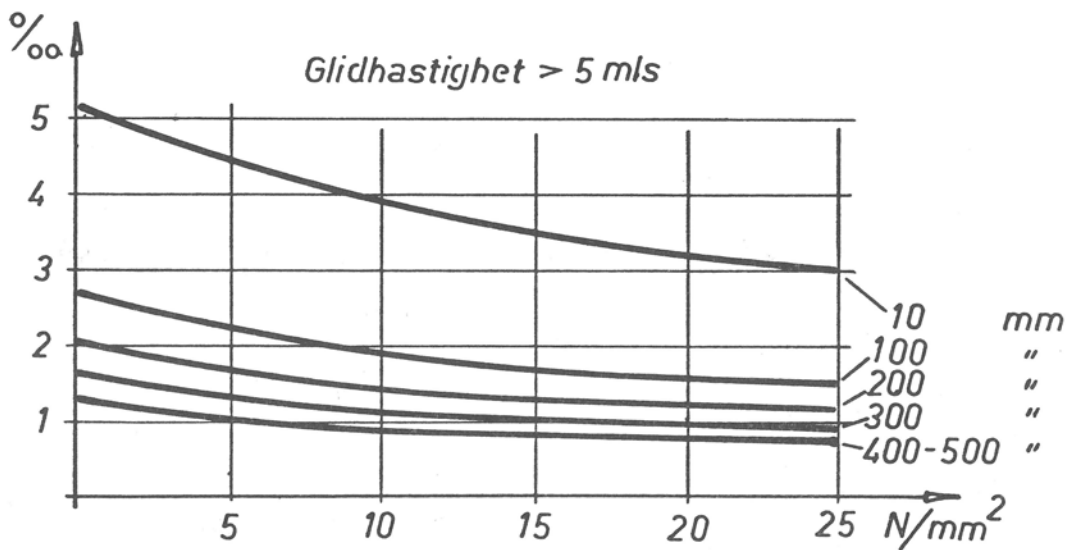
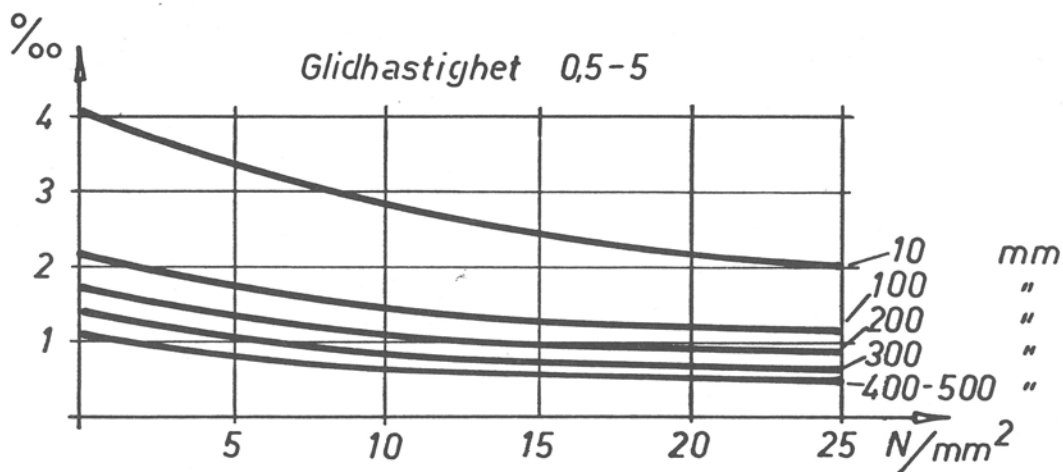
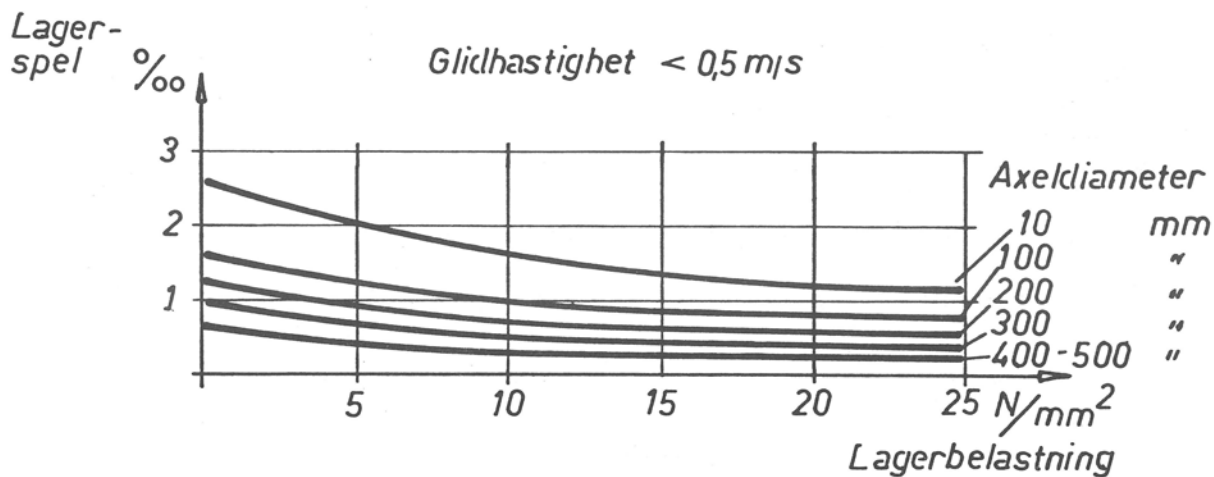
Spelet mellan axel och lager påverkas också av belastningens storlek. Vid stora belastningar skall lagerspelet vara mindre än vid små belastningar. Som tidigare nämnts har glidhastigheten motsatt effekt beträffande lagerspelet, alltså spelet ökar med glidhastigheten. Både dessa faktorer måste beaktas.

Tre diagram har därför framtagits, där man för olika glidhastighetsområden (  $v < 0,5$  m/s,  $v = 0,5 - 5$  m/s och  $v > 5$  m/s ) kan avläsa lämpligt relativt lagerspel ( ). Diagrammen avser oljesmorda glidlager.

Se diagram omstående sida.



## LAGERSPEL OLJESMORDA GLIDLAGER



Om diagrammet översätts till tabellform, får man nedanstående resultat. Lagrens invändiga tolerans efter ipressning är H8. Beroende på belastnings- och glidhastighetsområde erhålles lämplig axeltolerans direkt i tabellen.

### Oljesmorda glidlager

Inv. lager diam. tol.	< 0.5 m/s.			= 0.5-5 m/s.			> 5 m/s.		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
10 H8	g6	g6	g7	f7	f7	e7	e7	e7	e7-8
25 "	g7/f7	f7	f7	f7	e7	e7	e7	e7/d7	d7
50 "	f7	f7/e7	e7	e7	e7-8	d7	d7	d8	c8
75 "	f7	e7	e7	e7-8	e7/d7	d7-8	d8	c8	c8
100 "	f7/e7	e7	e7	e7-8	e7-d7	d7-8	d8	c8	c8
200 "	e7	e7	e7/d7	e7/d7	e7/d7	c8	d8/c8	c8	c8
300 "	f7	e7	e7/d7	e7/d7	d7-8	c8	d8/c8	c8	c8
400 "	f7	f7/e7	d7	e7	d7	d8/c8	d8	c8	c8
500 "	f7	f7/e7	d7	d7/e7	d7	-0.34 -0.40	-0.32 -0.38	-0.37 -0.43	c8

A →  $p > 10 \text{ N/mm}^2$

B →  $p = 5-10 \text{ N/mm}^2$

C →  $p < 5 \text{ N/mm}^2$

### Fettsmorda glidlager

I många fall smörjer man sina glidlager med fett. Detta gäller framförallt lagringar som arbetar vid låga glidhastigheter och intermittent drift.

Fett är ju ett "tjockare" smörjmedel än olja och håller sig därför bättre på plats än olja.

Vid låga glidhastigheter har fett bättre bärförmåga men ger däremot högre friktionstal och värmebortledningen blir sämre. Som nämnts i inledningen bör lagerspelet för fettsmorda lager vara större än vad som gäller oljesmorda lager.

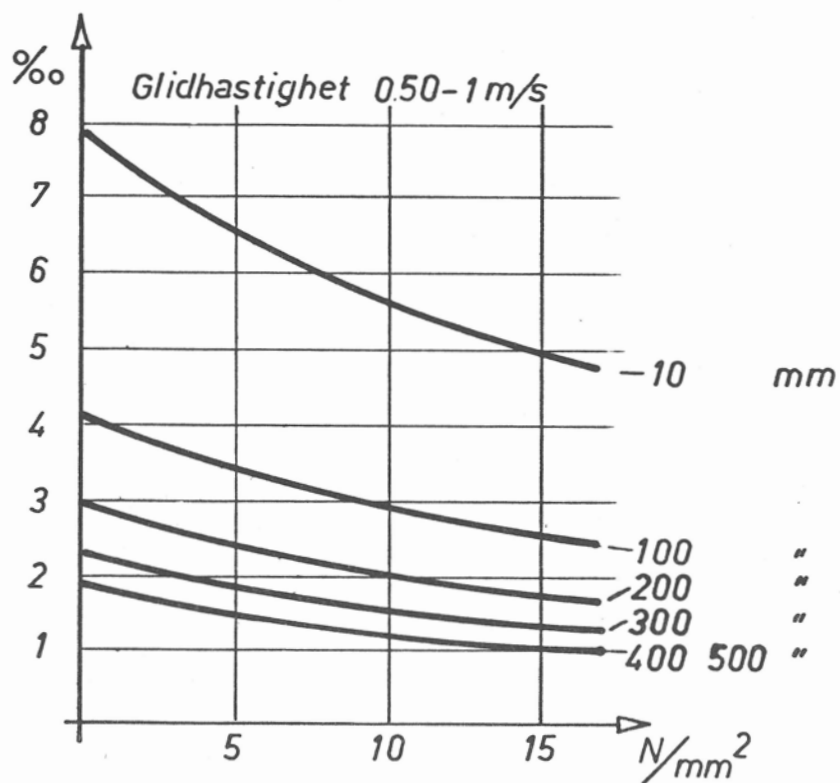
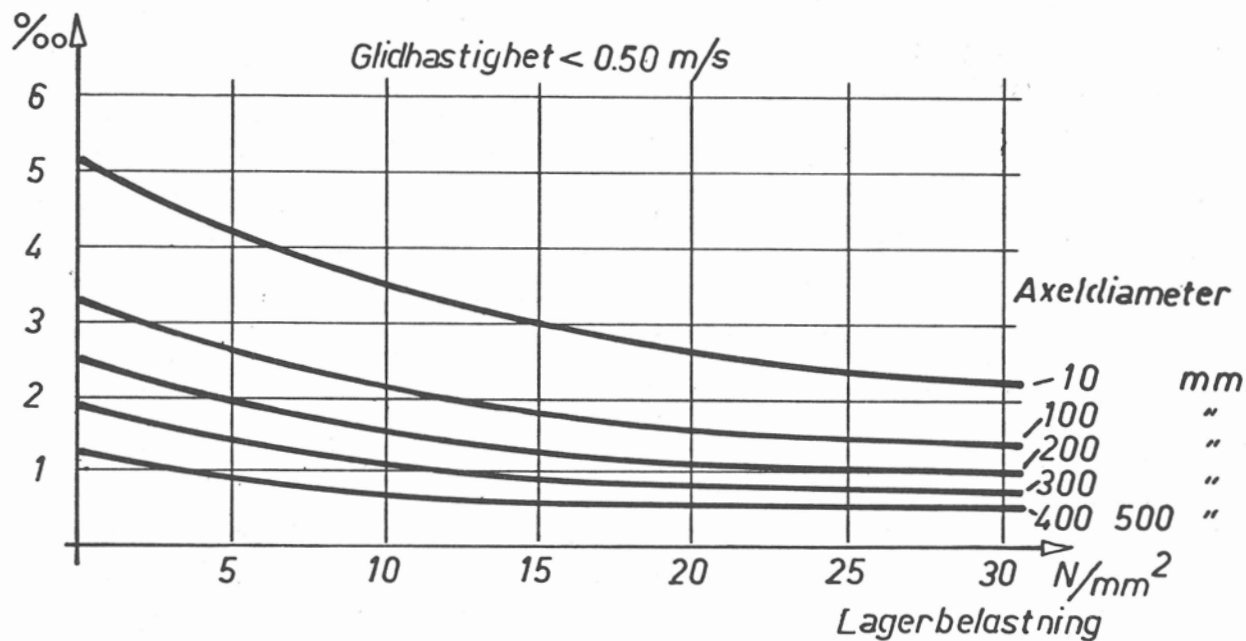
Följande diagram kan användas för att bedöma lämpligt driftlagerspel för roterande eller pendlande rörelser där belastningen i huvudsak är enkelriktad.

Där belastningsriktningen är växlande, utföres fettsmorda lager vanligen med samma spel som oljesmorda lager.

Beträffande drift vid höga temperaturer, måste man i en del fall beräkna spelet i "kallt" tillstånd enligt avsnittet - Lagerspel vid förhöjd temperatur.

### LAGERSPEL FETTSMORDA GLIDLAGER

Lager-  
spel



Lämpliga axeltoleranser för fettsmorda lagringar kan avläsas i tabellen där en uppdelning gjorts, beroende på glidhastighet och belastning. Gäller roterande rörelse med enkelriktad belastning.

Inv. lager diam. tol.	v < 0,50 m/s			v = 0,50 - 1,0 m/s		
	A	B	C	A	B	C
10 H8	e7	e7	f7	d8	d8	d7
25 H8	d7-8	d7	e7	c8	c-d8	d8
50 H8	c8	d8	d7	-0,18 -0,21	-0,15 -0,18	-0,12 -0,15
75 H8	-0,20 -0,24	c8	d8	-0,26 -0,29	-0,22 -0,25	-0,18 -0,21
100 H8	-0,25 -0,30	c8	d8	-0,33 -0,37	-0,27 -0,31	-0,22 -0,26
200 H8	-0,40 -0,44	c8	d8	-0,47 -0,52	-0,39 -0,44	-0,29 -0,34
300 H8	-0,43 -0,48	c8	d8	-0,58 -0,63	-0,43 -0,48	-0,34 -0,39
400 H8	-0,45 -0,50	-0,33 -0,38	d8	-0,63 -0,70	-0,52 -0,58	-0,40 -0,46
500 H8	-0,49 -0,55	-0,34 -0,40	d8	-0,74 -0,80	-0,59 -0,65	-0,44 -0,50

A Belastningen  $p < 5 \text{ N/mm}^2$

B Belastningen  $p 5 - 10 \text{ N/mm}^2$

C Belastningen  $p > 10 \text{ N/mm}^2$

### Självmörjande glidlager

Bronslager av självmörjande typ förekommer i flera varianter, sintrade lager ex. oljebrons, grafitbrons etc. samt solida bronslager med inbyggt, fast smörjmedel.

Oljebronslager är porösa lager, impregnerade med olja. Denna olja bildar en tunn smörjfilm vid rörelse mellan axel och lager. I stort sett gäller därför samma "spelregler" som för oljesmorda solida bronslager. Tillverkarna föreskriver toleranskombinationen F7/h8 för lager resp.axel.

Solida bronslager med fasta smörjmedel arbetar med lagerspel som beroende på dimensioner och driftsförhållanden varierar mellan 0,8 och 10 <sup>0</sup>/oo. Mera ingående information erhålles ur specialbroschyren Oiles 500.

Beträffande DRYMET plastbelagda rundbockade glidlager varierar lagerspelet mellan 1 och 10 <sup>0</sup>/oo även här beroende på dimensioner och driftsförhållanden Detta framgår närmare i specialbroschyren DRYMET - tunnväggiga flerskikt-lager.

Beroende på glidlagrets konstruktion, driftsbetingelser m.m. kan dessutom följande faktorer ha inverkan på lagerspelets storlek i ena eller andra riktningen.

Faktor	Mindre spel	Större spel
Lagermaterial	Mjukt (mindre E-modul) Blybrons (Vit metall)	Hårt (större E-modul) Tenn, alum.brons
Förhållande B/D	$B/D < 0,8$	$B/D > 0,8$
Lagerläge	Självinställande	Stelt
Typ av last	Växlande	Enkelriktad

Dimensionsförändring av invändig lagerdiameter vid montage av glidlager med press - eller krymppassning.

---

Glidlager som skall monteras i lagerhus med press - eller krymppassning kommer att få sin invändiga diameter något reducerad.

Förminskningsgraden är beroende på greppets storlek. En vanlig kombination är H7/p6, där H7 är lagerlägets tolerans och p6 avser lagrets utvändiga diameter.

Efter montage av bronslager i ställagerhus med nämnda toleranskombination, blir sannolik toleransförändring avseende invändig diameter den att toleransläget flyttas ett steg samtidigt som toleransvidden ökar med en enhet.

Exempel. E7 blir H8 och F7 blir E8 efter ipressning.

En god tumregel säger också att invändig lagerdiameter reduceras med c:a 80 % av greppets storlek.

### Lagerspel och toleranser

När man står i begrepp att översätta det förutbestämda lagerspelet till toleranser, gäller det att välja dessa så att värdet på lagerspelet hamnar så nära toleranslägets medelpunkt som möjligt. Detta framgår av följande exempel.

För ett lager med invändig diameter 35 mm har man bestämt att relativa lagerspelet skall vara 1,5 ‰. Axels dimension är  $\emptyset 35 f7 \begin{pmatrix} -0,025 \\ -0,050 \end{pmatrix}$ , vilket ger ett medelvärde av c:a 0,037 mm.

1,5 ‰ ger för diameter 35 mm ett spel på 0,053 mm. Lagrets invändiga diameter skall alltså förses med en tolerans som har medelvärdet  $0,053 - 0,037 = 0,016$  mm.

Efter sökande i toleranstabellen finner man att 35 H8  $\begin{pmatrix} +0,039 \\ 0 \end{pmatrix}$  har medelvärdet +0,019. Detta värde visar sig ligga närmast +0,016. Alltså väljer man tolerans H8 för lagrets invändiga diameter.

Detta ger ett min. spel på 0,025 mm ( $\Psi = 0,7$  )  
 medelspelet 0,057 mm ( $\Psi = 1,6$  )  
 max. spel på 0,089 mm ( $\Psi = 2,5$  )

Relativa lagerspelet kan alltså variera mellan 0,7 och 2,5 ‰ för en given toleranskombination. Vid större lagerdimensioner blir effekten betydligt mindre. För ett lager med invändig diameter 250 mm blir motsvarande variation hos relativa lagerspelet 0,2 - 0,6 ‰.

Ur kostnadssynpunkt kan man ej tillgripa alltför snäva toleranser, utan man får i allmänhet göra en kompromiss med utgångspunkt från önskvärt relativt lagerspel och ur kostnadssynpunkt snävast möjliga toleranser. Toleransgrad 6, eventuellt 7, får anses som relevant med avseende på både noggrannhet och kostnad.